

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra zahradnictví



**Vytvoření vertikální zahrady jako autonomního systému
blízkého přírodním společenstvům**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Matiska, Ph.D.

Autor práce: Klára Jiřincová

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Autorka práce: Klára Jiřincová
Studijní program: Aplikovaná ekologie
Vedoucí práce: Ing. Pavel Matiska, Ph.D.
Garantující pracoviště: Katedra zahradnictví
Jazyk práce: Čeština
- Název práce: **Vytvoření vertikální zahrady jako autonomního systému blízkého přírodním společenstvům**
- Název anglicky: **Creating a vertical garden as an autonomous system close to natural communities**
- Cíle práce: Zmapovat a zhodnotit současné systémy vertikálních stěn v oblasti mírného klimatického pásma. Porovnat výhody a nevýhody využívaných systémů a teoreticky vytvořit ideální „vertikální zahradu“, která by se nejvíce blížila přírodním společenstvům a jejím autoregulačním mechanismům.
- Metodika: 1. Popsat aktuální možnosti využití vertikálních stěn v oblasti mírného klimatického pásma.
2. Sumarizovat výhody a nevýhody v jejich technologiích
3. Navrhnout ideální vertikální zahradu, která bude realizovatelná na konkrétním stanovišti.
- Doporučený rozsah práce: min. 30 stran
- Klíčová slova: vertikální zahrada, vertikální stěna
- Doporučené zdroje informací:
1. Birkby, J., 2016, NCAT SMART GROWTH SPECIALIST, Vertical farming, Available from: <https://attra.ncat.org/htmlpub/vertical-farming/>
 2. Blanc P. 2008, The vertical garden: From nature to the city, W.W. Norton & Com-pany, New York
 3. Dos Santos, P; De Craene, 2016, FLORAL, Floral development of *Lewisia* (Montiaceae): Investigating patterns of perianth and stamen diversity, Available from: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0367253015001504?via%3Dihub>

4. Gizas, G.; Savvas, D., 2004, AMERICAN SOCIETY FOR HORTICULTURAL SCIENCE, Particle size and hydraulic properties of pumice affect growth and yield of greenhouse crops in soilless culture, A available from:
<https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/42/5/article-p1274.xml>
5. Staffler M. 2020. Vertikální zahrada. Jan Vašut, Praha 5.
6. Timur OB, Karaca E. 2013, Vertical Garden - Advances in landscape architecture, IntechOpen DOI:10.5772/55763.

Předběžný termín obhajoby: 2022/23 LS - FŽP

Elektronicky schváleno: 8. 9.
2022

doc. Ing. Bc. Martin Koudela,
Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 31. 10.
2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček,
CSc.

Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: "Vytvoření vertikální zahrady jako autonomního systému blízkého přírodním společenstvům" vypracoval/a samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Praze dne 2023

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Pavlu Matiskovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat firmě LIKO-S za poskytnutou příležitost k strávení času v jejich firmě, kde mi ochotně na mé dotazy zodpovídali Barbora Procházka a Jakub Vitek, kteří mi umožnili se prakticky zapojit do poznávání systémů ozelenění, které jejich firma nabízí. V neposlední řadě děkuji Janu Dolejšimu z firmy Jungle Interiors za poskytnuté informace ohledně vertikální zahrad. Velké díky patří především mé rodině, přítelovi a kamarádům, kteří mě podporovali během celého studia a psaní této práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje dostupným systémům vertikálních zahrad v exteriéru. Nahlíží na řešení závlahy, substrátu i ozelenění.

V první části jsou popsány vybrané systémy ozelenění budov. Jedná se konkrétně o systém plošný, policový a modulární. Zahrnuta je zde varianta ozelenění pomocí popínavých rostlin, která se jinak nazývá zelená fasáda. Lze ji rozdělit na dva typy podle toho, zda rostliny potřebují podpěru či nikoliv. Ostatní systémy patří mezi zelené stěny. Jsou zde rozvedeny systémy od české firmy LIKO-S, kterými jsou Plantbox, Biotile a Liko-še.

Část druhá se věnuje zhodnocení všech popsaných systémů, porovnání jejich výhod a nevýhod. Součástí je i tabulka, ve které jsou dané systémy hodnoceny dle určených parametrů. Jedná se o parametr ceny, výměny rostlin, hmotnosti, substrátu a závlahy. Dle těchto parametrů jsou přiděleny body. Posuzovány byly všechny uvedené systémy zelených stěn, jejich závěrečné hodnocení je shrnuto v tabulce. Největšího bodového zisku dosáhl systém Biotile, který získal 85 bodů z 90 možných. Naopak na posledním místě v hodnocení je systém policový se ziskem 35 bodů.

V poslední části práce byla navrhována vertikální zahrada, která by se nacházela na budově ZOD Mrákov. K ozelenění byl zvolen systém Liko-šů, do kterých bylo zvoleno sedm druhů rostlin k jejich osázení. Zahrada by byla tvořena 116 Liko-ši a pokrývala by 29 m². Byl zvolen substrát, který bude tvořen převážně anorganickou složkou. Zásobení vodou bude zprostředkováno kapénkovou závlahou.

Klíčová slova

vertikální zahrada, konstrukce, substrát, vegetace, benefity, návrh vertikální zahrady

Abstract

The bachelor's thesis focuses on available systems of vertical gardens in the exterior. It looks at solutions for irrigation, substrate and greening.

In the first part, selected building greening systems are described. Specifically, surface, shelf and modular systems are presented. Greening using climbing plants, also known as a green facade, is covered as well. This greening system can be divided into two types depending on whether the plants require support or not. Other systems belong to green walls. The systems from the Czech company LIKO-S, namely Plantbox, Biotile and Liko-še, are described in details.

The second part evaluates all the described systems, compares their advantages and disadvantages, and includes a table in which the systems are evaluated based on certain parameters. These parameters include price, plant replacement, weight, substrate and irrigation. Points were assigned based on these parameters. All the mentioned green wall systems were evaluated and their final evaluation is summarised in the table. The Biotile system achieved the highest score of 85 points out of 90 possible, while the shelf system is in the last place with the score of 35 points.

In the last part of the thesis, a vertical garden was designed, which would be located in the ZOD Mrákov building. The system of Liko-še was chosen for greening with seven types of plants for planting. The garden would consist of 116 Liko-še and would cover 29 m². A substrate consisting mainly of inorganic material was chosen, a watering would be provided by drip irrigation.

Keywords

vertical garden, construction, substrate, vegetation, benefits, vertical garden design

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce	12
3	Literární rešerše	12
3.1	Historie vertikálních zahrad	12
3.2	Výhody vertikálních zahrad	13
3.2.1	Benefity pro lidi	13
3.2.2	Benefity pro budovy	14
3.3	Typy vertikálních zahrad	14
3.3.1	Popínavé stěny, vertikální fasády	15
3.3.2	Zelené stěny	17
3.4	Konstrukce	21
3.4.1	Konstrukční materiály	21
3.5	Výsadbové medium	22
3.6	Dimenzování	23
3.7	Vodní hospodaření	23
3.8	Vegetace	24
3.8.1	Orientace	26
3.8.2	Ohrožení rostlin	26
3.9	Údržba	27
4	Metodika	28
4.1	Parametr ceny	28
4.2	Parametr výměny rostlin	28
4.3	Parametr hmotnosti	29
4.4	Parametr závlahy	29
4.5	Parametr substrátu	30
5	Výsledné zhodnocení	30
5.1	Systémy vertikálních stěn užívaných v ČR	30
5.1.1	Biotile	31
5.1.2	Plantbox	34
5.1.3	Liko-še	37
5.2	Tabulka celkového zhodnocení	40
5.3	Výběr stanoviště k návrhu vertikální zahrady	40
6	Návrh vertikální zahrady	42
6.1.1	Výběr systému ozelenění vertikální zahrady	42
6.1.2	Technické specifikace	42
6.1.3	Substrát	43

6.1.4	Volba rostlin	43
6.1.5	Závlaha.....	48
6.1.6	Nákres vizualizace vertikální zahrady	51
6.1.7	Údržba.....	51
7	Diskuse	52
8	Závěr a přínos práce	57
9	Přehled literatury a použitých zdrojů	58
10	Seznam obrázků	63
11	Seznam tabulek	66
12	Přílohy	67

1 Úvod

V několika uplynulých desetiletích společnost roste, zvyšují se počty nově narozených i průměrný věk dožití. V roce 2022 překročil počet lidí na Zemi již osm miliard. V důsledku těchto událostí se ovšem rozšiřují sídla, ve kterých všichni žijeme, snažíme se postavit co nejvíce obyvatelných budov. To vše se děje na úkor zeleně, která je pro náš ekosystém nepostradatelná, avšak my se jí, ať už chtěně nebo nechtěně, zbavujeme (Manso a Castro-Gomez, 2015).

Řešení tohoto problému pomocí vertikálních zahrad se v posledních letech stalo trendem. Tímto způsobem lze navrátit alespoň částečně do zastavěných měst zeleň. V posledních letech se tento nápad rozšířil. Bylo implementováno mnoho návrhů na vertikální krajinu nebo tzv. eko mrakodrapy. Existuje spousta typů vertikálních zahrad a zároveň mnoho rostlin, kterými je možné je osázet. Pojmem zelené stěny lze označovat všechny systémy, které jsou schopny ozelenit vertikální plochu (Golasz-Szolomicka a Szolomicki, 2019).

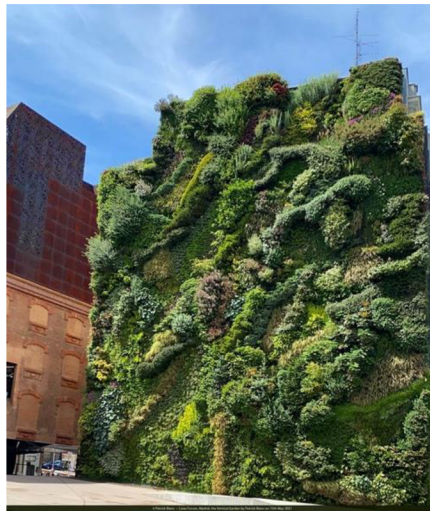
Vertikální zahrady, fasády, živé stěny, jakkoliv je nazveme, jsou nejen architektonickým skvostem, který je z estetického pohledu velice lichotivý, ale především mají ekologické funkce. Jednou z jejich velkých výhod je fakt, že jsou velice prostorově úsporné. Z ekologického hlediska je velice pozitivní, že zelené fasády na budovách snižují teplotu a zvyšují vlhkost, což napomáhá biologické rozmanitosti (Barreto Dillon, a další, 2013). V zimě fungují jako izolant, v létě teplo pohlcují, tudíž je v budovách se zeleným porostem větší chlad. V létě můžeme ušetřit na klimatizování budov až 28 % nákladů (Špatenková, 2022). Kromě již zmíněných benefitů dokáží vertikální zahrady dobře odrážet hluk. Z hlediska údržby jsou náročnější než horizontální zahrady, zejména v našich klimatických podmínkách, kde se musejí téměř každou zimu přesazovat (Anonymus 1, 2023).

Výstavbou vertikálních stěn lze naplno zužít každý prostor ve městech a zároveň omezit tvorbu městských tepelných ostrovů (Kolda, 2022). Jedná se o oblast ve městě, kde je značně vyšší teplota, jelikož zde převažují materiály, jako je asfalt, sklo a beton, které nedokážou prostředí ochladit, na rozdíl od přirozených materiálů, jako je například zeleň. Voda z nich rychle steče a odplaví se do kanalizace. Tyto materiály zadržují více tepla, které je způsobeno i lidskou činností, jako je například klimatizace nebo vytápění budov. Například teplotní rozdíl mezi centrem Prahy a jeho

okolím činní 2,2 stupně Celsia a do budoucna se předpokládá, že tato hodnota bude stoupat (Anonymus 2, 2014).



Obrázek 1: Zelená stěna od Patricka Blanca v ulici d'Aboukir (URL 1)



Obrázek 2: Zelená stěna od Patricka Blanca v Madridu (URL 2)

2 Cíl práce

Zmapovat a zhodnotit současné systémy vertikálních stěn v oblasti mírného klimatického pásma. Porovnat výhody a nevýhody využívaných systémů a teoreticky vytvořit ideální „vertikální zahradu“, která by se nejvíce blížila přírodním společenstvům a jejím autoregulačním mechanismům.

3 Literární rešerše

Ve třetí kapitole věnované literární rešerši budou popsány dostupné systémy vertikálních zahrad, jejich historie, údržba, materiály používané na konstrukci, pěstební média, vegetace a další.

3.1 Historie vertikálních zahrad

Historie vertikálních zahrad, jakožto novodobého pilíře moderní architektury, sahá poměrně daleko do minulosti. Inspirací jim byly stavby už ze starověkého Babylonu. Zde byly vystavěny visuté stěny, které nechal vybudovat král Nabukadnezar pro svoji ženu, jejíž domovina byla celá porostlá zelení. Jednalo se o první stavbu s vestavěným zavlažovacím systémem. Svrchu hradeb protékala voda, která obohacovala živinami vegetaci, kterou byly porostlé terasy paláce (Fojtíčková, 2021).



Obrázek 3: Visuté stěny v Babylonu (URL 3)

Další vývoj pokračoval ve starověkém Řecku, kde velice prosperoval vinařský průmysl. Vinná réva se zde pěstovala jak z potravinářského důvodu, tak pro stín. Zemí, ve které jsou vertikální zahrady oblíbeny již dlouhodobě, je Velká Británie. Na britských sídlech můžeme vidět například břečťan, zimolez nebo růže (Leishman, 2018).

Významným obdobím v budování vertikálních zahrad jsou 30. léta 20. století, kdy vznikl první systém pro stavbu zelené stěny. Vytvořil jej Stanley Hart White, profesor krajinářské architektury, svůj vynález si nechal patentovat pod názvem botanical bricks (Fojtíčková, 2021).

Za průkopníka vertikálních stěn lze považovat Patricka Blanca, což je francouzský botanik, vědec a umělecký designér, který mimo jiné napsal i několik knih, ve kterých jsou jeho poznatky a výtvořiny (Fojtíčková, 2021). Nejvíce se vertikální stěny dostaly do povědomí lidí po jeho instalaci interiérové stěny v roce 1986 v Paříži. Při své tvorbě se inspiroval především v deštných lesech. Usiloval o to, aby se příroda navrátila opět do měst. Po získání titulu Ph.D. pracoval jako vědec specializovaný na tropické rostliny (Velazquez, 2022).

3.2 Výhody vertikálních zahrad

Vertikální zahrady přináší nespočet výhod jak pro lidi, budovy, tak celkově pro ekosystém. V následující podkapitole budou popsány jejich dva největší benefity, a to pro lidi a budovy.

3.2.1 Benefity pro lidi

Vertikální zahrady mají hned z několika důvodů pozitivní vliv na člověka. Již dlouho je známo, že vystavení se přírodě podporuje pozitivní chování, a naopak eliminuje to negativní. Byly vytvořeny studie, které potvrdily, že člověk se cítí v přírodě velice dobře, příroda má vliv na jeho pozornost, která se zvyšuje při pobytu v přírodě, a zároveň má člověk nižší hladinu stresu (Mayer, a další, 2008). Určitě nelze opomenout ani estetickou funkci, zahrady ozvláštňují každý industriální prostor. Byla zde potvrzena i hypotéza biofilie, tedy potřeba člověka spojovat se s přírodou, která je v nás geneticky zakódovaná (Librová, 2006).

Důležitým benefitem je i fakt, že rostliny čistí a zlepšují kvalitu ovzduší. Jsou schopny filtrovat těkavé organické látky a jejich listy zachycují částicové polutanty ze vzduchu. Jsou schopny zachytit těžké kovy, jako je olovo nebo kadmium. Ty se vysrážejí na povrchu listu a následně jsou deštěm smyty (Wong a kol, 2010). Je tedy příjemné se vyskytovat v blízkosti zelené stěny. V důsledku čistšího ovzduší jsme daleko bdělejší a šťastnější (Davis a kol, 2016). Zároveň pro obyvatele, kteří se vyskytují v budově, která je ozeleněna, je velkou výhodou snížení hluku. Substrát blokuje nižší zvukovou frekvenci a rostliny frekvenci vyšší (Kingsbury, 2004).

