

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA EKONOMICKÁ**

**Bakalářská práce**

**Vegetační prvky budov jako nástroj adaptace na klimatické změny  
na území města Plzně**

**Vegetation elements of buildings as a tool for adaptation  
to climate change in Pilsen**

**Lenka Kuncová**

**Plzeň 2020**



# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta ekonomická

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Lenka KUNCOVÁ  
Osobní číslo: K17B0625P  
Studijní program: B1301 Geografie  
Studijní obor: Ekonomická a regionální geografie  
Téma práce: Vegetační prvky budov jako nástroj adaptace na klimatické změny na území města Plzně  
Zadávací katedra: Katedra geografie

### Zásady pro vypracování

1. Stanovte cíle práce.
2. Proved'te rozbor metodické a regionální literatury.
3. Stanovte metodiku výzkumu vegetačních prvků.
4. Proved'te inventarizaci zelených střech na území Plzně.
5. Proved'te terénní měření a strukturované rozhovory.
6. Výsledky zpracujte analytickými a syntetickými metodami.
7. Diskutujte výsledky práce.
8. Proved'te zhodnocení a shrnutí výsledků.

Rozsah bakalářské práce: 40-60 stran

Rozsah grafických prací: neuveden

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- Austin, G. (2014). Green infrastructure for landscape planning: integrating human and natural systems. London: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Čermáková, B., & Mužíková, R. (2009). Ozeleněné střechy. Praha: Grada.
- Water Environment Federation. (2014). Green infrastructure implementation: a special publication. Alexandria: WEE
- Kopp, J., & Raška, P. (2017). Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny. Plzeň: ZČU.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jan Kopp, Ph.D.

Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: 22. října 2019

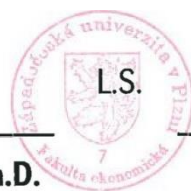
Termín odevzdání bakalářské práce: 22. dubna 2020



---

**Doc. Ing. Michaela Krechovská, Ph.D.**

děkanka



---

**Doc. PaedDr. Alena Matušková, CSc.**

vedoucí katedry

V Plzni dne 22. října 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

*„Vegetační prvky budov jako nástroj adaptace na klimatické změny na území města Plzně“*

vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v přiložené bibliografii.

Plzeň dne 11. května 2020

.....

podpis autorky

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Janu Koppovi, PhD. za odborné vedení, cenné rady, vstřícný přístup, ochotu a čas, který mi věnoval v průběhu zpracování mé bakalářské práce.

Dále děkuji všem, kteří se jakkoli podíleli na dokončení této práce. Také děkuji rodině a přátelům za podporu během celého studia.

## Obsah

Úvod.....	9
<b>1 Cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Metodika .....</b>	<b>11</b>
<b>3 Teoretický rozbor problematiky .....</b>	<b>14</b>
3.1 Městské klima.....	14
3.2 Adaptace měst na změnu klimatu .....	15
3.2.1 Ekohydrologický management měst.....	17
3.3 Vegetační prvky budov .....	18
3.3.1 Ozeleněné střechy .....	19
3.3.2 Vertikální zahrady a ozeleněné fasády.....	25
3.3.3 Ostatní vegetační prvky budov .....	26
3.4 Charakteristika sledovaného území .....	28
3.4.1 Klima na území města Plzně .....	28
3.4.2 Adaptace města Plzeň na změnu klimatu .....	29
<b>4 Praktická část .....</b>	<b>31</b>
4.1 Vegetační prvky budov na území města Plzně.....	31
4.1.1 Ozeleněné střechy na území města Plzně.....	34
4.2 Experimentální měření.....	46
4.2.1 Teplota vzduchu.....	48
4.2.2 Povrchová teplota .....	51
4.2.3 Vlhkost vzduchu .....	53
4.3 Strukturované rozhovory.....	57
4.3.1 Motivace ke zřízení ozeleněné střechy .....	57
4.3.2 Bariéry pro realizaci ozeleněné střechy .....	58

4.4 Firmy nabízející realizaci ozeleněné střechy na Plzeňsku .....	58
<b>Diskuse .....</b>	<b>61</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>64</b>
<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>66</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>74</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>75</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>77</b>
<b>Přílohy</b>	
<b>Abstrakt</b>	
<b>Abstract</b>	



## Úvod

Klimatické změny jsou v současné době velmi aktuálním a diskutovaným tématem. V souvislosti s tím je důležité řešit téma adaptace na přicházející klimatickou změnu, a zároveň zmírňování již patrných dopadů. To se týká především městského prostředí, kde klima ovlivňuje život člověka, jeho zdraví i pohodlí. Neboť pozorujeme stále rostoucí trend migrace lidí do měst, vyžaduje tento proces inteligentní využívání urbanizovaného prostoru (Marugg 2018).

Tato práce je zaměřena na nástroje, jež vytvářejí z měst příjemněji obyvatelný prostor v souvislosti s probíhající klimatickou změnou. S městským životem souvisí znečištěné ovzduší, vysoké teploty, nízká vlhkost a na to navazující extrémní stavy počasí jako jsou přívalové deště či dlouhotrvající sucha. Rozšiřující se zastavěné plochy vytlačují přírodní složku, která je pro klima ve městě velmi důležitá. Vegetace ve městě podporuje evapotranspiraci a přirozenou termoregulaci prostředí (Kopp a kol. 2017).

Udržet vegetaci ve městech lze několika způsoby. V této práci se zaměřím především na vegetační prvky budov jakožto efektivní nástroj adaptace na změnu klimatu a zároveň zaznamenám informace o vegetačních prvcích budov přímo v Plzni. Největší pozornost je poté věnována speciálnímu typu vegetačního prvku budov, a to ozeleněným střechám. Ozeleněné střechy jsou rovněž hlavním předmětem zájmu v praktické části této bakalářské práce. V té jsou pro demonstraci rozdílů v teplotě vzduchu, vlhkosti vzduchu a povrchové teplotě mezi ozeleněnou a neozeleněnou střechou porovnávána data zjištěná na základě experimentálního měření. Trend realizace ozeleněných střech neustále pokračuje, proto do této práce byly zahrnuty i názory a postoje odborníků z praxe, či přímé postřehy majitelů takových střech.

## 1 Cíle práce

Teoretická část práce zahrnuje komplexní pohled na klima ve městě a možnosti adaptace měst na změnu klimatu. V této části práce budou rovněž popsány typy vegetačních prvků budov, přičemž zvláštní pozornost bude věnována ozeleněným střechám. Informace o technických parametrech těchto střech jsou v práci zaznamenány pouze rámcově, středem zájmu je spíše vliv na klima a další efekty ozeleněné střechy, a její význam pro život ve městě.

Pro práci byly stanoveny tři základní cíle, které jsou:

1. Provést inventarizaci vegetačních prvků budov (především ozeleněných střech) na území města Plzně.

Díky studiu odborné literatury a zjištění informací o typech vegetačních prvků budov zaznamenanám na základě vlastního průzkumu údaje o vegetačních prvcích na budovách na území města Plzeň, včetně jejich rozmístění a dalších parametrech. Podrobněji se zaměřím na rozmístění a bližší informace o ozeleněných střechách na území města Plzně.

2. Porovnat vliv ozeleněné a kačírkové střechy na klima na základě vlastního měření.

Pro posouzení vlivu ozeleněné střechy na klima bude provedeno vlastní experimentální měření. Pomocí vybraných meteorologických prvků a fyzikálních veličin budou výsledky měření na obou střechách vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

3. Zjistit motivaci majitelů objektů s ozeleněnou střechou k jejímu zřízení (včetně nabídky firem) a získat informace o bariérách pro realizaci ozeleněné střechy.

Na základě rozhovorů s majiteli a odborníky z praxe zjistím informace o realizaci ozeleněných střech. Zaznamenanám údaje o motivaci ke zřízení ozeleněné střechy a bariérách, jež brání většímu rozšíření ozeleněných střech ve městech jakožto nástroje adaptace na změnu klimatu. Dále zjistím informace o firmách, jež nabízí realizaci ozeleněné střechy, především na Plzeňsku, na základě nabídky na jejich webových stránkách.

## 2 Metodika

Hlavními metodami k vypracování této bakalářské práce a dosažení vytyčených cílů byl vlastní terénní výzkum s využitím aktuálních ortofoto snímků a experimentální měření. Pro inventarizaci vegetačních prvků budov na území města Plzně bylo využito mapování reálného stavu vegetačních prvků budov na území města Plzně. To probíhalo postupně dle časových možností jako pochůzka s cíleným hodnocením předem vytipovaných lokalit na základě vlastního odhalení konkrétního vegetačního prvku, nebo na doporučení druhé osoby (např. od odborníků). Omezení tohoto způsobu mapování spočívalo ve vegetačním období rostlin na budovách, neboť nejsou všechny druhy vegetace zelené ve všech ročních obdobích. Zároveň není možné přesně zmapovat veškeré vegetační prvky na budovách v Plzni, proto bylo využito terénního výzkumu v podobě pochůzky i v náhodně vybraných městských obvodech a ulicích. Jako sekundární zdroj informací bylo využito aktuálních ortofoto snímků 2018–2019 Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního a 3D modelace z webové aplikace Google Earth Pro sestavených ze série snímků pořízených do roku 2018 z důvodu kvalitního 3D zobrazení budov. Výstupem je vytvoření mapového zobrazení zvolených vegetačních prvků budov v Plzni v programu ArcGIS. Pro toto zobrazení byly zvoleny extenzivní a intenzivní typy ozeleněných střech, přičemž do geodatabáze byly zaneseny zvolené atributy, a to typ ozeleněné střechy, velikost ozeleněné plochy v m<sup>2</sup> a přibližná výška budovy s touto střechou (dle zvolených intervalů od hrany střechy po nejnižší bod budovy). Následně byly zobrazeny pomocí multiparametrických znaků.

K dosažení druhého cíle této práce bylo provedeno vlastní experimentální měření pomocí přístrojů pro záznam meteorologických dat. Použity byly přístroje Kestrel 5000 a Kestrel 4000. Pro účely této práce byla sledována především naměřená data o teplotě vzduchu a vlhkosti vzduchu, zaznamenávána ve třicetiminutových intervalech po dobu 24 hodin. Měření probíhalo ve dnech 28.-29.8.2019 v obci Letkov, jež leží nedaleko Plzně v okrese Plzeň-město. Pro experiment bylo využito ozeleněné střechy garáže u rodinného domu a střechy zatížené kačírkem bez vegetace Obecního úřadu Letkov. Datum měření bylo vybráno na základě domluvy s majiteli, kteří umožnili přístup, a na příznivém teplém počasí. Mimo to byl rovněž využit laserový bezdotykový teploměr pro měření povrchové teploty. Přístroje Kestrel pro měření teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu byly umístěny do výšky přibližně 50 cm nad povrch, aby se alespoň částečně zamezilo vlivu tohoto

povrchu na měření, s využitím stínítka pro zamezení vlivu přímého slunečního záření. Výška umístění přístrojů byla dána stativy, jež mi byly poskytnuty pro měření. Výsledky měření byly následně zaneseny do tabulek a zobrazeny pomocí grafů.

Pro získání užitečných informací přímo z praxe bylo využito strukturovaných rozhovorů, kdy vybraní respondenti (majitelé ozeleněných střech, odborníci z praxe) odpovídali na otázky týkající se především zkušeností s ozeleněnými střechami a firmami, jež realizaci ozeleněné střechy nabízí, nebo informací o bariérách pro vybudování ozeleněných střech ve městě. V rozhovoru jsem odlišila otázky pro majitele ozeleněné střechy a pro experty v této oblasti.

#### **Otázky pro majitele:**

1. Proč jste se rozhodli pro realizaci ozeleněné střechy? Co bylo Vaší hlavní motivací?
2. Pociťujete nějaké přínosy ozeleněné střechy nebo naopak nějaké její nevýhody?
3. Je ozeleněná střecha na Vašem objektu náročná na údržbu? Pokud ano, jak údržba probíhá?
4. Doporučili byste někomu realizaci ozeleněné střechy? Proč ano/ne?
5. Jaká firma vám pomohla s realizací ozeleněné střechy? Doporučili byste tuto firmu svým známým?
6. Můžete uvést alespoň přibližnou částku počátečních nákladů na realizaci ozeleněné střechy?

#### **Otázky pro experty:**

1. Ozeleněné střechy jsou bezpochyby jedním z nástrojů pro adaptaci na změnu klimatu. Co je podle Vás největším přínosem ozeleněných střech?
2. Mají ozeleněné střechy nějaké nevýhody?
3. Ozelenění střech se pomalu stává stále větším trendem, přesto není na budovách ve městech příliš časté. Proč nejsou ozeleněné střechy více rozšířené? Co je hlavní bariérou v realizaci ozeleněné střechy?
4. Myslíte si, že má veřejnost dostatečné povědomí o ozeleněných střechách a jejich přínosech?
5. Co by podle Vás pomohlo většímu rozšíření ozeleněných střech?
6. Znáte firmy, které na Plzeňsku realizují ozeleněné střechy (popř. fasády, vertikální zahrady) nebo máte nějakou zkušenost s takovou firmou?

Získané odpovědi na tyto otázky byly zpracovány a sepsány do souvislého textu, jež poskytuje komplexní pohled na názory a postoje od vybraných respondentů k ozeleněným střechám.

V závěru této práce proběhla syntéza výsledků výzkumu a následné shrnutí s návrhy využití v praxi. Tyto návrhy vyplývají jak z výsledků experimentálního měření, tak z přímých názorů odborníků z praxe, kteří pro účely této práce poskytli odpovědi na otázky v rámci rozhovoru. Zároveň je zde návrh, jak lze na tuto práci navázat dalším výzkumem.

### 3 Teoretický rozbor problematiky

V této části práce jsem provedla rešerši odborné literatury zabývající se městským klimatem, dále pak ekohydrologickým managementem měst jakožto prostředkem pro reakci na změnu klimatu na lokální úrovni. S tím souvisí i zpracování informací o adaptaci měst na zmíněnou klimatickou změnu. V rámci adaptace jsem se v následující části zaměřila na vegetační prvky budov, podrobněji pak na ozeleněné střechy. Zpracovala jsem text, jež zahrnuje druhy ozeleněných střech, jejich výhody a nevýhody, a také realizaci a údržbu ozeleněných střech.

#### 3. 1 Městské klima

Stále rostoucí počet obyvatel ve městech souvisí nejen s prostorovým rozrůstáním těchto sídel, ale také v důsledku vysoké koncentrace obyvatel dochází ke znečišťování ovzduší, růstu teploty vzduchu či naopak poklesu vlhkosti vzduchu, a tím ke zhoršení životních podmínek, proto je studium klimatu ve městě velmi aktuální (Středová a kol. 2011). S městskou zástavbou a jeho klimatem souvisí rovněž specifický aktivní povrch. Aktivní povrch je přechodná plocha mezi hydrosférou, nebo litosférou, a atmosférou, na níž dochází k odrazu záření a následné přeměně v jiný druh energie (Farský 2002). Městský aktivní povrch je charakteristický svou vysokou pohltivostí slunečního záření, velmi dobrými akumulačními schopnostmi a nízkou vlhkostí (Horník 1982; Oke a kol. 2017; Arnfield 2003). Nepropustné plochy, geometrie městské zástavby, různorodé vlastnosti povrchů či znečištění ovzduší může způsobit, že je město výrazně teplejší než jejich okolí (Středová a kol. 2011). Teplota vzduchu ve městě je průměrně o 1–2 °C vyšší než v přírodní krajině, v letních měsících může být tento rozdíl až 11 °C (Čermáková a Mužíková 2009). Díky patrnému vlivu aktivního povrchu zástavby se kolísající teploty vzduchu projevují odlišně i v noční a denní době. Ve dne stavební materiály díky vysoké absorpční schopnosti akumulují tepelnou energii, kdežto naopak v noci, kdy je energetická bilance záporná, tuto tepelnou energii vyzařují (Netopil 1984; Oke a kol. 2017; Arnfield 2003). Velká část vyzařování je však rovněž pohlcována znečištěnou atmosférou, jež je ve městě patrná a pro níž je typické intenzivní zpětné záření. Tím se snižuje schopnost atmosféry nad městem propouštět záření a teplo až o 50 %, tudíž je teplota vzduchu ve městě vyšší než v okolní atmosféře (Vysoudil 2013). Diskutovaným pojmem v souvislosti s klimatem ve městě jsou tzv. tepelné ostrovy.

