

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

TEZE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Vertikální zelené stěny

Brno, 2021

Ing. arch. Ivana Utíkalová





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

## VERTIKÁLNÍ ZELENÉ STĚNY

VERTICAL GREEN WALLS

### TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. arch. Ivana Utíkalová

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. arch. Ivana Košíčková, Ph.D.

BRNO 2021



## **ABSTRAKT**

Pojmy vertikální zahrady, vertikální stěny, zelené stěny, živé stěny nebo zelené fasády lze označit jako názvy pro pěstování rostlin umístěných ve vertikální rovině, díky kterým se zakrývají stěny či sloupy různých objektů. Jsou definovány pod názvem vertikálně situované rostlinné výsadby, které dle použitých taxonů lze aplikovat do interiéru i exteriéru.

Současná architektura stále více hledá způsoby, jak vracet zezeň do lidských sídel, a vertikální zahrady jsou jedním z řešení, která dokáží reagovat i na nedostatek volných ploch pro zezeň, zejména při řešení zástavby uvnitř sídelních celků a vracet tak alespoň část přírody do vnitřního prostoru měst a obcí. V neposlední řadě systémová řešení vertikálních zahrad pro vytvoření vegetačních svislých stěn v interiéru a na fasádách objektů nabízí možnost zhotovení rozmanitých a z architektonického hlediska zajímavých ploch trvale porostlých vegetací.

Disertační práce se věnuje tématu ozeleňování fasád, zejména pomocí systémů nespojených s volnou půdou – tzv. vertikálními zahradami. Jelikož jsou poznatky k této problematice zatím málo zdokumentované a realizaci zelených fasád těchto systémů v naší republice zatím není mnoho, jsem se na základě těchto skutečností rozhodla vytvořit vlastní reálný model fasádního systému vegetačních vertikálních stěn v klimatických podmínkách České republiky s místními taxony rostlin. V prvotní fázi práce je provedena analýza dostupných systémů zelených stěn a navržen plošný panel vertikální zelené stěny. V následující fázi je pak pomocí sledování růstu rostlin a měření teplot na zelené fasádě konkrétního objektu ověřován vliv těchto stěn na teplotu obvodového pláště a okolí budovy v porovnání s fasádou bez zezeň.

Vyhodnocení experimentů a získané poznatky poskytly informaci, jak zelená fasáda ovlivňuje své okolí a jaký by mohla mít vliv nejen na tepelnou pohodu objektu v jednotlivých ročních obdobích.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vertikální zahrady, pěšební systémy, exteriér, interiéru, způsoby ozelenění, modulární systémy, plošné konstrukce, testovací panel, testovací objekt, měřicí bod

## **ABSTRACT**

The concepts of vertical gardens, vertical walls, green walls, living walls or green facades can be referred to as vertical plantations for planting the walls or columns of various objects. They are defined under the name of vertically situated plant plantings, which, according to the used plant taxa, can be applied both indoors and outdoors.

Contemporary architecture is increasingly looking for ways to return greenery to human settlements, and vertical gardens are one of the solutions that can respond to the lack of free space for greenery, especially when solving development within settlements and return at least part of nature to the interior of cities and municipalities. Last but not least, the system solutions of vertical gardens for the creation of vegetation vertical walls in the interior and on the facades of buildings offer the possibility of making various and architecturally interesting areas, permanently overgrown with vegetation.

The dissertation deals with the topic of greening facades, especially using systems not associated with open ground - the so-called vertical gardens. Since the knowledge on this issue is still

poorly documented and the implementation of green facades of these systems in our country is not much, based on these facts, I decided to create my own real model of the facade system of vertical vegetation walls in the climatic conditions of the Czech Republic with local taxa. plants. In the initial phase of the work, an analysis of the available green wall systems is performed and a planar panel of the vertical green wall is designed. In the next phase, the influence of these walls on the temperature of the perimeter cladding and the surroundings of the building in comparison with the facade without greenery is verified by monitoring the growth of plants and measuring the temperatures on the green facade of a specific building.

The evaluation of the experiments and the acquired knowledge provided information on how the green facade affects its surroundings and what effect it could have on not only the thermal comfort of the building in individual seasons.

## **KEYWORDS**

Vertical gardens, growing systems, exterior, interior, landscaping methods, modular systems, planar structures, test panel, test object, measuring point

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Ing. arch. Ivana Utíkalová *Vertikální zelené stěny*. Brno, 2021.133 s.. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Ing. arch. Ivana Košíčková, Ph.D.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	5
1.1	Historie zelených fasád .....	5
2	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY .....	7
2.1	Popis problematiky .....	7
2.2	Současnost .....	7
2.3	Vertikální zelené stěny na našem území .....	11
3	CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....	13
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST VÝZKUMU .....	14
4.1	Mechové stěny .....	14
4.2	Panely ze stálozelených rostlin.....	16
5	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ .....	23
5.1	Základní charakteristiky provedených měření .....	23
5.2	Naměřené minimální a maximální teploty .....	27
5.3	Průběh teploty ve vybraných dnech .....	29
6	ZÁVĚR .....	33
6.1	Obecné závěry .....	33
6.2	Mechové panely .....	33
6.3	Panely ze stálozelených rostlin.....	34
6.4	Měření na fasádách KVOP .....	34
6.5	Možnosti dalšího pokračování a výzkumu .....	36
7	Citovaná literatura.....	37





# 1 ÚVOD

Pěstování rostlin ve vertikální rovině, díky kterým se zakrývají stěny či sloupy různých objektů, lze označit pojmy jako vertikální zelené stěny, vertikální zahrady, živé stěny nebo zelené fasády. Jsou definovány pod názvem vertikálně situované rostlinné výsadby, které dle použitých taxonů rostlin a pěstebních systémů lze použít do interiéru i exteriéru. Zelené stěny zahrnují vertikálně aplikované růstové médium, jako je půda, náhradní substrát, hydrofilní vlna nebo hydroponická plst'; a také integrovaný systém zalévání a hnojení.

Vertikální zelené stěny se v posledních letech staly novým trendem v moderní architektuře. Začlenění živé přírody do městského prostředí je v architektuře využíváno z hlediska nejen estetického, ale i ekologického a má také celou řadu výhod a účelů. Ať už v interiéru nebo exteriéru, volně stojící nebo nástěnné, jsou zelené stěny vhodné pro téměř všechna prostředí užívaná pro lidskou činnost.

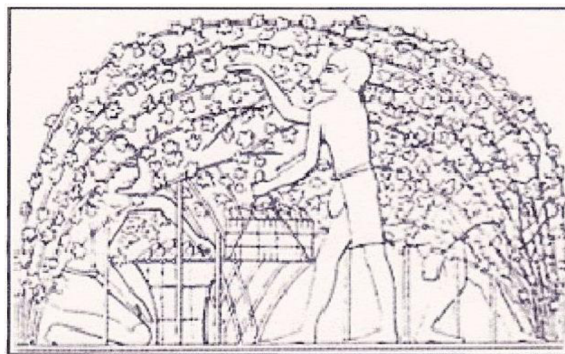
Mezi největší benefity vertikálních zelených stěn patří:

- Čistění okolního vzduchu – snížení emisí CO<sub>2</sub> a prašnosti, produkce O<sub>2</sub>
- Snížení okolní teploty
- Snížení hluku
- Větší odolnost budov vůči požáru
- Prodloužení životnosti stěn
- Větší hodnota budov
- Pozitivní vliv na energetickou náročnost budov

## 1.1 Historie zelených fasád

Různé formy použití rostlin na fasádách objektů sahají hluboko do historie, i když potřeba ozeleňovat stěny, sloupy a další svislé konstrukce nebyla v minulosti tak intenzivní jako v současnosti. Popínavé rostliny a ozeleňování fasád našly své místo ve všech historických obdobích a architektonických slozích.

První zmínky o záměrném používání popínavých rostlin uprostřed lidských sídel se datují do období starověku a jsou úzce spjaty s pěstováním révy vinné. Ing. Jiří Olšan z Památkového ústavu v Praze uvádí, že písemné zmínky o pěstování révy vinné se datují až do doby okolo 3500 let př. n. l. Nejstaršími ikonografickými prameny jsou nástěnné malby, fresky a reliéfy v hrobkách.



Obr. 1-1: Pěstování vinné révy v Egyptě cca 1400 l.p.n.l., hrobka úředníka Nakhta [1]

V období Středověku byla oblíbená vinná réva, vysazovaná na osluněných zdech. V zahradách pozdního Středověku (Franci, Anglie, Nizozemí a střední Evropa) se u zdí zahrad rostliny vyvazovaly k opěrným konstrukcím připevněných na zeď. Nejčastěji se jednalo o ovocné dřeviny. Ve středověkých zahradách se kromě vinné révy začaly objevovat popínavé růže a břečťan popínavý. Vinná réva se pěstovala nejen v zámeckých zahradách, ale také v zahradách a na fasádách měšťanských a selských domů.

Další rozmach popínavých rostlin nastal v období renesance, kdy převážně popínavé růže pokrývaly zdi po obvodu zahrad a popínala se po trelážích a pergolách. V pozdní renesanci a raném baroku byly v zahradách stavěny speciální konstrukce (původně z kamene a ze dřeva), které vytvářely podlouhlé chodby pokryté hustou spleť více druhů popínavých rostlin. Tyto konstrukce tvořily prostorový kompoziční prvek zahrady a poskytovaly kýžený stín jejím uživatelům. Rozmachu doznalo také pěstování vinné révy, která se jako užitková rostlina pěstovala na okrasných konstrukcích.

Největší prostor v historii dostaly popínavé rostliny v období secese, kdy byly popínavé rostliny nejen umísťovány v zahradách na trelážích, aby opticky oddělily jednotlivé části zahrady, ale popínavými rostlinami se inspirovala také secesní architektura na svých fasádách. Popínavých rostlin se nevzdala ani funkcionalistická architektura 1. poloviny 20. století.

Myšlenka vertikálních zahrad vznikla už ve 30. letech minulého století. První vertikální zahradu v Rio de Janeiru společně založili architekt Le Corbusier a brazilský zahradní architekt Roberto Burle Marx. S vertikálními zahradami je však nejčastěji spojován francouzský botanik, vědec pracující ve francouzském Národním centru pro vědu a výzkum, kde se specializuje na rostliny tropických lesních porostů a umělecký designér Patrick Blanc (1953). Je vynálezcem konstrukčního systému vertikální zelené stěny zvaným Le mur végétal, který využívá novou techniku kultivace rostlin bez substrátu-vertikální hydroponickou zahradu. Blancovou první velkou realizací byla v roce 2001 třicet metrů vysoká zelená stěna pařížského hotelu Pershing Hall, která spojuje všech 6 pater budovy.



*Obr. 1-1-2: Vertikální zelená stěna hotelu Pershing Hall v Paříži (2001) [2]*



*Obr. 1-1-3: Patrick Blanc-Quai Branly Jacques Chirac museum, Paris, 2004, 13 let po osázení [3]*

## 2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

### 2.1 Popis problematiky

Potřeba ozeleňování vertikálních ploch objektů stoupá s ubývajícím zelením sídel. V architektuře mají rostliny na fasádách své významné místo. Pomáhají zakrýt nevzhledné stěny, v letních měsících poskytují zastínění a pomáhají regulovat tepelnou pohodu v budovách, poskytují stín a chlazení při řešení teras a pergol.

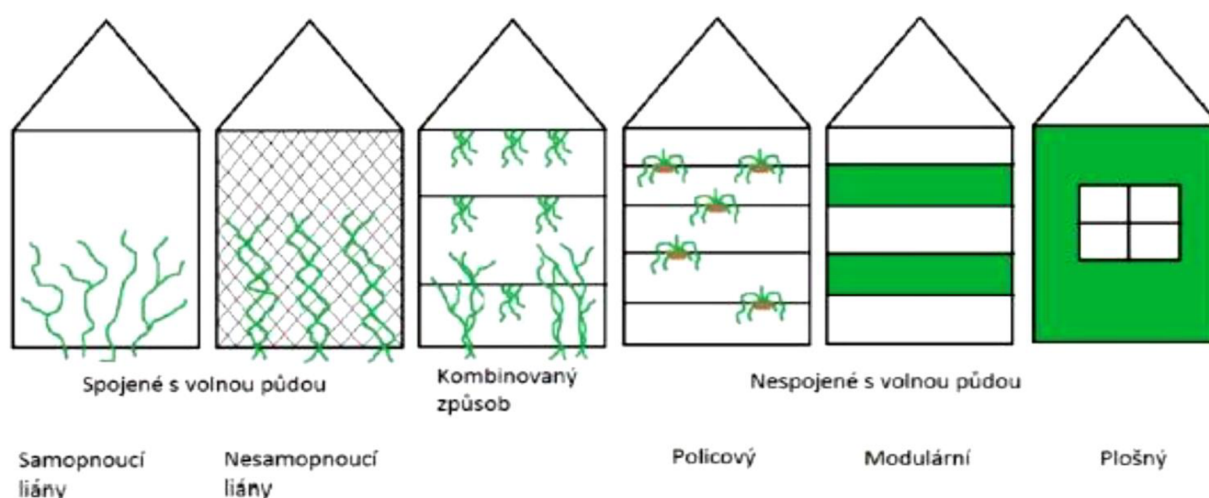
Dva hlavní způsoby, jak ozelenit fasádu i vnitřní stěny, představují popínavé rostliny a vertikální zahrady (vertikální zelené stěny). Pro naše klimatické podmínky jsou v exteriéru zatím používány spíše pnoucí rostliny pro jejich jednodušší využití a mnohem menší finanční náročnost provedení, sortiment popínavých rostlin využívaných pro ozelenění fasád je užší, ale zato spolehlivější. Pnoucí dřeviny na fasádách působí jako účinná izolace proti přehřívání, snižují teplotní výkyvy, slouží jako ochrana před větrem, deštěm a hlukem.