3.2.2 Benefity pro budovy

Z hlediska budov lze vertikální zahrady považovat za velice energeticky úsporný systém. Rostliny, které jsou na stěně vysázeny, jsou schopny v zimě fungovat jako izolant a zároveň v létě odpařují velké množství vody a fungují jako klimatizace pro budovu (Anonymus 6, 2017). K tomu dochází v důsledku méně vyzařovaného tepla zelenými fasádami a zvýšenou vlhkostí, která je ovlivněna evapotranspirací rostlin (Perini a kol, 2012). Bylo dokázáno, že po realizaci zelené stěny na fasádu dochází k teplotnímu rozdílu zhruba sedm stupňů Celsia (Alexandri a Jones, 2008).

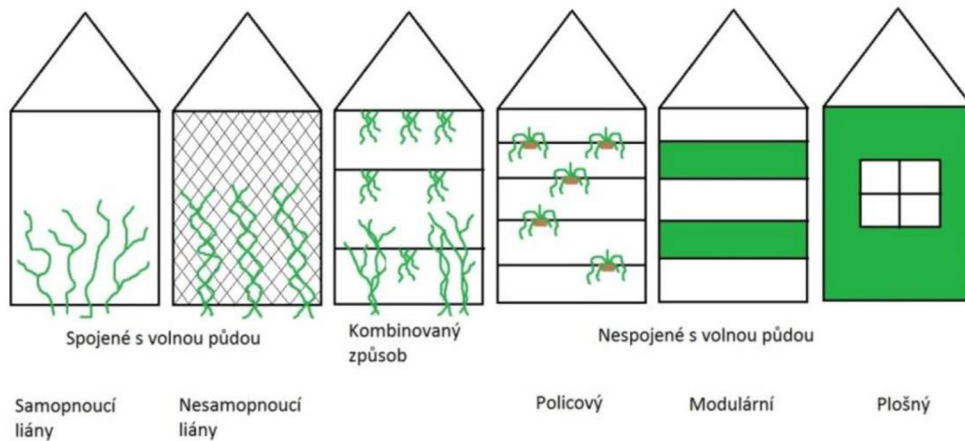
Mimo jiné jsou zdrojem biodiverzity ve městech. A jejich výhodou, kterou ocení lidé zejména ve velkých městech, je schopnost snižování hluku (Anonymus 3, 2023). Jednou z velice důležitých vlastností zelených stěn je i fakt, že zachycují velké množství prachu (Timur a Karaca, 2013). Tato schopnost je nejvíce využitelná v zimě, kdy je znečištění ovzduší největší. Dalším benefitem je stín, který stěny vytvářejí. Ten může ochlazovat okolní budovy až o 15,2 stupňů Celsia. Vertikální zahrady jsou výhodné i z ekonomického hlediska, kdy budova s vertikální zahradou nabude na hodnotě a například sníží náklady za nátery této budovy (Wong a kol, 2010).

3.3 Typy vertikálních zahrad

Z pohledu umístění rozlišujeme dva typy zahrad, a to interiérové a exteriérové. Pro ty, které se nacházejí uvnitř, tedy interiérové, je největší problém zajistit dostatek světla, u venkovních zahrad (exteriérových) je nejnáročnější zvládat enviromentální problémy a klimatické vlivy. Musíme počítat s tím, že klimatické podmínky venku se na rozdíl od těch uvnitř, které bývají konzistentní, velice mění. Vnitřní zahrady jsou proto méně náročné na údržbu.

Existuje několik typů vertikálních zahrad. Můžeme je rozdělit na dva základní druhy, a to zelené fasády a zelené stěny. Zelené fasády jsou porostlé plazivými rostlinami, které jsou klasicky zakořeněny (Natarajan a kol, 2014). Zelené stěny jsou speciálně uzpůsobeny, ať už volbou květin, které jsou zde vysazeny, podpěrou, kterou je stěna tvořena, nebo pěstebním médiem. Součástí je i zavlažovací systém s čerpacími a měřicími přístroji. Realizace takových stěn vyžaduje mnoho znalostí ohledně technologií, které se zde využívají, ale také zde dochází k uplatnění botanických znalostí o fyziologii rostlin, která zde hraje důležitou roli. Další rozdělení je na přímé

a nepřímé. Součástí nepřímých je i nosná konstrukce pro rostliny, kdežto u přímých jsou rostliny připevněny přímo ke zdi (Manso a Castro-Gomez, 2015).



Obrázek 4: Rozdělení systémů zelených stěn (URL 4)

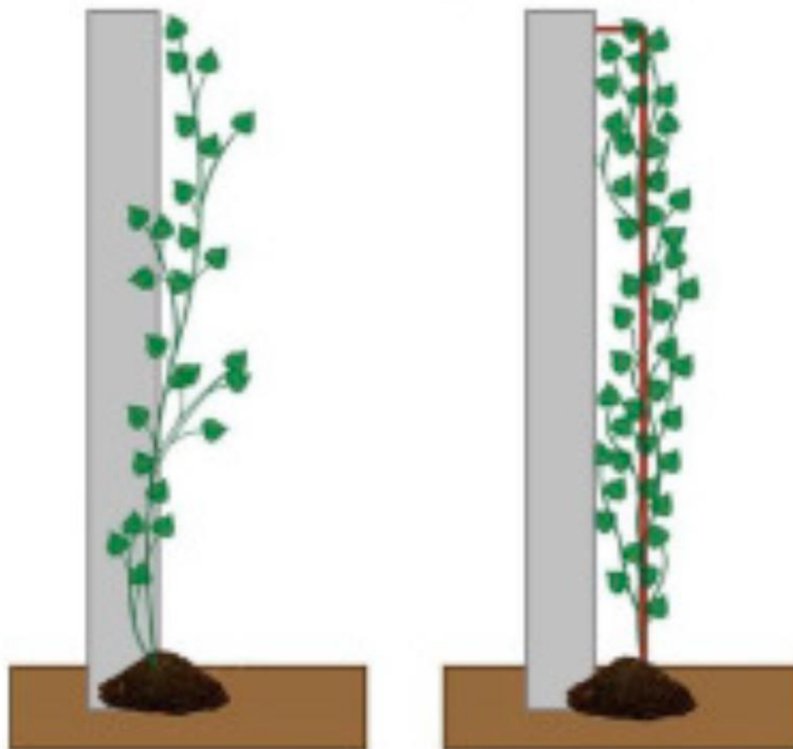
3.3.1 Popínavé stěny, vertikální fasády

Jedná se o stěny, které jsou, jak už název napovídá, propnuté různými druhy rostlin. Využívají se zde především rostliny, které mají velkou listovou plochu. Systém je tedy velice snadný na realizaci.

Lze je ještě rozdělit na dva typy, a to zahrady, které nemají nosnou konstrukci a pnou se přímo po fasádě budovy, nebo druhý typ, jehož součástí je i nosná konstrukce. U stěn bez nosné konstrukce je potřeba si dát záležet na výběru rostlin a počítat s tím, že ozelenění bude nějakou dobu trvat. Tento systém se nedoporučuje, má-li fasáda praskliny. Pokud jde o hladkou fasádu, volí se úponkovité rostliny, které jsou schopny se uchytit i na takovém povrchu (Patyiová, 2022). Výhodou těchto stěn je bezesporu to, že zde nemusíme řešit odvod a přísun vody, jelikož rostliny jsou vysazeny klasicky do země a odtud se dále pnou do výšky. Pokud máme systém s nosnou konstrukcí, nejčastěji se sestavuje z různých druhů materiálů, ať už se jedná o dřevo nebo mnohem častěji využívané nerezové konstrukce, které mají oproti dřevu mnohem delší životnost. Využívají se vysokopevnostní ocelová lana, kotvy a doplňkové vybavení (Malakar, a další, 2019). U konstrukcí je potřeba brát v potaz, které rostliny se zde budou pnout a kolik potřebují místa. Dle toho se poté volí například velikost ok na síti (Anonymus 5, 2023). Může se jednat o mřížky, které se

využívají pro rychleji rostoucí rostliny, jako je například břečťan, vinná réva nebo popínavá růže. Druhou možností jsou drátěné sítě, které jsou vhodné pro rostliny, které potřebují velkou oporu a rostou pomaleji (Malakar, a další, 2019).

Za jednu z ideálních rostlin, které lze použít do takové vertikální zahrady, je vinná réva. Lze použít hned několik jejích druhů, například vistárii čínskou (*Wisteria sinensis*), jasmín čínský (*Jasminum grandiflorum*) nebo jasmín madagarský, které se řadí mezi za světlem se táhnoucí rostliny, které dobře spolupracují s lanky, kolem kterých se umí dobře svíjet. Další možností je vysadit úponkovité rostliny, mezi které patří mučenka (*Passiflora incarnata*), která má zároveň poutavý květ, který celou stěnu ozvláštňuje. Pokud máme konstrukci nižší nebo pokud chceme vytvořit bohatou základnu, je vhodné zvolit například zimolez, který nedoroste tak vysoko jako většina výše zmiňovaných rostlin, avšak naroste velice hustě. Je tedy důležité vědět, jakou konstrukci je vhodné zvolit a jakým rostlinám se v ní bude nejvíce dařit. Například je užitečné si uvědomit, že stěna nemá žádnou porézní strukturu, tudíž není vhodné vysazovat například kořenové prolézačky nebo lepivé přísavky, které takový materiál ke správné výživě potřebují a neobejdou se bez něj. Toto řešení lze považovat za relativně úsporné a jednoduché. Rostliny se mohou popínat i bez konstrukce, avšak musí se počítat s možným poškozením fasády kořeny rostlin. Proto je vhodnější zvolit konstrukci, která by měla být sama o sobě estetická, jelikož na zimu listnaté rostliny opadají, a tak odkryjí samotnou konstrukci (Anonymus 2, 2014).



Obrázek 5: Popínavé stěny bez podpory pnutí a s podporou pnutí (URL 5)

3.3.2 Zelené stěny

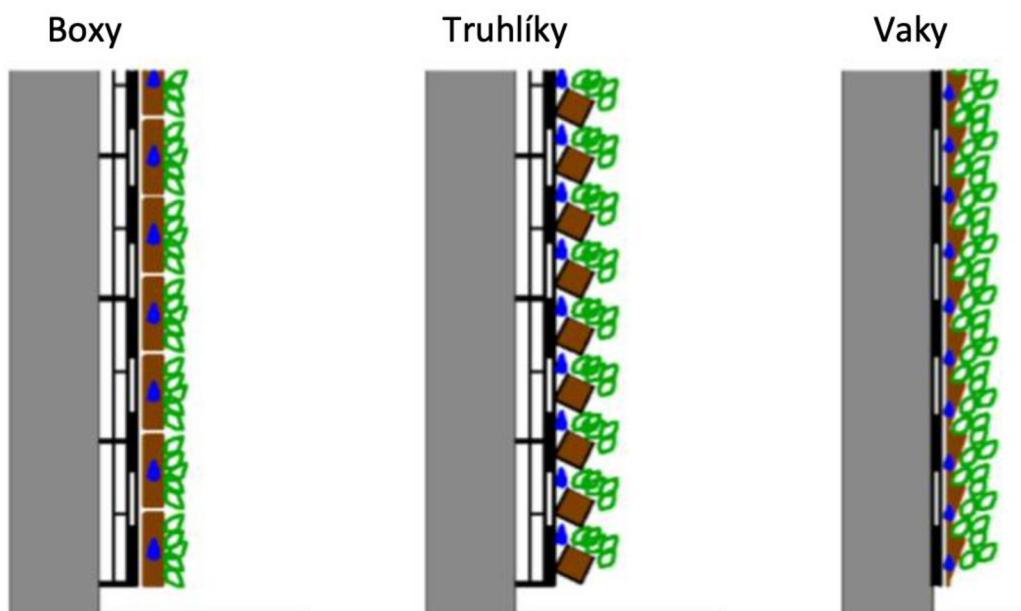
Dalším druhem jsou zelené stěny, které již potřebují více starosti, obzvláště co se týká konstrukce a zavlažování. Tyto stěny lze členit dle různých parametrů na mnoho druhů. Například podle toho, kam jsou rostliny vysazovány, může se jednat o geotextilii, do které jsou vytvořeny otvory, nebo lze osazovat do připravených truhlíků, modulových panelů. Nejčastější rozdělení systémů je na zelené stěny, policové, modulární a plošné.

3.3.2.1 Modulární systém

Jedná se o propracovaný systém, který se skládá z malých prvků, které se nachází na předem připravené konstrukci, do které jsou následně rostliny vysazeny. Může se jednat o panely čtvercového nebo obdélníkového tvaru, které drží pěstební média pro podporu rostlinného materiálu (Timur a Karaca, 2013). Jsou tři druhy osazení, a to do truhlíků, boxů nebo vaků (Hřebcová, 2020). Dalším může být rozdělení na kazetové systémy, substrátové desky nebo žlabové systémy (Burian a Ondřej, 1992). Systém je navržený tak, aby se rostliny nepřichytávaly k budově, ale zároveň poskytuje pevnou oporu rostlině (Malakar, a další, 2019).

Zavlažovacím systémem pro tyto zahrady je integrovaná kapková závlaha, přebytečná voda protéká všemi moduly. Cílem nejpropracovanějších modulárních systémů je shromažďovat vodu na všech úrovních stěny a poté ji rovnoměrně rozvádět po celé stěně, aby byl ve všech místech stěny stejný přísun vody, a tudíž stejné podmínky pro všechny rostliny, které se na stěně nacházejí. Přebytečná voda, která se zde hromadí a ve velkém množství stéká do spodní části, je přesycena živinami, které rostliny v danou dobu nepotřebují, a tudíž je neabsorbují. Tento fakt zabraňuje vstřebávání potřebných živin, což vede k různým chorobám rostlin a v nejhorším případě k úhynu celé rostliny (Anonymus 3, 2023).

U stěn s modulovými panely je velkou výhodou ozelenění, které je ihned patrné, v důsledku osazení předpěstovanými rostlinami. Zároveň se s nimi dobře manipuluje v případě, že je potřeba rostliny vyměnit (Elgizawy, 2016). Nevýhodou je jejich hmotnost, která je zvýšena kvůli substrátu, použít může být organický substrát, například půda, kompost, kokosové vlákno, rašelina nebo. Lze využít anorganický substrát, tedy perlit, keramzit nebo minerální vlnu. Anorganické substráty mají menší hmotnost, organické jsou těžší, avšak mají schopnost zajistit větší odolnost vůči kolísání teplot (Hřebcová, 2020).



Obrázek 6: Možnosti realizace modulárních systémů (URL 6)



Obrázek 7: Modulární systémy v exteriéru (URL 7)

3.3.2.2 Policový systém

Policový systém je tvořen nádobami, které jsou zavěšeny a osázeny rostlinami (Čermáková, 2019). Jsou umístěny na policích, římsách nebo balkonech. Pokud dojde k odumření vegetace, lze ji snadno vyměnit. Mohou být využity přenosné rostliny, které se při nevhodných klimatických podmínkách přesunou například do skleníku. Nebo mohou být využity rostliny venkovní, které jsou součástí stěny po celý rok. Závlaha je zde řešena pomocí čerpadla, které vede vodu do nejvyššího patra, a voda následně postupně klesá. Pokud bude do vody přidáno kvalitní hnojivo, není potřeba rostliny po nějakou dobu ani přesazovat (Chovančíková, 2020). Statika celé budovy musí být ovšem vhodně přizpůsobena tomuto systému (Demel, 2021).

Budovou, na které lze nalézt policový systém, je obytný dům Bosco Verticale. Jedná se o dvě věže, které se nacházejí v Miláně a byly pokryty zelení v roce 2014. Celá budova vyžaduje závlahu 3 500 litrů na m² za rok, což činí zhruba 10 l/m²/den. Údržba je zde velice náročná, probíhá z balkonu šestkrát za rok a dvakrát ročně z teleskopického ramene (Barfield, 2019). Jeden metr čtvereční takového systému stojí v přepočtu na české koruny 47 000. Na celkové ploše 28 000 m² je osázeno

17 000 různých roslin, keřů a dřevin, které jsou umístěny v 1,1 metru širokých a 1,1 metru hlubokých květináčů (Anonymus 11).