Tepelný ostrov města je poměrně teplá atmosféra ve středu urbanizovaného území v porovnání s okolní atmosférou města, tedy teplota roste směrem k centrálním částem (Netopil 1984; Oke a kol. 2017; Gunawardena a kol. 2017).

Městská krajina vykazuje rovněž mimo vyšší teploty i zvýšené srážkové úhrny v porovnání s okolní krajinou (Vysoudil 2013). Roční úhrn srážek ve městě může být oproti neurbanizovanému okolí vyšší o 5 až 10 % (Netopil 1984). Tento fakt je způsoben vyšším množstvím kondenzačních jader nad zastavěnou plochou (v důsledku znečištěného ovzduší).

Nedílnou součástí atmosféry je voda, která i v městském klimatu hraje důležitou roli. Velký podíl zastavěných území v krajině poskytuje umělé plochy s vlastnostmi, jež ovlivňují oběh vody, což může ve výsledku přinášet řadu negativních dopadů na život obyvatel města (Kopp a kol. 2017). Této problematice se věnuji v kapitole 1.2 Ekohydrologický management měst.

### **3.2 Adaptace měst na změnu klimatu**

Změny klimatu mají dopad jak na přírodní složku, tak i na složku kulturní. Ovlivňují nejen přírodní krajinu a život v ní, ale také život ve městech. Aby byly dobré životní podmínky v urbanizovaných oblastech udržitelné, je potřeba reagovat na klimatické změny a přizpůsobovat jim osídlený prostor pomocí různých prostředků. Organizace spojených národů prostřednictvím Mezivládního panelu pro změnu klimatu z roku 2014 definuje, v dokumentu Dopady změny klimatu, adaptace a zranitelnost, adaptaci jako "proces přizpůsobení se aktuálnímu nebo očekávanému klimatu a jeho účinkům".

V zeměpisných šířkách střední Evropy se změny klimatu projevují především v intenzitě a četnosti srážek, změnami teplot během roku či úbytku zimních srážek. (Kopp a kol. 2017). Proti sobě pak stojí dva extrémní počasí, a to vysoké srážky, jež způsobují povodně (ať už v důsledku vytrvalých nebo přívalových dešťů), a vysoké teploty a s nimi dlouhodobá sucha. Mnohá města se tak snaží zavádět opatření, kterými reagují právě na klimatické změny. Využívají především různých strategií, které těmto změnám pomohou předcházet či zmírňovat jejich dopady. V publikaci k projektu UrbanAdapt jsou uvedeny tři typy adaptačních opatření, a to tzv. „šedá“, „zelená a modrá“ a „měkká“ opatření (UrbanAdapt 2015). Takzvaná „šedá“ adaptační opatření se týkají především stavebně-technických opatření a infrastruktury, kdežto „zelená a modrá“

opatření se zaměřují na ekosystémové přístupy. Právě mezi tato adaptační opatření se řadí vegetační prvky budov, jako jsou ozeleněné fasády a střechy nebo vertikální zahrady, neboť poskytují celou řadu přínosů jako je zlepšení kvality ovzduší a zmírnění efektu městského tepelného ostrova, a zároveň pomáhají snižovat riziko povodní, či zvyšují biodiverzitu, oproti šedé infrastruktuře s konvenčními nebo i kačírkovými střechami bez vegetace. Vzdělávání v problematice, poskytování informací a samotná změna chování je obsažena v „měkkých“ adaptačních opatřeních.

V podmínkách ČR existuje od roku 2017 adaptační strategie Politika ochrany klimatu v rámci Ministerstva životního prostředí. Příslušné dokumenty poskytují komplexní přístup k problematice změny klimatu a možnostem předcházení těmto změnám a obsahují také opatření pro snižování emisí skleníkových plynů. Toto důležité téma je řešeno i v rámci Environmentální politiky Evropské unie. V dubnu 2013 vypracovala pro tyto účely Evropská unie Adaptační strategii EU. Na to reagují i víceleté programy, jež poskytují finanční podporu pro projekty v rámci adaptace na změnu klimatu. Do celého procesu realizace adaptačních opatření ovšem musí být zapojeno více aktérů, a to státní správa, územní samospráva i podnikatelé a neziskový sektor (Kopp a kol. 2017). Na změny klimatu se mohou města efektivně připravit pouze v případě efektivní spolupráce všech těchto složek při plánování adaptačních opatření (Ježek a kol. 2015).

Města obvykle využívají opatření, jež můžeme rozdělit na dva typy, a to mitigační a adaptační. Mitigační opatření si kladou za cíl snížení emisí skleníkových plynů (zateplování budov, výměna kotlů atp.), kdežto adaptační opatření vedou k přizpůsobení přírodní i socioekonomické složky na již probíhající nebo předpokládanou klimatickou změnu (Kopp a kol, 2017). Proces vytváření adaptačních opatření můžeme dle Ekstromové a Moserové (2010) rozdělit na tři fáze, a to přípravná, plánovací a realizační fáze. Každá z těchto fází s sebou nese i určité bariéry. Obecně nejčastějšími jsou problémy v oblasti financování, právní bariéry, nezájem o problematiku, nedostatečné pravomoci místní správy či majetkoprávní poměry (Aubrechtová a kol 2019). Přípravná fáze je důležitá z hlediska osvěty mezi všemi aktéry v problematice probíhající klimatické změny, aby zvolená adaptační opatření byla co nejefektivnější pro konkrétní lokalitu. Tomu může bránit nezájem o problematiku či chybějící politická vůle a data o řešené lokalitě. Konkrétní strategie a vedoucí odborníky v adaptačním procesu určuje druhá



plánovací fáze. Zde Ekstromová s Moserovou zdůrazňují důležitost správného posouzení a výběru vhodného adaptačního opatření. Důležitou roli zde hraje právě politická vůle, jež může být spolu s legislativou a majetkoprávními poměry jednou z bariér adaptace. Ve třetí, realizační fázi, kdy dochází k uplatnění adaptačních opatření v rámci místních politik, se vyskytují bariéry v podobě problémů s financemi, právních překážek či nedostatečné pravomoci místní správy (Ekstrom a Moser 2010).

### **3.2.1 Ekohydrologický management měst**

Základním důvodem pro zavádění ekohydrologického managementu měst jsou bezpochyby změny klimatu (Farrelly 2011). Voda není pouze zdrojem pro domácnosti či průmysl, ale rovněž významně plní funkci klimatotvornou, urbanistickou či sociální a kulturní. (Kopp a kol. 2017). V rámci ekohydrologického managementu ve městech je velmi důležité hospodaření s dešťovou vodou. Ve velké většině měst je odtok dešťové vody díky vybudované síti kanalizací co nejrychlejší, ovšem právě díky tomu zůstává městské prostředí téměř bez vody (Bell 2015). Odtok dešťové vody ze zastavěného území je hlavním zdrojem znečištění vodních toků. Protéká totiž přes silnice, střechy a jiné znečištěné povrchy, a zároveň při svádění do jednoho toku zvyšuje rychlost průtoku a objem vody v korytě (National Research Council 2009; U.S. Water Environment Federation 2014). Pro regulaci odtoku např. v době přívalových dešťů, je důležitá právě vegetace, jež snižuje zatížení kanalizace nebo také riziko záplav (Kopp a kol. 2017). Například ozeleněná střecha může zachytit až 70 % srážek, odteče tedy pouhých 30 % (Minke 2001).

Vegetace je v krajině velmi důležitá i z důvodu zadržení vody, neboť podporuje přirozený vsak vody (U.S. Water Environment Federation 2014). Není tomu jinak ani ve městě, kde vegetace významně ovlivňuje klimatické podmínky v zastavěném území. Tmavý povrch v tomto území (střechy, komunikace atp.) má mnohem větší schopnost pohlcovat sluneční záření, než místa porostlá vegetací (Horník 1982). Zejména parky jsou významným prvkem, který pomáhá výrazně zvyšovat vlhkost díky výškové stupňovitosti přítomné vegetace a rozsáhlé ozeleněné ploše. Rozdíl mezi parkem a zastavěnou plochou ve vlhkosti vzduchu může činit ve dne 5 až 10 %, a v noci dokonce 10 až 20 % (Čermáková a Mužíková 2009).

Ekohydrologické přístupy ve městech se tradičně opírají o péči o vodní toky i stojaté vody. Rovněž je důležitý přístup k hospodaření s dešťovou vodou, neboť kvůli

vysokému podílu nepropustných ploch se zvyšuje riziko povodní (Kopp 2016). Management oběhu vody ve městě by měl být založen na propojení vody pitné, odpadní a srážkové, a tím dosahovat cílů jako je rozvoj veřejných prostranství, úspory nákladů či zvýšení kvality životního prostředí ve městě (Kopp a kol. 2017). Potenciál využívat zelené infrastruktury k hospodaření s dešťovou vodou ve městech je obrovský (Austin 2014).

### **3.3 Vegetační prvky budov**

Zastavěná plocha ubírá prostor pro růst vegetace, proto jsou zejména ve městech významné vegetační prvky přímo na budovách. Umožňují totiž zlepšovat městské mikroklima prostřednictvím ozeleněných střech či fasád (Kopp a kol. 2017). Vegetační prvky budov hrají významnou roli při zadržování vody v krajině a zároveň mají mnohem menší schopnost pohlcování slunečního záření, než tmavé povrchy (Horník 1982).

Vegetační prvky budov ovšem nejsou pouze záležitostí moderní doby. Prvním případem integrované vegetace do budovy byly již Semiramidiny visuté zahrady v Babylonii. Ty díky kaskádové terase porostlé vegetací vytvářely oázu zeleně ve vyprahlé poušti (Marugg 2018). Ozelenění budov se postupně přeneslo i do Evropy, a od poloviny 11. století vznikaly střešní a terasové zahrady ve Francii a v Itálii. Nejednalo se ovšem o opatření kvůli nepříznivému klimatu, nýbrž o pouhý trend a estetický prvek budovy (Čermáková a Mužíková 2009). Teprve přibližně od 20. let 20. století se na ozeleněné střechy a fasády začalo nahlížet jako na klimaticky prospěšný prvek v urbanizovaném území (Marugg 2018).

Přehled základních vegetačních prvků budov je zanesen do tabulky 1.

Tabulka 1: Přehled základních vegetačních prvků budov

Vegetační prvek	Dělení	Odkazy
Ozeleněná střecha	Extenzivní	Čermáková a Mužíková 2009; Šimečková 2016, Austin 2014
	Intenzivní	
	Polointenzivní	
Vertikální zahrada	Speciální žlaby (nádoby) se substrátem přidružené k budově	Čermáková a Mužíková 2009; Bass a Baskaran 2001
	Speciální kapsy bez substrátu (nasáklá textilie, organický materiál) přidružené k budově	
Ozeleněná fasáda	Vegetativní vrstva součástí pláště budovy (Např. mechové stěny)	Perini a kol. 2011; Austin 2014
	Popínavé rostliny	
Balkon/ terasa s vegetací	Vegetace v nádobách (květináče, truhlíky atp.)	Marugg 2018; Čermáková a Mužíková 2009

Zdroj: Vlastní zpracování dle uvedených odkazů

### 3.3.1 Ozeleněné střechy

Ozeleněné střechy jsou jednou z technologických možností, jak zmírňovat dopady tepelných ostrovů v urbanizovaném prostředí. (EPA 2008). V posledních letech se stávají stále větším trendem, neboť se jedná o efektivní prostředek pro zlepšení životního prostředí ve městě. Běžněji se používá termín „zelené střechy“, může zde však dojít ke snadné záměně se střechou zelené barvy. V takovém případě toto označení již nepopisuje vegetační pokryv na ploše střechy, nýbrž pouze barvu použité umělé krytiny. Proto pro účely této práce využívám vhodnějšího označení dle Mužíkové a Čermákové (2009), a to „ozeleněné střechy“. Stejně tak je tomu v případě ozeleněných fasád (Čermáková a Mužíková 2009).

#### 3.3.1.1 Význam ozeleněných střech

Jak už bylo v předchozích kapitolách zmíněno, klima ve městě je charakteristické vyšší teplotou, nižší vlhkostí a zhoršeným ovzduším (prašnost, smog atp.). Účinným prostředkem, jak tyto vlivy zmírňovat, jsou právě ozeleněné střechy.

Ozeleněné střechy v urbanizovaném prostředí přinášejí mnoho výhod. Dle Čermákové a Mužíkové můžeme výhody ozeleněných střech rozdělit do dvou

kategorií, a to z hlediska stavebního a ekologického. Z pohledu stavebního slouží ozeleněná střecha jako kvalitní a efektivní tepelná izolace. V zimním období tak nedochází k velkým tepelným ztrátám z interiéru budovy a zároveň v letních měsících umožňuje tato střecha díky ochlazující schopnosti pohodlně obývat i prostory vyšších pater (např. podkroví) (Čermáková a Mužíková 2009). Stavební firma LIKO-S provedla pro účely vlastní dokumentace experimentální srovnávací měření mezi plechovou a ozeleněnou střechou. Výsledky měření povrchových teplot ukázaly, že plechová střecha může dosáhnout v letních měsících až 70 °C, kdežto na vegetační střeše pouhých 29 °C (LIKO-S 2019). Podobných výsledků dosáhl výzkum v rámci případové studie v Brazílii, kde byla porovnávána teplota vzduchu nad ozeleněnou střechou a střechou s keramickou krytinou. Výsledky ukázaly teplotní rozdíl až 20 °C (Parizotto a Lamberts 2011). Jinou velkou výhodou je dle Čermákové a Mužíkové menší rozpínání materiálu, díky snížení tendence extrémního kolísání teplot během dne, tudíž má ozeleněná střecha delší životnost než střecha z jiného umělého materiálu. Neboť vegetace na střeše trvale zadržuje vlhkost, plní také funkci protipožární ochrany. Další neméně významnou výhodou vegetační střechy je zvuková odrazivost a pohltivost. Hluk z okolí dokáže střešní zeleň v závislosti na hustotě a výšce porostu snížit až o 3 dB (Čermáková a Mužíková 2009).