Použití vertikálních zahrad převládá v našich klimatických podmínkách v interiéru, kde dotváří kvalitu vnitřního prostředí. Vertikální zelené stěny ovlivňují vnitřní mikroklima budov, odbourávají škodlivé látky. V exteriéru stěny z rostlin výrazně snižují teplotu stěn během léta, kdy jsou obvodové stěny přehřáté, což způsobuje zvýšení teploty uvnitř budov a výsledkem je zvýšení spotřeby energie a náklady na klimatizační systémy. Větrací mezera mezi stěnou budovy a panelu zelené fasády může snížit zahřívání stěny až o 15°C. Kromě toho také vertikální zahrady zlepšují kvalitu ovzduší uvnitř i vně budov prostřednictvím přirozeného systému rostlin. Rostliny fungují jako přírodní filtry vzduchu, absorbují toxiny a odebírají prach ze vzduchu. Pomocí procesu fotosyntézy snižují emise CO<sub>2</sub> a uvolňují O<sub>2</sub> důležitý pro pohodu venkovních i vnitřních prostorů. Vertikální zahrada může snížit hluk, který se stává stále větším problémem měst, až o 40 dB, což je velkým přínosem při snižování přirozeného způsobu zvukového odrazu v exteriérech i interiérech.

### 2.2 Současnost

V současnosti lze systémy pro ozeleňování stěn rozdělit na systémy:

1. spojené s volnou půdou (pomocí samopnoucích či nesamopnoucích rostlin)
2. nespojené s volnou půdou (vertikální zahrady)



Obr. 2-1: Systémy pro ozeleňování stěn [4]

Výhody a nevýhody obou způsobů ozelenění stěn přehledně rozdělil Ing. Samuel Burian, autorizovaný architekt pro zahradní a krajinářskou tvorbu, v následující tabulce:

Tab. 2-1: Rozdíly mezi pnoucími dřevinami a vertikálními zahradami [4]

PNOUCÍ DŘEVINY	VERTIKÁLNÍ ZAHRADY (interiér/exteriér)
Náklady na pořízení jsou řádově nižší, nejvýše v řádu stokorun na 1 m <sup>2</sup>	Vysoké pořizovací náklady, až v desítkách tisíc na 1 m <sup>2</sup>
Úplná nezávislost na energetických zdrojích, nenáročná péče, vyrůstají z malé, dobře dostupné plochy na terénu	Závislé na energetických zdrojích (čerpadla), nutná pravidelná péče, výškové práce
Vysoký přínos pro energeticky úspornou architekturu	Malý přínos pro energeticky úspornou architekturu
Pomalý nástup účinku	Téměř okamžitý účinek
Výškové omezení	Teoreticky neomezená výška
Primárně do exteriéru	Primárně do interiéru (v našich podmínkách)
Omezená tvářnost	Vysoká tvářnost (tvorba kompozic)



Obr. 2-2: Použití pnoucích rostlin (Japonsko) [5]



Obr. 2-3: Použití vertikálních zahrad – Patric Blanc - Caixa Forum Madrid (2008) [6]

Současné poznatky o možnostech využití a postupech realizace vertikálních zahrad pocházejí z míst střední Evropy, především z Německa, Rakouska, Francie, Španělska a Itálie, kde se použití vertikálních zahrad v interiérech i exteriérech stává velmi populární.

Pěstební systémy vertikálních zahrad je možné rozdělit do dvou skupin, na pěstební systémy bez použití substrátu (hydroponické systémy) a s použitím substrátu. Systémy s použitím substrátu jsou mnohem častější než systémy bez substrátu a lze je na trhu nalézt v mnoha modifikacích. Rozdíly se týkají především použitého pěstebního média a způsobu jeho uchycení. Dle prof. Ing. Miloše Pejchala, CSc. z Mendelovy univerzity v Brně, lze pěstební systémy nespojené s volnou půdou rozdělit na:

1. Policové systémy
2. Modulární systémy
3. Plošné konstrukce

## 2.2.1 Policové systémy

Policové systémy mají na stěnách nebo ostatních nosných konstrukcích umístěné pěstební nádoby s integrovaným systémem závlahy, ve kterých se rostliny pěstují obdobným způsobem jako tzv. mobilní zeleň v pozemní úrovni nebo na plochých střechách.



Obr. 2-4: Bytový dům v Turině, Itálie (2014)

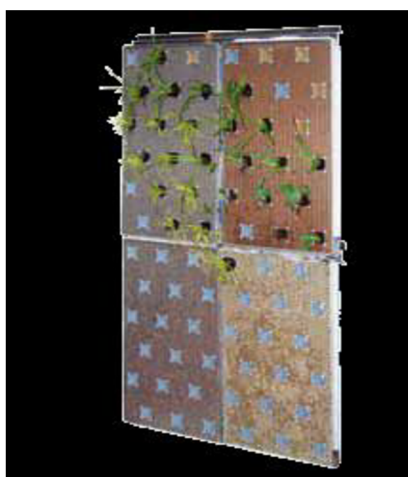


Obr. 2-5: Dvě věže Vertical Forest v Miláně (2009-2014) [7]

## 2.2.2 Modulární systémy

Modulární systémy vertikálních zahrad pokrývají fasády pomocí prefabrikovaných dílců zavěšovaných na nosné konstrukce stěn. Výsadba rostlin probíhá dvěma způsoby. Jednotlivé dílce mohou být před instalací předem osázeny a v případě potřeby jednoduše vyměňovány nebo jsou rostliny vysazovány až na místě.

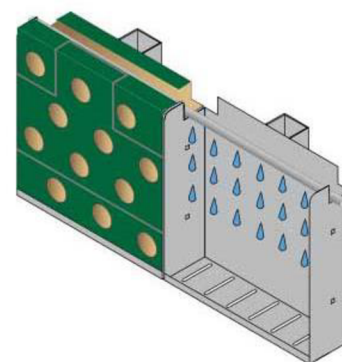
Prefabrikovanými prvky jsou nejčastěji **panely, kazety a koše**, které jsou zavěšovány na nosnou převážně hliníkovou konstrukci, která je přímo kotvena k nosné konstrukci objektu. Ve většině realizací se používají typové rozměry těchto systému.



Obr. 2-6: Stabilní hliníkový sendvičový panel f. Optigreen



Obr.2-7:Modulární systém vegetačních panelů s hydrofilní minerální vlnou BioTile [8]



Obr. 2-8: Kazetový systém PRO WALL firmy GSky Plant Systems Inc. [9]

Systemy původně vyvinuté pro interiérové realizace využívající standartní **květináče nebo prefabrikované kontejnery** zavěšované nebo ukládané na nosné konstrukce se závlahou se stále častěji objevují i v realizacích exteriérových. **Žlabové prvky** vyplněné obvykle substrátem obdobných vlastností jako při extenzivním ozeleňování střech, kotvených na nosnou konstrukci. Tyto systémy jsou vhodné především pro výrazně suchovzdorné rostliny (rod *Sedum*).

### 2.2.3 Plošné konstrukce

Plošné konstrukce mají pěstební prostory pro rostliny sestavené – alespoň částečně – z plošných materiálů dodávaných na „běžné metry“. Rostliny do nich mohou být vysazovány až po jejich instalaci na stěně a případná výměna jejich částí je (poměrně) komplikovaná [1]. Nejčastějšími variantami jsou:

#### Pěstování bez substrátu - Textilní systémy

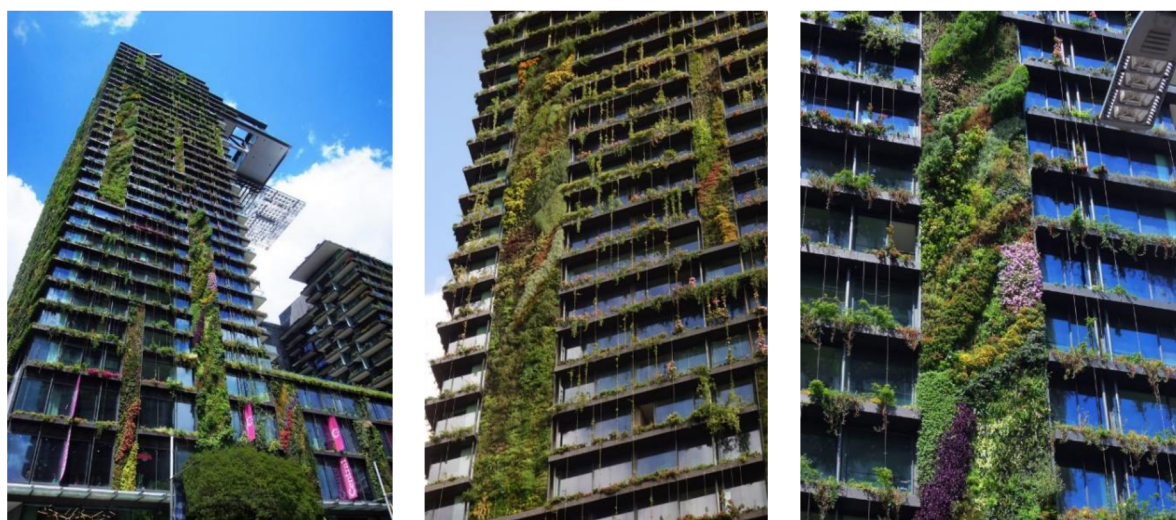
Tyto systémy jsou založené na principu hydroponie, které mají obvykle dvě vrstvy syntetické vysoce nasákové textilie (plsti), které jsou připevněny na nenasákovou plastovou nosnou desku.

#### Systémy z textilie a substrátu

Představují jakýsi kompromis mezi (spolehlivými, ale těžkými) kazetovými systémy a (méně spolehlivými, ale lehkými) textilními systémy. V těchto systémech se může objevovat klasický půdní substrát, rašelínik, minerální substrát (láva) nebo skelná (kamenná) vlna. Substrát je na povrchu kryt netkanou textilií se štěrbinami nebo kruhovými otvory pro výsadbu rostlin.

### 2.2.4 Kombinovaný systém

Systemy ozelenění budov kombinující plošné, kazetové, truhlíkové systémy vertikálních zahrad s lankovými systémy pro popínavé rostliny se v posledních letech stále více uplatňují při řešení fasád výškových budov převážně v centrech velkých měst. Na projektu již od začátku pracuje architekt spolu s botanikem a zeřeň se tak stává nedílnou součástí architektonického výrazu celého díla.



Obr. 2-9: Zazeleněná fasáda One Central Park, Sydney, 2014 - rok po osázení [3]

## 2.3 Vertikální zelené stěny na našem území

Na území České republiky se v posledních letech rozšířily převážně interiérové realizace vertikálních zahrad. Přestože se zelené fasády v současné architektuře uplatňují stále častěji, není u nás jejich rozšíření stále ještě na takové úrovni jako v jiných evropských státech a na nízké úrovni je i podvědomí o možnostech jejich uplatnění. Realizace větších exteriérových vertikálních zahrad je v České republice zatím v počátcích díky velkým finančním nákladům na provedení a následnou údržbu a provoz těchto fasád.

Prvními vlašťovkami byly testovací exteriérové realizace firmy Němec Luxusní povrchy, výrobce patentovaného systému Kaskádových zahrad. Tvoří jej systém samozavlažovacích truhlíků, do kterých se zavěšují jednotlivé květináče s rostlinami. Nejnovější exteriérovou realizací zelené fasády f. Němec je administrativní budova AFI Karlín Butterfly z roku 2018, kde je modulární systém samozavlažovacích truhlíků na fasádách objektu použit v kombinaci s lehkým obvodovým pláštěm.

Dalším modulárním systémem, který vyvinula česká firma ArchVegetal, je systém nerezových košů plněných rašeliníkem zavěšovaných na plně nerezových zádech, které jsou kotveny do stávající zdi. Zeď je dokonale ošetřena proti vlhkosti několika hydrofóbními vrstvami. Mezera mezi zdí a koši s rašeliníkem zajišťuje cirkulaci vzduchu.



*Obr. 2-10: Kaskádová zahrada -  
Administrativní budova AFI Karlín  
Butterfly v Praze, 2018 [10]*



*Obr. 2-11: : Intenzivní zelená fasáda  
prvního 3D tištěného domu Prvok v České  
republice, Praha 2020 [11]*

Stále častěji používaným modulárním systémem zelených fasád, kterým se v našich klimatických podmínkách objevil, je nejnovější patentovaný systém mokřadní fasády Ing. Michala Šperlinga z firmy Liko-S, a.s., která je biologickým filtrem předčištěné odpadní vody administrativního objektu firmy Liko-S u Slavkova dokončeného v září 2015. Dle autora patentu mokřadní fasády je fasáda soustavou nad sebou umístěných nerezových kazet vyplněných substrátem částečně nasyceným vodou. V kazetách rostou mokřadní rostliny, které vyživuje protékající voda. Do mokřadní střechy a fasády může být přiváděna mechanicky předčištěná odpadní voda, která může být průtokem fasádou dále čištěna. Další plochy zelené fasády jsou tvořeny zavěšenými vegetačními koši osázenými převážně travinami. Ve spolupráci s prof. Ing. arch. Zdeňkem Fránkem realizovala f.Liko-S v roce 2019 na svých pozemcích první „živou“ průmyslovou halu na světě Liko-Vo, která

také na svých fasádách kombinuje oba systémy ozelenění. Zelené fasády budovy nejen chladí své okolí i interiér, ale spolu se zelenou střechou plní funkci kořenové čistírny odpadních vod.



*Obr. 2-12: Kancelářská budova Liko-Noe, f. Liko-S, Slavkov u Brna, 2015 [12]*



*Obr. 2-13 : Průmyslová hala Liko Vo, Slavkov u Brna, 2019 [12]*

Plošné systémy zelených stěn, zejména hydroponické, byly v posledním desetiletí využívány převážně pro interiérové realizace. Rozmach exteriérových instalací nastal v posledních deseti letech, kdy tyto systémy, převážně na bázi minerální agrovaty a substrátu, získávají u investorů na oblibě. Zástupcem dodavatelských firem tohoto systému je firma Květ z Blažovic u Brna, jejíž první realizací byla v roce 2019 vertikální zahrada v otevřeném atriu čtyřpodlažního objektu na Zelném trhu v Brně. Tato realizace má vlastní hliníkovou nosnou konstrukci odsazenou od obvodové konstrukce budovy. Přísun vody k rostlinám je zajištěn integrovanou automatickou závlahou, která je nastavena dle ročních období. Přebytečná voda je sbírána u paty vertikální zahrady, svedena do zásobní nádoby, přečištěna a spolu s přidanými živinami znovu použita zavlažovacím systémem. Zatím poslední rozsáhlou realizací vertikální zahrady této firmy je zelená fasáda přístavby Kanceláři Veřejného ochránce práv (KVOP) na ul. Údolní z roku 2019.