Obrázek 8: Policový systém Bosco Verticale, Miláno (URL 8)

3.3.2.3 Plošný systém

Jedná se o nejatraktivnější ozelenění, které je ovšem finančně velice nákladné. Je velice univerzální a dá se přizpůsobit všem tvarům. Je mnohem lehčí než konstrukce z kazet a zároveň má vyšší životnost (Přerovská, 2013). U plošného systému rozeznáváme, zda je se substrátem nebo bez. Pokud zde substrát není, rostliny jsou vyživovány pouze vodou a živinami. V tomto případě je velkou výhodou menší zatížení fasády, avšak při vyšší teplotách okolí se z tohoto systému rychleji vypařuje voda. Pokud jsou okolní teploty nízké, dochází například k usychání nebo umrzání kořenů vegetace. Kořenový systém je zde uchycen v plsti.

System bývá proveden formou kapes (Čermáková, 2019). Rostliny jsou umístěny do zhruba 5-10 cm velkých děr, které jsou vytvořeny v geotextilii. Ta je připevněna k pevnému povrchu. Podpůrná konstrukce je tvořena nejčastěji z polyvinylchloridu, který je lehký a odolný vůči prasknutí a zároveň zabraňuje výskytu plísní. Nejdříve se však na nosnou konstrukci připevní kovová mříž, díky níž vznikne vzduchová mezera. Závlaha je zde řešena formou kapkové závlahy nebo se jedná o zavlažovací hadici, kterou je systém protkán, avšak při výpadku poté dochází k úhynu rostlin, jelikož je obtížné vadu rychle napravit (Chovančíková, 2020). Jeden metr čtvereční spotřebuje za den zhruba šest litrů závlahy (Hunt, 2016). Je tedy

problém i s případnou výměnou rostlin, které je možné na začátku osázet do stěny až po dokončení vlastní konstrukce (Burian, 2019).

Cena jednoho metru čtverečního takovéto stěny se pohybuje okolo 44 000 korun českých (Lackey, 2022). Příkladem může být stěna v ulici d'Aboukir (viz. obr. č. 2), která pokrývá 2 700 m² a je osázena 236 různými druhy rostlin (Hohenadel, 2013).

3.4 Konstrukce

Konstrukce se samozřejmě liší v závislosti na konkrétním systému. Ovšem důležité je technické řešení stěny, návrhy se snaží přizpůsobit různým typům budov nebo povrchů (Manso, a další, 2015). Kromě statického posouzení nosné plochy je nutné i technologické dimenzování. Je třeba vždy zabránit kontaktní erozi, proto je nutné oddělit kovové části s různým potenciálem elektrody. Jsou zde dvě části, a to svislá nosná konstrukce a tepelně izolační obálka (Čermáková, 2019). Pozadí bývá nejčastěji konstruováno jako vertikální rám, který lze odvětrávat a vyrobit jej z různých materiálů, nejčastěji z kovu. Je nutné, aby konstrukce podkladu byla vždy navržena s ohledem na tepelnou izolaci (Anonymus 3, 2023). Mezi stěnou budovy a konstrukčním systémem se většinou umísťuje izolační vzduchová vrstva, jejíž velikost se pohybuje od 30 do 50 mm (Medl, 2017). Nosná konstrukce má za úkol zabránit pádu vegetace a zvyšuje její odolnost vůči vnějším vlivům, jako je například silný déšť nebo vítr. Zadní plocha konstrukce obsahuje montážní konzoly nebo háky pro upevnění konstrukce na svislou plochu (Manso, a další, 2015).

3.4.1 Konstrukční materiály

Existuje několik materiálů vhodných pro konstrukci vertikální desky. Jedním z nich je dřevo, se kterým se velice dobře pracuje a zároveň je levné, ovšem vzhledem k tomu, že se nachází v permanentně vlhkém prostředí, velice rychle chátrá. Pokud se podíváme na plasty, ty poskytují rozmanité možnosti z hlediska složení, avšak nevýhodou je to, že jejich cena často převyšuje cenu například nerezů nebo hliníku. Navíc jsou plasty hořlavé. Dalším drahým materiálem je hliník, který je velice odolný, ale není ohnivzdorný. Nerezová ocel má dobré technické vlastnosti, ale její cena je také vysoká (Anonymus 3, 2023). Vždy je nutné vybrat vhodný materiál pro konstrukci, ta totiž tvoří podporu pro celý systém. Například pro rostliny s hustším

olistěním je vhodné použít ocelové konstrukce a tahová lana. Mřížky a drátěné sítě jsou vhodné pro pomalu rostoucí rostliny. Materiálem pro výrobu modulárních vaniček bývá většinou plast (polypropylen, polyethylen) nebo lehké kovy, jako je hliník, nerezová ocel nebo pozinkovaná ocel (Manso a Castro-Gomez, 2015).

3.5 Výsadbové medium

Výběr pěstebního media je jednou z klíčových věcí, na které je potřeba dbát. Je zapotřebí se soustředit na lehkost a poréznost media, například přidáním drobného štěrku lze zlehčit zeminu (Staffler, 2020). Je možné také využít hydroponii, kdy vegetace nemusí být osazena v pevné struktuře, ale potřebuje neustálý příjem vody a živin, čehož docílíme neustálým zavlažováním. Pokud je potřeba zlepšit zavlažování substrátu, je ideální použít vermikulit (Staffler, 2020). Substrát lze vylepšit živinami pro růst rostlin. Většina směsí do modulárních systémů je složena z lehkého substrátu s granulovaným materiálem. Lze tedy volit z více možností pěstebních medií, všechna by ovšem měla splňovat základní požadavky, měla by být lehká, dobře držet vodu, měla by obsahovat ideální podíl organické a minerální složky (Jardins de Babylone, 2020).

Na trhu můžeme nejčastěji narazit na kokosová vlákna, minerální vlny nebo směs sypkých materiálů. Za nejzákladnější výsadbové medium lze považovat zeminu. Ta je levná, avšak její kvalita se časem zhoršuje a zároveň je velice nevhodné její použití na fasádách, jelikož její hmotnost je dosti značná. Je tedy vhodné zvolit směs, ve které se vyskytuje drcený jíl, zemina nebo kompost (Chovančíková, 2020). Rašelinové substráty se ze začátku zdají být velice příznivé, časem ale ztrácí na kvalitě a je nutno je vyměnit, zároveň také zžutní. U minerálních vln je problémem jejich pH, které je příliš vysoké a je nutné jej snížit vodní lázní. Tyto vlny se vyrábí z čediče a jejich výhodou je to, že mají stálý objem a jsou velice lehké. Struktura minerálních vln se již po druhém roce zhoršuje a nesmáčí se rovnoměrně, což má za důsledek špatný vývoj rostlin. Kokosová vlákna mohou být ve formě lisovaných kostek nebo v pytlich. Jelikož se jedná o rostlinný materiál, je šetrný k přírodě, recyklovatelný a pomalu rozkladatelný. Dokáže udržet stálou hodnotu hořčíku a vápníku (Jardins de Babylone, 2020). Porézní anorganické granuláty, jako je například, perlit nebo jíl granulát, mají stabilní strukturu a vysoké pH. Tyto materiály jsou nejen odolné, ale také dobře zbavují přebytečné vody, která se hromadí. Díky svým mikro

pórům zajišťují rovnoměrnou koncentraci mezi makro póry v granulátu, a tudíž jsou schopny poskytnout ideální prostředí pro kořeny rostliny. Nejlepší podmínky pro kořeny nám poskytnou zrnitá výsadbová media, která mají stabilní strukturu (Anonymus 3, 2023).

3.6 Dimenzování

U stavby zelených stěn musíme vždy brát zřetel na to, jaké rostliny chceme vysázet a jak sem jim zde bude dařit. Rostliny se rozrůstají všude, kde jsou pro ně vhodné podmínky a daří se jim tam. Vše musí být přizpůsobeno různým podmínkám v oblasti, kde se nachází, jako jsou například povětrnostní podmínky (Manso a Castro-Gomez, 2015). U modulárních stěn je důležitým krokem rozvržení modulů, ve kterých budou rostliny pěstovány. Pokud zvolíme příliš malé moduly, spotřebujeme hodně materiálu a zároveň pro nás taková stěna bude časově náročná na údržbu. Naopak pokud budou moduly velké, musíme brát v potaz jejich zvýšenou hmotnost a tomu uzpůsobit celou konstrukci. Manipulace s takovými moduly bývá velice náročná (Anonymus 3, 2023).

3.7 Vodní hospodaření

Voda je klíčovým faktorem k dobrému fungování stěny, hlavně její nepřetržitý a rovnoměrný přísun. Je potřeba si uvědomit, že v případě vertikálních stěn nelze počítat s přirozeným přísunem vody. U vertikálních fasád je řešení přísunu vody mnohem snazší. Co se týká přísunu živin, musíme zohlednit několik faktorů, a to například citlivost na sůl nebo životní fázi rostliny.

Lze rozlišit otevřený a uzavřený závlahový systém. V případě uzavřeného systému voda cirkuluje, na rozdíl od otevřeného systému, kdy přebytečná voda není dále využita a oteče do kanalizace (Vrbas, 2015).

Nejlepším a zároveň nejekologičtějším řešením závlahy je použití dešťové vody, v systému tedy musí být zahrnuta i vhodně velká, odměrná nádrž na vodu, musí se tedy počítat s prostorem na tuto nádrž. Zavlažování je možné provádět i systémem, který napojíme na veřejné sítě, studny. Lze zavlažovat i šedou vodou, kterou je ovšem nutno předem přefiltrovat. Pro zlepšení udržitelnosti a využití vody je vhodné navrhnout recirkulační systém, ten sníží množství drenážní vody a nevyužitých živin na minimum (Anonymus 3, 2023). Nutné je dbát na to, abychom nezavlažovali tvrdou vodou, tedy chlorovanou nebo fluorovanou, ta by mohla strukturálně poškodit rostlinu.

Závlaha může probíhat jednou vodorovně umístěnou trubkou v horní části. V takovém případě může ale docházet k tomu, že rostliny, které jsou v dolní části nejsou tolik zásobeny vodou. Většinou probíhá závlaha víceúrovňově, a tak probíhá závlaha rovnoměrně.

Propracované systémy jsou schopny pracovat i na dálku a například ohlídat vnější teplotu a upozornit nás, pokud je venku moc velké teplo či zima, a tak chránit rostliny před dehydratací nebo naopak přílišným vlhkem a zimou. Další vlastností, kterou lze na dálku ohlídat, je vlhkost půdy. Zavlažování závisí na volbě samotného systému a vegetace, která je zde vysazena. Trubky na zavlažování mohou být vyrobeny hned z několika materiálů, například z pryže, plastu nebo silikonu. Součástí může být i filtrační systém, který zabrání ucpání (Manso a Castro-Gomez, 2015).

Přebytečnou vodu je nejlepší vypustit zvlášť z každé linie vysázených rostlin, to je ovšem nákladné. V případě, že voda odtéká pouze ze spodní části, musíme čelit již zmíněným problémům s přebytkem a nedostatkem vody. Systémy, které jsou již pokročilé, shromažďují vodu například ze čtyř až šesti rostlin, které se nacházejí nad sebou (Anonymus 3, 2023).

3.8 Vegetace

Výběr vegetace závisí na mnoha faktorech, například na jakou budovu zahradu umístíme nebo jaké jsou zde klimatické podmínky. V dnešní době se do stěny vysazují nejčastěji trvalky, dříve byly pokusy s výsadbou dřevin, které ovšem vymrzaly (Honsová, 2021). Je nutné vegetaci průběžně kontrolovat a starat se o ni. Abychom mohli vegetaci považovat za udržitelnou, je potřeba, aby byla přizpůsobena klimatickým podmínkám na daném území a aby měla nízkou potřebu zavlažování. Závisí také na světelných podmínkách a volbě pěstebního média. Nelze zde s rostlinami pracovat individuálně. Zkušenosti s pěstováním ve střední Evropě jsou prozatím dosti malé (Přerovská, 2013). Důležitým faktorem, na který je potřeba myslet, je světlo, jehož intenzita směrem dolů klesá a ovlivňuje tím celou stěnu (Staffler, 2020).

Je nutné dbát na to, aby byly vybrány rostliny, které jsou schopny odolat i horším klimatickým podmínkám. Pokud chceme dosáhnout jednotného zastřešení povrchu, je nutné mít stonky stejně vzdálené od sebe. Je důležité přihlídnout k tomu, aby každá rostlina měla dostatek kořenového prostoru a stejně tak prostoru pro listy,

až doroste. Tyto faktory nám poté ovlivní celou podobu konstrukce, velikost modulů a rozmístění (Anonymus 3, 2023). Lze se při výběru rostlin soustředit i na jejich chladicí potenciál, který se odráží od velikosti listové plochy. Tento potenciál je vysoký například u fuchsii (Cameron, 2014).

Jednou z nejvhodnějších popínavých rostlin vysazovaných do vertikálních zahrad je břečťan (*Hedera helix*), který je poměrně nenáročný na údržbu, lze jej vysadit jak do stínu, tak na světlo, vyžaduje málo živin. Dobře se pne do výšky, díky svým vzdušným kořenům. Další výhodou je dlouhá životnost všech popínavých rostlin. Maximální chladivý účinek, který lze srovnat se stínícím stromem, má bostonský břečťan (Köhler, 2008). Obecně popínavé rostliny jsou finančně nejvýhodnějším řešením. Jsou dva typy, a to stále zelené nebo opadavé, u kterých musíme na podzim počítat s velkou vizuální změnou, jelikož jim opadají všechny listy.

Hledáme-li rostlinu vhodnou do teplých slunných poloh, je vhodné zvolit trubač (*Campsis*), který má zároveň estetickou funkci, jelikož jeho listy mají zelené, červené nebo oranžové zbarvení.

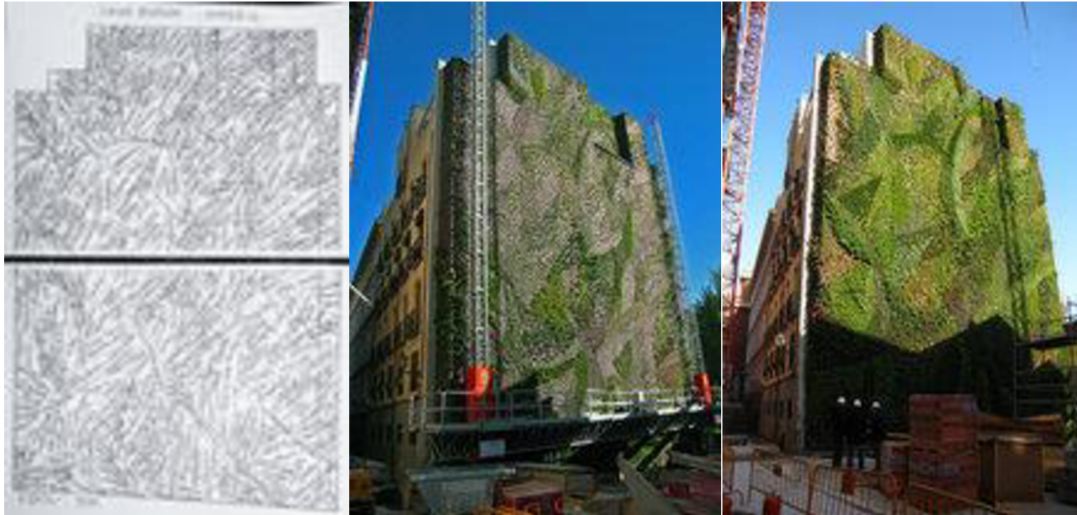
Jako jednu z rostlin, které je možné vysadit, je tráva, pokud se o ni dobře staráme, poskytne zelený povrch v zimě i létě. Jedná se o relativně levnou a lehce udržitelnou variantu, problémem je ovšem sečení, které se vzhledem ke svislému umístění provádí velice obtížně.

Pokud chceme vysázet jednoleté či dvouleté rostliny, je zapotřebí počítat s tím, že je potřeba je přesazovat, dle toho musíme uzpůsobit nosný systém. Rostliny, které se dožívají dvou až tří let, někdy i deseti let, se nazývají trvalky. Lze je také zakomponovat do vertikální zahrady. Je potřeba přihlídnout k jejich preferencím. Skalničkáři se bude dobře dařit na slunci, naopak ve stínu si dobře povedou stinné trvalky (Anonymus 3, 2023).

Hydroponické systémy umožňují růst široké škály rostlin, které se nacházejí v různém stádiu vývoje. Můžou zde růst jak vzrostlé rostliny, tak řízky nebo semena (Manso a Castro-Gomez, 2015).