Specifické městské klima souvisí i s vyššími úhrny srážek. Vegetací porostlé střechy pomáhají ve zmírnění zátěže kanalizační sítě či čistíren odpadních vod v době vytrvalých a přivalových dešťů, a tak zároveň dochází ke snížení rizika záplav (Čermáková a Mužíková 2009). Dešťové srážky se díky vegetaci zachytí v půdě ozeleněné střechy, tím se značně zredukuje objem a rychlost odtoku. Ten může být snížen až o 75 % oproti klasické střeše (Austin 2014). Ozeleněná střecha může zadržet velké množství vody a zajistit tak odtok pouze 30 % z celkového srážkového objemu (Minke 2001). Tato redukce srážek je zvláště důležitá v intenzivně urbanizovaných oblastech, které se obvykle vyznačují velmi vysokým podílem nepropustných povrchů (Horník 1982), neboť pak nedochází k vysokému zatížení kanalizační sítě a předchází se tak riziku povodní. Mimo to probíhá na takové střeše evaporace, čímž se zvlhčuje klima v okolí střechy. Výpar srážkové vody, zadržené díky vegetaci ozeleněné střechy, snižuje množství tepelné energie, proto je vegetační střecha chladnější než okolní neozeleněné povrchy (Kopp a kol. 2017).

V souvislosti s hospodařením s dešťovou vodou, jež je ve městě mnohdy problematické, plní ozeleněná střecha funkci filtru srážkové vody. Tzn. voda, jež se následně vypařuje zpět do ovzduší je díky filtračním schopnostem půdy a rostlin značně čistší (Čermáková a Mužíková 2009). To souvisí s druhým pohledem na výhody ozeleněných střech, a to s hlediskem ekologickým. Mimo filtraci srážkové vody dochází i ke ochlazení a zvlhčování vzduchu nebo k jeho čištění. Nejen, že vegetace poskytuje díky listům velkou plochu pro usazení prachových částic (Čermáková a Mužíková 2009), ale rovněž půdní substrát dokáže pohltit látky ze znečištěného ovzduší (Austin 2014).

Mimo příznivé působení vegetačních střech na životní prostředí mají pozitivní vliv i na člověka a jeho zdraví. Vedle tepelného pohodlí uvnitř budovy, zejména v letních měsících, kdy ozeleněná střecha nahrazuje klimatizaci, mají rostliny dobrý vliv na duševní zdraví člověka (EPA 2008).

### *3.3.1.2 Typy ozeleněných střech*

Ozeleněné střechy jsou obecně rozděleny do dvou kategorií podle druhu vegetace – extenzivní a intenzivní ozeleněné střechy.

Extenzivní ozeleněná střecha má hloubku půdního pokryvu menší než 150 mm a je zcela vegetována bylinami a jinými nízkými rostlinami (Austin 2014). Tyto střechy slouží především k zachycení dešťové vody a jako regulace tepelné energie. Jejich výhodou je, že nejsou náročné na údržbu. Právě proto se často využívají při renovaci starších konvenčních střech. Extenzivní typ ozeleněné střechy bývá běžně nepřístupný. Vstup na takovou střechu využívají pouze oprávněné osoby z důvodu kontroly a případné údržby (Šimečková a kol. 2016).

Druhým typem jsou intenzivní střechy, jež lidé využívají jako estetický a relaxační doplněk budovy. Část střechy bývá zpevněná a půdní pokryv je hluboký více než 150 mm (Austin 2014). Jsou zde často vysazovány rostliny a stromy, jež je možné nalézt v běžných zahradách či parcích (Austin 2014). Druhotnou a neméně významnou funkcí těchto střech je rovněž zachycení dešťových srážek či regulace tepelné energie. Intenzivní střechy jsou dražší než běžné střechy, ale tyto počáteční vyšší náklady jsou časem kompenzovány sníženými náklady na energii pro vytápění a chlazení budovy. Ozeleněná střecha obecně zajišťuje 15–25 % úsporu nákladů na energii (Austin 2014). Intenzivní střechy jsou dražší z důvodu vyšších nároků na konstrukci, neboť taková střecha má daleko vyšší hmotnostní zatížení, než extenzivní ozeleněná střecha (Austin 2014).

Šimečková dále uvádí třetí typ tzv. polointenzivní ozeleněné střechy. Ty představují přechod mezi výše zmíněnými typy. Hlavním znakem je zde kombinace rostlinných druhů vhodných pro intenzivní a extenzivní ozeleněné střechy.

Podle přístupnosti můžeme rovněž dle Šimečkové ozeleněné střechy rozdělit na nepochozí, pochozí a pobytové. První zmíněný typ se vyznačuje obtížným přístupem, není tedy primárně určen k pohybu osob. K tomu je na této ploše uzpůsoben i druh vegetace. Pochozí střechy nabízejí pohyb pouze oprávněným osobám po vyznačených cestách, naopak pobytová střecha je volně přístupná veřejnosti a nevyžaduje žádná speciální povolení či poučení pro vstup (Šimečková a kol. 2016).

Jako speciální typ ozeleněné střechy můžeme označit domy chráněné zemí (Čermáková a Mužíková 2009). Nejedná se totiž o klasickou střechu položenou výše nad zemským povrchem, ale o střechu souběžnou se zemským povrchem. Dle této definice bychom sem mohli zařadit i např. podzemní garáže atp. Dle Šimečkové (2016) se tyto ozeleněné střechy řadí dle rozdělení podle dotyku s terénem mezi ty „v úrovni s parterem“, dále pak de toho kritéria dělí střechy na „v dotyku s parterem“ a „bez dotyku s parterem“ (Šimečková 2016).

Podrobnější rozdělení ozeleněných střech podle různých kritérií je znázorněno v přehledu v Tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled rozdělení ozeleněných střech dle vybraných kritérií

Rozdělení podle	Typ ozeleněné střechy	Podrobnější informace
typu vegetace	extenzivní	Mechy, rozhodníky, sukulenty...
	intenzivní	Traviny, byliny, keře, stromy, trvalky...
	polointenzivní	Kombinace výše zmíněných
přístupnosti	pochozí	Pobyt osob v omezeném rozsahu
	nepochozí	Bez pobytu osob
	pobytové	Určeno k pobytu osob (př. relaxace)
sklonu	plochá	$\alpha \leq 5^\circ$
	šikmá	$5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$
	strmá	$45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$
funkce	retenční	Zadržování srážkové vody
	podporující biodiverzitu	Důraz na rozmanitost rostlin a živočichů
	fotovoltaická	Kombinace s fotovoltaickými panely
	pěstební	Užitková či zahradnická funkce
vegetačního souvrství	jednovrstvé	Vrstva substrátu
	vícevrstvé	Více funkčních vrstev
prostorové vazby na terén	v úrovni	př. podzemní garáže
	v dotyku	Část střechy navazuje na terén
	bez dotyku	Bez návaznosti na terén

Zdroj: Vlastní zpracování dle Šimečkové (2016)

### *3.3.1.3 Realizace a údržba ozeleněných střech*

Při realizaci ozeleněné střechy je potřeba dodržovat určitých zásad, proto se na ní podílí několik odborníků přes architekta po zahradníka. Rovněž každý typ takové střechy vyžaduje jiný přístup, který se liší v použitém postupu při realizaci, materiálu, vegetaci a následné údržbě (Čermáková a Mužíková 2009). Důležitá je mimo jiné správná volba rostlin kvůli potřebné vysoké odolnosti na různé klimatické podmínky. Výběr rostlin je rozhodujícím faktorem, neboť ne všechny druhy mohou přežít drsné podmínky, jež jsou pro střechy typické (např. extrémní povětrnostní podmínky, sluneční záření atp.) (Marugg 2018). Protože vegetace na ozeleněné střeše zadržuje vodu, musí být při konstruování střechy zvolena kvalitní a správná hydroizolace. Její nekvalitní provedení totiž může způsobit zatékání do budovy či narušení kořenových systémů rostlin (Čermáková a Mužíková 2009). V případě vícevrstvého vegetačního souvrství je důležité vhodné použití jak hydroizolační vrstvy, tak filtrační, hydroakumulační, drenážní a ochranné (Šimečková 2016).

Od toho se rovněž odvíjí finanční náklady na realizaci ozeleněné střechy. Počáteční náklady na ozeleněnou střechu jsou ve většině případů vyšší, než na klasickou konvenční střechu (EPA 2008). Ovšem celkové náklady na údržbu vegetační střechy jsou nižší než u konvenčních střech, vzhledem k její delší životnosti a také schopnosti snížit náklady na tepelnou energii uvnitř budov (Šimečková 2016; Čermáková a Mužíková 2009). Dle americké Environmental Protection Agency jsou sice počáteční náklady na realizaci takové střechy vysoké, ovšem za celou dobu své životnosti je schopna tyto náklady snížit přibližně o polovinu, přičemž dvě třetiny úspor by plynuly právě ze snížené energetické potřeby budovy.

Vzhledem ke zmíněným vysokým počátečním nákladům je důležitá podpora v podobě různých dotací. Od ledna 2017 je až do roku 2021 v České republice možnost dotace z dotačního programu Nová zelená úsporám, jež zahrnuje i možnost finančního příspěvku na realizaci ozeleněných střech. V zahraničí jsou časté i podpory v podobě snížení poplatků za stočné (Čermáková a Mužíková 2009). Nejvýznamnější jsou ovšem příspěvky na komunální úrovni. Úřady měst a obcí mohou zavádět takovou politiku, která pomůže zlepšovat životní prostředí právě jejich území. Příkladem může být město Brno, které jako první v České republice zahájilo od 1.6.2019 boj proti suchu poskytováním dotací na budování ozeleněných střech a zachytávání srážkové vody v rámci programu



„Zeleň střechám“. Majitel, který čerpá tuto dotaci, se zároveň zavazuje k pětileté udržitelnosti vegetační střechy (Odbor životního prostředí Brno, 2020)

### **3.3.2 Vertikální zahrady a ozeleněné fasády**

Instalace vertikálních zahrad není v České republice příliš rozšířená, nicméně v zahraničí se již stává častějším vegetačním prvkem na budovách. Dle případové studie projektu *Adaptace sídel na změnu klimatu z roku 2015* je hlavní výhodou ozeleněných fasád jejich minimální nárok na půdorysné rozměry. Na druhé straně nejsou aplikovatelné na kterékoli stavby, neboť stav fasády a stěny budovy je klíčový pro udržení dobré kvality zeleně za všech klimatických podmínek (Kopp a kol. 2017). Dle kontaktu s volnou půdou se ozeleněné fasády dělí na systémy spojené a nespojené s volnou půdou. Například popínavé rostliny nepotřebují oporu, rostou samovolně přichycené k budově ve volné půdě (Perini a kol 2011). Vegetace může ale růst i ze speciálních pěstebních nádob, kdy je potřebná podpěrná konstrukce. Jedná se o tzv. moderní systémy vertikálních zahrad, kde je oproti pňoucím rostlinám potřebná pravidelná údržba a pořizovací náklady jsou v tomto případě vyšší (Burian 2011). U vertikálních zahrad je zároveň důležité zavedení automatické závlahy i hnojení, aby byla dlouhodobě udržitelná (Pejchal 2011).

Tento typ vegetačních prvků působí na klima ve městě prakticky stejně jako ostatní městská zeleň. Navíc je možné využít popínavých rostlin, jež rostou samovolně podél stěny a nevyžadují příliš velkou podpěrnou konstrukci a následnou péči (Burian 2019). Zmíněné popínavé rostliny jsou využívány především v případě zelených fasád, čímž určují hlavní odlišnost od vertikálních zahrad, kde může vegetace růst i bez přítomnosti zeminy (Čermáková a Mužíková 2009). Realizace vegetační zahrady je z technického hlediska složitější, neboť zde nastupuje značný vliv gravitace, jež podporuje sesuv substrátu a je tedy potřeba tento problém řešit pomocí vhodných konstrukčních prvků (Burian 2019). Vertikální zahrady či zelené fasády ovlivňují podobně jako ozeleněné střechy kromě okolního klimatu budovy i vnitřní prostory domu (Marugg 2018). Volná fasáda bez porostu může dosahovat až o 20 °C vyšších teplot než stěna vegetační, kde důležitou roli hraje vrstva porostu. Čím silnější, tím více se budova ochlazuje (Kopp a kol. 2017). Zároveň se vegetační fasáda mění v průběhu roku (v závislosti na výběru rostlin vhodných pro tuto konstrukci), tím přispívá k neustále originálnímu vzhledu budovy (LIKO-S 2019).

### 3.3.3 Ostatní vegetační prvky budov

Přesto, že ozeleněné střechy, vertikální zahrady či ozeleněné fasády hrají velmi významnou roli, co se týče působení na klima v městské zástavbě, neméně důležité jsou i jiné vegetační prvky. Mezi ně můžeme zařadit zeleň v mobilních nádobách. Jedná se o speciální druh ozelenění, který patří mezi nejjednodušší prvky střech, balkonů či teras (Čermáková a Mužíková 2009). Tento typ vegetace můžeme označit jako tzv. zelené balkóny či zelené terasy. Díky truhlíkovým nebo květináčovým rostlinám se může teplota vzduchu v okolí snížit až o 1 °C a vlhkost vzduchu zvýšit až o 3,5 % (Marugg 2018).

Rovněž existuje řada experimentálních budov s vegetací. Příkladem takové budovy na našem území je vývojové centrum LIKO-Noe ve Slavkově u Brna, jež postavila firma LIKO-S. Budova kombinuje prvky ozeleněné střechy, ozeleněné fasády a přilehlého jezírka, jež funguje jako čistička odpadních vod vzniklých uvnitř budovy. Zároveň významně hospodaří s dešťovými vodami díky všudypřítomné zeleni (viz obr.1) (LIKO - Noe 2015a).



Obrázek 1: Ekologická budova LIKO-Noe

Zdroj: LIKO-Noe 2015b

Podobným projektem stejné firmy je budova LIKO-Vo. Jedná se o první živou průmyslovou halu na světě, má rovněž jako budova LIKO-Noe ozeleněnou střechu, fasády i retenční jezírko (LIKO-S 2019).



Obrázek 2: Živá průmyslová hala LIKO-Vo

Zdroj: LIKO-S 2019

Vegetačním prvkem na budově může být i vertikální les. Tento koncept zeleně je možné vidět na budově Bosca Verticale v Miláně. Jedná se o systém ozeleněných balkonů osázených keři i stromy. Skladba vegetace je podobná tomu, co lze nalézt na jednom hektaru lesa (Marugg 2018).



Obrázek 3: Bosco Verticale v Miláně

Zdroj: Stefano Boeri 2020

### 3.4 Charakteristika sledovaného území

V následujících podkapitolách se věnuji konkrétněji sledovanému území, a to městu Plzni. Pozornost je zde věnována především klimatu na území Plzně a jeho vývoji a způsobu, jakým se město adaptuje na klimatickou změnu. Cílem podkapitoly o klimatu je souhrn informací, zda se na sledovaném území klimatická změna projevuje. V podkapitole o adaptaci města Plzně na klimatickou změnu jsou zmíněny příklady již realizovaných projektů.

#### 3.4.1 Klima na území města Plzně

Plzeň se klimaticky řadí do mírně teplé oblasti, průměrná roční teplota se zde pohybuje kolem 7,8 °C a roční průměrný úhrn srážek je 541,8 mm (dle dat naměřených na stanici Plzeň – Mikulka v letech 2006-2015) (Kopp a kol. 2017). Oblast Plzně je monitorována meteorologickými a klimatologickými stanicemi Českého hydrometeorologického ústavu Plzeň – Bolevec a Plzeň – Mikulka, které jsou vybaveny elektronickými čidly (Matušková a Novotná 2007; Kopp a kol. 2017). Mimo to provozuje meteorologické stanice Západočeská univerzita, a to Plzeň–Bory a Plzeň–Veslavínova. Naměřené hodnoty mezi těmito stanicemi se mohou lišit, hlavně v důsledku jejich polohy (Vacík a Kopp 2012).