*Obr. 2-14: Vertikální zahrada v atriu objektu na Zelném trhu [13]*



*Obr. 2-15: Severozápadní pohled na zelenou fasádu přístavby KVOP*



### 3 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Předmětem disertační práce je výzkum věnující se tématu ozelenování fasád, zejména pomocí systémů nespojených s volnou půdou. Jelikož jsou poznatky k této problematice zatím málo zdokumentované a realizaci zelených fasád těchto systémů v naší republice zatím není mnoho, jsem se na základě těchto skutečností rozhodla vytvořit vlastní reálný model fasádního systému vegetačních vertikálních stěn v klimatických podmínkách České republiky s místními taxony rostlin.

Na základě zjištění čerpajících z aktuálně dostupných podkladů k jednotlivým systémům vertikálních zelených stěn, technických podkladů výrobců materiálů užívaných ve skladbách těchto stěn i další převážně zahraniční literatury jsem musela konstatovat, že současné podklady k problematice vertikálních zelených stěn jsou zatím velmi omezené a uváděné zkušenosti a poznatky nejsou hlavně v našich klimatických podmínkách dostatečně ověřeny.

Původním cílem disertační práce bylo:

1. Vytvoření reálného modelu systému vertikálních zelených stěn pomocí mechorostů bez integrované závlahy
2. Monitorování růstu mechorostů v průběhu ročního cyklu
3. Měření teplotních polí na tomto systému zelené fasády
4. Vyhodnocení naměřených hodnot a jejich porovnání s obdobným tzv. nulovým případem (tj. stěnou bez vertikální zelené plochy)

Po provedení reálného modelu mechorostových fasád, kdy se směr výzkumu ukázal jako velmi problematický, byly cíle přehodnoceny a změněny takto:

1. Vytvoření reálného modelu systému vertikálních zelených stěn ze stálezelených rostlin s integrovanou závlahou
2. Monitorování růstu použitých taxonů rostlin v průběhu ročního cyklu
3. Měření teplotních polí na konkrétním objektu s obdobným systémem vertikálních zelených stěn
4. Vyhodnocení naměřených hodnot a jejich porovnání s obdobným tzv. nulovým případem (tj. stěnou bez vertikální zelené plochy)

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST VÝZKUMU

### 4.1 Mechové stěny

Prvním návrhem modelu vertikálních zelených stěn bylo vytvoření nového specifického systému zelených fasád tvořených mechy a mechorosty bez integrované závlahy. Závlaha mechu je nutná pouze v počátečních stádiích růstu, následně mech absorbuje vzdušnou vláhu. Proto byly testovací panely v prvních týdnech zalévány postřikem.

Postup řešení realizace mechových stěn:

1. fáze: Sběr mechu a mechorostů rostoucích na území ČR, příprava zkušebního modelu fasádního mechového panelu, příprava materiálu a pokladu pro vertikální nanášení mechu.
2. fáze: Umístění modelu na vhodné stanoviště tak, aby byly zajištěny patřičné podmínky pro měření během celého roku.

Pro testování panelů ve vertikální poloze byla použita severozápadní stěna testovacího objektu experimentální dřevostavby, který je součástí Centra AdMaS, Fakulty stavební v Brně.

Příprava testovacích panelů probíhala v dílnách Ústavu pozemního stavitelství Fakulty stavební v Brně v květnu 2017, kde bylo vyrobeno 12 testovacích panelů se čtyřmi podkladními růstovými médii. Jako záda panelů byly použity dřevotřískové OSB desky rozměru 600/800 mm, které byly proti vlhkosti chráněny PE fólií a geotextilií. Horní a spodní hrana panelů byla vytvořena děrovaným plechem pro odtok přebytečné vody v systému.



*Obr. 4-1: Příprava testovacích panelů v dílnách ÚPST*

Jako podkladní médium byly zvoleny substrátové desky Isover Flora, které plně nebo částečně nahrazují substrát v konstrukcích vegetačních střeš. Dalším růstovým médiem byly zvoleny desky z recyklované plsti s obsahem bavlny, které jsou v Centru AdMaS testovány pro vegetační šikmé i ploché střechy, jako třetí médium byly zvoleny desky z konopného pazdeří, využívané jako tepelná izolace a jako poslední podkladní médium byl zvolen substrát s rašelinou a hydrogelem.

Na připravená podkladní média byla položena vrstva mechu a zajištěna poplastovaným pletivem pro instalaci ve svislé poloze. Hotové panely byly převezeny na venkovní testovací plochu centra AdMaS, kde byly před instalací na testovací objekt ponechány 3 měsíce ve vodorovné a posléze nakloněné poloze.



Obr. 4-2: Hotový mechový panel



Obr. 4-3: Panely na testovací ploše centra AdMaS

Před instalací na testovací objekt bylo patrné, že substrát s rašelinou jako podkladní médium nebylo vhodně zvoleno, panely se při polohování do svislé polohy velmi sesedaly a vrstva mechu byla potrhána působením hydrogelu. Proto nebyly při instalaci na svislou stěnu použity. Pro montáž panelů do svislé polohy byla zvolena severní strana testovacího objektu.

Již v průběhu uložení panelů ve vodorovné poloze na testovací ploše bylo patrné, že v klimatických podmínkách dané lokality mechové panely bez závlahy neprosperují a mech usychá. Proto bylo při instalaci panelů do svislé polohy přistoupeno k realizaci kapkové závlahy solárním zavlažovacím systémem, který využíval dešťovou vodu zachycenou do dešťového barelu ze střechy testovacího objektu. Spodní řada panelů byla ponechána bez závlahy k porovnání.

Bylo však nutné konstatovat, že ani integrovaná závlaha panelů na růst mechu neměla příliš vliv a mech v daných klimatických podmínkách neprosperoval. Dařilo se mu pouze ve spodních částech panelů, kde růstové médium dokázalo zadržet do určité výšky vodu.



Obr. 4-4: Mechové panely instalované na testovacím objektu v Centru AdMaS, 09/2017



Obr. 4-5: Růst mechu pouze ve spodních částech zavlažovaných panelů

Na konci podzimu byla kapková závlaha odpojena a až do konce března byly testovací panely bez vody. Již na začátku roku 2018, kdy i po znovu zapojení závlahy mechové stěny neprosperovaly a růst mechů stagnoval, bylo nutné konstatovat, že tento směr návrhu systémů vertikálních zelených stěn nebyl funkční a mech jako vegetace pro svislé zelené stěny nebyl vhodně vybrán. V našich klimatických podmínkách, kdy hodnota vlhkosti v ovzduší, ze kterého mech čerpá primárně vláhu, je hlavně v letních měsících nízká a mech i při integrované závlaze usychá.

## 4.2 Panely ze stálozelených rostlin

### 4.2.1 Příprava testovacích panelů

Pro panely se stálozelenými rostlinami byly vybrány jako růstové médium substrátové desky z hydrofilní minerální vlny Isover Flora a Isover Intense, které jsou převážně používány v konstrukcích vegetačních střech, kde plně nebo částečně nahrazují substrát. Desky jsou lehké a vzdušné, ale hlavně byly vybrány pro svou výbornou vodopropustnost, kdy však určité množství vody v deskách vždy zůstává, takže rostliny tak mohou v deskách spolehlivě vegetovat i v obdobích, kdy je odpojena kapková závlaha.



*Obr. 4-6: Panel s hydrofilní vlnou s předchystanými otvory a vyplněný substrátem pro výsadbu rostlin*



*Obr. 4-7: Osázený panel*

Panely s rostlinami byly uloženy ve vodorovné poloze na venkovních plochách ústavu a zalévány po dobu 3 měsíců, aby zakořenily.



*Obr. 4-8: Zakořenění rostlin ve vodorovné poloze – červenec-září 2018*

V druhé polovině září 2018 byly testovací panely převezeny do Centra AdMaS, kde byly instalovány do svislé polohy na testovací objekt ÚPST.

## 4.2.2 Monitorování růstu rostlin

Instalace testovacích panelů na testovací objekt v centru AdMaS a monitorování růstu rostlin ve svislé poloze v průběhu ročního cyklu.



*Obr. 4-9: Říjen 2018-závlaha*



*Obr. 4-10: Listopad 2018 - závlaha*



*Obr. 4-11: Prosinec 2018 – bez závlahy*



*Obr. 4-12: Leden 2018*



*Obr. 4-13: Únor 2019*



*Obr. 4-14: Březen 2019*

---

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST VÝZKUMU

---



*Obr. 4-15: Duben 2019*



*Obr. 4-16: Květen 2019- obnovena závlaha*



*Obr. 4-17: Červen 2019*



*Obr. 4-18: Červenec 2019*



*Obr. 4-19: Srpen 2019*



*Obr. 4-20: Září 2019-demontáž panelů*

### 4.2.3 Měření na fasádách KVOP

Pro další výzkumnou práci na testování vertikálních zelených stěn jsem měla možnost využít zelenou fasádu novostavby přístavby kanceláří k objektu Kanceláří Veřejného Ochránce Práv (KVOP) v Brně, na ul. Údolní. Systém vertikální zahrady použitý na této realizaci také využívá jako pěstební médium hydrofilní minerální vlnu. Jedná se o systém s integrovanou automatickou závlahou.

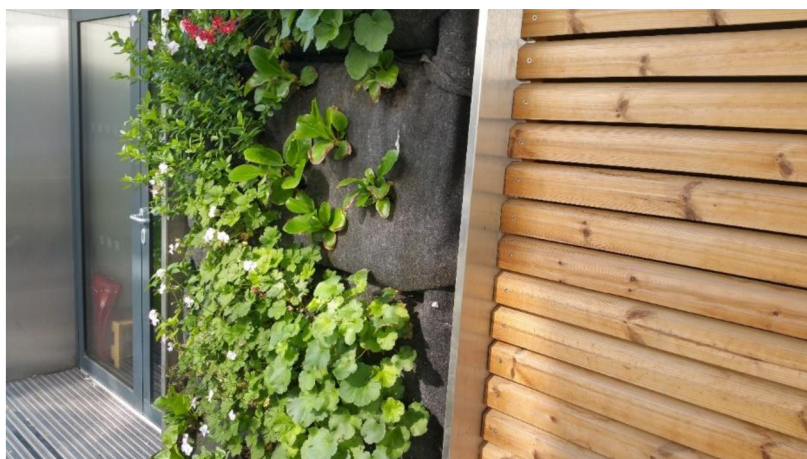
Fasáda objektu byla řešena jako kombinace provětrávané fasády s dřevěným obkladem a plošným systémem vertikálních zahrad. Zelená fasáda byla navržena na části východní a západní fasády a na celé fasádě severní. Fasáda východní a jižní je řešena v provětrávané fasádě s dřevěným horizontálním obkladem. Při realizaci objektu v roce 2017-2019 byl systém zelené fasády instalován na fasádu severní a polovinu fasády západní.

Technologie založení vertikální zelené fasády:

- ukotvení hliníkových profilů 80 x 30 x 3 mm pomocí nerezových šroubů na dřevěnou konstrukci na stěně fasády
- instalace PP desek na hliníkové profily
- montáž geotextilie a agrovaty jako vegetačního substrátu pro rostliny
- umístění okapů nad okna
- provedení automatického závlahového systému včetně technologií
- výsadba rostlin
- odzkoušení a uvedení do provozu závlahového systému

Zdrojem vody pro závlahu zelené fasády je podzemní akumulační nádrž o objemu 22,5 m<sup>3</sup>. Zdrojem vody pro akumulační nádrž jsou veškeré navržené ploché střechy o celkové ploše 609 m<sup>2</sup>. Současně je zavlažovací systém zelené fasády uzavřený a přebytečná voda se vrací zpět do akumulační nádrže. Pro zajištění dostatečného množství vody je ve stanoveném časovém úseku akumulační nádrž doplňována vodou z vodovodního řádu.

Pro měření teplot byla vybrána fasáda západní, na které je řešena jak fasáda zelená, tak dřevěný obklad fasády.



Obr. 4-21: Detail napojení dřevěné a zelené fasády na západní straně objektu

#### 4.2.4 Základní údaje o testovacím objektu

Tab. 4-1: Kompletní údaje o objektu přístavby KVOP

Základní údaje o objektu	
Objekt	Přístavba Kanceláře veřejného ochránce práv
Umístění	Údolní 658/38, 602 00 Brno-střed
Katastrální území / parc.č.	Město Brno / 703/5, 713/2
Nadmořská výška	235 m.n.m.
Rok realizace objektu	09/2017 – 06/2019
Osázení zelené fasády	05/2019
Generální projektant a autor	LD Projekt - Ing. Lukáš Daněk, PhD.
Spoluautor fasád přístavby	Ing.arch. Ivana Utikalová
Realizátor zelené fasády	Ing. Jana Vrbasová / firma Květ
Obestavěný prostor	4846,18 m <sup>3</sup>
Zastavěná plocha	315,60 m <sup>2</sup>
Užitná plocha celková	1028,92 m <sup>2</sup>
Funkční jednotky	
Kanceláře	173,85 m <sup>2</sup>
Zasedací místnost	31,20 m <sup>2</sup>
Dětská skupina	74,89 m <sup>2</sup>
Podzemní garáže	465,27 m <sup>2</sup>
Ostatní plochy	283,71 m <sup>2</sup>
Klimatické podmínky objektu	
Klimatická oblast	T2
Průměrná roční teplota	11,7°C
Průměrná teplota v lednu	2,0°C
Nejbližší hydrometeorologická stanice	ČHMU Brno. Žabovřesky
ID stanice	B2BZAB01
Umístění	Kroftova 2578/43, 616 67 Brno-Žabovřesky
Nadmořská výška stanice	236 m.n.m.
Oslunění zelené fasády	Částečné - přímé oslunění pouze část dne
Vertikální zahrada – základní údaje	
Plocha zelené fasády	133,5 m <sup>2</sup>
Orientace ke světovým stranám	S (58,7 m <sup>2</sup> ) + Z (74,80 m <sup>2</sup> )
Pěstební systém	Plošný – textilie + hydrofilní minerální vlna



EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST VÝZKUMU

Počet použitých taxonů	10 (trvalky/dřeviny = 8/2)
Celkový počet použitých rostlin	2392
Investiční náklady na vybudování	1.900.749,- Kč bez DPH (14.238,- Kč/m <sup>2</sup> )
<b>Závlaha</b>	
Typ závlahy	Kapková – kombinovaný závlahový systém
Roční množství vody na závlivku	346,9 m <sup>3</sup>
Z toho - dešťová voda	213,4 m <sup>3</sup>
- z vodovodního řadu	133,5 m <sup>3</sup>
Přisun živin	Automatický přes závlahu
Náklady na systém zavlažování	229.906,- Kč vč. DPH
Náklady na akumulární nádrž	304.902,- Kč vč. DPH
<b>Údržba zelené fasády - frekvence</b>	
Kontrola zavlažovacího systému	1x měsíčně
Zavodňování systému - zimní období	1x měsíčně
Dosadba a pletí rostlin	8x ročně
Řez rostlin	2x ročně
<b>Roční náklady na údržbu zelené fasády</b>	
- servis zavlažovacího systému	42.000,- Kč
- práce ve výškách	155.000,- Kč
- tekuté hnojivo	25.200,- Kč
- dosazené rostliny	32.895,- Kč
<b>Použité taxony rostlin</b>	
Dřeviny - <i>Pyracantha coccinea</i>	1. hlohyně šarlatová
- <i>Juniperus horizontalis</i>	2. jalovec poléhavý
Trvalky - <i>Bergenia cordifolia</i>	3. bergénie tučnolistá
- <i>Geranium cantabrigiense 'Biokovo'</i>	4. kakost kantabrijský
- <i>Alchemilla mollis</i>	5. kontryhel měkký
- <i>Heuchera sanguinea</i>	6. dlužicha krvavá
- <i>Heuchera micrantha 'Palace Purple'</i>	7. dlužicha purpurová
- <i>Pachysandra terminalis</i>	8. tlustonitník klasnatý
- <i>Deschampsia caespitosa</i>	9. metlice trsnatá
- <i>Geranium macrorrhizum</i>	10. kakost oddenkatý

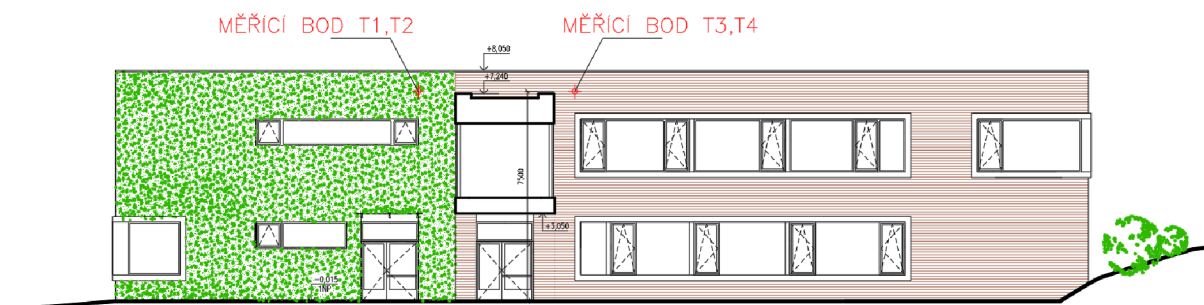
#### 4.2.5 Měřicí body a metodika měření

Měřicí body byly vybrány tak, aby byla zjištěna teplota v různých místech profilu fasády. Zjištěné hodnoty teplot jak na zelené, tak u nezelené fasády měly potvrdit předpoklady, že zelená fasáda vytváří „izolační“ vrstvu, která má příznivý dopad na tepelnou stabilitu objektu. Bylo poměrně velkou neznámou, jaké hodnoty budou v jednotlivých ročních obdobích naměřeny. V rámci případného navazujícího výzkumu budou zjištěné hodnoty sloužit pro následný výpočet energetické bilance budovy. Měřené body T1 a T2 byly zvoleny pro měření teplot zelené fasády, kdy do bodu T1 bylo umístěno teplotní čidlo na líci zelené fasády a do bodu T2 bylo umístěno teplotní čidlo do vzduchové mezery za panelem zelené fasády. Pro porovnání hodnot s „nezelenou“ fasádou bylo teplotní čidlo v bodě T3 umístěno na líci dřevěného obkladu a druhé teplotní čidlo v bodě T4 do vzduchové mezery za tímto obkladem.

Tab. 4-2: Popis měřících bodů

Měřicí bod	Popis měření
T1	Měření teploty na líci zelené fasády
T2	Měření teploty ve vzduchové mezeře za panelem zelené fasády
T3	Měření teploty na líci dřevěného obkladu
T4	Měření teploty ve vzduchové mezeře skladby dřevěného obkladu
HMS	Data naměřená na hydrometeorologické stanici Brno-Žabovřesky

Vlastní měření bylo prováděno na západní fasádě objektu přístavby kanceláří rok po jejím osazení vegetací. Pro měření byly použity 4 teplotní čidla a čtyřkanálový záznamník teplot (datalogger). Teplotní čidla byla použita pro měření teplot na líci fasád a ve vzduchové mezeře za fasádami, záznamník teplot byl umístěn na vegetační střeše objektu pro snadné připojení výpočetní techniky pro pravidelný odečet naměřených hodnot. Pro porovnání naměřených hodnot na fasádách objektu a okolní teploty byla u Českého hydrometeorologického ústavu vyžádána meteorologická data dané lokality naměřená v měřeném období. V rámci měřicího cyklu byly od ČHMÚ získány hodnoty okolní teploty a vlhkosti.



Obr. 4-22: Zakreslení polohy měřících bodů, zdroj: autor

## 5 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

V období od 2. 5. 2020 do 12. 5. 2021 bylo provedeno v měřících bodech T1 až T4 celkem 400.732 měření. V každém bodě bylo tedy provedeno 100.183 měření. Data byla měřena v intervalu 5 minut. Měření byla prováděna dle výše uvedené metodiky měření.

### 5.1 Základní charakteristiky provedených měření

Statistický soubor obsahuje tedy celkově 400.732 měření, které jsou rozděleny do 4 samostatných měřících bodů. V každém bodě bylo tedy provedeno 100.183 měření.

Rozpětí celého statistického souboru, tedy délka variačního oboru je interval  $\langle -12,4; 70,1 \rangle$  °C.

Tento statistický soubor však není možné ani účelné vyhodnocovat. Proto byl rozdělen na statistické soubory čítající měření v jednotlivých měřících bodech a jejich následné vyhodnocení a porovnání. Pro všechny měřící body byly pro **neroztříděný statistický soubor** vypočteny následující hodnoty:

**Aritmetický průměr** neroztříděného souboru se vypočte ze vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

**Medián** rozděluje statistický soubor na horní a dolní polovinu hodnot  $x_i$ . Jde o charakteristiku, která je oproti aritmetickému průměru málo citlivá na extrémně odchýlené hodnoty, jedná se o tzv. 50 %-ní kvantil.

Medián pro neroztříděný soubor a pro sudé  $n$  se vypočte ze vztahu:

$$\tilde{x} = \frac{1}{2} \left[ x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right] \quad (2)$$

Medián pro neroztříděný soubor a pro liché  $n$  se vypočte ze vztahu:

$$\tilde{x} = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} \quad (3)$$

Základními charakteristikami proměnlivosti statistického souboru jsou rozptyl a směrodatná odchylka.

**Rozptyl** se pro netříděný soubor vypočte ze vztahu:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \bar{x}^2 \quad (4)$$

**Směrodatná odchylka** se vypočte:

$$s = \sqrt{s^2} \quad (5)$$

Statistický soubor lze rovněž roztřídit do tzv. tříd o počtu  $m$ , které mají obvykle stejnou délku  $h$ . Získáme tím pokrytí variačního oboru systémem disjunktních intervalů.

**Počet tříd** volíme pro symetrický statistický soubor přibližně

$$m = 1 + 3,3 \log n \quad (6)$$

V případě asymetrického statistického souboru platí:

$$m = \langle \sqrt{n}; 2\sqrt{n} \rangle \quad (7)$$

**Délka třídy** se vypočte:

$$h \approx \frac{x_{(n)} - x_{(1)}}{m} \quad (8)$$

### Třídění souboru

Ve většině šetření je počet různých hodnot sledovaného znaku  $x$  menší než počet jednotek  $n$  tohoto statistického souboru. Znamená to tedy, že několik různých statistických jednotek téhož souboru má stejné hodnoty. Hovoříme o tzv. četnosti nebo také absolutní četnosti.

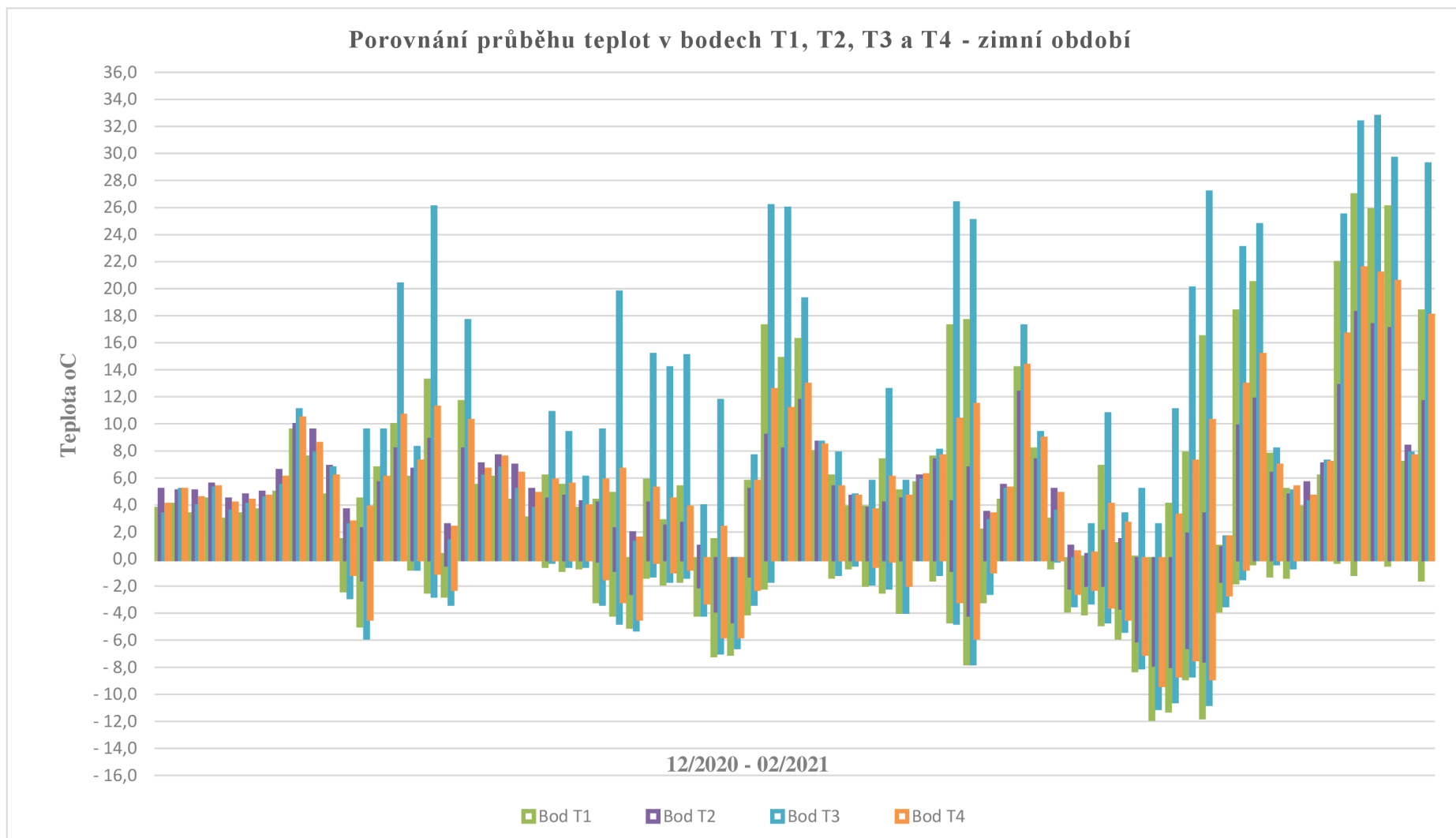
**Absolutní četnost (četnost)** hodnoty znaku (ozn.  $n_j$ ) udává počet statistických jednotek, kterým přísluší stejná hodnota znaku  $x_j$ , tzn. že pomocí této absolutní četnosti lze roztrždit soubor do  $r$  tříd ( $r < n$ ). Součet četností všech možných hodnot znaku se rovná rozsahu souboru