Jako příklady trvalek lze uvést hvozdík kropenatý (*Dianthus deltoides*), jahodník (*Fragaria sp.*), kakost oddenkatý (*Geranium macrorrhizum*), rozchodník ostrý (*Sedum acre*). Ze zástupců trav lze vysadit ostřici převislou (*Carex pendula*), kostřavu stříbrnou (*Festuca glauca*).

Z kapradin žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*), papratka samičí (*Dryopteris femina*), osladič obecný (*Polypodium vulgare*) (Přerovská, 2013).



Obrázek 9: Průběh osázení zelené stěny Patricka Blanca (URL 9)

3.8.1 Orientace

Orientace je jedním z velice důležitých aspektů, které ovlivňují fungování celé stěny. Samozřejmě většina rostlin není schopna přežít dlouhodobé vystavení se větru ani slunci. Pokud je expozice světlem průměrně šest hodin denně, je vhodné sem vysadit rostliny, které jsou světlomilné. Když se dostaneme na denní průměr tři hodiny, poté vysazujeme rostliny stinné, a pokud se nacházíme v rozmezí tři až šest hodin, vysazujeme rostliny polostinné.

3.8.2 Ohrožení rostlin

Je třeba počítat s tím, že stejně jako v horizontálních zahradách se můžeme i v těch vertikálních setkat se živými organismy, které zahradě škodí, ačkoliv jsou zde v menším množství než v klasické zahradě, jelikož se rostliny nacházejí ve svislém směru, není to tedy pro škůdce vhodné prostředí (Timur a Karaca, 2013). Patří mezi ně klasicky housenky, brouci, mšice nebo padlí, kteří jsou schopni způsobit různé choroby. Pokud se jedná o plísňové onemocnění (padlí), stačí aplikovat fungicid po odříznutí napadené části. Velkou výhodou je umístění ptačí budky v blízkém okolí stěny, jelikož ptáci si na stěně vyhledají potravu a zbaví ji škůdců (Staffler, 2020). Je potřeba vše bedlivě sledovat a včas zakročit. Organismy najdeme spíše v přízemní části. Mezi škůdce lze zahrnout červi, kteří ohrožují rostlinu vysáváním šťáv a tím ji brání ve zdravém vývoji. K dalším škůdcům se řadí chvostokoci, kteří požírají odumřelé části rostlin nebo jejich kořínky. Najdeme je na povrchu půdy nebo přímo v ní. Lze proti nim bojovat dezinfekcí půdy nebo částečnou výměnou půdy. Škůdcem,

jehož napadení je ihned viditelné, je mšice. Ty vysávají listové šťávy. Jejich produktem je medovice, díky které se následně lepí povrch listů. Důsledkem jejich napadení je deformace a zbarvení listů. Za často vyskytovanou chorobu je považována strupovitost, která zapříčiní žluté a zelené skvrny na listech. Je nutné odstranit napadené části a aplikovat vhodný fungicid. Častým škůdcem, který se objevuje na rostlinách, je lalokonosec. Ten vyžírá půlkruhové díry do okrajů listů. Z Polska je znám druh, který je přenašečem houbového onemocnění, tudíž při aplikaci insekticidu by se měl použít i vhodný fungicid (Kyseláková, 2005). Ohrožení zde způsobují i různé houbové choroby nebo růst řas, který brání kvalitnímu vývoji.

3.9 Údržba

Pokud chceme docílit vysoké životnosti rostlin, což je priorita při pěstování, musíme se je naučit chránit, a to jak před škůdci, tak před chorobami. Údržba vertikálních zahrad je velice náročná. Obzvláště u exteriérových vertikálních stěn se intenzita údržby může lišit v závislosti na ročním období (Přerovská, 2013). Je nutné zajišťovat především rovnoměrnou dodávku vody, aby mohly rostliny dobře prosperovat. Samozřejmě je nutné počítat s tím, že dříve nebo později bude nutné vyměnit a přesadit část rostlin. Průběžně rostliny kontrolujeme a odstraňujeme odumřelé a přerůstající části plošin, aby nedocházelo k přesunu těžiště rostliny od konstrukce. U vysokých fasád se tak děje pomocí vysokozdvihných plošin (Hřebcová, 2020). Pokud se vyskytnou v zahradě škůdci, musíme na to ihned reagovat a co nejdříve je odstranit (Anonymus 3, 2023).

Nelze opomenout ani údržbu materiálů, ze kterých je konstrukce vytvořena. Některé materiály, jako například PVC, mají omezenou životnost a vyžadují výměnu více než jednou během očekávané životnosti budovy. V tomto ohledu jsou ekonomičtějším a udržitelnějším řešením zelené fasády, jelikož neobsahují žádné materiály a mají nízký nárok na údržbu. Zvláště u stěn s popínavými rostlinami vyvstává otázka, zda jejich kořeny nemohou poškodit fasádu. K tomu dojde pouze tehdy, pokud se rostliny budou pnout po již poškozené fasádě, například prasklinami (Wong a kol, 2010). Pokud se o stěnu celkově dobře staráme, je schopna vydržet zhruba 15 let, pokud je se substrátem. Pokud jde o hydroponický systém, předpokládaná životnost je 30 let (Přerovská, 2013).

4 Metodika

K posouzení stěn bylo určeno pět parametrů, aby bylo možno stěny lépe porovnat. Jedná se o parametr ceny, výměny rostlin, hmotnosti, závlahy a substrátu. Na základě informací z literární rešerše byly vždy u jednotlivých parametrů stanoveny kategorie, do kterých byly systémy rozřizeny. Dle kategorie, do které byly zahrnuty jim byl přidělen odpovídající počet bodů. Celkový možný bodový zisk činil 90 bodů. Nebyl zde hodnocen systém popínavých stěn, jelikož spadá pod zelené fasády, a ne zelené stěny.

4.1 Parametr ceny

Jako první parametr byla určena cena systému za metr čtvereční plochy. Nejnižší cena činila 15 000 Kč/m², naopak nejvyšší cena byla 47 000 Kč/m². V tomto rozmezí byly určeny kategorie, na základě, kterých byly přiděleny body. Byly vytvořeny dvě kategorie. První kategorie zahrnuje systémy jejichž cena činí 10 000 až 30 000 Kč/m². V kategorii druhé jsou systémy v cenovém rozmezí od 30 000 do 50 000 Kč/m². Systémy v první kategorii získaly deset bodů, v druhé kategorii pět bodů.

kategorie	Kč/m ²	bodové hodnocení
1	10-30 000	10
2	30-50 000	5

Tabulka 1: Bodové hodnocení dle parametru ceny

4.2 Parametr výměny rostlin

Dalším parametrem k posuzování stěn byla zvolena výměna rostlin, tedy kolik procent rostlin na stěně se musí vyměnit za rok životnosti. Byly určeny čtyři kategorie, do kterých byly systémy rozřizeny. Nejvíce mohl každý systém získat 20 bodů, nejméně pět. U systémů v první kategorii se vymění 0-4 % vegetace za rok, v kategorii druhé 4-8% vegetace, systémy ze třetí kategorie vymění 8-12 % a ze čtvrté kategorie 12-16% vegetace za rok.

kategorie	%/rok	bodové hodnocení
1	0-4	20
2	4-8	15
3	8-12	10
4	12-16	5

Tabulka 2: Bodové hodnocení dle parametru výměny rostlin

4.3 Parametr hmotnosti

Jako třetí parametr byl vybrán parametr hmotnosti systému na metr čtvereční, čím vyšší hmotnost, tím větší zátěž pro budovu, od toho se odvíjí nižší bodové hodnocení. Systémy byly rozděleny do pěti kategorií. Nejvyšší možný zisk za tento parametr činí 25 bodů, nejmenší pět bodů. Do první kategorie byly umístěny systémy, které váží 50-70 kg/m². Poté jsou kategorie odstupňované, každá kategorie znamená plus 20 kg oproti předcházející. Poslední, pátá kategorie je nad 130 kilogramů na metr čtvereční.

kategorie	kg/m²	bodové hodnocení
1	50-70	25
2	70-90	20
3	90-110	15
4	110-130	10
5	nad 130	5

Tabulka 3: Bodové hodnocení dle parametru hmotnosti

4.4 Parametr závlahy

Parametr závlahy udává, kolik litrů se spotřebuje na metr čtvereční systému za jeden den. Byly určeny čtyři kategorie. Nejvíce bylo možno získat 20 bodů, nejméně pět bodů. Kategorie jedna zahrnuje systémy, kde je použito 0-2 l/m²/den. V druhé kategorii jsou systémy, které spotřebují 2-5 l/m²/den. V kategorii číslo 3, tedy rozpětí 5-8 litrů/m²/den se nenachází žádný systém. A poslední kategorie je od spotřeby 8 do 11 l/m²/den.

kategorie	l/m²/den	bodové hodnocení
1	0-2	20
2	2-5	15
3	5-8	10
4	8-11	5

Tabulka 4: Bodové hodnocení dle parametru závlahy

4.5 Parametr substrátu

Jako poslední parametr byl určen parametr substrátu, který znázorňuje, kolik litrů substrátu je použito na jeden metr čtvereční systému. Zde byly systémy rozděleny do třech kategorií. V první, za kterou bylo možno získat 15 bodů jsou systémy, u kterých je potřeba 0-3 litry substrátu na metr čtvereční. Druhá kategorie je 3-7 litru substrátu na metr čtvereční. A poslední kategorie 7-11 litrů na metr čtvereční, za níž bylo možné získat 5 bodů.

kategorie	l/m²	bodové hodnocení
1	0-3	15
2	3-7	10
3	7-11	5

Tabulka 5: Bodové hodnocení dle parametru substrátu

5 Výsledné zhodnocení

Pátá kapitola se věnuje zhodnocení systémů vertikálních zahrad popsaných v kapitolách výše. Pomocí bodování dle určených parametrů, konkrétně parametru ceny, výměny rostlin, hmotnosti, závlahy a substrátu, je vytvořena tabulka pro každý z nich. Z této tabulky lze vyčíst základní informace.

5.1 Systémy vertikálních stěn užívaných v ČR

Soustředila jsem se na zkoumání systému vertikálních stěn, které se užívají v České republice a jsou zprostředkovány firmou LIKO-S. Jedná se konkrétně o hydroponický systém Biotile, o systém Plantbox a systém Liko-šů. Zprostředkující firma LIKO-S s více než třicetiletou tradicí sídlí ve Slavkově u Brna a s konstrukcí vertikálních stěn

má bohaté zkušenosti. Nabízí tři typy vertikálních stěn, které jsem podrobněji popsala v textu níže.

5.1.1 Biotile

Jeden ze systémů vertikální zahrady, který se vyskytuje na českém trhu a je zprostředkovaný firmou LIKO-S. Jedná se o systém hydroponický, který je vhodný do exteriéru i interiéru. Lze jím ozelenit velké plochy.

5.1.1.1 Technické specifikace

Jedná se o exteriérový, ale i interiérový hydroponický modulární systém zelených stěn, jehož cena se pohybuje okolo 19 000 korun českých za metr čtvereční.

Zelenou fasádu tvoří dvě části, a to systémová a vegetační. Systémovou fasádu tvoří nosný, hliníkový rošt a deska, ke které je vše kotveno. Součástí je i nopová folie s nakaširovanou textilií, jejímž hlavním úkolem je odvádět přebytečnou vlhkost. Je zde použito kapénkové zavlažování, které je schopné distribuovat závlahu rovnoměrně po celé ploše, což lze považovat za velkou výhodu, jelikož nedochází k plýtvání vodou. Druhou část, tedy vegetační, která funguje na hydroponické bázi, tvoří předpěstované kazety Biotile, které jsou osázené nejrůznějšími dřevinami a trvalkami. Jako pěstební médium je zde použita hydrofilní čedičová vata Grodan, jejíž vlastnosti jsou optimální pro transport vody, zároveň poskytuje rostlinám mechanickou oporu kořenového systému (LIKO-S b). Vata se vkládá přímo do plastové konstrukce (mřížky) systému Biotile. Po vsazení Grodanu do plastové mřížky se umístí celek do vertikální polohy. Než začneme osazovat, je nutné vatu prolít vodou, dokud se nevyplaví škodliviny. Poté můžeme přistoupit k osázení vhodnými předpěstovanými rostlinami, které opatrně vkládáme do již uzpůsobených otvorů. Je nutné nechat rostliny, aby si zvykly na vertikální růst. Kazety lze zalévat nejen vodou, ale i živným roztokem v době hnojení.

Použití:	exteriér/interiér
Konstrukce:	modulární, nenosná
Hmotnost:	nasyčená kazeta 65 kg/m ³
Tloušťka systému:	82 mm
Výplň:	hydrofilní minerální vlna
Závlaha:	automatická kapénková
Max výška:	bez omezení

Tabulka 6: Technické specifikace systému Biotile

5.1.1.2 Technická místnost

Technická místnost je místností, ve které se připojí zavlažovací systém na vodovodní řád. Nachází se v ní různé přístroje, které ovlivňují závlahu. Nejdůležitějším ventilem je ventil hlavní, kterým lze zcela uzavřít přítok vody do celého systému. Součástí technické místnosti je i zařízení, na kterém se dá sledovat odběr vody systémem. Nazývá se průtokoměr s pulzním snímačem. Dalším zařízením je bypass s dosatronem, díky tomu se dá stěna libovolně hnojit. Před použitím se zde nastaví poměr, ve kterém se bude hnojivo dávkovat. Funguje i poté, co dojde hnojivo v nádobě, je tedy nutná průběžná kontrola a jednou ročně je vhodné jej vyjmout ze systému a propláchnout čistou vodou. Neodmyslitelně sem patří i nádrž na hnojivo. Elektro ventily lze spouštět závlahu. Samozřejmě je zde filtr pevných částí a přípojka na kompresor, která se používá pro vyfouknutí závlah během zimního období, aby nedošlo k zamrznutí vody (LIKO-S b).



Obrázek 10: Řídící jednotka systému Biotile (autor práce)

5.1.1.3 Péče a údržba

Průběžně je potřeba se o fasádu starat, kontrolovat vlhkost pěstebního média, vata musí být stále vlhká, nedostatek nebo naopak nadbytek vody má fatální následky pro rostliny. Další z prováděných kontrol je kontrola funkčnosti zavlažovacího systému. Alespoň jednou měsíčně je vhodné vyčistit filtr nerozpuštěných látek. Co se týká hnojení, doporučené je hnojení třikrát ročně. Jednou ročně je nutné provést řez rostlin, k tomu musí dojít v ideálním období, nikdy se stěna nestříhá v období, kdy hrozí spálení prudkým světlem nebo její vymrznutí. V zimním období je vhodné zálivku zprovoznit jen při teplotách nad nulou (LIKO-S b). Za rok se zde vymění zhruba 5-10% vegetace.

5.1.1.4 Zálivka a hnojení

Zálivka se musí řídit klimatickými podmínkami, které v dané oblasti panují. Základní nastavení zálivky je na jaře tři minuty čtyřikrát denně, v létě čtyři minuty čtyřikrát denně, na podzim dvě minuty čtyřikrát denně a v zimě na deset minut jedenkrát týdně. Celková spotřeba vody na metr čtvereční činí dva litry za den.

K hnojení dochází pouze ve vegetačním období, tedy zhruba od března do října. Nejvhodnější je hnojit cca po třech měsících na týden až čtrnáct dní. Poslední hnojení probíhá v září nebo říjnu. Standardně se používá hnojivo na bázi NPK (LIKO-S b).