Podle Quittovy klimatické klasifikace se Plzeň řadí do oblasti MT11. Ta je charakteristická dlouhým, teplým a suchým létem, naopak zima je krátká, velmi suchá a mírná s nepříliš dlouhým trváním sněhové pokrývky. Přejídná období jara a podzimu jsou mírně teplá. Topoklima vnitřního města je ovlivněno terasovitou stupňovitostí Plzeňské kotliny (Mirvald a kol. 1995), díky tomu jsou zde časté inverzní stavy a mlhy, především na podzim a v zimě (Matušková a Novotná 2007).

Dle Matuškové a Novotné (2007) byl pro období 1971–2000 nejteplejším měsícem na území města Plzně červenec s průměrnou teplotou 18 °C, a nejchladnějším měsícem leden s průměrnou teplotou -1,6 °C (Matušková a Novotná 2007). Kdežto v letech 2006-2015 byla průměrná lednová teplota -0,1 °C a červencová již 20 °C (Kopp a kol. 2017). I to naznačuje, že u všech stanic byl zaznamenán rovněž pomalý růst průměrné roční teploty, neboť v letech 2006 až 2015 byla průměrná roční teplota na stanici Plzeň – Mikulka stanovena na 9,5 °C (Kopp a kol. 2017), kdežto v letech 1971–2000 byla průměrná roční teplota na 8 °C (Matušková a Novotná 2007). Dle projekce „GCM - Globální klimatické modely“, jež popisují vývoj globálního

klimatu, je patrné, že na území města Plzně vzrůstá průměrná roční teplota. Mezi lety 2010 a 2030 bude tento rozdíl již 2 °C. Pokud se podíváme na dobu trvání velkých veder (kolem 30 °C), je dle tohoto modelu v současné době jejich délka cca 8–10 dní. Kdežto v roce 2030 bude délka trvání průměrně 10 až 12 dní.

Co se týče srážek, ty jsou dle naměřených dat v období 2006-2015 nejvydatnější v květnu, kdy spadne v průměru 80 mm (Kopp a kol. 2017). Nejnižší úhrny můžeme pozorovat v měsících leden a únor, kdy spadne v průměru 10-25 mm srážek (Matušková a Novotná 2007, Kopp a kol. 2017).

### **3.4.2 Adaptace města Plzeň na změnu klimatu**

V roce 2015 se město Plzeň zapojilo do projektu UrbanAdapt. V oficiální publikaci je uvedeno, že *„Cílem projektu UrbanAdapt je reagovat na možné dopady změny klimatu ve městech, spustit a rozvíjet proces přípravy adaptačních strategií měst, navrhnout a vyhodnotit vhodná adaptační opatření ve vybraných urbánních oblastech v České republice, a to za podpory ekosystémově založených přístupů“* Partnerskými městy tohoto projektu jsou města Plzeň, Brno a Praha (UrbanAdapt 2015).

Publikace k tomuto projektu je rovněž hlavním zdrojem informací o realizovaných krocích města Plzeň v adaptaci na změnu klimatu. Příklady úspěšných realizací díky UrbanAdapt v Plzni je třeba obnova Lochotínského parku, obnova Mlýnské strouhy v centru města, přeměna využití území Božkovského ostrova, vybudování vodních ploch Lobežská louka či propustné parkoviště ve Štruncových sadech.

Obnova Lochotínského parku je příkladem přírodě blízkého opatření proti vlnám horka. Revitalizace parku vyřešila problém dřívějšího nevhodného řešení zalesnění tohoto prostoru, jež doprovázela i půdní eroze. Odvod dešťové vody byl vyřešen podzemními drenážemi, jež odvádí vodu do tůní. Projekt byl financován za podpory Regionálního operačního programu Jihozápad v podobě dotace z fondů Evropské unie a rozpočtu města (UrbanAdapt 2015).

Obnova Mlýnské strouhy přinesla velmi pozitivní účinky na mikroklima v centru města díky vodním prvkům. Právě tolik důležitá voda je sem přiváděna z řeky Mže pomocí podzemních kanálů (UrbanAdapt 2015). Mlýnská strouha je součástí sadového okruhu kolem historického jádra města a při její obnově bylo mimo vodního prvku vysazeno 26 nových listnatých stromů (Tolarová 2011). Projekt byl financován z rozpočtu města Plzně.

Příkladem přírodě blízkého protipovodňového opatření na území města Plzně je přeměna využití území Božkovského ostrova. Zde byl vytvořen významný prvek v podobě protipovodňového průlehu s vodním tokem, jež propojuje koryto s řekou Úslavou. Je tak ochráněna zastavěná část ostrova před povodněmi. Projekt byl financován z rozpočtu města Plzně, Regionálního operačního programu Jihozápad a Operačního programu Životní prostředí v podobě dotací z fondů Evropské unie (UrbanAdapt 2015).

Hlavním významem parku s vodními plochami Lobežská louka je protipovodňové opatření. Mimo to oblast napomáhá retenci vody v krajině, a tudíž i ke zlepšení klimatických podmínek v zastavěném území. Prolínají se zde čistě přírodní plochy a plochy rekreační, doplněné o významné vegetační prvky. Projekt byl financován z rozpočtu města Plzně a Operačního programu Životní prostředí v podobě dotací z fondů Evropské unie (UrbanAdapt 2015).

To, že si město Plzeň uvědomuje rizika změny klimatu a potřebu adaptačních opatření dokazuje i Strategický plán města Plzně vypracovaný v roce 2018. Poskytuje informace o plánech do budoucna právě v tomto směru. Klimatické změny s sebou přinášejí například přílivové srážky a s nimi související bleskové povodně. Tomu chce město Plzeň předcházet pomocí přírodě blízkých revitalizačních a protipovodňových opatření, mimo to bude podporovat využívání šetrných postupů při hospodaření s dešťovou vodou včetně rozšiřování ploch pro vsak a retenci srážkové vody. Díky tomu se sníží vlivy tepelného ostrova města alepší se tak životní prostředí v Plzni. V rámci péče o městskou zeleň se město Plzeň orientuje na krajinný ráz osídlené oblasti. Dle Aubrechtové (2019) však Plzeň zahrnuje do svých strategických dokumentů a územního plánu méně adaptačních opatření v porovnání s jiným městy jako např. Olomouc nebo Brno.

V následující části práce jsou zmíněny vegetační prvky na budovách v Plzni, včetně ozeleněných střeš, jež jsou rovněž jedním z nástrojů adaptace na klimatickou změnu.

## 4 Praktická část

Praktická část je rozdělena na tři celky, jež jsou zaměřeny na vegetační prvky budov na území města Plzně s podrobnějším zaměřením na ozeleněné střechy, dále pak na vlastní experimentální měření, jehož cílem je komparace vegetační střechy a střechy zatížené kačirkem z pohledu naměřených hodnot meteorologickým přístrojem. Třetí část se týká rozboru rozhovorů o ozeleněných střechách s odborníky a majiteli, a rovněž nabídky firem na Plzeňsku, které poskytují možnost realizace ozeleněných střech.

### 4.1 Vegetační prvky budov na území města Plzně

Na základě vlastního terénního výzkumu a mapování pomocí aplikace Google Earth bylo zjišťováno, zda se na území Plzně nacházejí alespoň některé vegetační prvky dle tabulky 1. Výzkum ukázal, že nejčastějším vegetačním prvkem na budovách v Plzni je ozeleněná fasáda především ve formě popínavé vegetace. Dle použitého druhu rostlin lze na budovách v Plzni vidět popínavé rostliny, jež jsou zelené po celý rok, a zároveň takové, které mají vegetační období pouze teplejší část roku. Velmi častá je břečťanem porostlá fasáda na rodinném domě. Na obrázku 4 a 5 můžeme vidět typickou ozeleněnou fasádu pomocí popínavé rostliny ve vegetačním období a mimo něj. Tento objekt se nachází v ulici Gerská v městském obvodu Plzeň 1.



Obrázek 4: Ozeleněná fasáda v ulici Gerská ve vegetačním období

Zdroj: Google – StreetView



Obrázek 5: Ozeleněná fasáda v ulici Gerská mimo vegetační období

Zdroj: Vlastní fotografie (17. 4. 2020)

Stejným příkladem takto ozeleněné fasády je rodinný dům v ulici Karolíny Světlé a R. Svobodové v městském obvodu Plzeň 1 (viz. příloha A a B), nebo obytný dům v ulici Pod Vrchem v městském obvodu Plzeň 4 (viz. příloha C a D). Na rodinném domě v ulici Karolíny Světlé je rovněž viditelné, že popínavá rostlina nemusí být pouze záležitostí fasády, ale může přesahovat i na část střechy. Částečně je tomu tak i na dalším rodinném domě ve stejné ulici (viz. příloha E). I přesto, že je tento typ vegetačního prvku nejčastější právě na rodinných domech, obrázek 6 potvrzuje, že se může vyskytovat i v menším rozsahu na panelovém domě, i když je to spíše ojedinělé.

Díky fotografiím, jež zachycují ozeleněnou fasádu s popínavou zelení mimo vegetační období, je vidět na odhalené fasádě, že tento typ prvku na první pohled viditelně nemusí poškodit její vzhled či kvalitu. I to je mimo nízké pořizovací náklady či lehkou údržbu pravděpodobně důvodem, proč je právě porost břečťanu a dalších popínavých rostlin na fasádách častější než náročnější vegetační zahrady.





Obrázek 6: Popínavá rostlina na panelovém domě v ulici Staniční  
Zdroj: Vlastní fotografie (17.4.2020)

Neméně významným vegetačním prvkem na budovách jsou i terasy s vegetací ve speciálních nádobách. I v tomto případě se jedná o aplikaci zeleně do prostoru, kde by běžně byla pouze zastavěná plocha. Zajímavým příkladem vegetace v truhlících či nádobách na budově, je dům v ulici Staniční v městském obvodu Plzeň 4. V tomto případě byla využita římsa střechy k umístění nádob s vegetací.



Obrázek 7: Vegetace na římsě střechy v ulici Staniční  
Zdroj: Vlastní fotografie (17. 4. 2020)



Obrázek 8: Terasová vegetace v ulici U Cvičiště a Hřbitovní

Zdroj: Vlastní fotografie (17. 4. 2020)

#### **4.1.1 Ozeleněné střechy na území města Plzně**

Na území města Plzně bylo zjištěno k 15. 3. 2020 celkem 14 ozeleněných střech, jejichž přehled je zanesen v tabulce č. 3 spolu s podrobnějšími informacemi. Nejvíce ozeleněných střech na území města Plzně je extenzivního typu. Důvodem může být nenáročnost na údržbu, ovšem většina těchto střech je běžně nepřístupná. Výjimkou je střecha ve Folmavské ulici, která představuje speciální typ ozeleněné střechy, jež částečně navazuje na okolní terén, a střecha parkovacího domu u Fakultní nemocnice Plzeň, jež je zpřístupněna pro pohyb osob po vyznačených cestách a nabízí rovněž lavičky jako místa k odpočinku. Zajímavým typem intenzivní střechy je ta v areálu Pivovaru Prazdroj. Tato střecha je ze druhého nádvoří snadno přístupná a pochozí, návštěvník prakticky nepozná, že se pohybuje po střeše restaurace, jež má vchod z prvního nádvoří položeného o 4 metry pod úroveň této střechy (viz. příloha F).

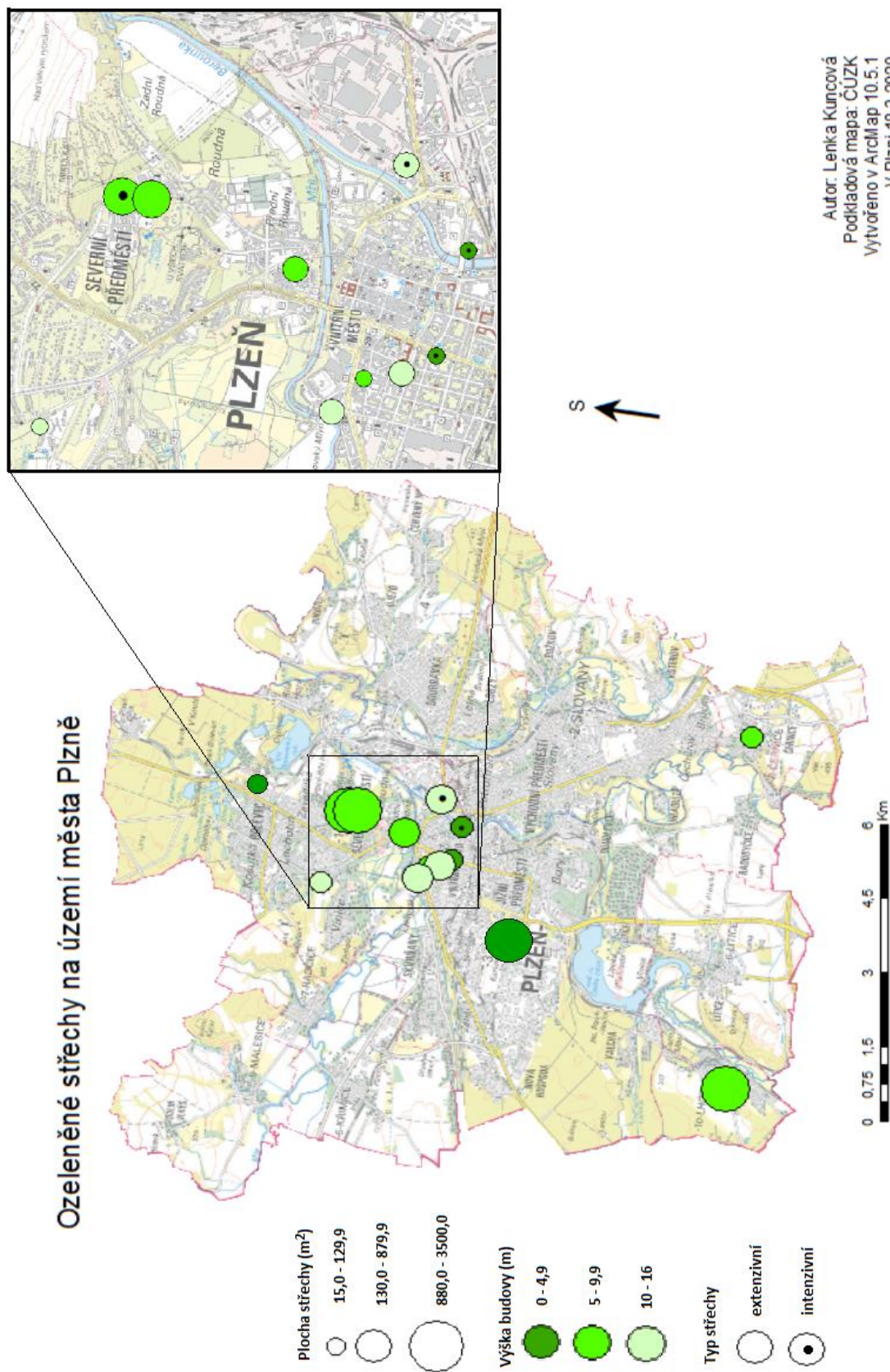
Tabulka 3: Přehled ozeleněných střech na území města Plzně