$$\sum_{j=1}^r n_j = n \quad (9)$$

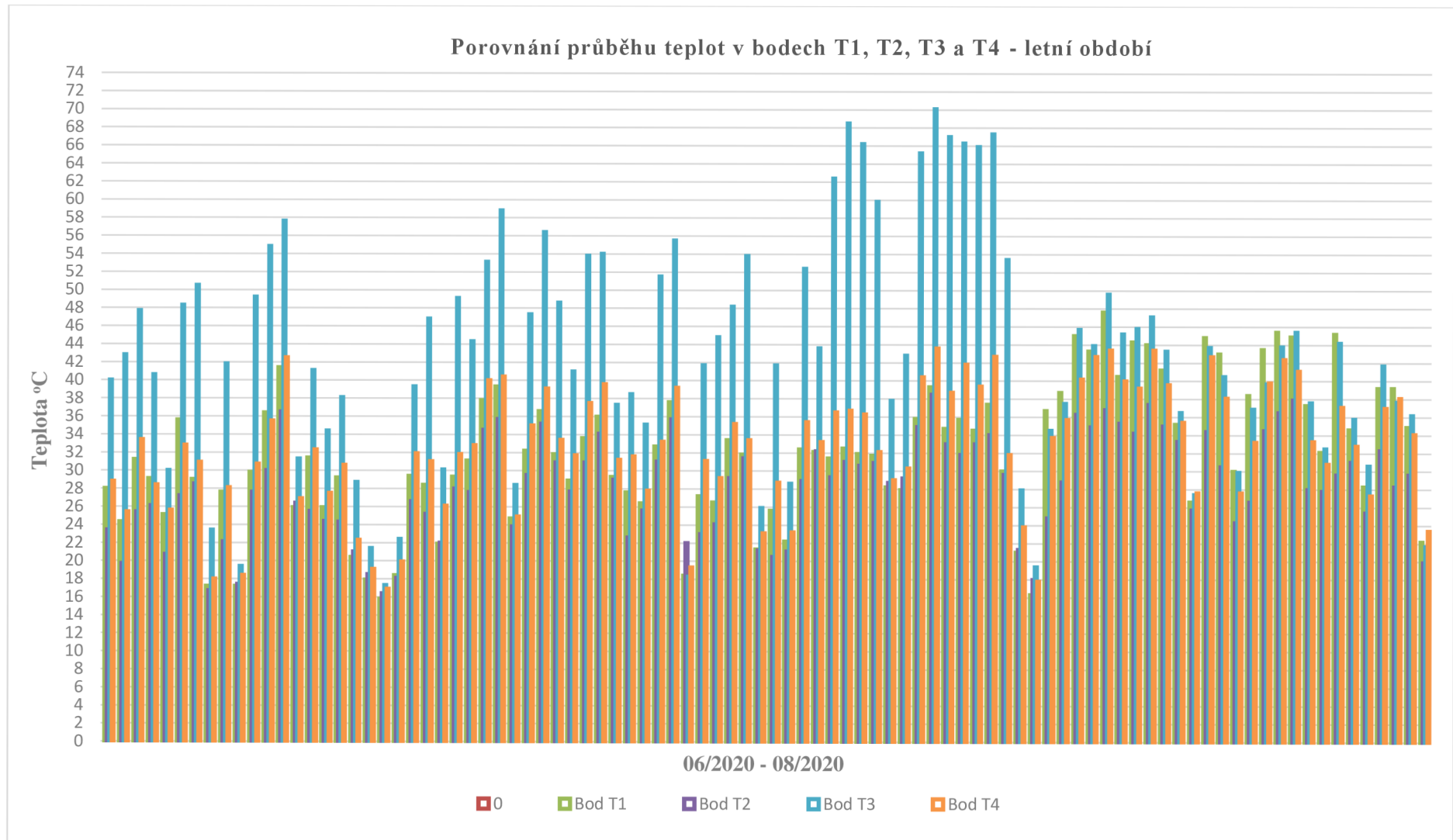
Relativní četnost hodnoty znaku ( $v_j = n_j/n$ ) udává, jaká část souboru má hodnotu znaku  $x^*_j$ . Součet relativních četností se rovná jedné

$$\sum_{j=1}^r v_j = 1 \quad (10)$$

Relativní četnosti se velmi často vyjadřují v procentech a pak platí, že jejich součet je 100 %.



*Graf 5-1: Porovnání průběhu teplot ve všech měřených bodech v zimním období*



Graf 5-2: Porovnání průběhu teplot ve všech měřených bodech v letním období

## 5.2 Naměřené minimální a maximální teploty

Na všech teplotních čidlech byly zaznamenány výrazné minimální i maximální naměřené hodnoty. Z obou následujících tabulek je patrné, že nejmenší rozptyl teplot byl naměřen v bodě T2 - ve větrané vzduchové mezeře za zelenou fasádou.

### 5.2.1 Minimální teploty v měřících bodech

Tab. 5-1: Tabulka nejnižších naměřených teplot v jednotlivých bodech

Datum	Čas	T1	T2	T3	T4	HMS
15. 02. 2021	7:20:00	-12,4	-7,5	-10,6	-8,2	-11,1
12. 02. 2021	7:20:00	-11,5	-8,1	-11,2	-9,8	-11,3
12. 02. 2021	5:40:00	-11,2	-7,4	-10,4	-8,7	-11,9

Minima naměřených teplot v jednotlivých bodech měření byla zaznamenána ve dnech 12. 2. a 15. 2. 2021, kdy i teplota naměřená v průběhu měřícího cyklu v bodě HMS byla na své minimální hodnotě. 12. únor 2021 se stal nejchladnějším dnem měřeného období. Z tabulky je patrné, že rozdíl teplot na lici zelené fasády a ve vzduchové mezeře za touto fasádou se pohybuje i v extrémních mrazech v rozmezí 3,4 – 4,9 °C. Všechna minima teplot byla naměřena v ranních hodinách zimních dnů.

### 5.2.2 Maximální teploty v měřících bodech

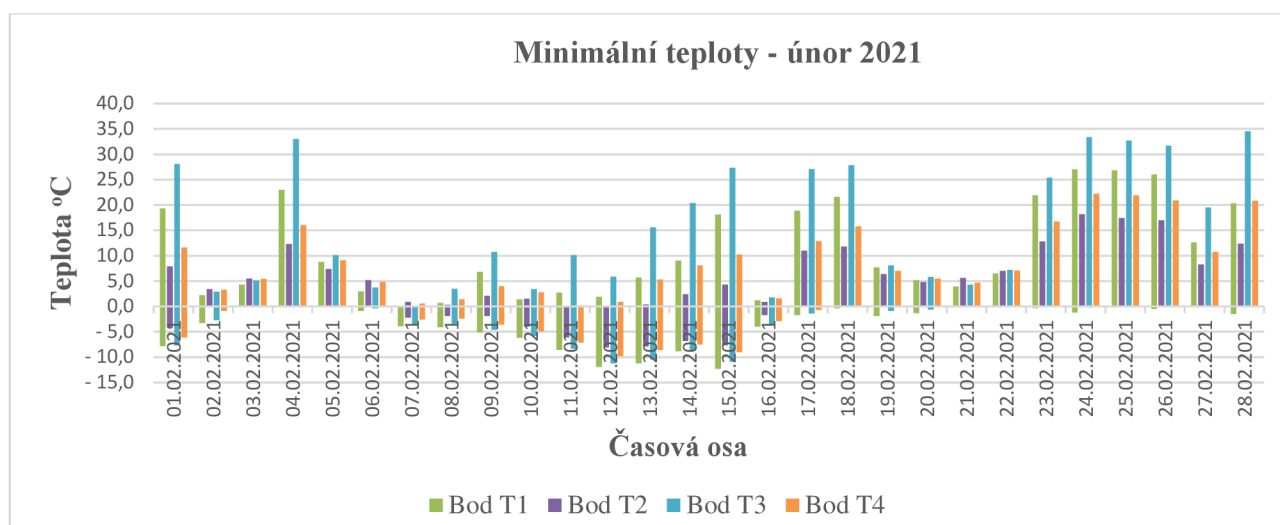
Tab. 5-2: Tabulka nejvyšších naměřených teplot v jednotlivých bodech

Datum	Čas	T1	T2	T3	T4	HMS
31. 03. 2021	15:20:00	50,2	29,3	47,3	33,2	22,5
28. 07. 2020	17:10:00	39,5	39,3	59,2	42,0	33,9
12. 08. 2020	16:35:00	45,7	39,3	46,2	42,9	30,6
28. 07. 2020	15:25:00	39,8	38,4	71,2	42,4	33,3
12. 08. 2020	16:55:00	46,7	38,4	48,0	45,2	30,6
28. 07. 2020	17:50:00	38,9	38,1	56,0	42,5	34,8

Většina naměřených maxim teplot byla zaznamenána v letních měsících měřícího cyklu a to 28. 7. 2020 a 12. 8. 2020. Pouze v měřícím bodě T1 byla maximální teplota naměřena v jarním období – 31. 3. 2021. Tuto skutečnost je možno vysvětlit obdobím vegetačního klidu rostlin na zelené fasádě a vypnutým zavlažovacím systémem. V tomto období jsou rostliny zataženy do kořenů a odhaluje se tak i černá podkladní geotextilie, na které je uchyceno teplotní čidlo. Ve slunečný den pak bylo v odpoledních hodinách čidlo na zelené fasádě zahříváno slunečním zářením stejně jako čidlo na dřevěném obkladu. Teplotní rozdíl mezi lícem zelené fasády a vzduchovou mezerou za fasádou byl pak téměř 21 °C. Všechny maxima teplot byly naměřeny v odpoledních hodinách letních dnů.

V následujících grafech jsou uvedeny hodnoty naměřené v jednotlivých měřících bodech ve vybraných dnech ročního cyklu v průběhu celého dne včetně hodnot naměřených na hydrometeorologické stanici.

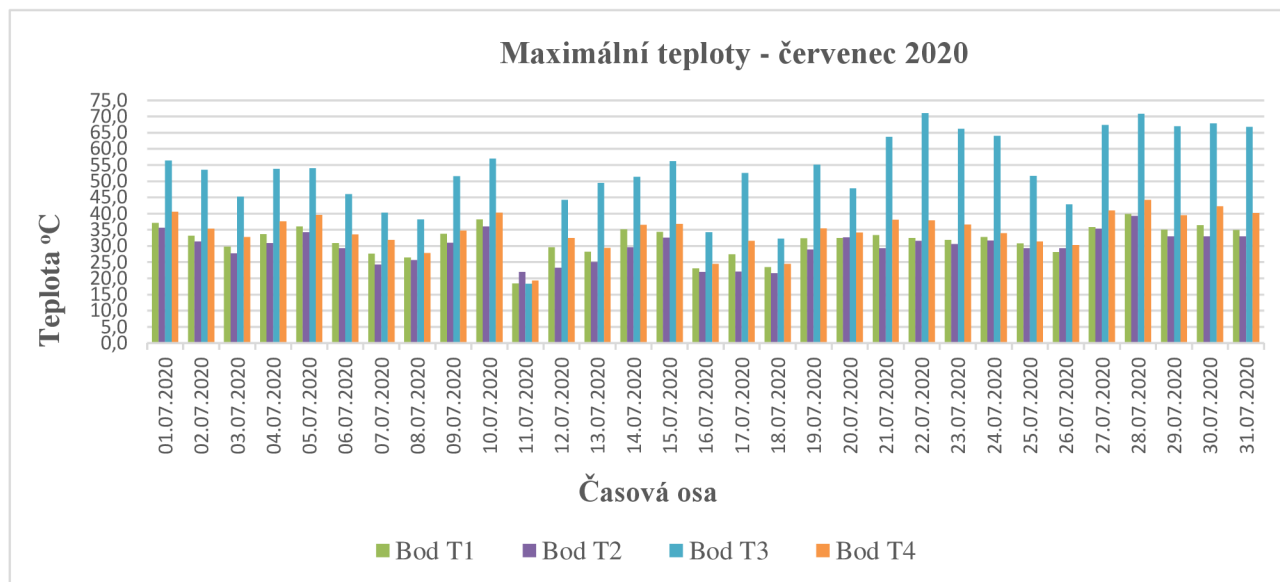
### 5.2.3 Minimální naměřené teploty v průběhu února 2021



Graf 5-3: Naměřená minima teplot v jednotlivých bodech v průběhu února 2021

Vyhodnocení naměřených teplot lze konstatovat, že k největšímu zahřívání ve slunečných zimních dnech dochází na dřevěném obkladu fasády – bod T3, ale také na povrchu zelené fasády v bodě T1. Tuto skutečnost je možné vysvětlit období vegetačního klidu rostlin, jejich menším vzrůstem a tím i odhalením podkladní černé geotextilie. Na líci zelené fasády byly naměřeny hodnoty teplot v maximu až o 10 °C nižší než na dřevěném obkladu. Nejvyrovnanější hodnoty minimálních teplot vykazovala vzduchová mezera za zelenou fasádou.

### 5.2.4 Maximální naměřené teploty v průběhu července 2020



Graf 5-4: Naměřená maxima teplot v jednotlivých bodech v průběhu července 2020

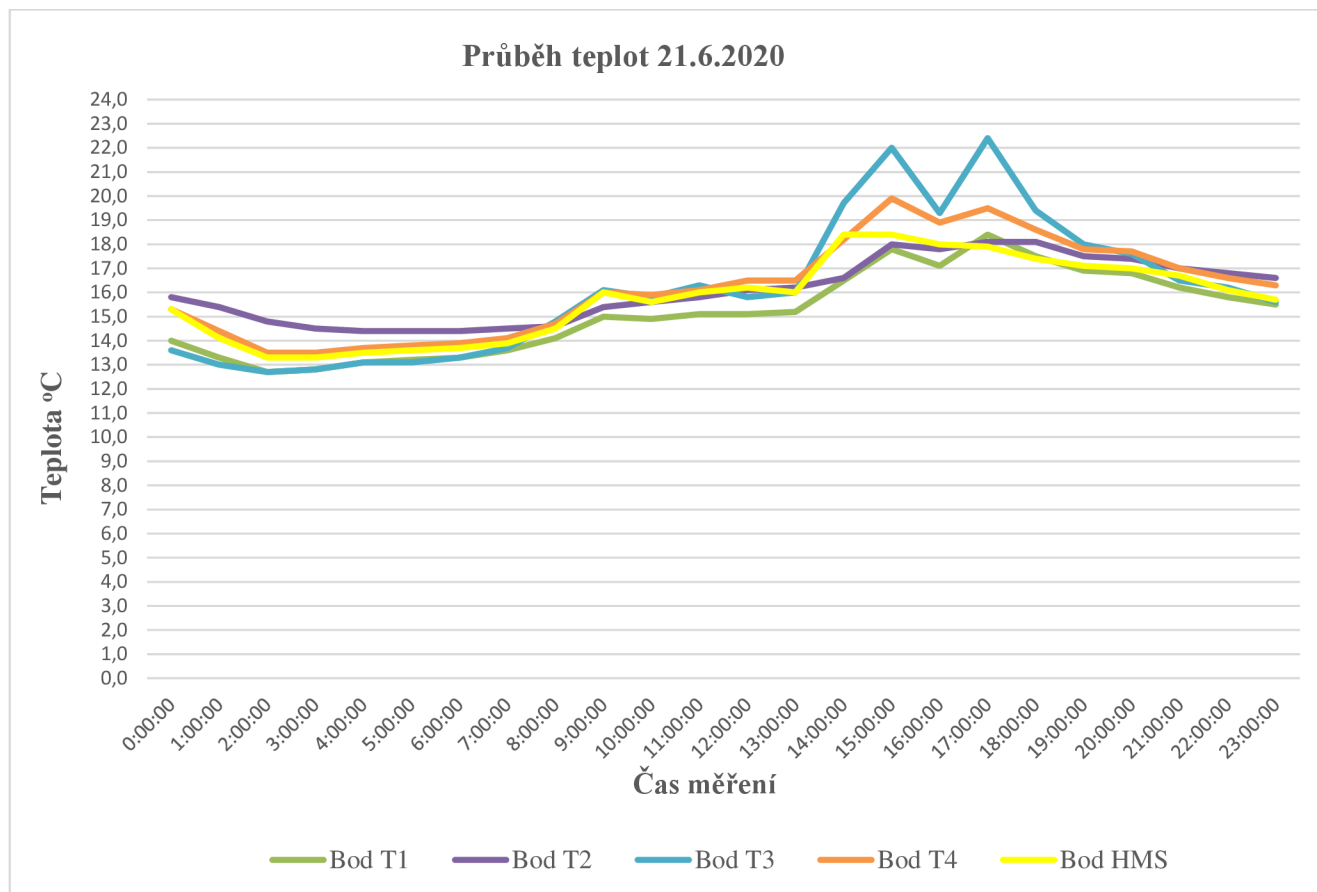
Vyhodnocením naměřených teplot lze konstatovat, že k největšímu zahřívání dochází na dřevěném obkladu fasády – bod T3 a následně pak se prohřívá i větraná vzduchová mezera této skladby – bod T4. Na líci zelené fasády – bod T1, byly naměřeny hodnoty teplot v maximu až o cca 20 °C nižší než na dřevěném obkladu. Nejvyrovnanější hodnoty maximálních teplot v průběhu měsíce vykazovala větraná vzduchová mezera za zelenou fasádou – bod T2.