5.1.1.5 Fotografie



Obrázek 11: Osazení systému Biotile (autor práce)



Obrázek 12: Systém Biotile v exteriéru, budova Nívy, Bratislava (autor práce)

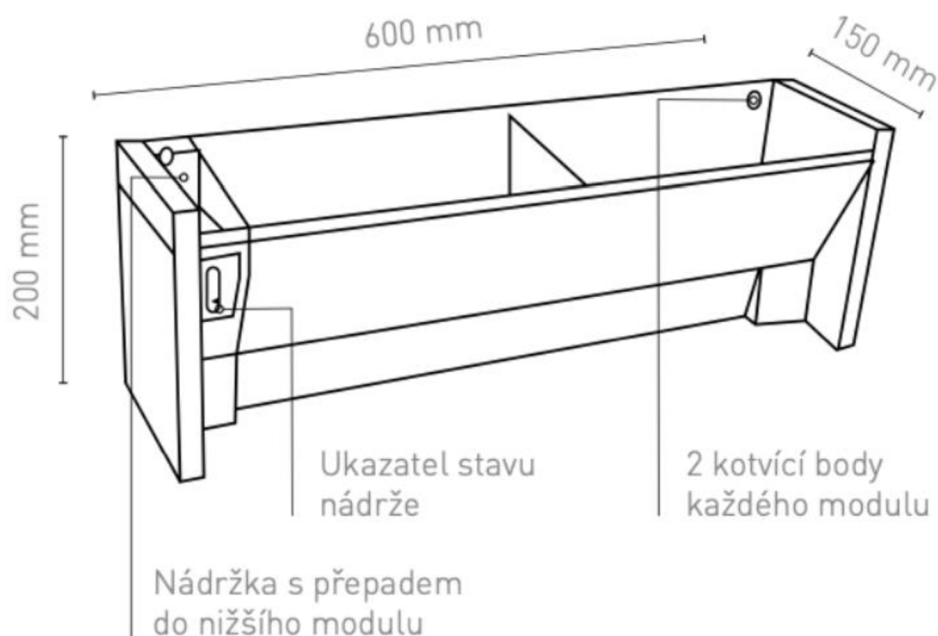
5.1.2 Plantbox

Druhým nabízeným systémem, který se vyskytuje na českém trhu, zprostředkovaný firmou LIKO-S je Plantbox. Jedná se o systém samozavlažovacích modulů. Cena se pohybuje okolo 15 500 korun českých za jeden metr čtvereční plochy. Jednotlivé díly na sebe navazují v horizontálním směru. Celková hloubka systému je 150 mm. Jednotlivé díly se zde kotví přímo do nosné zdi. Jeden metr čtvereční fasády se za nasyceného stavu svou hmotností pohybuje kolem 70 kg. Životnost takové stěny se pohybuje kolem 10 a více let. Fasáda je opět tvořena dvěma částmi, stejně jako tomu bylo u systému Biotil, a to systémovou a vegetační. Vegetační tvoří substrát a rostliny, které se nacházejí v truhlících. Systémová část je tvořena hliníkovým roštem, ten je kotvený přímo do zdi, na něm se nacházejí truhlíky systému Plantbox, ty vahou spočívají ve žlabu. Který zachycuje přebytečnou vodu (LIKO-S a).



Obrázek 13: Systém Plantbox (URL 13)

MODUL PLANTBOX



Obrázek 14: Technické specifikace modulu Plantbox (URL 14)

5.1.2.1 Technické specifikace

Použití:	exteriér, interiér
Rozměry modulu (šxv xh):	600x200x150 mm
Materiál:	100% recyklovaný polypropylen
Konstrukce:	modulární, nenosná
Hmotnost modulu:	2 kg
Povolená hmotnost výsadby:	2 kg
Plně nasycený systém:	70 kg/m ²
Závlaha:	terasový systém (automatická nebo ruční závlhka)
Kapacita nádrže:	1.8 litrů
Kotvení:	2 body na výšku 600 mm
Max výška stěny:	bez omezení
Max šířka stěny:	bez omezení
Vhodné rostliny:	pokožové, trvalky, bylinky, drobné ovoce, zelenina

Tabulka 7: Technické specifikace Plantboxu

5.1.2.2 Pěstební medium

Jako pěstební medium se pro Plantbox používá speciální substrát, který rostlinám poskytne optimální půdní prostředí potřebné k jejich růstu. Využije se 2,4 litru substrátu na metr čtvereční. Medium je objemově a tvarově stálé, obsahuje nízký podíl organických látek a vyšší podíl anorganických látek (LIKO-S a).

Po umístění substrátu do Plantboxu můžeme začít vsazovat květiny. Je nutné s nimi manipulovat opatrně, abychom neprotrhli knot, který se nachází vespod a vede vodu. Substrát optimálně vede vodu ze zásobníku za pomoci již zmiňovaných vztlínajících knotů. A zároveň nedochází k přelítí, které by vedlo k uhnívání rostlin. Přebytečná voda, která není vstřebána, je odváděna z jednoho truhlíku do druhého a to tak, že se všechny naplní, až voda dojde k nejspodnějšímu, odkud odtéká mimo zelenou stěnu do žlabu.

5.1.2.3 Zavlažování a hnojení

Zavlažovací systém je zde tvořen potrubím, které vyúsťuje do jednotlivých sloupců stěny. Stěnu je možné zalívat i v automatickém režimu díky kohoutkové řídicí jednotce. Zálivka se opět řídí ročním obdobím a oblastí. V létě bude samozřejmě potřeba častější zálivka nežli v zimě. Průměrně jsou na jeden metr čtvereční potřeba tři litry vody za den. Hnojení se provádí do jednotlivých truhlíků, provádí se až po zalití stěny. Lze použít tekutá, sypká, tabletová i pevná hnojiva. Stěnu je vhodné hnojit jednou za dva měsíce, v závislosti na ročním období. Ročně je vyměněno pět procent vegetace (LIKO-S a).

5.1.2.4 Fotografie



Obrázek 15: Plantbox a ukazatel stavu nádrže (autor práce)

5.1.3 Liko-še

Stejně jako dva předcházející typy, Plantbox a Biotile, zelených stěn i tento typ je tvořen vegetační a systémovou fází. Systémovou část tvoří nosný, hliníkový rošt, ten je kotvený ke stěně stavby. Dále hydroizolační záklop, ten zabraňuje průniku vlhkosti do provětrávané mezery mezi zdívkou a fasádou a zavlažovacím systémem. Vegetační fasádu tvoří předpěstované fasádní koše, ty jsou oseté luční směsí rostlin. Koše jsou plněny substrátem, ten je uzavřen v kapse z flísové rohože. Je zde použit speciální, tvarově a objemově stálý substrát, obsahuje nízký podíl organických a vyšší podíl anorganických látek. Zajistí dobré provzdušnění substrátu, tím pádem mají i kořeny dostatek vzduchu. Tohoto substrátu je užito zhruba šest litrů na jeden metr čtvereční plochy. Voda, která je přiváděna v závlaze, je obohacena hnojivem. K zadržování vlhkosti a zpomalení vysychání košů napomáhá retexová deska, kterou můžeme najít za koši (LIKO-S c).

Přípravu Liko-še začínáme přípravou plstěného materiálu, který nařezeme vhodným způsobem. Plstěný materiál dále vložíme do hliníkové konstrukce, následně celý koš naplníme substrátem a uzavřeme jej, abychom s ním mohli dále manipulovat. Nožem vytvoříme do materiálu díry. Položíme koš do horizontální polohy, zasypeme zeminou, nasypeme semena trav, nejčastěji slunovratu, a čekáme několik týdnů, dokud nebude mít tráva námi požadovanou délku. Až pak s ní můžeme dále pracovat.



Obrázek 16: Liko-še (URL 16)

5.1.3.1 Odvodnění a zavlažování

System se skládá z technické místnosti, kapkovacího potrubí na stěně a výtlačného potrubí. V technické místnosti najdeme hlavní ventil, průtokoměr s pulzním snímačem, bypass k přihnojování. Dále prostor pro nádrž na hnojivo, elektro ventily, řídicí jednotku, barometr s nastavením, vypouštěcí ventil. Celková spotřeba vody na metr čtvereční za den činí tři litry. Zálivka se řídí klimatickými podmínkami. Pokud je v zimě teplota pod nulou déle než týden, musí se stěna i přes to zalít, nejlépe častěji a na krátký časový interval. Hnojení probíhá opět zhruba pětkrát ročně během vegetačního období. Zálivku během zimy aplikujeme opět sníženou (LIKO-S c).

5.1.3.2 Péče a údržba

Péče a údržba je vždy velice důležitá, bez nich by vegetace rychle uhynula. Kontrolujeme vlhkost pěstebního média, funkčnost zavlažovacího systému, čistíme filtr nerozpuštěných látek. Dále doplňujeme roztok hnojiva, průměrně se doporučuje hnojit pětkrát ročně. Po vyprázdnění nádrže je nutné proudění vody přes trubici zastavit, aby nedošlo k jeho zavzdušnění. Minimálně jednou za rok je nutno provést řez rostlin, a to mechanickými nebo elektrickými nůžkami. Řez se provede na délku pět až deset centimetrů. Dosévání zde probíhá alespoň jedenkrát ročně. Rostliny totiž

nejdou schopny ve vertikální pozici svévolně vysemenit, což následně vede k postupnému ztracení druhů. Vyskytnou se holá místa, která je potřeba opět ozelenit. Celková výměna je nutná zhruba jednou za pět let. Roční výměna tedy činí zhruba jedno procento (LIKO-S c).

5.1.3.3 Fotografie



Obrázek 17: Příprava Liko-šů (autor práce)



Obrázek 18: Liko-še v exteriéru, budova Liko-Noe, Slavkov u Brna (autor práce)

5.2 Tabulka celkového zhodnocení

Bylo vytvořeno celkové zhodnocení všech systémů, které byly v práci popsány. K posouzení systémů došlo dle pěti různých parametrů, které byly popsány v kapitole číslo čtyři. Celkový možný počet získaných bodů mohl být 90. Z tabulky číslo 8 lze vyčíst, v jakém pořadí se systémy umístily dle hodnocených parametrů i kolik jim za jednotlivé parametry bylo přiděleno bodů. V posledním sloupci tabulky lze vidět celkový počet získaných bodů. Systém Biotile je na prvním místě s celkovým počtem 85 získaných bodů, hned za ním je systém Plantbox se 75 body, dále modulární systém se ziskem 70 bodů. Čtvrté místo obsadil systém Liko-šů, který získal 60 bodů. Na předposledním místě je plošný systém s 55 body a jako poslední je systém policový s 35 body.

umístění	systém	parametr ceny	parametr výměny rostlin	parametr hmotnosti	parametr závlahy	parametr substrátu	počet bodů celkem
1.	Biotile	10	15	25	20	15	85
2.	Plantbox	10	15	20	15	15	75
3.	modulární	10	20	15	15	10	70
4.	Liko-še	10	20	10	15	10	65
5.	plošný	5	5	25	15	5	55
6.	policový	5	10	5	5	10	35

Tabulka 8: Celkové zhodnocení systémů

5.3 Výběr stanoviště k návrhu vertikální zahrady

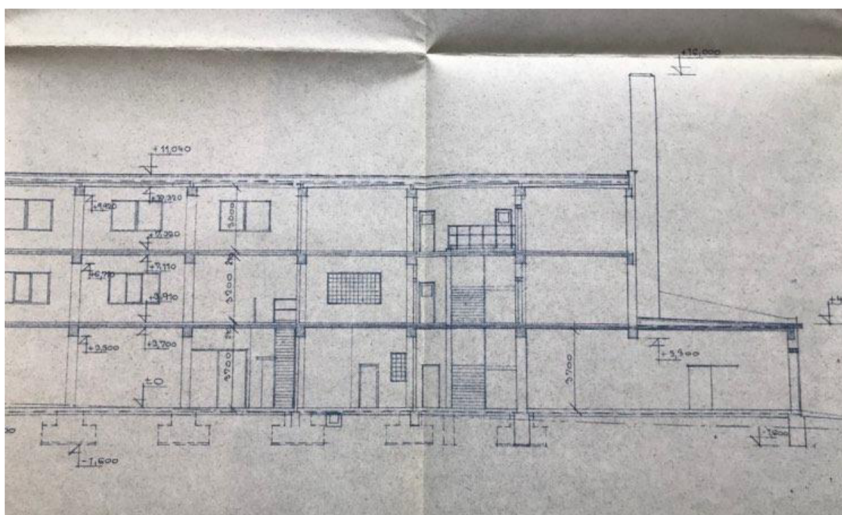
Prvním krokem návrhu vertikální zahrady byl měl být výběr stanoviště, na kterém bude zahrada lokalizována. Teoreticky navrhnutá vertikální zahrada by se nacházela v areálu Zemědělského obchodního družstva v Mrákově. Konkrétně se jedná o Plzeňský kraj, okres Domažlice. Obec se nachází v nadmořské výšce 462 metrů nad mořem. Budova byla postavena v roce 1979 a dodnes slouží svému účelu, lze v ní nalézt například kancelářské prostory. Parcela je vedena jako ostatní plochy. Objekt byl vybudován jakožto sociální zařízení a sklad. Čelo budovy je situováno směrem na jih, na tuto stranu by byla umístěna zahrada.

Objekt je obdélníkového půdorysu, je situovaný kolmo ke komunikaci vedoucí na Domažlice. Jako nosné zdivo jsou zde použity plné cihly P 150, malta min. MVC 25. Budova se člení na přízemí, první a druhé patro. Zastavěnou plochu tvoří celkem 742,53 m² (Archiv ZOD Mrákov).



Obrázek 19: Budova ZOD Mrákov

Na obrázku číslo 20 lze vidět technický výkres budovy, na kterou byla vertikální zahrada navržena. Konkrétně se jedná o stěnu, která je situována na jižní stranu. Zahrada se bude nacházet v prostoru mezi okny, bude tedy 9,5 metru vysoká a 2,4 metru dlouhá.



Obrázek 20: Technický výkres budovy ZOD Mrákov (archiv ZOD Mrákov)

6 Návrh vertikální zahrady

Pokračování páté kapitoly bude věnováno návrhu vertikální zahrady na konkrétním stanovišti.

6.1.1 Výběr systému ozelenění vertikální zahrady

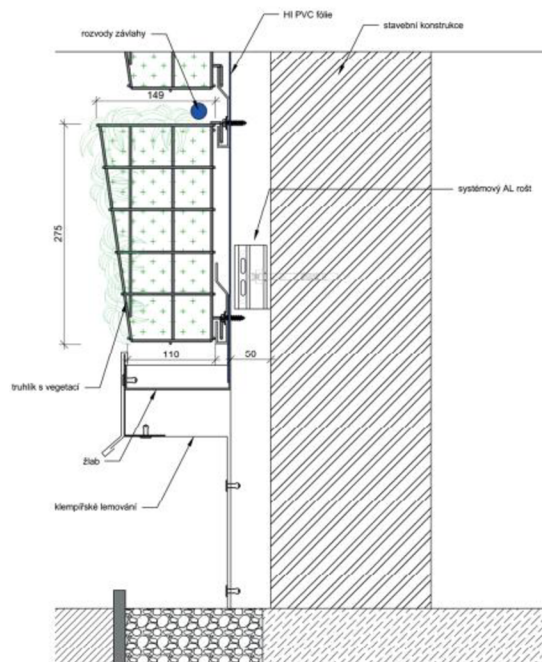
Na základě prostudovaných materiálů, vlastní zkušenosti a přihlídnutí ke zhodnocení všech systémů ozelenění vertikální plochy, kterým jsem se věnovala ve své práci, bych zvolila návrh zelené stěny se systémem Liko-šů. Celkově by Liko-še na tuto stěnu stály 379 500 Kč.

6.1.2 Technické specifikace

LIKO-še mají hloubku 15-25 cm, jejich váha se pohybuje okolo 105-155 kg/m². Každý modul je 600 x 325 mm velký. Na budově by byl vytvořen pruh z Liko-šů, který by se nacházel v části mezi okny. Budova je vysoká 9, 5 metru a prostor mezi okny je široký 2,4 metru. Mezi okny by tedy bylo umístěno celkem 116 modulů, 4 vedle sebe a 29 v každé řadě nad sebou.

Celkem by stěna pokrývala 22,8 m². Její váha by tudíž činila 2 964 kg, tedy necelé 3 tuny.

Ke stěně budovy by byl ukotven nosný hliníkový rošt. Součástí by byl i hydroizolační záklop, který zabraňuje průniku vlhkosti do mezery, která by byla vytvořena mezi zdivem a zavlažovacím systémem. Další vrstva by byla tvořena folií. Na takto připravenou konstrukce by bylo možno umístit koše s předpěstovanou vegetací.