Místo	Plocha zeleně (m <sup>2</sup> )	Výška budovy (m)	Přístup	Typ	Využití budovy
<b>FN Plzeň Onkologický pavilon</b>	5600	8	pochozí	intenzivní	Zdravotnické zařízení
<b>Ul. Folmavská</b>	3700	5	pochozí	Extenzivní (v dotyku)	Průmyslová budova
<b>FN Plzeň parkovací dům</b>	3200	8	pochozí	extenzivní	Parkovací dům
<b>Kaufland (Rondel)</b>	3000	7	nepochozí	extenzivní	Obchodní dům
<b>Pivovar Prazdroj</b>	880	4	pochozí	intenzivní	Restaurace
<b>Ul. Kovářská</b>	500	2	nepochozí	extenzivní	Vnitroblok
<b>Ul. Kalikova</b>	500	3	nepochozí	extenzivní	Garáže
<b>MŠ Plzeň-Lhota</b>	480	8	nepochozí	extenzivní	Škola
<b>Ul. Okounová</b>	370	3	nepochozí	extenzivní	Obytný dům/garáže
<b>Ul. Kotíkovská</b>	290	4	nepochozí	extenzivní	Garáže
<b>Ul. Kollárova</b>	235	8	nepochozí	extenzivní	Kulturní zařízení
<b>Ul. Americká (Hannah)</b>	130	12	pochozí	intenzivní	Obchodní dům
<b>Plzeň – Černice Tyršova ZŠ a MŠ</b>	70	5	nepochozí	extenzivní	Škola
<b>Ul. Klatovská</b>	15	16	pochozí	intenzivní	Komerční budova

Zdroj: Vlastní zpracování

Mapa ozeleněných střech na území města Plzně (viz. obrázek 9) znázorňuje polohu těchto střech, a zároveň poskytuje podrobnější informace o konkrétní střeše, a to údaje o ploše střechy v m<sup>2</sup>, o výšce budovy s ozeleněnou střechou od paty budovy ke hraně střechy v metrech a typu ozeleněné střechy. Na rozmezí městských částí Plzeň 3 a Plzeň 1 se nachází největší počet ozeleněných střech, proto byl do mapy přidán detail na tuto oblast pro přehlednější rozložení bodů v mapě. Právě v těchto městských obvodech se nachází nejvíce ozeleněných střech v celé Plzni. Na území městského obvodu Plzeň 1 nalezneme 5 ozeleněných střech častěji na novostavbách v bytové zástavbě, či na veřejných budovách jako je nemocnice či obchodní dům. Naopak na území městského obvodu Plzeň 3, disponující rovněž pěti ozeleněnými střechami) se nachází střechy s vegetací v historické zástavbě nebytových objektů, výjimkou je novostavba U Kalikovského mlýna, kde byla ozeleněná střecha vybudována v roce 2019 a výstavba celého bytového domu stále probíhá. Ozeleněná střecha je umístěna na objektu s garážemi. Jedná se o extenzivní typ ozeleněné střechy osázené suchomilnými rostlinami (viz. příloha G).

K 15.3.2020 se nenachází žádná ozeleněná střecha na území městských obvodů Plzeň 9 – Malesice, Plzeň 5 – Křimice, Plzeň 7 – Radčice, Plzeň 6 – Litice a Plzeň 4 a 2, ovšem v některých z těchto městských obvodů jsou realizace projektů s ozeleněnými střechami v plánu do budoucna či jejich výstavba právě probíhá (uvedené níže v této kapitole).



Obrázek 9: Mapa ozeleněných střech na území města Plzně  
Zdroj: Vlastní zpracování v programu ArcMap

V ulici Folmavská v městském obvodu Plzeň 3 se nachází objekt vodojemu, jež je ve správě Statutárního města Plzeň. Tento objekt disponuje ozeleněnou střechou o rozloze 3700 m<sup>2</sup>. Jedná se o extenzivní typ vegetační střechy, která je částečně v dotyku s okolním terénem (viz. obrázek 10), nabízí tak snadný přístup na tuto střechu. Jde o zajímavý typ ozeleněné střechy, jež je na území Plzně ojedinělý, právě díky částečnému kontaktu s terénem. Povrch je pokryt pouze travinami, jež nejsou náročné na údržbu a mají téměř stejné požadavky jako klasický trávník. Okrajové části střechy jsou mírně šikmé o sklonu cca 20°, tím je budova dokonale začleněna do okolního prostředí. V nejvyšším bodě od paty budovy po hranu střechy měří objekt 5 m. Okolní zástavba je volná areálová s drobnými halovými objekty a velkým podílem zastavěných ploch. Zároveň se v okolí vodojemu nachází především travní porost, ale i skupiny stromů a keřů. Dle územního plánu města Plzně spadá tato budova do oblasti ploch technické infrastruktury.



Obrázek 10: Ozeleněná střecha - ul. Folmavská

Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení (2020)

Plošně nejrozsáhlejší vegetační střecha v Plzni, co se týče ozeleněné plochy, se nachází na Onkologickém pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň v městském obvodu Plzeň 1. Jedná se o ozeleněnou střechu intenzivního typu o rozloze 5600 m<sup>2</sup>, která byla vybudována v letech 2008–2010. Ozeleněná je přízemní část budovy, na níž navazuje další třípatrová budova s konvenční střechou. Atypickou ozeleněnou plochu doplňují atria s četnou vegetací. Nalézt zde můžeme především traviny, trvalky a nízké keře. Střechu tohoto typu je náročnější na údržbu, i přesto významně pomáhá zlepšovat jak klima v areálu nemocnice, tak podporuje hospodaření s dešťovou vodou. Velmi významná je i estetická stránka, jež pozitivně působí na pacienty a návštěvníky areálu (ENVIC nedatováno). Střecha je z jedné strany přístupná, což je vidět z obrázku 11 a 12. Zároveň nabízí prostor k relaxaci a odpočinku. Pavilon je z jedné strany obklopen zastavěnou plochou s nemocničními budovami, z druhé strany leží v blízkosti ozeleněná plocha parku. Dle územního plánu spadá tento objekt mezi plochy občanské vybavenosti. V roce 2019 se tato střecha umístila v soutěži Zelená střecha roku, v kategorii Veřejná zelená střecha, na třetím místě, a zároveň získala Cenu veřejnosti (Pecuch 2019; Skanska 2019).



Obrázek 11: Ozeleněná střecha - Onkologický pavilon FN Plzeň

Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení



Obrázek 12: Ozeleněná střecha - Onkologický pavilon FN Plzeň (2. pohled)

Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

V blízkosti Onkologického pavilonu se v areálu Fakultní nemocnice Plzeň nachází další objekt s vegetační střechou, tentokrát extenzivního typu (viz. obrázek 13). Jedná se o parkovací dům, na jehož střeše rostou především netřesky, rozchodníky, suchomilné rostliny a také bylinky. Přesto, že se jedná o střechu extenzivní, jež není náročná na údržbu, je střecha volně přístupná, pokrytá chodníky a lavičkami k pobytu pacientů a návštěvníků areálu FN Plzeň. Parkovací dům zde byl postaven v roce 2017 a primárním důvodem pro realizaci byl požadavek na regulaci odtoku dešťové vody, jež je nyní řízen pomocí retenčních nádrží po objektu. Okolní zástavba je tvořena především ostatními nemocničními budovami. Zeleň v okolí je tvořena především trávničky, ale také relativně rozsáhlými plochami s listnatými stromy.





Obrázek 13: Ozeleněná střecha parkovacího domu v areálu FN Plzeň

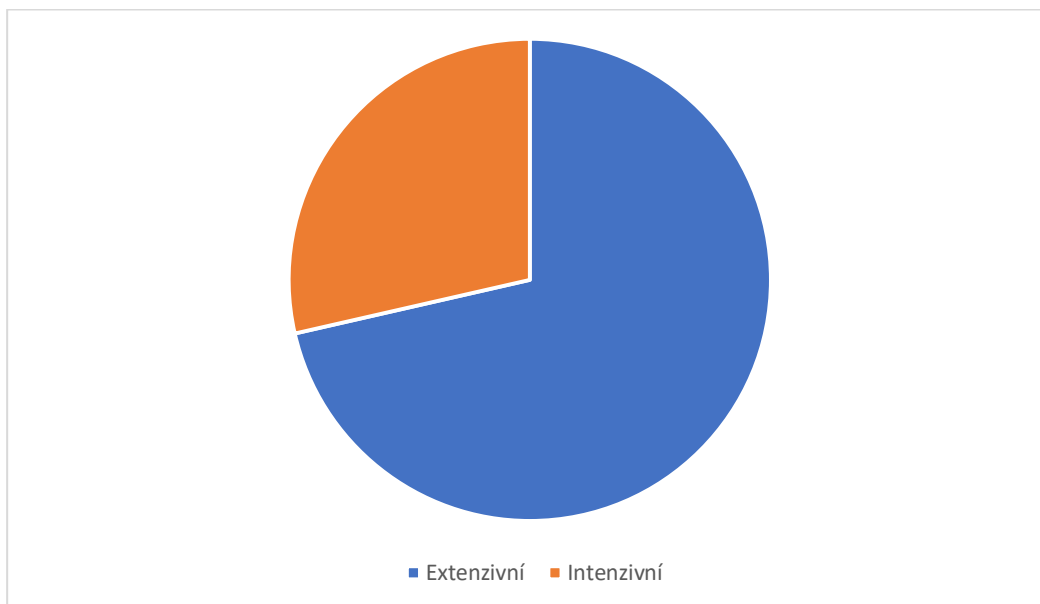
Zdroj: Zelená střecha roku 2019

Extenzivní typ ozeleněné střechy byl rovněž využit na objektech MŠ Plzeň – Lhota a Tyršova ZŠ a MŠ Plzeň – Černice (viz. příloha H a CH). Hlavním důvodem realizace vegetačních střech na těchto školách bylo žádané hospodaření s dešťovou vodou, či snaha o zlepšení klimatu v okolí budovy. Mimo to jsou tyto střechy důležité při vzdělávání žáků, neboť mají možnost nahlédnout do problematiky hospodaření s dešťovou vodou, a zároveň mohou sledovat biodiverzitu vegetační střechy. Škola v Černicích se nachází v obytné zóně s rodinnými domy s menším množstvím zeleně, nachází se zde menší plochy trávníků a několik stromů. Kdežto škola ve Lhotě leží ve více rozptýlené zástavbě, jež nabízí větší plochy zeleně, především travnatých ploch a menších skupin stromů. Oba objekty se ale nacházejí v okrajové části města, kde jsou lepší klimatické podmínky než v centru Plzně, tam se tepelný ostrov projevuje intenzivněji.

Díky nízké náročnosti na údržbu byl stejný typ ozeleněné střechy jako na škole v Černicích a ve Lhotě také využit na garážových objektech v ulici Okounová a Kotíkovská (viz. příloha I, J a K). V ulici Okounová je ozeleněná střecha na třech částech budovy, přičemž dvě z nich se nachází na sníženém objektu přidruženém ze dvou

stran k bytovému domu (pravděpodobně se jedná o průchod či chodbu), třetí leží na přilehlé garáži. Okolní zástavba je bytového charakteru s malým množstvím zeleně v podobě nepříliš rozsáhlých travnatých ploch. V blízkosti se rovněž nachází menší zalesněná plocha s listnatými stromy. Ozeleněná garáž v ulici Kotíkovská je obklopena nemocničními budovami. V blízkém okolí se rozprostírají zalesněné plochy s listnatými stromy. Dalším příkladem extenzivní ozeleněné střechy jsou ty ve vnitrobloku městské zástavby nebytových objektů na budovách v ulici Kollárova a Kovářská (viz. příloha L a M). V okolí těchto střech se nachází minimální množství zeleně.

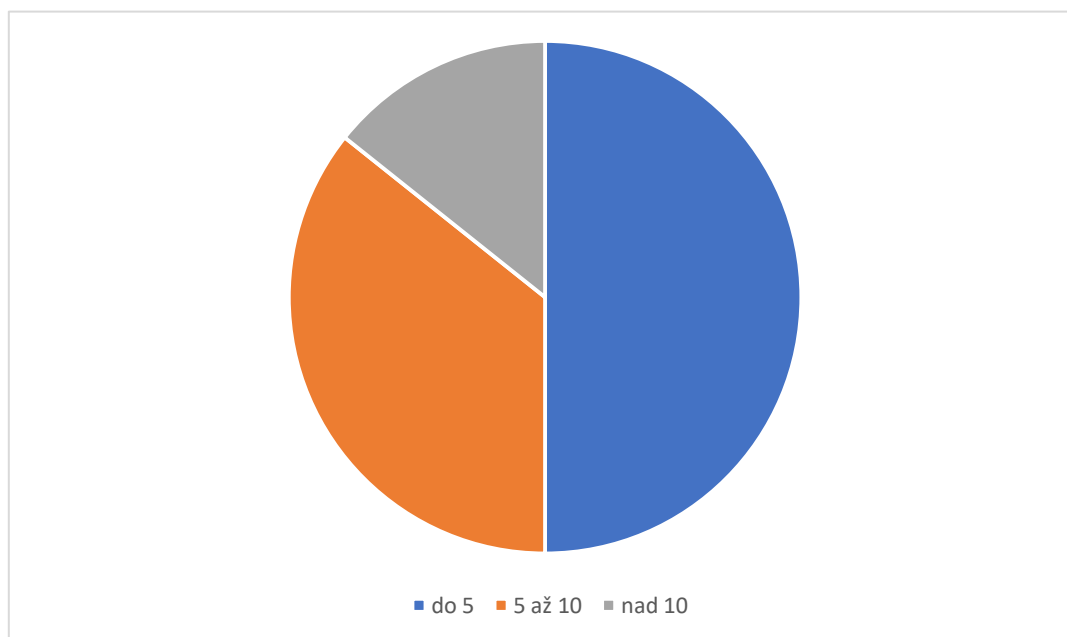
Nejvíce ozeleněných střech se nachází na území městského obvodu Plzeň 1 a Plzeň 3, a to konkrétně v obou případech 5 vegetačních střech. Nejčastějším typem těchto střech je na celém území Plzně typ extenzivní, a to hned v deseti případech z celkového počtu 14 (viz. obrázek 14).



Obrázek 14: Graf poměru typů ozeleněných střech na území města Plzně

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejčastěji se ozeleněné střechy v Plzni nacházejí na budovách vysokých do 5 metrů od paty budovy po hranu střechy (viz. obrázek 15). Objekty s vegetační střechou ve výšce více než 10 metrů jsou na území města Plzně pouze 2, a to v ulici Americká a Klatovská, obě intenzivního typu (viz. přílohy N a O).