## 5.3 Průběh teploty ve vybraných dnech

### 5.3.1 Letní slunovrat (21. 6 .2020)

V grafu jsou uvedeny hodnoty naměřené v jednotlivých měřících bodech v průběhu celého dne letního slunovratu v roce 2020 včetně hodnot naměřených na hydrometeorologické stanici.



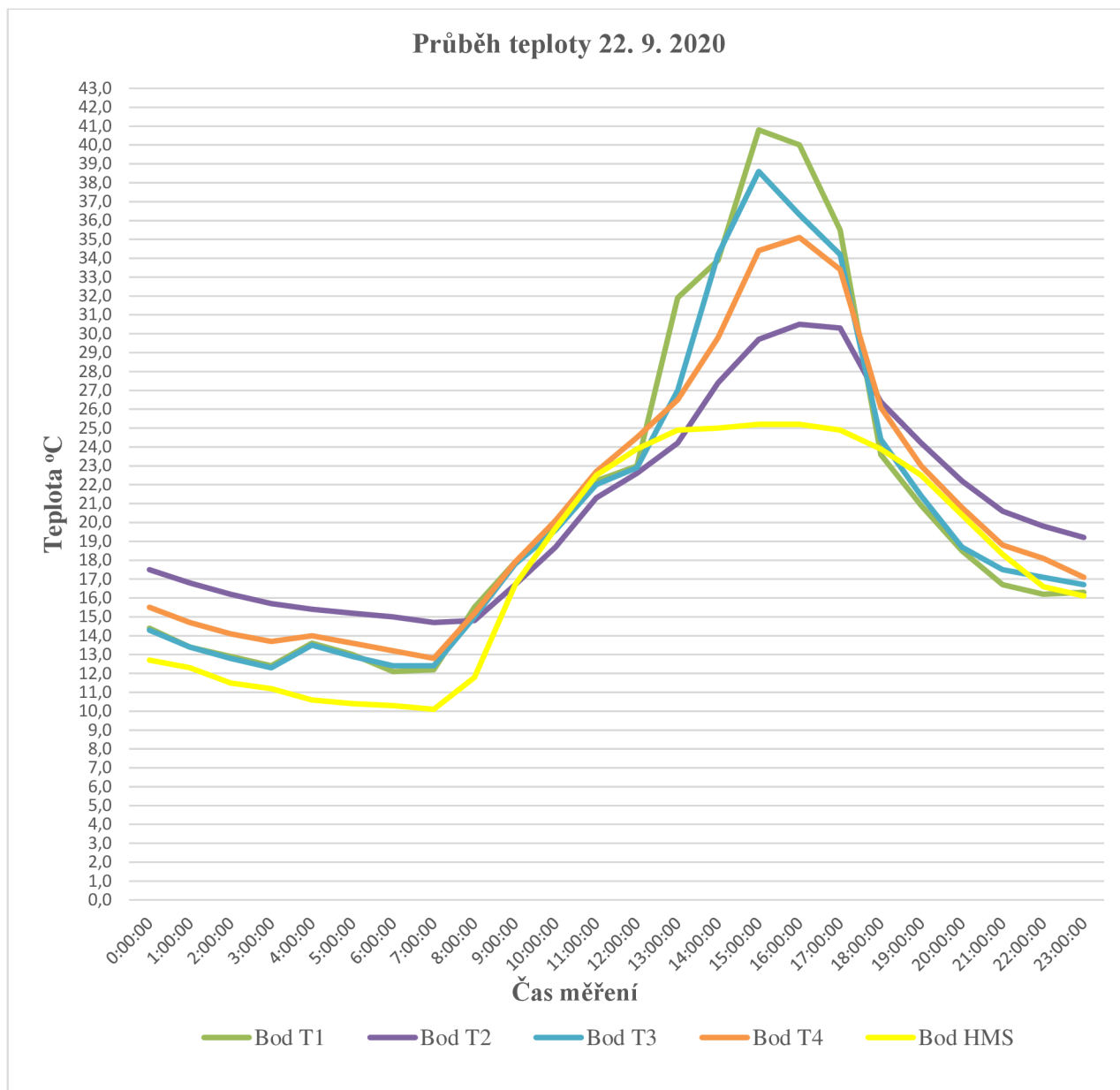
Graf 5-5: Průběh teplot během 1. dne astronomického léta 21. 6. 2020 (letní slunovrat)

Ze zobrazeného průběhu jednotlivých měření lze konstatovat, že nejmenší výkyv teplot má křivka v bodě T2 – vzduchové mezere za zelenou fasádou, kdy i při poklesu teploty okolního vzduchu, klesá teplota v této vzduchové vrstvě výrazně pomaleji.

K největším výkyvům teplot dochází mezi 13. a 19 hod. kdy teploty ve všech měřených bodech dosahují maxima. Nejvíce je zahříván dřevěný obklad fasády a vzduchová mezera za touto fasádou. Rozdíl teplot na lici zelené fasády a dřevěném obkladu je cca 5 °C.

### 5.3.2 Podzimní rovnodennost (22. 9. 2020)

V grafu jsou uvedeny hodnoty naměřené v jednotlivých měřících bodech v průběhu celého dne podzimní rovnodennosti v roce 2020 včetně hodnot naměřených na hydrometeorologické stanici.

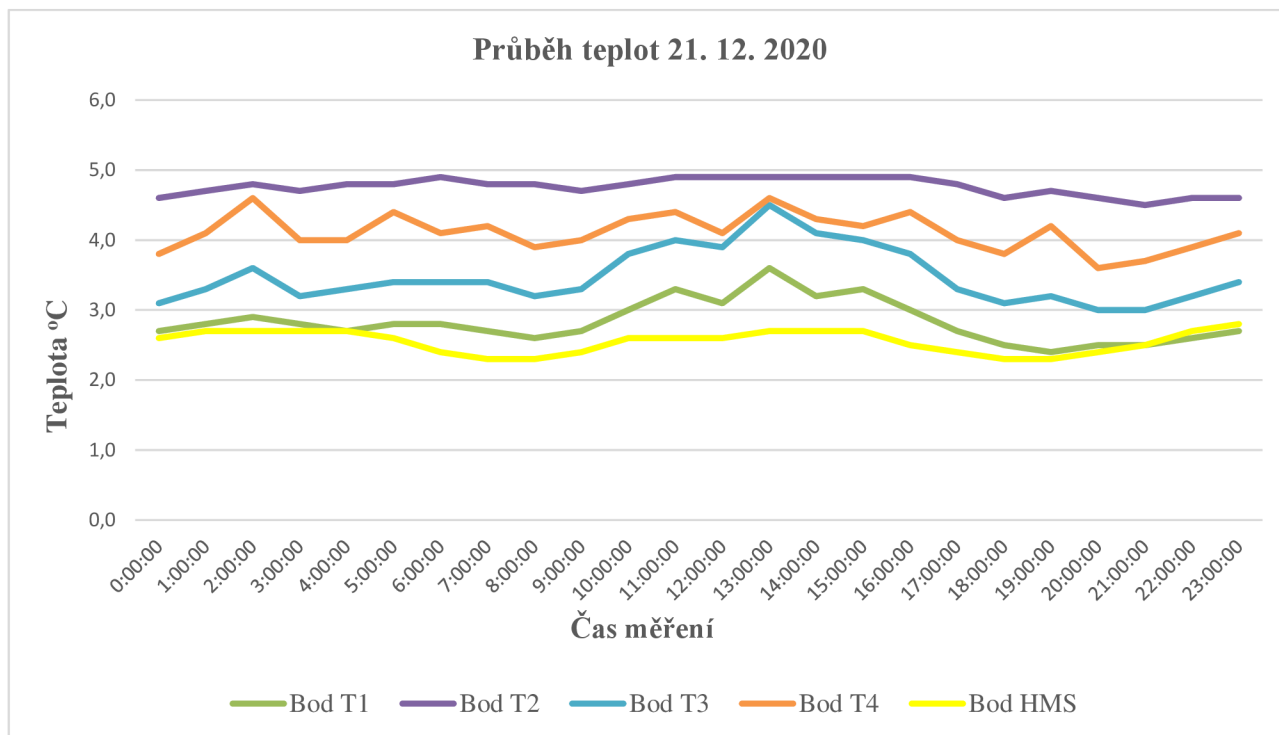


Graf 5-6: Průběh teplot během 1. dne astronomického podzimu 22. 9. 2020 (podzimní rovnodennost)

Po teplém předchozím dnu, kdy i noční teploty zůstávaly poměrně vysoké, začala teplota ve všech měřených vrstvách strmě narůstat kolem 7 hod. ranní a maxim dosahovala kolem 16 hodiny, kdy došlo k prudkému poklesu teplot vlivem bouřky v místě měření. V podvečer už docházelo k běžnému rovnoměrnému poklesu teplot ve všech měřených bodech.

### 5.3.3 Zimní slunovrat (21. 12. 2020)

V grafu jsou uvedeny hodnoty naměřené v jednotlivých měřících bodech v průběhu celého dne zimního slunovratu roku 2020 včetně hodnot naměřených na hydrometeorologické stanici.



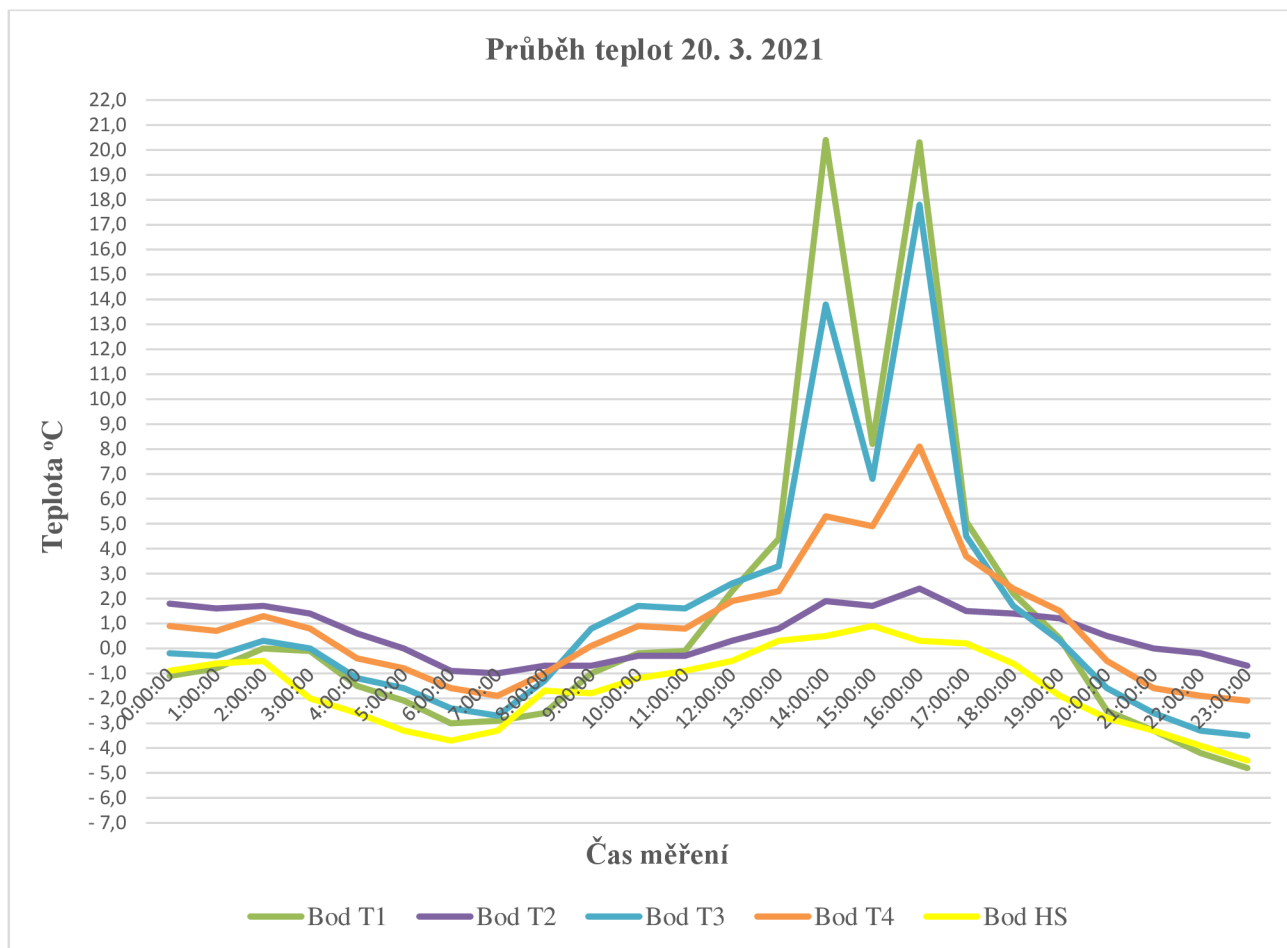
Graf 5-7: Průběh teplot během 1. dne astronomické zimy 21. 12. 2020 (zimní slunovrat)

Ze zobrazeného průběhu jednotlivých měření lze konstatovat, že nejmenší výkyv teplot má křivka v bodě T2 – vzduchové mezeře za zelenou fasádou, kdy i při poklesu okolních teplot, klesá teplota v této vzduchové vrstvě výrazně pomaleji.