Obrázek 21: Detail Liko-še (URL 20)

6.1.3 Substrát

Volila bych substrát, který bude ze 70 % tvořen anorganickou složkou, nejlépe perlitem. Zbylých 30 % by tvořila složka organická, která by docílila toho, že systém nebude náchylný vůči teplotním výkyvům nastávajícím v našich klimatických podmínkách. Hydroponii bych tedy vyloučila, jelikož by v zimě hrozilo nebezpečí promrznutí, a tudíž by mohlo dojít k poškození rostlin. Zvolený perlit by byl ideální na provzdušnění substrátu a díky svým retenčním schopnostem, by byl schopen stabilizovat vlhkost. Jeho další výhodou by byla odolnost vůči mrazu, plísním a dalším mikroorganismům. Zlepšoval by využívání hnojiv, díky velkému množství kapilárních i nekapilárních pórů.

6.1.4 Volba rostlin

Rostliny bych vybírala s ohledem na to, že stěna by byla situována na jižní stranu, tudíž by byla dostatečně zásobena slunečním svitem. Zároveň bych přihlédla k faktu, že zde bude distribuována rovnoměrná závlaha, proto musí rostliny mít podobné nároky i na zavlažování. Volba rostlin by tomu tedy měla odpovídat, aby se zde nacházely rostliny, které jsou pro toto prostředí vyhovující. Osazení rostlinami je klíčové pro fungování stěny, je tedy zapotřebí dbát na dobrý výběr. Po osazení je

potřeba stále kontrolovat vitalitu rostlin. Na osázení Liko-šů rostlinami by bylo použito 138 litrů substrátu. Všechny rostliny byly vybrány na základě článku z časopisu Zahradnictví (Matiska, 2020).

První rostlinou mého výběru by byla kostřava sivá (*Festuca glauca*), která je vhodná pro sušší a teplejší stanoviště. Skupinové výsevy jsou pro ni ideální, lze ji kombinovat s dalšími trvalkami a malými keři (Anonymus 8, 2023).



Obrázek 22: Kostřava sivá (*Festuca glauca*) (URL 21)

Další rostlinou by byl lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*), jedná se o 50 cm vysokou bylinu, která má mírně vroubkované listy vylučující uhličitán vápenatý. Je mrazuvzdorná a daří se jí na slunných místech. (Anonymus 8, 2023) Tato rostlina byla vybrána, jelikož netrpí žádnými specifickými chorobami. Jelikož se řadí mezi trvalky, její pěstování je téměř bezproblémové. Lze ji vysadit na různé druhy půd. Trvalky byly vybrány i z důvodu, že není potřeba je sázet moc hluboko, což by v systému s Liko-ši ani nebylo možné (Anonymus 10, 2023).



Obrázek 23: Lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*) (URL 22)

Kostráva metlovitá (*Festuca scoparia*) má sytě zelenou barvu. Je to nízká travina z čeledi lipnicovitých, její výška dosahuje nejvýše 30 centimetrů. Její květenství lze vidět v červnu a červenci. Jedná se o suchomilnou skalničku, která je velice odolná vůči mrazu a větru. Pokud by byl substrát příliš mokrá, mohlo by dojít k zahánění kořinek této rostliny (Anonymus 8, 2023).



Obrázek 24: Kostráva metlovitá (*Festuca scoparia*) (URL 23)

Kontryhel červenonohý (*Alchemilla erythropoda*) by byl další vybranou rostlinou, která je zajímavá především svým žlutým květem, který lze vidět v období června, července a srpna. Dorůstá výšky až 25 cm. Má stejné nároky na slunce jako ostatní vybrané rostliny, prospívá jí tedy slunce i polostín. Používá se ve skupinových výsevech. Snese dostatek vláhy. Je doporučeno vysazovat 12-16 kusů na metr čtvereční (Anonymus 8, 2023).



Obrázek 25: Kontryhel červenonohý (*Alchemilla erythropoda*) (URL 24)

Další zařazenou rostlinou by byla mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*). Jedná se o trvalku, která je rozšířena po celé Evropě. Vyznačuje se svým fialovým květenstvím a aromatem. Přirozeně ji lze nalézt na slunných loukách (Anonymus 8).



Obrázek 26: Mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*) (URL 25)

Žlutě zbarvený, dlouhověký rozchodník kamčatský (*Sedum kamtschaticum*) by se na stěně díky svojí barvě krásně vyjímal. Tato rostlina se řadí mezi čeled' tlusticovitých, dorůstá výšky zhruba 20 cm. Vytváří trsy, na kterých lze vidět od června do září květy (Anonymus 8, 2023).



Obrázek 27: Rozchodník kamčatský (*Sedum kamtschaticum*) (URL 26)

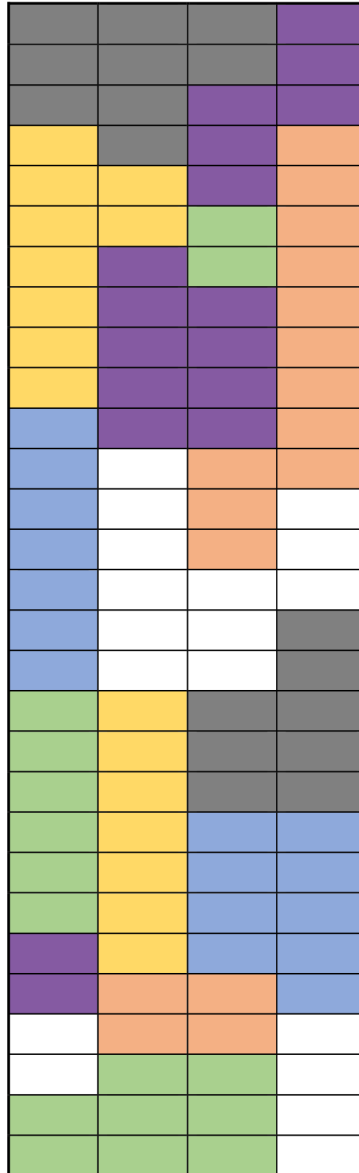
Poslední vybranou rostlinou by byl barvínek menší (*Vinca minor*). Jedná se o stálezelený polokeř, na kterém lze vidět modré až modrofialové květy v období od dubna do září. Byl vybrán z důvodu své univerzálnosti vůči stanovišti a substrátu, do

něž by byl vysazen. Na jaře by bylo potřeba jej důkladně zastříhnout, jelikož se velice rychle rozrůstá pomocí výhonků, tudíž rychle pokryje velkou plochu. (Anonymus 8, 2023).



Obrázek 28: Barvínek menší (*Vinca minor*) (URL 27)

Dohromady by zahradu tvořilo 116 košů, každý by byl osázen vždy jedním druhem. Na následujícím obrázku lze vidět schéma možného osázení, v němž šedá barva symbolizuje kostřavu sivou, bílou barvou je zastoupen lomikámen vždyživý, kostřavu metlicovitou najdeme pod barvou zelenou. Dále pak kontryhel červenonohý je vyznačen oranžovou barvou, fialovou je značena mateřídouška úzkolistá. Rozchodník kamčatský je žlutý a barvínek menší modrý. Rostliny by byly rozmístěny po shlucích z důvodu lepší následné údržby. Každým druhem by bylo osázeno 16-18 košů.



Obrázek 29: Schéma osázení vertikální zahrady (autor práce)

Jelikož by stěna byla pestrobarevná, nalákala by nespočet hmyzích druhů k opylení. Zároveň považují za vhodné umístit do její blízkosti ptačí budku. Ptáci při hledání potravy zcela určitě navštíví i zahradu, v případě škůdců ji jich zbaví.

6.1.5 Závlaha

Závlaha by byla v systému řešena pomocí kapénkové závlahy, rozvody závlahy by byly umístěny vždy nad koši, viz obrázek číslo 12. Přítok vody pro vertikální zahradu by byl řešen skrze vodovodní řád, na nějž by byl systém napojen. Automatické řízení závlahového systému by zprostředkovávala řídicí jednotka Hunter, která optimalizuje

plány zavlažování a maximalizuje úspory vody díky lokálně naměřeným meteorologickým datům. Jednotky Hunter podporují řady senzorů pro přímou komunikaci s řídicí jednotkou přes sensorové porty (Anonymus 9, 2023). Pro ještě lepší optimalizaci závlahových plánů bych použila senzory a nespolehala se pouze na meteorologická data z okolí, jelikož meteorologické podmínky se mohou značně lišit i v rámci krátkých vzdáleností. Vybrala bych dešťový senzor a senzor vlhkosti půdy, přičemž senzor vlhkosti je důležitější, jelikož se jedná o vertikální zahradu, na které se dešťová voda neudrží a velice rychle stéká po vegetaci, tudíž nemá možnost se dostat k substrátu. Je tedy nezbytné kontrolovat stav vlhkosti půdy.

Technická místnost, ve které by bylo umístěno čerpadlo by se nacházela v suterénu budovy. V celém systému rozvodu vody pro zavlažování je třeba udržet minimální tlak 3,5 baru, aby byla zajištěna správná funkce zavlažovacího systému. Tlak vody objektu ZOD Mrákov je dán tlakem vodovodního řádu, který upravuje vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích. Jelikož se jedná o budovu, která má více než dvě patra, upravuje vyhláška tlak přípojky vody na minimální hodnotu 2,5 bar. Maximální přípustný přetlak dle v nejnižším místě vodovodní sítě každého tlakového pásma nesmí být vyšší než 6 bar.

V mém případě uvažuji technickou místnost pro navrženou vertikální zahradu v suterénu budovy, kde je také vyvedena přípojka vodovodního řádu pro tento objekt. Nejvyšší bod závlahového systému je od vodovodní přípojky vzdálen 11,5 výškových metrů. Tlak v nejvyšším místě závlahového systému bude o zhruba $p_{\text{delta}} = h \cdot \rho \cdot g = 11,5 \cdot 1000 \cdot 10 = 1,15$ bar nižší než v místě přípojky. Je tedy nutné zajistit, aby přípojka měla minimální tlak cca 4,75 bar, aby byla zaručena správná funkce kapénkového zavlažovacího systému ve všech místech. Pokud je tlak v místě přípojky nižší než 4,75 bar, bude nutné použít čerpadlo, které tlak vody na tuto minimální hodnotu zvýší. Současně je však nutné respektovat vyhlášku č. 428/2001 Sb., která určuje maximální tlak na 6 bar (v odůvodněných případech se připouští i 7bar).

Běžně se volí čerpadlo s průtokem 1 m³/hod na 15 m² plochy. Pro uvažovanou vertikální zahradu s velikostí 29 metrů čtverečních vychází průtok zhruba 2 m³/hod. Zvolila bych čerpadlo Dosatron D25 RE 2 VF s průtokem 2,5 m³/hod, které poskytuje dostatečnou rezervu. Přes Dosatron by bylo v určených intervalech aplikováno NPK hnojivo v tekuté formě. Hnojení by probíhalo pouze ve vegetační době, od března do října. Zhruba jedenkrát za tři měsíce na jeden týden, by mělo být dostačující.

Kapénková závlaha by byla tvořena černou hadicí o průměru 16 milimetrů s otvory, z nichž bude proudit voda.

Zálivka by se řídila dle klimatických podmínek, které na dané lokalitě panují. Na jaře by tedy probíhala zálivka čtyřikrát denně, a to na tři minuty, v létě by se poté časový interval zvýšil o jednu minutu. Na podzim, kdy teploty již klesají, by stačilo aplikovat zálivku pouze na dvě minuty, čtyřikrát denně. Ani v zimě se nelze vyhnout potřebě zavlažování, nejedná se ovšem o tak intenzivní zálivku jako během ostatních ročních období. Postačí tedy spustit závlahu jedenkrát týdně na deset minut, pouze pokud jsou teploty nad nulou. Z den by stěnou protéklo 69 litrů vody, což by za rok činilo 25 185 litrů.

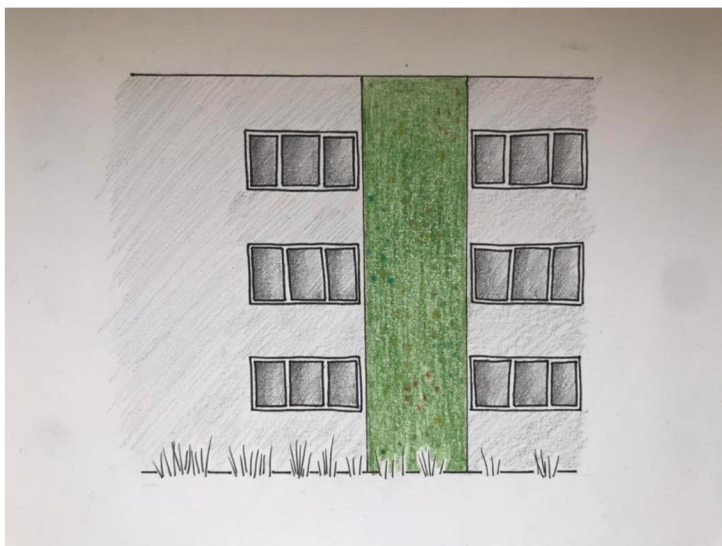
Co se týká vegetace, je nutné počítat s tím, že zálivka by byla po systému distribuována rovnoměrně, tudíž by byly voleny rostliny, které mají podobné nároky na závlahu i klimatické podmínky v místě realizace. Vyskytne-li se problém s úhynem rostlin, ať už jde o přesyčení vodou či usychání, je nutné změnit intenzitu zálivky. Zároveň by zde byl vybrán substrát, který je ze 70 % anorganický. Mimo to, že je lehký, je schopný poskytnout dobré vedení minerálů z vody a dlouhodobou vlhkost.



Obrázek 30: Dosatron D25 RE 2 VF (URL 29)

6.1.6 Nákres vizualizace vertikální zahrady

Na obrázku číslo 31 můžeme vidět nákres vizualizace navržené budovy. Nachází se v prostoru mezi okny, který je 2,4 metru široký a 9,5 metru vysoký.



Obrázek 31: Nákres vizualizace vertikální zahrady ZOD Mrákov (autor práce)

6.1.7 Údržba

Neodmyslitelnou součástí navrženého experimentu by byla údržba stěny. Je nutno se o zahradu starat průběžně dle potřeby. Řez travin probíhá zhruba jednou ročně. Péče o trvalky je průběžná, zhruba jedenkrát za dva měsíce. Během roku je nutno počítat s úhynem rostlin. Probíhá tedy přesazování uhynulých rostlin, zastříhování, plení rostlin, odstraňování odumřelých částí a další nezbytné práce.

7 Diskuse

V bakalářské práci byly zhodnoceny systémy vertikálních zahrad. Dále byla práce věnována popisu vybraných systémů vertikálních zahrad. Jednalo se o systém plošný, policový, modulární a poté konkrétně systémy Liko-šů, Plantbox a Biotile. Tři poslední uvedené systémy jsou nabízeny českou firmou LIKO-S. Dalším krokem bylo porovnání těchto systémů dle pěti určených parametrů, a to parametr ceny, výměny rostlin, hmotnosti, závlahy a substrátu. Vše bylo podrobně rozepsáno do tabulky, ze které jsou patrné následující výsledky.

Co se týká cenového hlediska vyšel zde nejlépe systém Plantbox, který stojí průměrně 15 500 Kč/ m², společně s ním byly do první kategorie umístěny systémy, které se vyskytují ve stejném cenovém rozpětí, tedy 10-30 000 korun českých. Těmi jsou Liko-še, které stojí 16 500 korun českých za metr čtvereční, třetí obecně modulární systémy za 17 000 korun českých, jejichž hodnota byla vypočtena průměrem ze tří konkrétních modulárních systémů firmy LIKO-S. Další místo patří systému Biotile s 19 000 korun českých. Na posledním místě se nachází policový systém, jehož hodnota na metr čtvereční činí 47 000 korun českých, přičku před ním obsadil systém plošný, který je o 3 000 korun českých levnější, stojí tedy 44 000 korun českých. Jak lze vidět, systémy modulární jsou variantou mnohem levnější, dokonce v řádu několika desítek tisíc. Pokud máme tedy nízkorozpočtovou zahradu, je vhodné zvolit jeden z těchto systémů. U systémů dražších hrají hlavní roli materiály, které jsou použity na realizaci stěny.