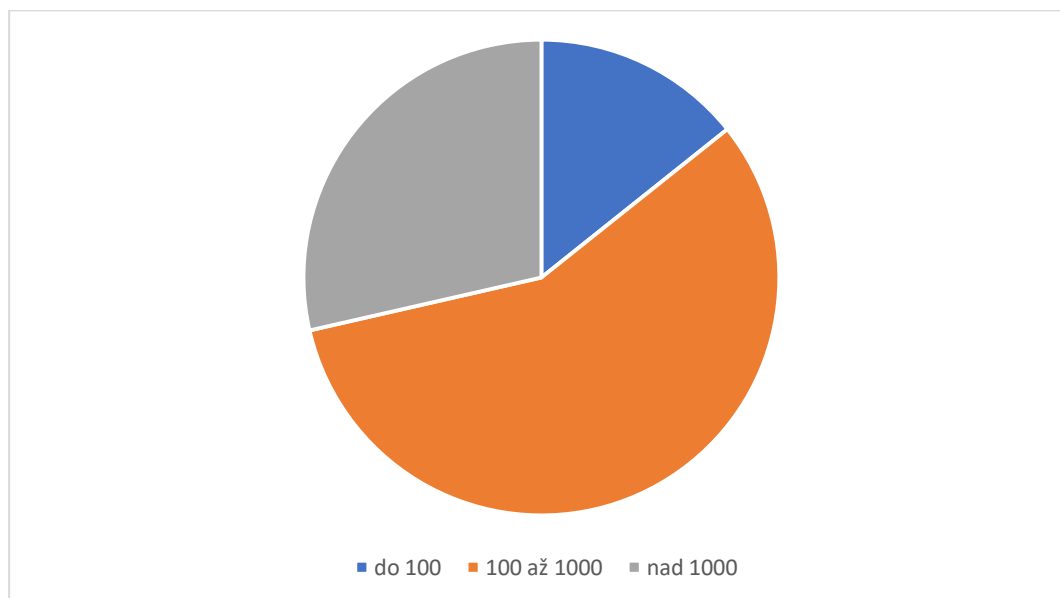


Obrázek 15: Graf poměru ozeleněných střech na území města Plzně podle výšky budovy (v metrech)

Zdroj: Vlastní zpracování

Rozlohou největší ozeleněnou střechou na území města Plzně je intenzivní ozeleněná střecha Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň, ta dosahuje 5600 m<sup>2</sup>. Nad 1000 m<sup>2</sup> se v Plzni nachází další 3 objekty s vegetační střechou, a to v ulici Folmavská, na obchodním domě Kaufland – Rondel (viz. příloha P) a na parkovacím domě v areálu FN Plzeň. Všechny tyto střechy jsou extenzivního typu. Nejmenší ozeleněná plocha se nachází na střeše budovy Správy veřejného statku města Plzně v ulici Klatovská. Tato střecha leží v historické zástavbě bytových i nebytových objektů s minimálním množstvím zeleně v okolí (pouze ve vnitrobloku). Podrobnější pohled na zástavbu a zeleň v blízkosti všech ozeleněných střech na území města Plzně nabízí mapy vytvořené na základě aktuálních ortofoto snímků od Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, připojené v přílohách Q až Z.

Poměr mezi ozeleněnými střechami v Plzni dle velikosti ozeleněné plochy ukazuje obrázek 16.



Obrázek 16: Graf poměru ozeleněných střech na území města Plzně podle velikosti plochy (m<sup>2</sup>)

Zdroj: Vlastní zpracování

Do budoucna se na území města Plzně plánují realizace dalších ozeleněných střech. Nejzajímavějším a aktuálním případem je panelový dům na Slovanech (Plzeň 2). Jde o vůbec první realizaci ozeleněné střechy na panelovém domě v České republice. Střecha by měla být pobytová a obyvatelům domu přinese mimo jiné úsporu energií za vytápění. Celý projekt má vyjít na 7 milionů korun, přičemž město Plzeň přispělo dotací ve výši 600 tisíc korun (Markup a Jiřincová 2020). Střecha nebude příliš náročná na údržbu, neboť zde porostou především traviny a suchomilné rostliny, jako tomu bývá v případě extenzivních vegetačních střech. Rozloha ozeleněné plochy přesáhne 600 m<sup>2</sup> (Nedvěd 2020). V areálu Fakultní nemocnice Plzeň by měla ke dvěma stávajícím ozeleněným střechám přibýt ještě třetí, a to na budově psychiatrické kliniky (Klímová a Jiřincová 2019). Třetí známou plánovanou realizací vegetační střechy je 4. základní škola v Plzni v ulici Kralovická. Zde by se náklady dle předběžných odhadů měly dostat až na 37 milionů korun, přičemž město zažádá o dotaci až do výše 80 % (Plzeň.cz 2019). Zazelenat by se měla také střecha budovy TJ Slavoj Plzeň v Třebízského ulici (Plzeň 3). Ta získala v rámci dotačního programu Zelený poklad dotaci ve výši 300 tisíc korun. Celková potřebná částka by měla být přibližně 3,7 milionů korun na ozelenění asi 700 m<sup>2</sup> (QAP.cz 2019). Jiným projektem, který zahrnuje i realizaci ozeleněných střech,

je plánovaná rekonstrukce tramvajového depa v Plzni na Slovanech (Plzeň 2). Dle vizualizace by měli být v celém komplexu ozeleněny tři střešní plochy. Výstavba by měla probíhat od roku 2020 do roku 2022 a celkové náklady jsou odhadnuty přibližně na 1,35 miliard korun, přičemž právě v této výši si Plzeňské městské dopravní podniky zajistily úvěr od Evropské investiční banky (Jarošová 2019).



Obrázek 17: Vizualizace rekonstrukce tramvajového depa v Plzni na Slovanech

Zdroj: PMDP 2019

Podobná vizualizace byla vytvořena i pro projekt přeměny prostoru na rozmezí ulic Americká a Sirková. Zde by měl vyrůst prostor s budovami doplněný o zeleň nejen v podobě stromořadí, či trávníků, ale dle vizualizace by mělo být využito i vegetačních prvků přímo na objektech (QAP.cz 2018).



Obrázek 18: Vizualizace rekonstrukce prostoru na rozmezí ulic Americká a Sirková v Plzni

Zdroj: QAP.cz 2018

## 4.2 Experimentální měření

Pro porovnání teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu a povrchové teploty na ozeleněné a neozeleněné střeše jsem provedla vlastní experimentální měření. Pro tyto účely byly vybrány střechy, jež splňovaly podmínky pro instalaci meteorologického přístroje Kestrel, a to především možnost přístupu a rovný povrch. Měření proběhlo ve dnech 28.–29. 8. 2019 v obci Letkov (okres Plzeň-město). Ozeleněná střecha využitá pro měření se nachází na rodinném domě v nadmořské výšce 379 m n. m., budova s ozeleněnou střechou je vysoká přibližně 3 metry vysoká. Důvodem vybudování této střechy byla snaha kompenzovat zábor plochy zeleně kvůli stavbě. Jelikož na této střeše rostou především rozchodníky, netřesky, opuncie a suchomilné skalničky, není celková údržba příliš náročná. Střecha není uměle zavlažována a údržba probíhá 1-2x do roka. Neozeleněná střecha s kačírkiem se nachází na Obecním úřadě Letkov v nadmořské výšce 366 m n. m., budova je vysoká přibližně 6 metrů a byla kompletně rekonstruována v roce 2017. Na střechu s kačírkiem byl umístěn přístroj Kestrel 4000, na ozeleněnou střechu pak přístroj Kestrel 5000. Oba přístroje disponují stejnými funkcemi a stejným typem čidel, jež byly pomocí kartonového štítu zastíněny před přímým slunečním svitem. Následně byly přístroje umístěny 50 cm nad povrchem a samotné měření probíhalo po dobu 24 hodin, kdy přístroj zaznamenával data každých 30 minut.



Obrázek 19: Ozeleněná střecha na garáži u rodinného domu v Letkově

Zdroj: Vlastní fotografie (28. 8. 2019)



Obrázek 20: Přístroj Kestrel 5000 umístěný na ozeleněné střeše garáže rodinného domu v Letkově

Zdroj: Vlastní fotografie (28. 8. 2019)



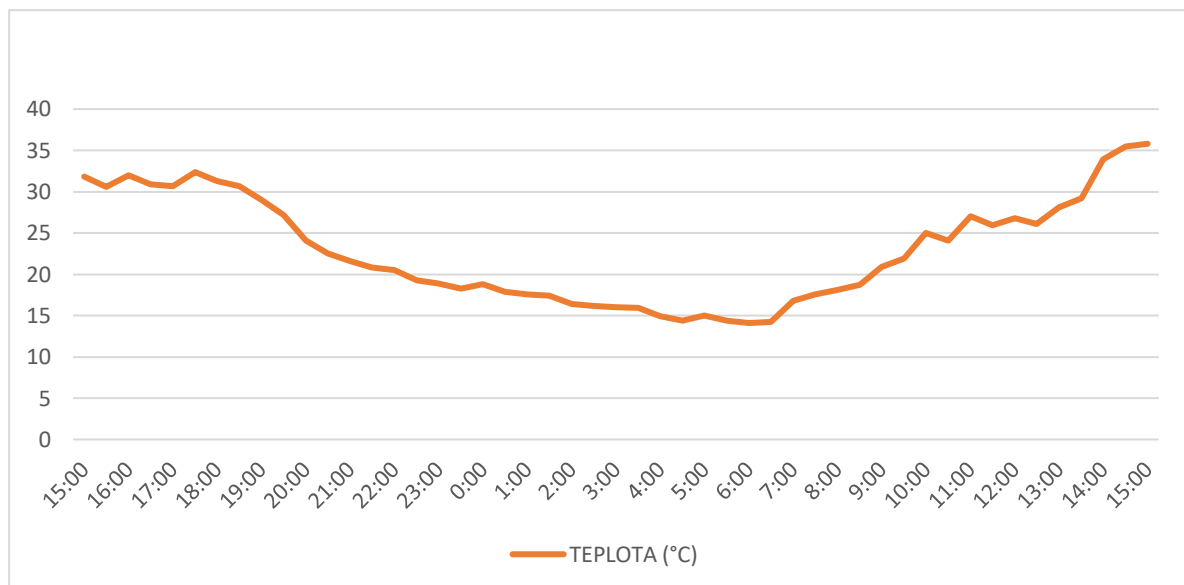
Obrázek 21: Přístroj Kestrel 4000 umístěný na střeše s kačirkem na budově Obecního úřadu Letkov

Zdroj: Vlastní fotografie (28. 8. 2019)

### 4.2.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu byla na obou střechách měřena pomocí čidla na přístroji Kestrel, umístěného 50 cm nad povrchem. Průběh teploty vzduchu mohl být lehce ovlivněn průběhem počasí po celou dobu měření, neboť místy se objevila oblačnost, ale teplota vzduchu se po dobu měření v oblasti obce Letkov pohybovala mezi 17 a 29 °C.

Obrázek 22 ukazuje teploty vzduchu 50 cm nad povrchem na střeše s kačírkiem v průběhu 24 hodin, kdy měřená data byla zaznamenávána každých 30 minut. Maximální naměřená teplota dosáhla 35,8 °C, minimální naopak 14,1 °C. Rozdíl maximální a minimální teploty je tak 21,7 °C. Průměrná teplota z naměřených hodnot činí 23 °C. Celkový průběh teploty vzduchu na střeše s kačírkiem se vyznačoval výkyvy, kdy během 30 minut teplota vzrostla či naopak klesla o 1 až 2 °C. Tendence střídavého stoupání a klesání teploty byla zaznamenána především mezi 15:00 a 18:30 nebo 10:30 a 13:30, důvodem tohoto kolísání může být oblačnost. Ve večerních a nočních hodinách teplota plynule klesala, stoupat opět začala ráno v 6:30 bez střídavých výkyvů až do zmíněných 10:30.



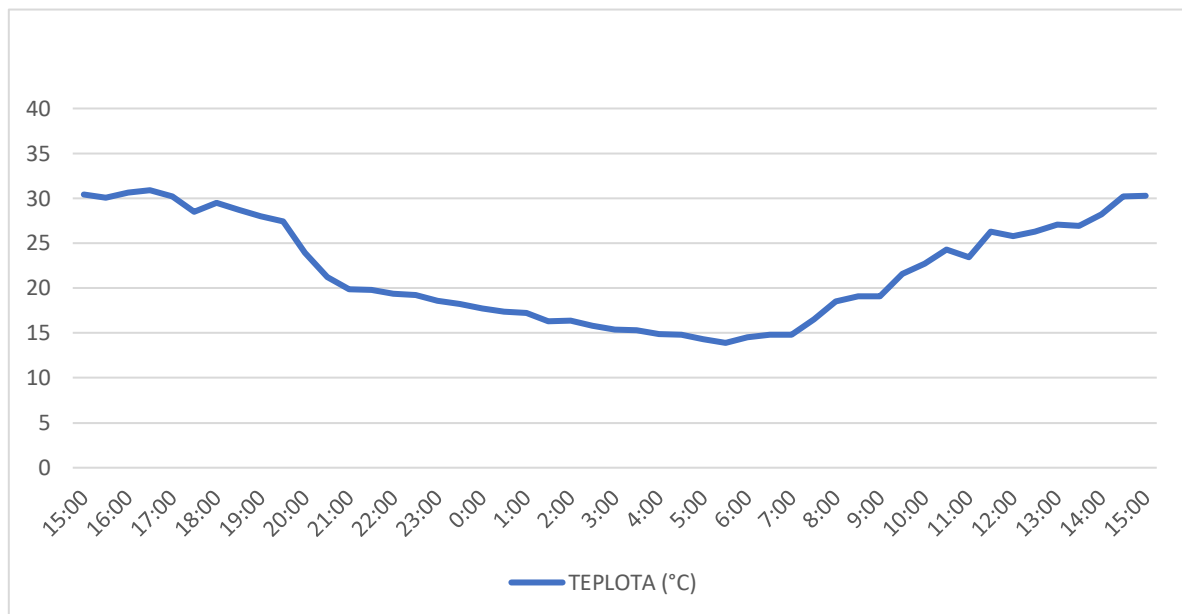
Obrázek 22: Graf teploty vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem střechy s kačírkiem během 24 hodin (28.-29.8.2019)

Zdroj dat: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Obrázek 23 ukazuje teploty vzduchu 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše v průběhu 24 hodin, kdy měřená data byla zaznamenávána každých 30 minut. V tomto případě maximální naměřená teplota dosáhla 30,9 °C a minimální 13,9 °C.



Rozdíl maximální a minimální naměřené teploty je tedy 17 °C. Průměrná teplota z naměřených hodnot činí 21,9 °C. Celkový průběh teploty vzduchu na ozeleněné střeše se dle grafu vyznačuje nepříliš vysokými výkyvy.