K největším výkyvům teplot dochází mezi 9 až 17 hod., kdy teploty ve všech měřených bodech dosahují denního maxima. Nejvyrovnanější průběh teploty vykazuje měření v bodě T2 - vzduchová mezeza za zelenou fasádou, kde byla v průběhu celého dne naměřena téměř konstantní nejvyšší teplota.

### 5.3.4 Jarní rovnodennost (20. 3. 2021)

V grafu jsou uvedeny hodnoty naměřené v jednotlivých měřících bodech v průběhu celého dne jarní rovnodennosti v roce 2021 včetně hodnot naměřených na hydrometeorologické stanici



Graf 5-8: Průběh teplot během 1. dne astronomického jara 20. 3. 2021 (jarní rovnodennost)

Ze zobrazeného průběhu jednotlivých měření lze konstatovat, že nejvyšší výkyv teplot byl naměřen na lících obou měřených fasád, které byly po poledni plně osluněny.

K největším výkyvům teplot dochází mezi 13. až 17 hod. kdy teploty ve všech měřených bodech dosahují maxima. V tento slunečný den byla naměřena nejvyšší teplota na líci zelené fasády v bodě T1, která nebyla zavlažována a rostliny byly ještě v období vegetačního klidu. Vliv na tuto skutečnost měla patrně i černá barva geotextilie ve skladbě vertikální zelené stěny. Nejmenší výkyv teplot má křivka v bodě T2 – vzduchové mezeře za zelenou fasádou, kdy i při poklesu okolních teplot, klesá teplota v této vzduchové vrstvě výrazně pomaleji. Tato vrstva si opět udržuje nejvyrovnanější teplotu.

## 6 ZÁVĚR

### 6.1 Obecné závěry

S ubývající zelení ve městech stoupá snaha o ozeleňování vertikálních ploch v interiérech i exteriérech. Systémy zelených fasád jsou také jednou z variant, která je zároveň šetrná k životnímu prostředí, pro vytváření energeticky úsporného obvodového pláště budov, který je základem pro nízkou energetickou náročnost budovy v době, kdy neustále rostoucí ceny energií vedou k tlaku na snižování energetické náročnosti budov. Podíl budov činí na celkové spotřebě energie v EU 40 % a s přibývajícím zástavbou a urbanizací krajiny neustále roste. Zeleň ve městech poté funguje jako přirozená klimatizace.

Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. který se zabývá aplikovaným výzkumem v oblasti solární a krajinné energetiky, rybníčního hospodaření, hospodaření s vodou v krajině, využití přírodních i umělých mokřadů, varuje, že změny ve vodním režimu krajiny, které způsobuje urbanizace i dost přežitý model intenzivního zemědělství, jsou pro klima daleko nebezpečnější než skleníkové plyny.

Návratem zeleně do měst, kde není prostor pro rozsáhlé zelené plochy parků, bychom formou zelených fasád a střech dokázali významně přispět k řešení tzv. nového vodního paradigmatu, kdy je třeba vodu zadržet v krajině co nejdéle a vytvářet podmínky, aby se mohla účastnit tzv. „malého vodního cyklu“.

Vytváření zelených ploch fasád a střech objektů se stává součástí tzv. biotické pumpy. Věda tento pojem vysvětluje jako jev, pro který dříve nebylo jasné vysvětlení. Jedná se o to, že přirozené lesy přitahují déšť z velkých vzdáleností a využívají další vlastnosti vody, tj. pára zaujímá tisíckrát větší objem než rosa, do které se vysráží. Když tedy v noci v lese vodní páry kondenzují na rosu, z ovzduší mizí obrovské objemy plynu a tlak vzduchu se snižuje. Nižší tlak vzduchu přitahuje vlhké vzdušné masy z dálky, a vrací tak na pevninu vodu z oceánu. Tato biotická pumpa je mnohem výkonnější než přehradý s čerpadly a zavlažovacími zařízeními. Je také mnohem levnější vrátit krajinu do stavu, kde by mohla tato biotická pumpa působit plošně.

Hledání nových fungujících fasádních modelů zelených vertikálních stěn by mělo být zajímavé nejen z hlediska ekologického, ale i ekonomického, obzvláště v době, kdy realizace vertikálních zahrad vážně na vysokých pořizovacích nákladech a vysokých nákladech na provoz a údržbu.

### 6.2 Mechové panely

Prvním návrhem modelu vertikálních zelených stěn bylo vytvoření nového specifického systému zelených fasád tvořených mechy a mechorosty bez integrované závlahy. Již na začátku výzkumné práce, kdy mechy ve vertikální poloze bez závlahy usychaly, bylo nutné zapojit kapkovou solární závlahu. Po zimním období, kdy i přes znovu zapojení závlahy testovací panely mechových stěn neprosperovaly a růst mechů stagnoval, bylo nutné konstatovat, že tento směr návrhu systémů vertikálních zelených stěn nebyl funkční. Mech jako vegetace pro vertikální zelené stěny v našich klimatických podmínkách, kdy hodnota vlhkosti v ovzduší, ze kterého mech primárně čerpá vláhu, je hlavně v letních měsících nízká, nebyl vhodně vybrán a mech i při integrované závlaze usychal.

I přesto je otázkou, zda se v případném dalším výzkumu nezaměřit na jiné koncepty mechových stěn. Bylo by zajímavé testovat umístění mechových stěn na různých světových stranách a na jinak konstruovaných panelech. Dalším možným směrem výzkumu by mohlo být vhodné zastínění

mechových stěn před účinky letního slunce. Samostatnou kapitolou výzkumu je vhodný návrh zavlažovacích systémů pro tyto zelené stěny.

### 6.3 Panely ze stálozelených rostlin

Pro panely se stálozelenými rostlinami byly po zkušenostech z předchozího testování mecho- vých panelů a po konzultacích s odborníky z firmy Isover v květnu 2018 vybrány jako růstové mé- dium substrátové desky z hydrofilní minerální vlny Isover Flora a Isover Intense, které jsou převážně používány v konstrukcích vegetačních střech, kde plně nebo částečně nahrazují substrát. Desky jsou lehké a vzdušné, ale hlavně byly vybrány pro svou výbornou vodopropustnost a zároveň schopnost akumulovat při svislé poloze desek do určité výšky závlahovou vodu a pro rostliny ji udržet tak, že rostliny mohou v deskách spolehlivě vegetovat i v obdobích, kdy je odpojena kapková závlaha. Na testovacích panelech jsme při přípravě respektovali výšku vodního sloupce hydroakumulace těchto desek a jako zpomalovač odtoku závlahové vody byly mezi jednotlivé pásy desek použity pruhy PE fólie. Po osazení panelů do vertikální polohy a zavedení kapkové závlahy byly panely monitorovány v průběhu ročního cyklu.

Panely se ukázaly jako funkční varianta zelených fasád a rostlinám se v těchto panelech daří. Na testovacích panelech se prokázalo, že lze vybrané rostliny v našich klimatických podmínkách udržet životaschopné po relativně dlouhou dobu. Pro použití plošného systému vertikálních zahrad mluví také téměř neomezená možnost rozrůstání kořenového systému rostlin, které pak lépe zvládají zimní období vegetačního klidu při odpojené závlaze a tolik nevymrzají.

V době monitorování panelů v centru AdMaS již probíhala výstavba přístavby kanceláří k ob- jektu KVOP na ul. Údolní v Brně, na jejímž řešení jsme se podíleli, a příprava fasád na instalaci 135 m<sup>2</sup> velké plochy vertikálních zelených stěn. Osazení zelených fasád objektu KVOP bylo dokončeno v květnu 2019. Systém použitý na těchto zelených stěnách realizační firmou Květ využívá stejný princip růstového média a osazování rostlin jako námi provedené testovací panely. Monitorování testovacích panelů v centru AdMaS probíhalo do října 2019, v květnu 2020 byla na prokořeněné a zazeleněné západní fasádě KVOP osazena teplotní čidla a bylo zahájeno měření povrchových teplot fasády s vertikální zahradou a fasády bez vertikální zahrady – s předsazeným dřevěným obkladem.

### 6.4 Měření na fasádách KVOP

Stěžejní částí disertační práce je realizace vlastních měření teplotního pole na západní fasádě objektu přístavby kanceláří KVOP v lokalitě Brno - střed. Tento objekt byl vybrán jako ideální pro porovnání zkoumaných teplot na rozdílných skladbách fasády ve stejných klimatických podmín-kách, na fasádách orientovaných ke stejné světové straně. Obě skladby (zelená stěna a dřevěný ob-klad) západní fasády byly tedy vystaveny stejným povětrnostním podmínkám. Získanými daty a jejich vyhodnocením jsou výsledné parametry teplotního pole měřené v průběhu ročního cyklu v rozmezí let 2020–2021. Podrobněji byla také vyhodnocena měření v letním a zimním období, kdy byla zaznamenána maxima a minima měřených teplot. Výsledné údaje jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 6-1: Výsledné hodnoty provedených měření

Bod měření	Medián-rok (°C)	Medián-zimní období(°C)	Medián-letní období(°C)	Teplota min. (°C)	Teplota max. (°C)
T1	9,6	1,4	18,9	-12,4	51,5
T2	10,5	3,5	20,4	-8,0	38,5
T3	6,3	2,1	19,7	-11,2	70,1
T4	10,1	2,7	20,2	-9,6	43,6
HMS	9,4	1,3	19,1	-11,9	34,8

(T1 – povrch zelené fasády, T2 – vzduchová mezera za zelenou fasádou, T3 – povrch dřevěného obkladu, T4 – vzduchová mezera za dřevěným obkladem, HMS – data naměřená na nejbližší hydro-meteorologické stanici v Brně-Žabovřeskách)

Z naměřených hodnot je patrné, že jak zelená fasáda, tak fasáda bez vertikální zelené plochy reaguje na aktuální klimatické podmínky, na oslunění fasád, na orientaci ke světovým stranám. Velmi také záleží na ročním období a vegetačním cyklu rostlin a s tím souvisejícím provozu integrované závlahy. Lze konstatovat, že nejvyšších dosažených rozdílů teplot dosahovaly měřené fasády v jarních a podzimních měsících roku, kdy docházelo k velkým výkyvům denních a nočních teplot. V těchto obdobích byly v odpoledních hodinách na fasádách naměřeny rozdíly teplot až 20 °C oproti teplotám v ranních hodinách.

Velmi příznivým poznatkem z výsledku měření je průběh teplot ve větrané vzduchové mezeře za vertikální zelenou stěnou, kde převážně v letním a zimním období byly naměřeny hodnoty s velmi malým výkyvem teplot. Z toho vyplývá, že vertikální zelená stěna je schopná stabilizovat teplotu ve vzduchové mezeře skladby této fasády a vyrovnávat tak denní špičky teplot naměřené na lici fasády. To vede k zamezení přehřívání obvodové stěny v letních měsících nebo přílišnému ochlazení obvodové stěny v měsících zimních a tedy i ke snížení energetické náročnosti budovy na vytápění či chlazení.

Při porovnání hodnot naměřených na lici obou posuzovaných fasád z výzkumu vyplývá, že výrazné teplotní rozdíly jsou na fasádách převážně v letním období, kdy je zelená fasáda plně ozeleňena a fasáda je také díky integrované závlaze výrazně chladnější. Velmi zajímavý výsledek přineslo porovnání naměřených hodnot v zimním období, kdy ve dnech s venkovní teplotou pod bodem mrazu byly naměřeny na obou fasádách téměř totožné hodnoty. Tento fakt je možno si vysvětlovat skutečností, že rostliny v období vegetačního klidu zmenšují svůj objem a rostliny tak netvoří teplotní „izolant“.

O tom, že je vertikální zahrada živým organismem jsem se přesvědčila v průběhu měření, kdy se potvrdilo, že zelená fasáda poskytuje útočiště mnoha živočichům. Bylo zjištěno, že se v zelené fasádě vyskytuje množství jak létavého tak nelétavého hmyzu a že se ve fasádě zabydlela veverka a ptáci. Lze konstatovat, že se vertikální zahrady stávají útočištěm rozličných zvířat a tím přispívají k větší rozmanitosti fauny v městském prostředí. Sledování fauny na zelených fasádách je jednou z dalších možností pokračování výzkumu.

V rámci disertační práce bylo prokázáno, že v době, kdy jsou kladeny zvýšené požadavky na tepelně technický návrh budov směřující k snižování energetické náročnosti současné výstavby je nezbytné se dále touto tematikou zabývat a hledat nové možnosti ozeleňování stěn nových i stávajících objektů. Je důležité uvažovat nejen v kontextu architektonického působení vertikálních zahrad, ale i z hlediska ekonomického a ekologického dopadu v rámci hledání úsporných řešení udržitelné výstavby obytných i občanských budov.

## 6.5 Možnosti dalšího pokračování a výzkumu

Tato práce přímo nabízí další možnosti prohlubování znalostí z této oblasti. Je podnětem dalšího zkoumání vlivu zelených fasád na životní prostředí a na stavby samotné, dalšího rozšiřování znalostí o tepelně-technických a akustických vlastnostech stěn se „zeleným kabátem“. Výsledky těchto zkoumání pak bude možno poměrně vhodně aplikovat ve stavební praxi i při výuce studentů.