Bude-li přihlédnuto k parametru výměny rostlin, lze vyčíst z tabulky číslo dva, že nutnost výměny se nepohybuje ve velkých procentuálních číslech, ale je nutná u všech systémů. Nejnižší bývá u Liko-šů, které se osazují travami a u modulárních systémů. U Liko-šů se za rok obmění pouze jedno procento vegetace, u modulárních jsou to procenta čtyři. Shodně je na tom systém Biotile a Plantbox, kde se ročně vymění pět procent. U policového roste hodnota na devět procent a nejvíce vegetace se vymění u plošných systémů, zde je to až v průměru třináct procent. U každého systému je to ovšem individuální. Může tedy nastat rok, kdy se vymění jedno procento nebo rok, kdy se vymění procent například třicet. Vše závisí na fungování stěny, zejména závlahy. Největší podíl se odvíjí od toho, jak probíhají zimní měsíce a kolik rostlin během nich uhyne, jelikož toto období bývá nejkritičtější. U plošných systému bývá výměna větší, jelikož pokud zde dojde k výpadku vody je velký problém tuto vadu

rychle napravit, nelze se snadno dostat k závlahové hadici, která je pokryta souvislou vegetací.

Hmotnost je velice důležitým faktorem, který ovlivňuje stěnu budovy, na níž je systém zrealizován. Čím nižší hmotnost má systém, tím je vhodnější pro budovu, jejíž statika není tolik zatížena. Například policový systém zatěžuje budovu nejvíce, jelikož jsou zde rostliny vysázeny do keramických nádob a jsou zde umístěny obvykle menší dřeviny. Liko-še jsou druhým nejtěžším systémem ze všech posuzovaných. Jejich hmotnost se pohybuje mezi 105-155 kg/m². Bylo tedy počítáno s jejich průměrem, který činí 130 kg/m². Pokud se podíváme na systém nejlehčí, jedná se o plošný systém vážící zhruba 50 kg/m² a systém Biotile s 65 kg/m², které jsou shodně v první kategorii, v kategorii druhé je systém Plantbox, jehož váha činí 70 kg/m² a na třetím místě jsou obecně modulární systémy, jejichž váha vyšla na 88 kg/m² po zaokrouhlení. Tato hodnota byla spočtena jako průměr z Plantboxu, Liko-šů a Biotile, které jsou taktéž modulárními systémy. Hmotnost je důležitým parametrem, ke kterému se musí přihlídnout ještě před návrhem stěny. Lze vidět, že hydroponické systémy jsou velice lehké.

Závlaha je nepostradatelnou součástí celé zahrady. Za nejvhodnější variantu lze považovat z ekologického hlediska využití dešťové vody k závlaze systému, to ovšem nelze provést u všech stěn. Sběr dešťové vody je poměrně náročný. Je potřeba mít dostatek místa v blízkosti zahrady, aby zde bylo možno umístit nádrž na zachytávání srážek. Druhým problémem je fakt, že v České republice je roční úhrn srážek 673 mm/m². Což není dostačující vzhledem ke spotřebě stěny. V tomto případě by mohl nastat problém s dlouhodobým suchem, které by mohlo nastat a bylo by potřeba nalézt akutně jiné řešení závlahy, jinak by celá vegetace, v důsledku nedostatku přísunu vody, uhynula. Je potřeba dbát na co nejmenší spotřebu vody. Proto bylo přiděleno nejvíce bodů systémům, které tak činí. Nejlépe pracuje s vodou systém Biotile, který spotřebuje pouze 2 l/m²/den. Hydroponie se v tomto ohledu velice vyplatí. Dalším systémem je Plantbox, Liko-še, modulární systémy a plošné, které spotřebují shodně 3 l/m²/den. Nejvíce dochází k plýtvání vodou u systému policového, kde je spotřeba až 6 l/m²/den. Pokud podmínky dovolují, je dobré zvolit hydroponii. Mé hodnoty závlahy byly uvažovány jako roční průměr. Jelikož spotřeba vody se liší v rámci ročních období.

Posledním parametrem, který byl hodnocen je množství substrátu, které je použito na jeden metr čtvereční. Zde ovšem záleží na volbě substrátu, u většiny si lze

zvolit dle uvážení, zda je lepší anorganický nebo organický substrát. Zde vyšel velice dobře systém Biotile, jehož výplň tvoří čedičová vata Grodan, jejíž hmotnost je téměř nulová, její hmotnost přichází až s nasátím vody. Dobře si vede i Plantbox, do kterého se spotřebuje zhruba 2,4 l/m². Do modulárních systému je to průměrně 4,2 l/m². U policových a Liko-šů je to 6 l/m².

Plošné systémy spotřebují až 10 l/m². Vždy je vhodné zvolit co nejlehčí substrát. Zároveň takový, který bude schopen dobře vést živiny a držet vlhkost.

Nejlepším systémem dle celkového zhodnocení je Biotile, kterému chybělo pouze pět bodů k získání celkového možného počtu. Jediným parametrem, díky kterému přišel o body byla výměna rostlin. Vymění se zde zhruba pět procent vegetace za rok. Což je velice přijatelné, avšak vyskytují se zde i systémy, kde výměna činí jedno procento ročně, například Liko-še. V ostatních parametrech získal vždy nejvyšší možnou hodnotu. Ačkoliv se umístil na první příčce, není nejvhodnější do našich klimatických podmínek, vzhledem k tomu, že se jedná o hydroponii.

Hned za systémem Biotile se nachází Plantbox s bodovým ziskem 75 bodů. Jeho cena je nejnižší ze všech systémů, výměna rostlin je zde pět procent, stejně jako u systému Biotile. Hmotností se umístil také na předních příčkách, jelikož jeho váha na metr čtvereční je 75 kilogramů. Jeho spotřeba vody je vyhovující 3 l/m²/den. Substrátu je zde využito pouze 2,4 l/m². Jedná se o velice dostupný a funkční systém.

Třetí místo patří modulárním systémům obecně. U tohoto systému záleží na provedení, jak bylo zmíněno v kapitole literární rešerše. Je mnoho možností, jak tento systém realizovat, v práci bylo uvedeno například vysazování do boxů, truhlíků nebo vaků. Konkrétním příkladem mohou být i systémy Biotile, Plantbox a Liko-še, z nichž byla vytvořena průměrná hodnota u různých parametrů pro jejich zhodnocení. Jejich cena je 17 000 korun českých za metr čtvereční. Vymění se zde zhruba 4% vegetace za rok. Jeho hmotnost je 88 kilogramů na metr čtvereční. K zavlažování potřebuje 3 l/m²/den. Substrát je zde potřeba 4,2 kilogramů na metr čtvereční, spadá tedy do prostřední kategorie. Celkem získal 70 bodů.

Liko-še získaly 65 bodů, tudíž se umístily na čtvrté příčce. U parametru ceny jim byl přidělen nejvyšší možný počet bodů, jelikož dle rozdělení spadají do první kategorie, jejich cena je 16 500 korun českých za metr čtvereční. V první kategorii jsou i u parametru výměny rostlin, jelikož bývají osázeny travinami, jejich výměna činí cca jedno procento ročně. Většinou se u těchto systémů provádí výměna až zhruba po pěti letech. Co se týká hmotnosti, získali druhý nejnižší počet bodů. Hmotnost činí

v průměru 130 kilogramů na metr čtvereční, čím se řadí k těžším systémům. Spotřeba vody je 3 l/m²/den, čím se řadí k lepšímu průměru. Na vodu tedy není systém tak náročný. Velká je zde ale spotřeba substrátu, která vychází na šest litrů substrátu na metr čtvereční systému.

Předposlední je systém plošný. Ten se u parametru ceny i výměny rostlin vyskytuje v poslední kategorii. Jeho cena je neúměrně vyšší oproti předchozím systémům, a to 44 000 korun českých za metr čtvereční. Dochází zde k velké výměně rostlin každý rok, průměrně je vyměněno 13% vegetace. Záleží ovšem na spoustě faktorů, jako jsou například klimatické podmínky nebo funkčnost závlahy. Co se týká hmotnosti bylo mu přiděleno 25 bodů, jelikož je druhým nejlehčím hned po Biotile. Na závlahu jsou spotřebovány tři litry vody na metr čtvereční za den. Za substrát bylo přiděleno pouze pět bodů, jelikož se nachází až v poslední kategorii, je zde spotřebováno až deset litrů substrátu na metr čtvereční. Z cenového hlediska patří tento systém mezi méně dostupné. Důvodem ceny může být materiál, kterého je nutno použít velké množství. Bylo by možné navrhnout změnu materiálu, ze kterého se bude zahrada realizovat. Tento systém je nejvíce pracný ze všech uvedených systémů. Musí se zde nejprve pokrýt celá plocha konstrukcí a substrátem, a až poté do ni osazovat květiny. Efekt ozelenění ovšem nenastane ihned. Šlo by tedy osazovat systém již vzrostlými květinami, avšak dbát na jejich rozmístění. Je nutné, aby každá rostlina měla dostatečný prostor k růstu. Jako další zásadní problém zde sledávám závlahu, kterou je celý systém protkán. Při výpadku vody nebo porušení kterékoliv části zavlažovacího systému je nutná oprava, která je zde velice náročná. Není snadné se dostat k zavlažovací hadici, přes kterou jsou prorostlé květiny. Rozdělila bych tedy automatickou závlahu na několik sekcí, podle velikosti stěny. Střídavě by se každý den zavlažovaly jiné sekce. Pokud by došlo k poruše systému zavlažování, nemusela by uhynout celá vegetace, ale pouze sektor, ve kterém by nastal problém. Zároveň by bylo místo závady lehce odhalitelné, tudíž by mohlo dojít včas k jeho opravě.

Se ztrátou 55 bodů z celkového počtu devadesáti je systém policový. Získal tedy dohromady 35 bodů. Cenově se jedná o nejdražší z popisovaných systémů, jeho cena je 47 000 korun českých na jeden metr čtvereční. Za parametr výměny rostlin mu bylo přiděleno deset bodů, stále se ale nachází v předposlední kategorii, mění se u něj přibližně devět procent vegetace za rok. Jeho hmotnost se vyšplhá často nad 130 kilogramů na metr čtvereční, na to je velice důležité klást důraz, zejména z důvodu

statiky celé budovy, na kterou se tento systém umísťuje. Ze všech uvedených systémů má tento největší spotřebu vody, a to 10 l/m²/den. Substrátu je zde užito 6 l/ m².

Poslední část bakalářské práce jsem věnovala návrhu vertikální zahrady na konkrétním stanovišti, kterým je budova ZOD Mrákov. Stěna byla navržena se systémem Likošů, které ačkoliv se umístily v celkovém hodnocení na čtvrtém místě, jsou pro navrhnutou zahradu ideálním systémem. Byl zde zvolen vhodný substrát, který by byl tvořen převážně anorganickou složkou. Velký důraz byl kladen na volbu vegetace, již by byla stěna osázena, jelikož by zde byly rostliny na velice slunném stanovišti. Zvoleny byly traviny a trvalky, které jsou pro stanoviště s dostatkem slunce vhodné. Nezbytným krokem bylo i řešení závlahového systému, který by byl realizován kapénkovou závlahou. Technická místnost by se nacházela v suterénu, kde by se systém připojil na vodovodní řád.

8 Závěr a přínos práce

Ve všech parametrech za nejvhodnější považuji systém Plantbox, ačkoliv se výsledném zhodnocení je až na druhém místě.

U systému Biotile považuji za velkou nevýhodu hydroponii, která není do našich klimatických podmínek vhodná, jelikož v zimě by mohlo dojít k promrznutí vegetace. Navrhovala bych tedy změnu řešení tohoto systému. Ponechala bych plastovou mřížku, do které se vkládá čedičová vata Grodan a místo ní bych mřížku vyložila flísovou rohoží, jak je tomu u Liko-šů. Poté bych naplnila systém substrátem, který bude tvořen převážně anorganickou složkou a bude tedy lehký, zároveň zde bude složka organická, která se umí dobře vyrovnat s výkyvy teplot. Změnou substrátu by se tedy vyřešil problém s hydroponií. Systém by zvýšil svoji hmotnost, ale ostatní parametry by zůstaly vcelku nezměněny.

Modulární systémy hodnotím kladně, záleží zde ovšem na provedení systému, kterých je nespočet.

Ačkoliv dle bodového hodnocení jsou Liko-še až na čtvrtém místě, zvolila jsem si je na návrh vertikální zahrady, kterému se věnuji v kapitole 5.6. Z cenového hlediska se mi zdají jako hodně příznivé. Dle mého názoru by bylo vhodné zkusit osázet Liko-še nejen travinami, což jsem navrhovala v již zmíněné kapitole 5.6, kde jsem udělala výběr rostlin, je zde kombinace travin a trvalek. Za nevýhodu považuji jejich hmotnost, která se dá ovšem regulovat navýšením anorganické složky v substrátu. Z hlediska zavlažování je systém poměrně úsporný na spotřebu vody.

Plošné a policové systémy mají výrazné množství nedostatků počínaje vysokou pořizovací cenou, kterou lze snížit například volbou jiných materiálů na konstrukci. U plošného shledávám jako velkou nevýhodu řešení závlahy, ke které se nelze snadno dostat, vzhledem k tomu, že je celý systém, jak už název napovídá plošně souvislý.

Do budoucna lze přemýšlet nad velkým množstvím inovací, které by vertikálním stěnám pomohly k lepší funkčnosti, například obměna materiálů nebo vysázené vegetace. Další výzkum ohledně navržené vertikální zahrady by se mohl věnovat hodnocení vitality vegetace v průběhu roku a celkové funkčnosti navrženého systému.

Za velký přínos této práce považuji zjištění nových informací ohledně tohoto tématu, a především možnost se zapojit a nahlédnout do řešení vertikálních zahrad.

9 Přehled literatury a použitých zdrojů

1. ALEXANDRI, E., a JONES, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*. 43(4), 480–493. [cit.2022.10.03] <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>
2. ARCHIV ZOD Mrákov. [cit.2023.03.01].
3. ANONYMUS 1. 2023. Modular Greening Systems -- Wall Gardens. *Fassaden Grün* [online]. Německo [cit. 2022.08.28]. Dostupné z: <https://www.fassadengruen.de/en/modular-greening-system.html>
4. ANONYMUS 2. Co je tepelný ostrov Prahy a proč ho zkoumat? 2014. *Ekolist.cz* [online]. Praha: BEZK [cit. 2022.09.05]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/PR-co-je-tepelny-ostrov-prahy-a-proc-ho-zkoumat>
5. ANONYMUS 3. 2023. Kaskádové zahrady přináší do měst zdraví. *Kastanova.cz* [online]. Kaštanová [cit. 2022.11.16]. Dostupné z: <https://www.kastanova.cz/kaskadove-zahrady-prinasi-do-mest-zdravi/>
6. ANONYMUS 4. 2023. How to Choose Climbers for a Green Facade. *Tensile.com.au* [online]. Tensile Design and Construct [cit. 2022.01.09]. Dostupné z: <https://www.tensile.com.au/how-to-choose-climbers-for-a-vertical-garden-wall/>
7. ANONYMUS 5. 2023. Green facades in general. *Greenwall.pro* [online]. greenwall [cit. 2022.01.09]. Dostupné z: <https://greenwall.pro/en/technology/>
8. ANONYMUS 6. What are Green Walls - the Definition, Benefits, Design, and Greenery, 2017. *Naava* [online]. Naava [cit. 2023.02.24]. Dostupné z: <https://www.naava.io/editorial/what-are-green-walls>
9. ANONYMUS 7. 2023. How to create vertical garden, plus gallery of quirky green walls, 2008. *Balcony garden dreaming*[online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://balconyofdreams.blogspot.com/2008/09/how-to-create-vertical-garden-plus.html>
10. ANONYMUS 8. 2023. *Zahradnictví Flos* [online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi-flos.cz/>
11. ANONYMUS 9. 2023. Plány Hydrowise. *Hunter, Hydrowise* [online]. Hunter industries [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://support.hydrawise.com/hc/cs>

12. ANONYMUS 10. 2023. *Kostřava sivá* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://eshop.starkl.com/festuca-cinerea-elijah-blue>

13. ANONYMUS 11. *Bosco Verticale (Vertical Forest). Milan, Italy* [online]. 2023. [cit. 2023.03.13]. Dostupné z: <https://www.worldconstructionnetwork.com/projects/bosco-verticale-vertical-forest-milan/>

14. BARFIELD, Rose. 2019. *Bosco Verticale. Bricsys* [online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://www.bricsys.com/en-us/blog/bosco-verticale>

15. BURIAN, Samuel a Jan ONDŘEJ. 1992. *Oživená architektura (ozeleňování budov)*. Praha: Fajma. [cit.2023.03.13]. ISBN 80-85374-10-2.