Obrázek 23: Graf teploty vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem ozeleněné střechy během 24 hodin (28.-29.8.2019)

Zdroj dat: Vlastní zpracování dle naměřených dat

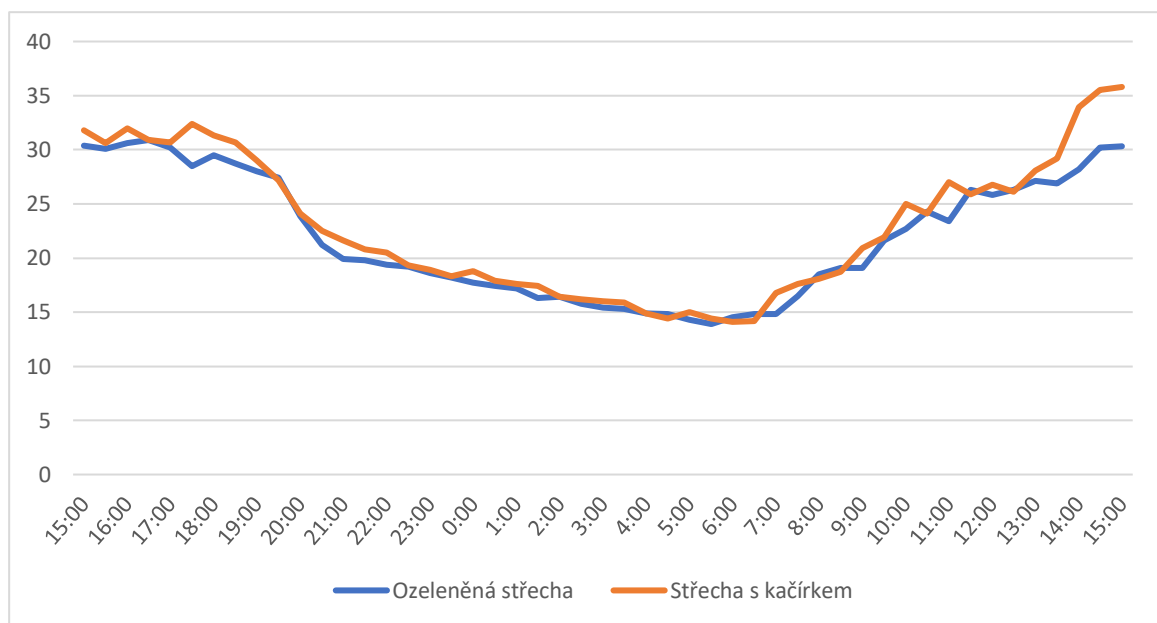
Tabulka 4: Přehled naměřených hodnot teploty vzduchu na obou střeších

	<b>Střecha s kačírkiem (ts)</b>	<b>Ozeleněná střecha (to)</b>	<b>ts - to</b>
<b>Maximální teplota (°C) (čas)</b>	35,8 (15:00)	30,9 (16:30)	4,9
<b>Minimální teplota(°C) (čas)</b>	14,1 (6:00)	13,9 (5:30)	0,2
<b>Max – Min (°C)</b>	21,7	17,0	4,7
<b>Průměrná teplota</b>	23,0	21,9	1,1

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

V tabulce č. 4 jsou zaneseny naměřené hodnoty teploty vzduchu 50 cm nad povrchem ze střechy s kačírkiem i z ozeleněné střechy pro přehlednou komparaci výsledků. Je patrné, že ozeleněná střecha vykazovala v průběhu měření nižší teploty vzduchu než střecha s kačírkiem. V případě maximální naměřené teploty byl tento rozdíl

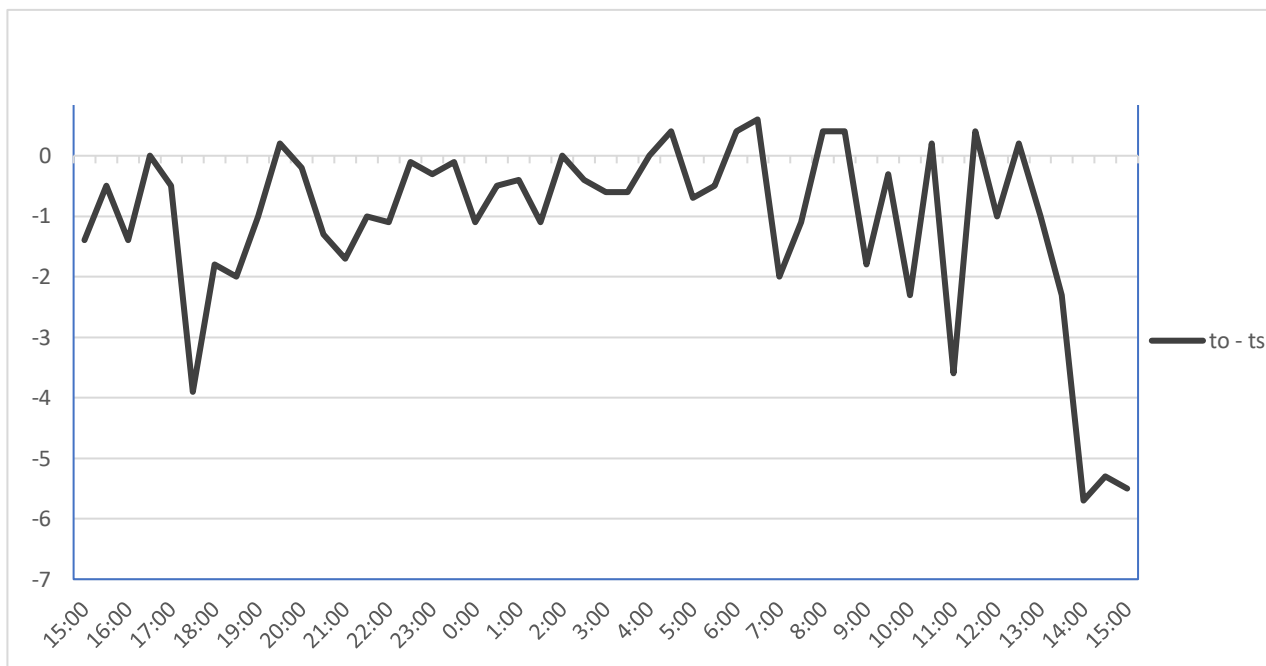
téměř 5 °C. Naopak minimální naměřená teplota se mezi těmito střechami příliš nelišila. To ale naznačuje, že střecha s kačirkem byla vystavena většímu výkyvu teplot než střecha ozeleněná, neboť rozdíl mezi minimální a maximální naměřenou teplotou vzduchu zde činil téměř 22 °C, kdežto na vegetační střeše o necelých 5 °C méně.



Obrázek 24: Graf srovnání teplot vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačirkem během 24 hodiny (28.-29. 8. 2019)

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Z výsledků měření teploty vzduchu nad povrchem obou střech je patrné, že ozeleněná střecha plní funkci jakési „klimatizace“, kdy díky vegetaci a evapotranspiraci dokáže ochladit okolní vzduch a zároveň zamezit velkým výkyvům teploty vzduchu během dne. Kdežto střecha zatížená kačirkem se vyznačuje vyššími teplotami během celého dne a zároveň vykazuje větší rozpětí mezi maximální a minimální naměřenou teplotou, což daleko více zatěžuje materiál střechy, kvůli teplotnímu rozpínání, a krátí se tak její životnost. Evapotranspirace ovšem záleží na předchozím zavlažení, v tomto případě deštěm, neboť ozeleněná střecha není uměle zavlažována. Poslední mírný déšť před měřením byl v oblasti Letkova dle dat ze stanice Plzeň-Mikulka 26. 8. 2019, kdy spadlo pouze 0,7 mm srážek za celý tento den (ČHMÚ 2020).



Obrázek 25: Graf rozdílu teplot vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačírkiem (to-ts)

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Obrázek 25 ukazuje rozdíl naměřených teplot vzduchu mezi ozeleněnou střechou a střechou s kačírkiem po dobu 24 hodin. Mínusové hodnoty ukazují dobu, kdy byla na ozeleněné střeše nižší teplota vzduchu než na střeše s kačírkiem. Nejvýraznější nárůst v rozdílu teplot je patrný v době, kdy byly za dobu měření maximální teploty vzduchu. V tu dobu ozeleněná střecha nezaznamenala větší výkyv teploty vzduchu v 50 cm nad povrchem, kdežto střecha s kačírkiem ukazuje výkyv od teploty ozeleněné střechy téměř o 6 °C.

#### 4.2.2 Povrchová teplota

Povrchová teplota na obou střechách byla měřena pomocí laserového teploměru v době zahájení a ukončení měření na přístroji Kestrel, tedy odpoledne mezi 14. a 15. hodinou v době, kdy teplota vzduchu dosahovala maximálních hodnot.

Střecha zatížená kačírkiem nabízela 3 možnosti měření povrchové teploty v závislosti na různých typech materiálu na této střeše. Tedy povrchovou teplotu kačírku, který pokrývá 80 % plochy celé střechy, betonových dlaždic, jež umožňují částečný pohyb po střeše, a pogumovaný ochoz této střechy. V případě kačírku byla první den experimentálního měření naměřena povrchová teplota 37,4 °C a druhý den 38,1 °C. Na betonových dlaždicích uprostřed střechy ukazoval přístroj teplotu na povrchu první

den 38,5 °C a následující den 39,2°C. Nejvyšších hodnot povrchové teploty dosahoval pogumovaný ohoz. První den zde bylo naměřeno 40 °C a druhý den dokonce 51 °C. Hlavním důvodem rozdílných hodnot povrchové teploty je odlišné albedo zmíněných materiálů. Pogumovaný ohoz je tmavé barvy, tudíž má vyšší schopnost pohlcovat sluneční záření a tím se více zahřívá, oproti kačírku, který je světlé barvy a má tudíž vyšší albedo (odráží sluneční záření a méně se zahřívá).

Povrchová teplota ozeleněné střechy v době zahájení experimentálního měření (28. 8. 2019 cca 14:40) dosahovala 27,6 °C, a v době ukončení (29. 8. 2019 cca 15:10) 28,2°C. Tato teplota je v případě ozeleněné střechy dána především přítomností vegetace. Ta zadržuje vodu a probíhá zde evaporace, a tak je povrch chladnější než v případě střech klasické konstrukce.

Tabulka 5: Přehled povrchových teplot na sledovaných střechách v době měření 28.-29. 8. 2019

	Ozeleněná střecha		Střecha bez vegetace zatížená kačírkem					
			Kačírek		Betonová dlaždice		Pogumovaný ohoz	
	28.8. 2019	29.8. 2019	28.8. 2019	29.8. 2019	28.8. 2019	29.8. 2019	28.8. 2019	29.8. 2019
<b>Povrchová teplota (°C)</b>	27,6	28,2	37,4	38,1	38,5	39,2	40	51
<b>Rozdíl teplot (°C) (vůči ozeleněné střeše)</b>	--	--	9,8	9,9	10,9	11	12,4	22,8
<b>Rozdíl teplot (°C) (vůči teplotě vzduchu naměřené ve stejnou dobu 50 cm nad povrchem)</b>	-2,8	-2,1	5,6	2,3	6,7	3,4	8,2	15,2

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

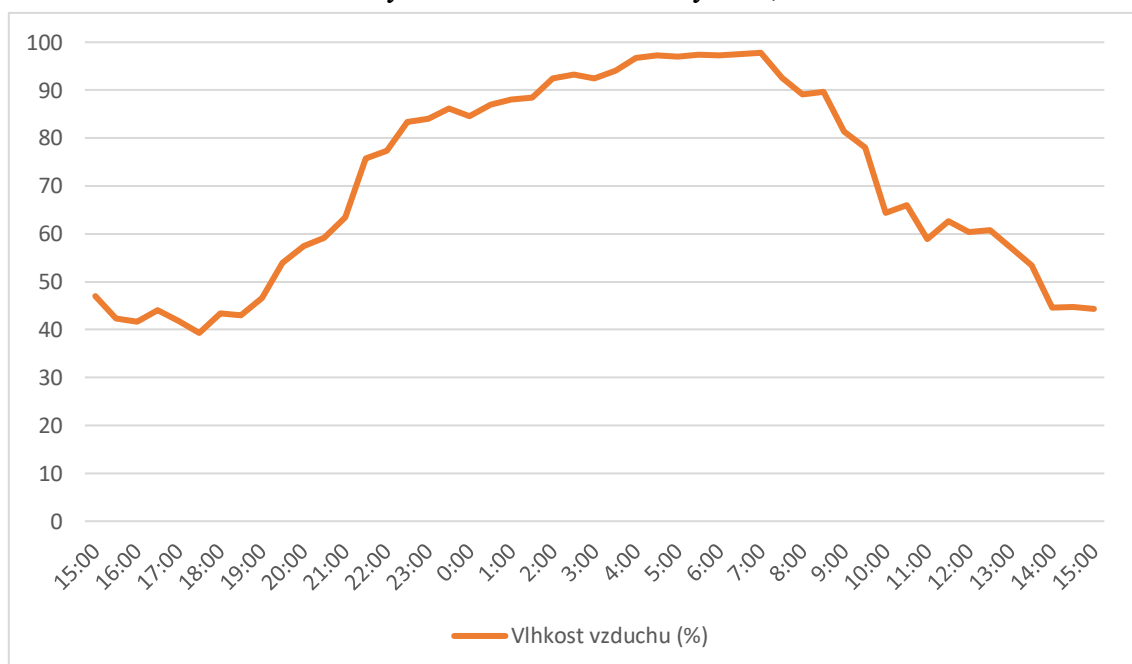
Z výsledků měření povrchové teploty na sledovaných střechách je patrné, že ozeleněná střecha se zahřívá daleko méně než střecha s kačírkem. Teplota povrchu kačírku byla vyšší přibližně o 10 °C, v případě pogumovaného ohozu dokonce o 23 °C. Naměřené hodnoty povrchové teploty rovněž ukazují souvislost s hodnotami teploty vzduchu v 50 cm nad povrchem. V případě střechy s kačírkem je povrchová teplota vyšší, než byla v době jejího měření teplota vzduchu, a to první den o 7 °C a druhý den o 3 °C.

Ozeleněná střecha vykazovala přesný opak. Povrchová teplota zde byla nižší než teplota vzduchu v době měření laserovým teploměrem. První den byla nižší přibližně o 3 °C a druhý den o 2 °C.

#### 4.2.3 Vlhkost vzduchu

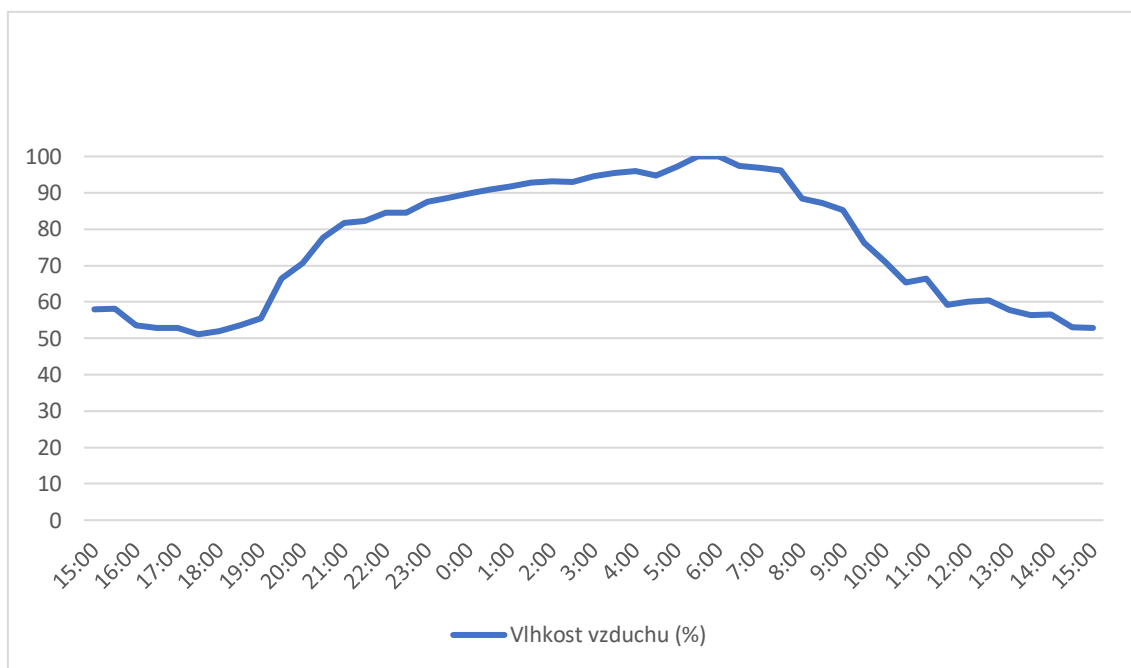
Vlhkost vzduchu byla na obou střechách měřena rovněž pomocí čidel na přístrojích Kestrel umístěného přibližně 50 cm na povrchem. Na území

Obrázek 26 ukazuje relativní vlhkost vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na střeše s kačírkiem v průběhu 24 hodin, kdy přístroj zaznamenával data každých 30 minut. Maximální naměřená vlhkost dosahovala 97,8 %, naopak minimální 41,6 %. Vývoj relativní vlhkosti vzduchu na střeše s kačírkiem měl podobný trend jako v případě teploty vzduchu. Docházelo zde ke kolísání vlhkosti mezi jednotlivými měřeními a rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou byl poměrně vysoký, a to 56,2 %. Svého maxima dosáhla relativní vlhkost vzduchu v 7:00 a minima v 17:30. Průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu za 24 hodiny na střeše s kačírkiem byla 70,9 %.