Pro další teoretickou a experimentální práci na problematice vertikálních zelených stěn lze navrhnout následující témata výzkumu:

- z naměřených hodnot provést detailní variantní výpočty energetických ztrát pro jednotlivá roční období, porovnání jednotlivých typů fasád (zelená x nezelená) z hlediska úspory energií, provedení ekonomické rozvahy na téma náklady na zelenou fasádu versus úspora energií při vytápění a chlazení objektu
- monitorování dalších základních parametrů vertikálních zelené fasády (např. vlhkost fasády) ovlivňující mikroklimatické podmínky exteriéru i interiéru stavby
- monitorování vertikálních zelených stěn z hlediska stavební akustiky, sledování vlivu vertikálních zelených ploch na vnitřní i vnější akustické parametry objektu.
- monitorování a vyhodnocování spotřeby vody pro uzavřený nebo otevřený závlahový systém zelených fasád a na základě těchto výsledků návrh optimalizovaného plně automatického zavlažovacího systému
- návrh a testování nových konstrukcí mechových panelů, vhodné zastínění mechových stěn před účinky letního slunce a návrh zavlažovacích systémů pro tyto zelené stěny
- detailní sledování použitých taxonů rostlin na fasádách orientovaných k různým světovým stranám v průběhu ročního měření, vyhodnocování jejich vitality a estetické funkce v průběhu jednotlivých ročních období
- sledování fauny na vertikálních zelených stěnách



## 7 Citovaná literatura

- [1] OLŠAN, Jiří. *Historické ohlédnutí: historie vývoje opěrných konstrukcí pro pěstování rostlin*. Praha, Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu , občanské sdružení : 2011.
- [2] LAMBERTINI, Anna a CIAMPI, Mario. *Vertical Gardens*. Verba Volant, 2007. ISBN-13 : 978-1905216079.
- [3] RUBAČOVÁ, Martina. *Vertikální konstrukce s použitím interiérových rostlin*. [Online] 2008.
- [4] Hanging Gardens of Babylon. *Cleanart*. [Online] <http://mecleanart.blogspot.com/2016/01/hanging-gardens-of-babylon.html>.
- [5] Medieval village. *Yvoire*. [Online] <https://yvoire-france.com/>.
- [6] Restaurování secesního zábradlí, Brno. *Umělecké kovárství Deiss Juříček*. [Online] <http://kovarstvibrno.cz/portfolio/restaurovani-secesniho-zabradli-brno/>.
- [7] Vila Tugendhat v Brně je chráněna rovněž podle Haagských úmluv. *Národní památkový úřad*. [Online]. <https://www.npu.cz/cs/uop-brno/pro-media/41276-vila-tugendhat-v-brne-je-chranena-rovnez-podle-haagskych-umluv>.
- [8] Vila Stiassni: zapomenutý skvost brněnské architektury vstává z mrtvých. *iDnes*. [Online] 17. 04 2010. [https://www.idnes.cz/bydleni/architektura/vila-stiassni-zapomenuty-skvost-brnenske-architektury-vstava-z-mrtvych.A100416\\_143844\\_architektura\\_web](https://www.idnes.cz/bydleni/architektura/vila-stiassni-zapomenuty-skvost-brnenske-architektury-vstava-z-mrtvych.A100416_143844_architektura_web).
- [9] PEJCHAL, Miloš. *Rostliny pro vertikální zahrady ve venkovním prostoru*. Praha : Zelené fasády-jednodenní odborný seminář, 2011.
- [10] Zelená clona z popínavých rostlin ochrání soukromí v domě i na terase. *nazeleno.cz*. [Online] 22. 08 2014. <https://www.nazeleno.cz/dum-a-zahrada/zelena-clona-z-popinavych-rostlin-ochrani-soukromi-v-dome-i-na-terase.aspx>.
- [11] CaixaForum en Madrid. *MuseosEnMadrid.com*. [Online] <https://www.museosenmadrid.com/caixaforum.html>.
- [12] BURIAN, Samuel a ONDŘEJ, Jan. *Oživená architektura*. Praha : FAJMA, 1992. ISBN 80-85374-10-2.
- [13] ŠÁLA, Jiří a MACHATKA, Milan. *Tepelně technické vady a poruchy panelových budov a jejich sanace*. Praha : Technologické centrum Akademie věd, 2002. 80-902689-7-8.
- [14] Potíže s omítkou. *Popínavé-Rostliny.cz*. [Online] <https://popinave-rostliny.webnode.cz/potize-s-omitkou/>.
- [15] Révové nádvoří. *Foursquare*. [Online] <https://foursquare.com/>.
- [16] Müllerova vila - místo, kde se setkává funkcionalismus s anglickým stylem. *Novinky.cz*. [Online] 30. 11 2010. <https://www.novinky.cz/bydleni/reality-a-finance/clanek/mullerova-vila-misto-kde-se-setkava-funkcionalismus-s-anglickym-stylem-69077>.
- [17] Ozelenění fasád Greencable - originální řešení pro vášdům. *Carl Stahl Architektura*. [Online] <http://www.carlstahl-architektura.cz/ozeleneni-fasad-greencable.htm>.

- [18] Flickr.com. *Biowall Diagram*. [Online] 30. 06 2005.  
<https://www.flickr.com/photos/31652869@N00/278502906>.
- [19] Edmonton Airport Unveils Massive Air-Cleaning Living Green Wall! *Inhabitat*. [Online] 13. 08 2014. <https://inhabitat.com/edmonton-airports-beautiful-new-living-green-wall-works-to-clean-the-air/>.
- [20] Pershing Hall Hotel Paris. *Vertical Garden Patrick Blanc*. [Online] 2001.  
<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/node/1386>.
- [21] Patric Blanc-vertical gardens. *Inexhibit*. [Online] 2. 11 2019. <https://www.inexhibit.com/case-studies/patrick-blanc-vertical-gardens/>.
- [22] Tower Flower. *archiweb*. [Online] <https://www.archiweb.cz/b/tower-flower>.
- [23] Vertical Forest. *Stefano Boeri Architetti*. [Online]  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>.
- [24] Pro Wall® Design. *Gsky*. [Online] <https://gsky.com/pro/design/>.
- [25] Zelené stěny Biotile. *Živé stavby.cz*. [Online]  
[https://www.zivestavby.cz/files/2021/05/zive\\_steny\\_biotile\\_cz\\_compressed.pdf](https://www.zivestavby.cz/files/2021/05/zive_steny_biotile_cz_compressed.pdf).
- [26] Find Water-Efficient Exterior Green Walls At Low Costs. *GSky*. [Online]  
<https://gsky.com/exterior-walls/>.
- [27] MA 48. *Grun Statt Grau*. [Online] <https://gruenstattgrau.at/projekt/ma-48/>.
- [28] Vertical garden Patric Blanc. *Jupiter, Sainte Genevieve des Bois*. [Online]  
<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris-ile-de-france/jupiter-sainte-genevieve-des-bois>.
- [29] Střešní zeleň na strmé šikmé ploše jako přírodní prostor ve městě. *tzbinfo*. [Online] 06. 08 2011. <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/7708-stresni-zelen-na-strme-sikme-plose-jako-prirodni-prostor-ve-meste>.
- [30] AFI Karlin Butterfly. *archiweb*. [Online] <https://www.archiweb.cz/b/afi-karlin-butterfly>.
- [31] Zelené stěny. *Archvegetal*. [Online] <https://www.archvegetal.cz/zelena-stena/>.
- [32] Živé stavby. [Online] Liko-S. <https://www.zivestavby.cz/>.
- [33] Zelené střechy a vertikální zahrady. *Květ - zahradní architektura*. [Online]  
<https://www.vrbas.cz/realizace-zelene/zelene-strachy-a-vertikalni-zahrady>.
- [34] *Vegetační střechy - Hydrofilní minerální vlna*. Gobain, Saint. 2017.
- [35] *Katalog-rostlin.cz*. [Online] <http://www.katalog-rostlin.cz/>.
- [36] CHOVANČÍKOVÁ, Kateřina. *Thesis.cz. Vertikální zahrady ve venkovním prostoru*. [Online] 2020.
- [37] PIKOVÁ, Helena. Zelené fasády. *Zahradnictví*. [Online] 20. 6 2012. [www.zahradaweb.cz](http://www.zahradaweb.cz).
- [38] TURNER, Tom. *Garden History-Reference Encyclopedia*. 2014. ISBN 0-9542306-0-4

## Ing. arch. Ivana Utíkalová

### Osobní údaje

Křestní jméno / Příjmení

Adresa

Mobil

E-mail

Datum narození

Rodinný stav

**Ivana Utíkalová**

Ulrychova 33, 624 00 Brno-Komín, Česká republika

(+420) 731 115 966

utikalovi@volny.cz, utikalova.i@fce.vutbr.cz

24. března 1971

vdaná

### Pracovní zkušenosti

Období

Hlavní pracovní náplň  
a odpovědnost

Jméno a adresa zaměstnavatele

Obor činnosti či odvětví

**2010 - dosud**

- výuka Nauka o budovách I., Nauka o budovách II., Typologie budov,  
Specializovaný projekt I. a II.

- vedení bakalářských a diplomových prací

VUT Brno, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veverí 331/95,  
602 00 Brno

Školství

Období

Hlavní pracovní náplň  
a odpovědnost

Jméno a adresa zaměstnavatele

Obor činnosti či odvětví

**2005 – dosud**

- vypracovávání projektové dokumentace ve všech stupních projektu

- inženýrská činnost při získávání územních rozhodnutí a stavebních povolení

- vypracování podkladů pro výběr dodavatele staveb

- provádění autorského dozoru na stavbách, spolupráce při realizacích

OSVČ, Ulrychova 33, 62400 Brno-Komín

Projektová činnost v investiční výstavbě

Období

Hlavní pracovní náplň  
a odpovědnost

Jméno a adresa zaměstnavatele

Obor činnosti či odvětví

**1999 – 2005**

- územní studie a plány, příprava a projektování všech druhů staveb

- vypracovávání projektové dokumentace ve všech stupních projektu

- provádění autorského dozoru na stavbách, spolupráce při realizacích

- inženýrská činnost při získávání územních rozhodnutí a stavebních povolení

spolupráce s architektonicko–urbanistickou kanceláří

Ing. arch. Vlasty Šilhavé, Štompil 22, 624 00 Brno

Architektura, Stavebnictví

Období

Hlavní pracovní náplň  
a odpovědnost

Jméno a adresa zaměstnavatele

Obor činnosti či odvětví

**1995 – 1998**

- projektování všech druhů staveb

- územní studie – urbanismus

- výkon autorského dozoru při realizaci staveb

- spolupráce při přípravě a organizaci výběrových řízení

Ingostav Brno – Václav Tříška, inženýrsko-projektová stavební kancelář  
Sedláková 28, 602 00 Brno

Architektura, Stavebnictví

## Vzdělání, odborná příprava a školení

Období  
 Dosažená kvalifikace/titul  
 Hlavní předměty/profesionální dovednosti  
 Název a typ organizace, která poskytla vzdělání  
 Období  
 Dosažená kvalifikace/titul  
 Hlavní předměty/profesionální dovednosti  
 Název a typ organizace, která poskytla vzdělání  
 Období  
 Dosažená kvalifikace/titul  
 Hlavní předměty/profesionální dovednosti  
 Název a typ organizace, která poskytla vzdělání  
 Období  
 Dosažená kvalifikace/titul  
 Hlavní předměty/profesionální dovednosti  
 Název a typ organizace, která poskytla vzdělání, odbornou přípravu či školení

### 1985 – 1989

Maturita (mezinárodní klasifikace EQF4)  
 třída s rozšířenou výukou matematiky a fyziky, programování  
 Maturitní předměty: matematika, fyzika, český jazyk, ruský jazyk, programování  
 Gymnázium Brno, Křenová 36, 602 00 Brno

### 1989 – 1994

Ing.arch. (mezinárodní klasifikace EQF7)  
 studijní obor : Architektura - Ústav teorie, dějin architektury a rekonstrukcí památek  
 Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury, Poříčí 273/5, 639 00 Brno

### 2004

Autorizační zkouška ČKA  
 autorizovaný architekt pro obor pozemní stavby ČKA 03165  
 Česká komora architektů, Josefská 34/6, 118 00, Praha

### 2011- dosud

Postgraduální doktorské studium – kombinovaná forma (mezinárodní klasifikace EQF8)  
 VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství  
 Téma - Vertikální zelené stěny  
 VUT v Brně, Fakulta stavební, Veverčí 331/95, 602 00 Brno

## Schopnosti, znalosti a dovednosti

Mateřský jazyk  
 Další jazykové znalosti  
*Sebehodnocení*  
*Evropská úroveň<sup>(\*)</sup>*  
**Angličtina**  
**Němčina**  
**Ruština**  
 Technické znalosti a dovednosti  
 Počítačové znalosti a dovednosti  
 Řidičský průkaz

### český jazyk

8Porozumění		Mluvený		Psaný
Poslech	Čtení	Ústní interakce	Samostatný ústní projev	Písemný projev
B2 středně pokročilý	B2 středně pokročilý	B2 středně pokročilý	B2 středně pokročilý	B2 středně pokročilý
A2 mírně pokročilý	A2 mírně pokročilý	A2 mírně pokročilý	A2 mírně pokročilý	A2 mírně pokročilý
B1 středně pokročilý	B1 středně pokročilý	A2 mírně pokročilý	A2 mírně pokročilý	B1 středně pokročilý

odborná praxe na stavbách a v projekci

v prostředí Microsoft Office -Word, Excel, PowerPoint, Corel, v internetovém vyhledávání, kreslicí programy AutoCad, ArchiCad, Sketchup  
 skupina B

## Publikační činnost

- [1] UTÍKALOVÁ, I.; KOŠÍČKOVÁ, I.; DANĚK, L. *Vertikální zahrady v České republice*. Sborník příspěvků-42. setkání Ústavu pozemního stavitelství a kateder konstrukcí pozem. staveb České a Slovenské republiky. 2018. ISBN: 978-80-214-5715-7.
- [2] UTÍKALOVÁ, I.; KOŠÍČKOVÁ, I. Systémy vertikálních zahrad. In *Juniorstav 2016*. 2016. s. 1-7. ISBN: 978-80-214-5311-1.
- [3] ZÍDEK, R.; UTÍKAL, A.; UTÍKALOVÁ, I.; BRDEČKO, L.; BRDEČKOVÁ, H. Reconstruction of Historical Timber Roofs at Žehušice Castle. In *Proceedings of the Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings (CRRB 2014). Advanced Materials Research*. 2015. s. 19-22. ISBN: 978-3-03835-506- 9. ISSN: 1022-6680.
- [4] ZÍDEK, R.; UTÍKAL, A.; UTÍKALOVÁ, I.; BRDEČKO, L.; BRDEČKOVÁ, H. *Reconstruction of the historical timber roofs of Žehušice castle*. Sanace a rekonstrukce staveb 2014. Brno, Česká republika: 2014. s. 178-178. ISBN: 978-80-02-02539- 9.
- [5] REMEŠ, J.; UTÍKALOVÁ, I.; KACÁLEK, P.; KALOUSEK, L.; PETŘÍČEK, T. a kol. *Stavební příručka: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů, 2., aktualizované vydání*. Stavitel. Praha: Grada Publishing, 2014. s. 1-248. ISBN: 978-80-247-5142- 9.
- [6] REMEŠ, J.; UTÍKALOVÁ, I.; KACÁLEK, P.; KALOUSEK, L.; PETŘÍČEK, T. *Stavební příručka: To nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. Stavitel. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN: 978-80-247-3818- 5.