16. BURIAN, Samuel. 2019. *Vertikální zahrady střízlivým pohledem. Inspirace* [online]. Brno, 2019(3). [cit. 2023.02.19]. Dostupné z: <https://www.szuz.cz/cs/hlavni-menu/inspirace/zelene-strechy/vertikalni-zahrady-strizlivym-pohledem/>

17. CAMERON, Ross W.F., Jane E. TAYLOR a Martin R. EMMETT. 2014. What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Building and Environment* [online]. 73, 198-207 [cit. 2023.02.24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231300351X>

18. ČERMÁKOVÁ, Hana, 2019. *Energeticky úsporný dům Pasohlávky: Vertikální rostlinné fasády*. Praha. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. [cit.2022.10.25].

19. DAVIS, M. J. M., F. RAMIREZ a M. E. PÉREZ. 2016. More than just a Green Façade: Vertical Gardens as Active Air Conditioning Units. *Procedia Engineering* [online]. 145, 1250-1257 [cit. 2022.10.15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816301680>

20. DEMEL, Ondřej. 2021. *Vertikální zahrady*. [cit.2022.11.09]. Dostupné z: <https://prezi.com/p/9lxn4cxbvgyb/vertikalni-zahrady/>

21. ELGIZAWY, Ebtesam. 2016. The Effect of Green Facades in Landscape Ecology. *Procedia Environmental Sciences* [online]. 34, 119-130 [cit. 2023.03.14]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616300342?via%3Dihub>

22. FOJTIČKOVÁ, Michaela. 2021. Historie zelených stěn. *Flora urbana* [online]. Flora Urbana [cit. 2022.09.14]. Dostupné z: <https://floraurbanica.com/historie-zelenych-sten/>
23. GOLASZ-SZOŁOMICKA, Hanna a Jerzy SZOŁOMICKI. 2019. Vertical Gardens in High-Rise Buildings – Modern Form of Green Building Technology. *Iopscience* [online]. 2019(603) [cit. 2023.08.28]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/603/2/022067>
24. HOHENADEL, Kristian. 2013. *Replanting the World's Concrete Jungles, One Wall at a Time* [online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://slate.com/human-interest/2013/09/patrick-blanc-s-newest-vertical-garden-greening-urban-walls-around-the-world.html>
25. HONSOVÁ, Hana. *Setkání nejen nad ovocem a zeleninou: 32-33* [online], 2021. 2021. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI) [cit. 2023.02.26]. Dostupné z: https://issuu.com/zemedelskaskola/docs/zemedelskaskola_4_84
26. HŘEBCOVÁ, Simona. 2020. *ZAVLAŽOVANÉ ZELENÉ STĚNY A ZELENÉ FASÁDY A JEJICH PŘÍNOS PRO MODRO-ZELENOU INFRASTRUKTURU*. Praha. Bakalářská práce. České vysoké učení technické. [cit.2022.09.17].
27. HUNT, Melanie. 2016. The ups and downs of vertical gardens. *The national* [online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://www.thenationalnews.com/arts/the-ups-and-downs-of-vertical-gardens-1.213677>
28. CHOVANČÍKOVÁ, Kateřina. 2020. *Vertikální zahrady ve venkovním prostoru*. Lednice. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. [cit.2023.02.19].
29. JARDINS, de Babylone. 2020. Mur végétal: Tous les systèmes pour faire un jardin vertical. [cit.2022.09.19]. Dostupné z: <http://www.jardinsdebabylone.fr/blog/mur-vegetal-jardin-vertical/>
30. KINGSBURY, Noel. *Planting green roofs and living walls*. Timber Press, 2004. [cit.2023.02.19].
31. KOLDA, Jan, 2022. Technologické možnosti venkovních zelených vertikálních stěn se zaměřením na problematiku závlahy, modelová konstrukce vlastního závlahového systému. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. [cit.2023.02.19].

32. KÖHLER, Manfred. 2008. Green facades—a view back and some visions. *Urban Ecosystems*[online]. 11, 423-436 [cit. 2023.03.14]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0063-x>
33. LACKEY, Stefani. 2022. The True Cost of Green Walls. *Bring nature indoors* [online]. [cit. 2023.03.01]. Dostupné z: <https://www.bringnatureindoors.com/the-true-cost-of-green-walls/>
34. LEISHMAN, Grant. 2018. The historic origins of vertical gardens [gallery]. GrowUp [online]. GrowUp Greenwalls [cit. 2022.09.22]. Dostupné z: <https://growupgreenwalls.com/blogs/growupdates/the-historic-origins-of-vertical-gardens-gallery>
35. LIBROVÁ, Hana. 2006. O biofilii. Brno. Publikace. Masarykova univerzita. [cit.2023.02.19].
36. LIKO-S a. Zelená stěna Platbox®: Modulární, samozavlažovací & ekologický systém vnitřní zeleně [online]. [cit.2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/interierove-zive-steny-2>
37. LIKO-S b. Technický list Biotile TM. In: Živé stavby.cz [online]. [cit. 2022-12-05]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni>
38. LIKO-S c. Zakázka Krajská knihovna Vysočiny. LIKO-S a.s., U Splavu 1419, CZ-684 01 Slavkov u Brna. [cit.2023.02.19].
39. MANSO, Maria a Joao CASTRO-GOMEZ. 2015. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and sustainable energy reviews* [online]. 2015(41), 863-871 [cit. 2022.08.22]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114006637?casa_token=bg_S6YjgYoAAAAA:Wtn15NEYIuwvdbUJ1k_Z7UhFM04_shK-X6Vjb5Op0_jeul8HGAgvOkNRHGzix5wKHSGo1Ku1grM

40. MATISKA, P.. Vhodný sortiment trvalek a travin pro zelené vertikální stěny. Časopis Zahradnictví. 1/2020. [cit.2023.03.13].
41. MAYER, Stephan, Cynthia FRANZ, Emma BRUEHLMAN-SENECAL a Kyffin DOLLIVER. 2009. Why is nature beneficial? The role of connectedness to nature. Environment and Behavior [online]. 41(5), 607-643 [cit. 2022.10.15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/238428905_Why_Is_Nature_BeneficialThe_Role_of_Connectedness_to_Nature
42. MEDL, Alexandra, Rosemarie STANGL a Florin FLORIETH. 2017. Building and Environment[online]. 125, 227-239 [cit. 2023.02.24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317304018?via=ihub>
43. NATARAJAN, Mukunth, Masnour RAHIMI, Shouvik SEN, Nadine MACKENZIE a Yernar IMANBAYEV. 2014. Living wall systems: evaluating life-cycle energy, water and carbon impacts. Urban Ecosystem[online]. 18, 1-11 [cit. 2022.11.26]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-014-0378-8>
44. PATYIOVÁ, Helena. 2022. Řešení zelených fasád a jejich aplikace. Praha. Bakalářská. České vysoké učení technické v Praze. [cit.2023.03.13].
45. PERINI, Katia, Marc OTTELÉ, E. M. HAAS a Rossana RAITERI. 2012. Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls. Urban Ecosystem [online]. 16, 265-277 [cit. 2022.10.25]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-012-0262-3>
46. PŘEROVSKÁ, Zuzana. 2013. Vertikální zahrady v exteriéru a interiéru. Lednice. Diplomová práce. Mendelova univerzita. [cit.2023.03.13].

47. STAFFLER, Martin. 2020. Vertikální zahrada: Zelené nápady pro malé zahrádky, balkony a terasy. Praha: Vašut. ISBN 978-80-7541-178-5. [cit.2023.03.13].
48. TIMUR, Özgür Burhan a Elif KARACA. 2013. Vertical Gardens [online]. The Author(s) [cit. 2022.11.14]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/45441>
49. VELAZQUEZ, Aramis. 2022. The Vertical Gardens of Patrick Blanc. Greenroofs.com [online]. Greenroofs.com [cit. 2022.09.22]. Dostupné z: <https://www.greenroofs.com/2022/02/14/the-vertical-gardens-of-patrick-blanc/>
50. VRBAS, Filip. 2015. Vertikální zahrady ve střední Evropě. Lednice. Diplomová práce. Mendelova univerzita. [cit.2023.03.13].
51. WONG, Nyuk Hien, Alex Yong KWANG TAN, Tan Puay YOK, Kelly CHIANG a Ngian CHUNG WONG. 2010. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment [online]. 2010, 45(2), 411-420 [cit. 2022.12.05]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/245145507_Acoustics_evaluation_of_vertical_greenery_systems_for_building_walls

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Zelená stěna od Patricka Blanca v ulici d' Aboukir, URL 1:

< <https://slate.com/human-interest/2013/09/patrick-blanc-s-newest-vertical-garden-greening-urban-walls-around-the-world.html> > [cit. 2022.08.13]

Obrázek 2: Zelená stěna od Patricka Blanca v Madridu, URL 2:

< <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/madrid/caixa-forum-madrid> > [cit. 2022.08.13]

Obrázek 3: Visuté stěny v Babylonu, URL 3:

< <https://www.nationalgeographic.com/history/history-magazine/article/know-where-7-wonders-ancient-world-except-one-hanging-gardens-babylon> > [cit. 2022.08.13]

Obrázek 4: Rozdělení systémů zelených stěn [zdroj číslo 45], [cit.2022.08.13]

Obrázek 5: Popínavé stěny bez podpory pnutí a s podporou pnutí, URL 5

< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132317304018?via=ihub> > [cit. 2022.09.20]

Obrázek 6: Možnosti realizace modulárních systémů, URL 6 <

<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74330/F1-DP-2018-Batovec-Vaclav-priloha-C-ZELENE%20FASADY.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> > [cit.2022.09.28]

Obrázek 7: Modulární systém v exteriéru, URL 7

< <https://www.intechopen.com/chapters/45441> > [cit.2022.09.28]

Obrázek 8: Policový systém Bosco Verticale, Miláno, URL 8

< <https://oppla.eu/embedded-case-study/17625> > [cit.2022.09.28]

Obrázek 9: Průběh osázení zelené stěny Patricka Blanca URL 9

< <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/madrid/caixa-forum-madrid> > [cit.2022.10.02]

Obrázek 10: Řídící jednotka systému Biotile (autor práce)

Obrázek 11: Osázení systému Biotile (autor práce)

Obrázek 12: Systém Biotile v exteriéru, budova Nivy, Bratislava (autor práce)

Obrázek 13: Systém Plantbox, URL 13 < <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni> > [cit.2022.10.24]

Obrázek 14: Technické specifikace modulu Plantbox, URL 14

< <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni> > [cit.2022.10.24]

Obrázek 15: Plantbox a ukazatel stavu nádrže (autor práce)

Obrázek 16: Liko-še, URL 16 < <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni> > [cit.2022.11.26]

Obrázek 17: Příprava Liko-šů (autor práce)

Obrázek 18: Liko-še v exteriéru, budova Liko-Noe, Slavkov u Brna (autor práce)

Obrázek 19: Budova ZOD Mrákov (autor práce)

Obrázek 20: Technický výkres budovy ZOD Mrákov (archiv ZOD Mrákov)

Obrázek 21: Detail Liko-še, URL 20 < <https://www.zivestavby.cz/cs/ke-stazeni> > [cit.2022.11.26]

Obrázek 22: Kostřava sivá (*Festuca glauca*), URL 21

< <https://www.venkovskazahrada.cz/kostrava-siva-nizka-festuca-glauca/> > [cit.2023.02.08]

Obrázek 23: Lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*), URL 22

< <http://www.katalog-rostlin.cz/brabec/foto.php?druh=skalnickytrvalky&name=Saxifraga-paniculata-Lomikamen-vzdyzivy&foto=1> > [cit.2023.02.08]

Obrázek 24: Kostřava metlovitá (*Festuca scoparia*), URL 23 < <https://www.zahrada-cs.com/sen/cz/festuca-scoparia/> > [cit.2023.02.08]

Obrázek 25: Kontryhel červenonohý (*Alchemilla erythropoda*), URL 24

< <https://shop.barnsdalegardens.co.uk/products/alchemilla-erythropoda> > [cit.2023.02.08]

Obrázek 26: Mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*), URL 25

< <https://www.zahradnictvi-flos.cz/thymus-serpyllum-materidouska.html> >

[cit.2023.02.08]

Obrázek 27: Rozchodník kamčatský (*Sedum kamtschaticum*), URL 26

< [https://www.zahradnictvi-flos.cz/sedum-kamtschaticum-rozchodnik-](https://www.zahradnictvi-flos.cz/sedum-kamtschaticum-rozchodnik-kamcatsky.html)

[kamcatsky.html](https://www.zahradnictvi-flos.cz/sedum-kamtschaticum-rozchodnik-kamcatsky.html) > [cit.2023.02.08]

Obrázek 28: Barvínek menší (*Vinca minor*), URL 27 < [https://botany.cz/cs/vinca-](https://botany.cz/cs/vinca-minor/)

[minor/](https://botany.cz/cs/vinca-minor/) > [cit.2023.02.08]

Obrázek 29: Schéma osázení vertikální zahrady (autor práce)

Obrázek 30: Dosatron D25 RE 2 VF, URL 29

< <https://www.msschippers.com/dosatron-d25-re-2-vf-0-2-2-2-5-m3-h-4309570.html>

> [cit.2023.03.13]

Obrázek 31: Nákres vizualizace vertikální zahrady ZOD Mrákov (autor práce)

11 Seznam tabulek

Tabulka 1: Bodové hodnocení dle parametru ceny (autor práce)

Tabulka 2: Bodové hodnocení dle parametru výměny rostlin (autor práce)

Tabulka 3: Bodové hodnocení dle parametru hmotnosti (autor práce)

Tabulka 4: Bodové hodnocení dle parametru závlahy (autor práce)

Tabulka 5: Bodové hodnocení dle parametru substrátu (autor práce)

Tabulka 6: Technické specifikace systému Biotile (29)

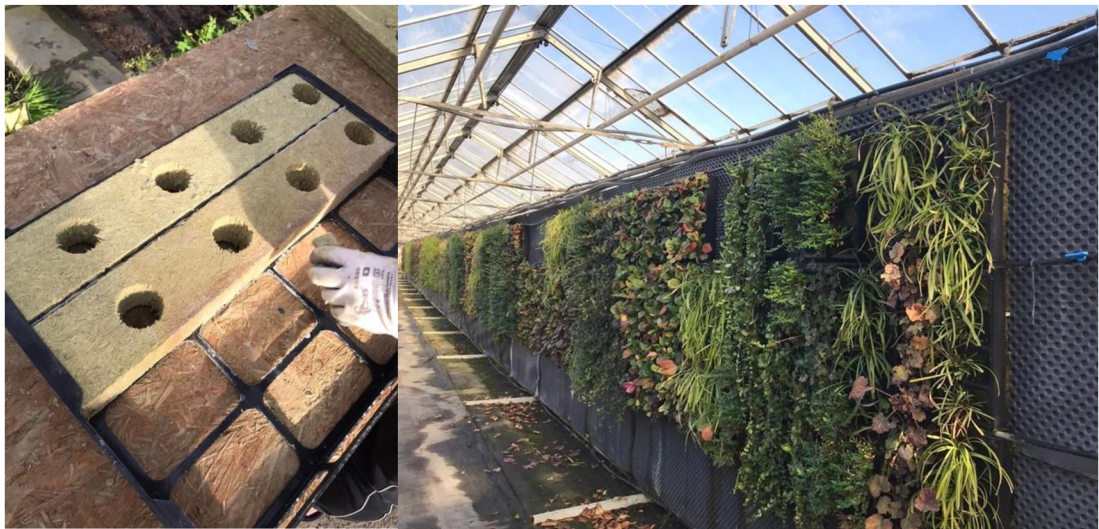
Tabulka 7: Technické specifikace Plantboxu (28)

Tabulka 8: Celkové zhodnocení systémů (autor práce)

12 Přílohy



Příloha 1: Osázení systému Plantbox, Klára Jiřincová, 2022



Příloha 2: Osázení systému Biotile, Klára Jiřincová, 2022



Příloha 3: Zavlažení systému Biotile před osázením, následné osázení systému, Klára Jiřincová, 2022



Příloha 4: Příprava Liko-šů, Klára Jiřincová, 2022



Příloha 5: Příprava Liko-šů na osázení vegetací, Klára Jiřincová, 2022



Příloha 6: Růst vegetace na Liko-ši, Klára Jiřincová, 2022