Obrázek 26: Graf relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na střeše s kačírkiem během 24 hodin (28.-29. 8. 2019)

Zdroj dat: Vlastní zpracování dle naměřených dat



Obrázek 27: Graf relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše během 24 hodin (28.-29. 8. 2019)

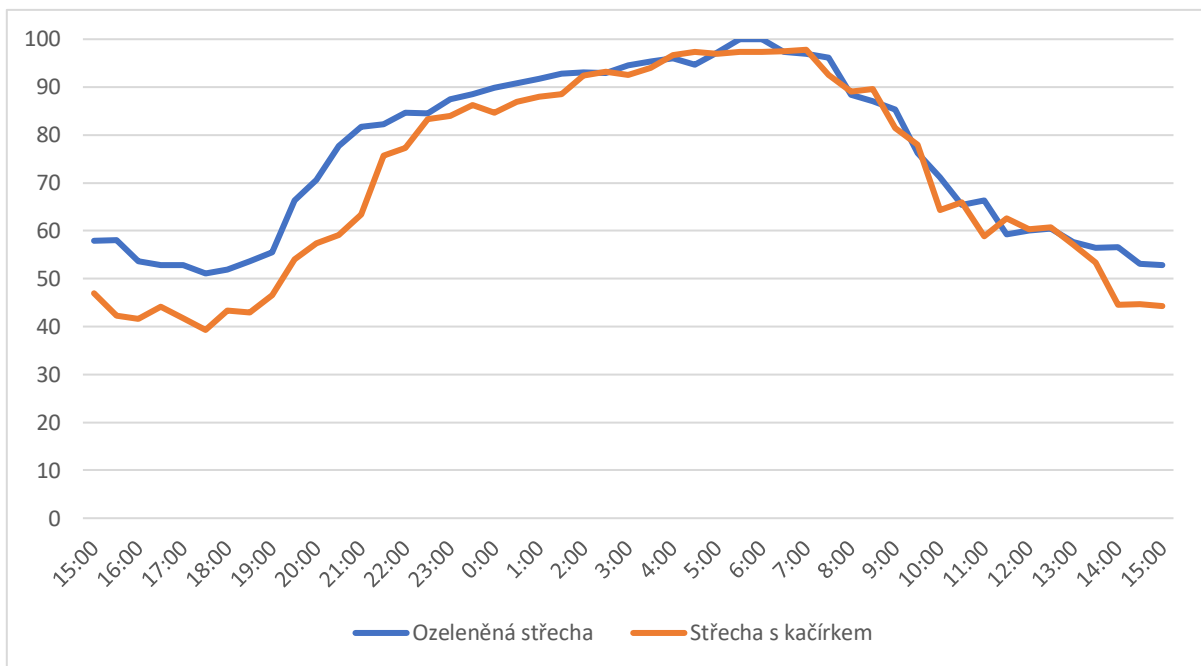
Zdroj dat: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Graf na obrázku 27 ukazuje relativní vlhkost vzduchu (%) na ozeleněné střeše v průběhu 24 hodin, kdy přístroj zaznamenával data každých 30 minut. Maximální naměřená hodnota relativní vlhkosti vzduchu v tomto případě dosáhla 100 %. Nejnižší naměřená hodnota pak byla 51,1 %. Celkový vývoj relativní vlhkosti vzduchu v případě ozeleněné střechy byl bez větších výkyvů a výsledný rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou je 48,9 %. Průměrná relativní vlhkost vzduchu na ozeleněné střeše v průběhu 24 hodin byla 76,1 %.

Tabulka 6: Přehled naměřených hodnot relativní vlhkosti vzduchu

	Ozeleněná střecha	Střecha s kačirkem
<b>Maximální hodnota (%)</b>	100	97,8
<b>Minimální hodnota (%)</b>	51,1	41,6
<b>Max – Min (%)</b>	48,9	56,2
<b>Průměrná hodnota (%)</b>	76,1	70,9

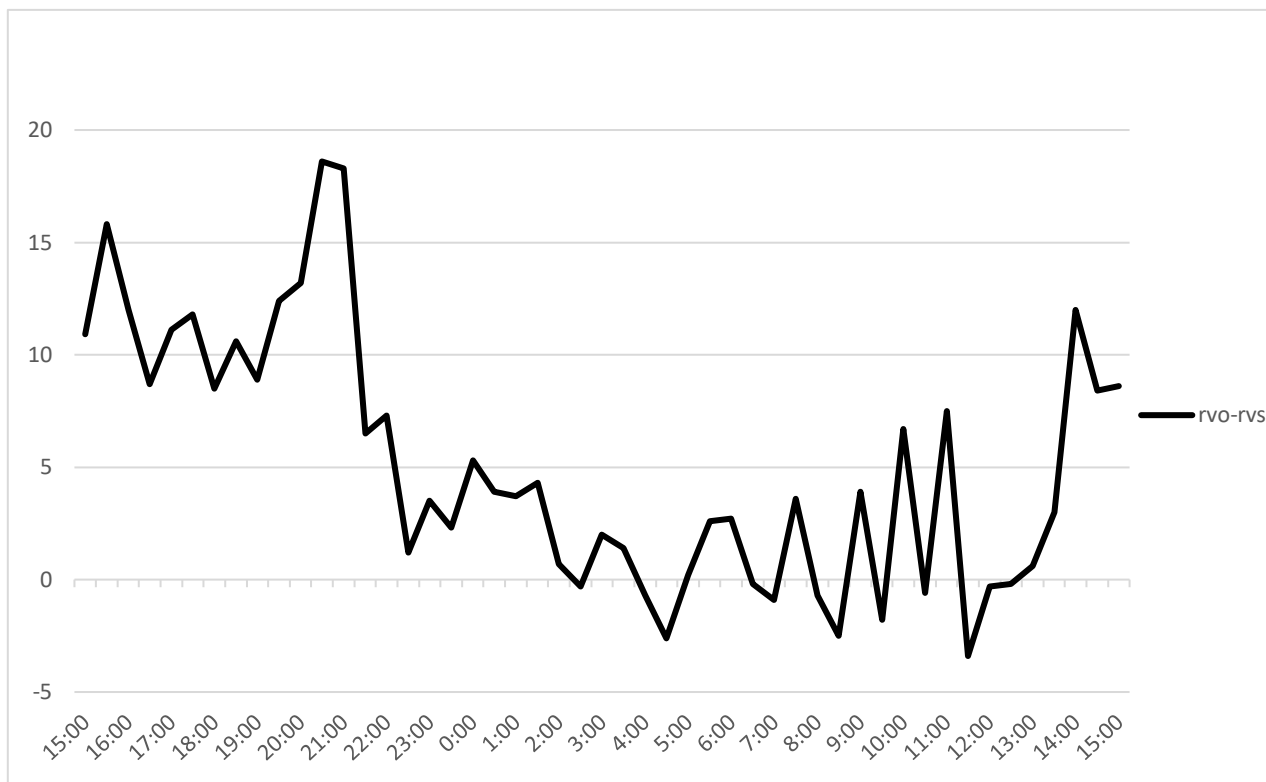
Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat



Obrázek 28: Graf srovnání vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačirkem během 24 hodin (28.-29. 8. 2019)

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Z výsledků měření relativní vlhkosti vzduchu je patrné, že ozeleněná střecha disponuje vyššími hodnotami relativní vlhkosti vzduchu. Po celou dobu měření na této střeše neklesla vlhkost vzduchu pod 50 %, tak tomu ale nebylo v případě střechy zatížené kačirkem, kde vlhkost vzduchu klesla i pod 40 %. Zároveň ozeleněná střecha dosáhla v ranních hodinách dokonce 100% hodnot vlhkosti vzduchu, těch vlhkost na střeše s kačirkem nedosáhla. Z obrázku 28 jsou patrné v případě střechy s kačirkem větší výkyvy relativní vlhkosti vzduchu po dobu měření, kdežto na ozeleněné střeše byl průběh plynulejší bez větších výkyvů. Díky vyšší vlhkosti vzduchu na ozeleněné střeše je tato střecha schopna v letních měsících ochlazovat své okolí i interiér budovy. Odráží se to především v nočních hodinách, kdy se při nižších teplotách zvyšuje relativní vlhkost, právě proto je i v noci na střeše s kačirkem relativní vlhkost vzduchu nižší než na vegetační střeše, poněvadž si neozeleněná střecha udržuje vyšší teplotu.



Obrázek 29: Graf rozdílu relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem mezi ozeleněnou střechou a střechou s kačírkiem během 24 hodin (rvo-rvs)

Zdroj: Vlastní zpracování dle naměřených dat

Graf na obrázku 29 ukazuje rozdíl naměřených hodnot relativní vlhkosti vzduchu mezi ozeleněnou střechou a střechou s kačírkiem. Hodnoty větší než 0 ukazují, že v tu dobu byla relativní vlhkost vzduchu na ozeleněné střeše vyšší než na střeše s kačírkiem. Z grafu je patrné, že několikrát byla naopak relativní vlhkost vzduchu vyšší na střeše s kačírkiem. Způsobuje to velké kolísání vlhkosti na této střeše. Na ozeleněné střeše relativní vlhkost vzduchu postupně klesala, či stoupala, kdežto na střeše s kačírkiem docházelo k několika větším výkyvům směrem vzhůru či dolů.



### **4.3 Strukturované rozhovory**

V rámci zjišťování informací z praxe byli k rozhovorům osloveni zástupci z řad odborníků např. z Útvaru koncepce a rozvoje města Plzně, zástupce ze sdružení Envic zabývající se péčí o krajinu a veřejný prostor, či vedení grantových programů Zelený poklad, v jehož rámci se poskytují dotace mimo jiné i na ozeleněné střechy. Cennými informacemi přispěli rovněž majitelé, jejichž objekty disponují ozeleněnou střechou. Celkem bylo osloveno 12 respondentů, z nichž pouze 4 poskytli rozhovor. Dva z nich jsou odborníci a dva majitelé ozeleněné střechy. V rámci pokládaných otázek byla zjišťována především motivace ke zřízení ozeleněné střechy a bariéry, jež brání jejímu vybudování.

#### **4.3.1 Motivace ke zřízení ozeleněné střechy**

Četné množství výhod ozeleněné střechy vnímají odborníci jako jednu z možných motivací pro její vybudování. Zdůrazňují vodohospodářské hledisko a přínos ozeleněné střechy jako nástroj pro regulaci odtoku dešťové vody, kdy v případě větší vrstvy substrátu a nižší intenzity srážek je schopna zachytit až 100% vody. Naopak v případě nižší vrstvy substrátu a intenzivnějších srážek odtok vody alespoň výrazně zpomalí, a pomáhá tak snížit zátěž kanalizační sítě. Odtok srážkové vody do kanalizace ovšem není v případě domácností nijak zpoplatněn, proto nebývá hlavní motivací pro zřízení ozeleněné střechy např. na rodinných domech. Naopak majitelé ozeleněných střech zdůrazňují spíše klimatické účinky vegetace a její ochlazovací funkci, ať už v okolí budovy či v interiéru v letních měsících. S tím souvisí i ekonomické důvody, jež přivedou majitele ke zřízení vegetační střechy. Mimo úspory za vytápění jim střecha pokrytá vegetací zajistí delší životnost střešního materiálu, ovšem pouze v případě kvalitního stavebního provedení. Další výraznou motivací je estetické a psychologické hledisko. Ozeleněná střecha přináší příjemnější pohled než klasická střešní krytina, zároveň vegetace přiláká hmyz, který tento prostor rovněž zkrášlí. Biodiverzita jako jedna z motivací je častá u školních objektů, jež se rozhodnou pro realizaci střechy s vegetací. Využívají pak možnosti názorné ukázky žákům ze života na střeše díky rostlinám, a zároveň je motivují do budoucna k vlastnímu zřízení takové střechy. Dále pak majitele motivuje kompenzace za zastavěnou plochu, neboť si uvědomují, že tam kde nyní stojí jejich objekt, mohl být rozsáhlý trávník, a tak tento zábor alespoň částečně, ale velmi užitečně, nahradí vybudováním ozeleněné střechy.

### **4.3.2 Bariéry pro realizaci ozeleněné střechy**

Jako hlavní a největší bariéru pro realizaci ozeleněné střechy uvádějí majitelé i odborníci současně vysoké počáteční finanční náklady. Ty mohou mnoho lidí při rozhodování, zda vegetační střechu na objekt umístit či ne, zastrašit. Neuvědomují si ovšem finanční návratnost v podobně nižších nákladů na vytápění a prodloužení celkové životnosti střechy. Obecně častější jsou ozeleněné střechy extenzivního typu, neboť nejsou tak náročné na údržbu. Právě bariérou pro realizaci ozeleněné střechy intenzivního typu může být náročnost na údržbu, a zároveň vyšší provozní náklady tohoto typu střechy. S vysokými počátečními náklady úzce souvisí náročnost při konstrukci střechy, neboť stavební práce musí být provedeny velmi kvalitně např. správným a kvalitním provedením hydroizolace či volbou vhodných rostlin, jež nebudou následně poškozovat střechu svými kořenovými systémy, nebo znečištění okolí nadlimitním rostlinným odpadem při nesprávném výběru vhodné vegetace.

V našem prostředí jde stále o „novou“ věc, která bývá často brána spíše jako jakýsi výmysl než nutná potřeba. Občané si totiž nechtějí příliš připouštět vliv klimatických změn, avšak to se v současné době mění a začínají je čím dál více pociťovat. Proto se i ozeleněné střechy stávají častějším námětem adaptačního opatření od běžných občanů a s tím pomalu stoupá i zájem městských správ. I přesto je zde stále patrná nedostatečná osvěta u odborné i laické veřejnosti. K odstranění této značné bariéry je potřeba individuálního i celospolečenského uvědomění si všech souvislostí a změna pohledu na věc. Neboť se většinou v plánovaném projektu především z důvodu financí sáhne jako první ke zrušení realizace ozeleněné střechy jakožto „nejméně potřebné“ části rozpočtu stavby.

V souvislosti s větším rozšířením povědomí o ozeleněných střechách vyvstala obava, že se zvyšující se popularitou může přibývat i nekvalitně provedených projektů, které budou mít následně opačný efekt, než jaký je žádoucí, a to větší odmítání realizací ozeleněných střech. I to se ale může časem ustálit a nastane pozitivní trend co do kvality i množství ozeleněných střech ve městech.

### **4.4 Firmy nabízející realizaci ozeleněné střechy na Plzeňsku**

Na realizaci ozeleněných střech se specializují různé stavební firmy, které poskytují jak celkové stavební a konstrukční práce, tak následnou pokládku substrátu a výsadbu rostlin. Zároveň některé firmy nabízejí pouze stavební úkony, a samotnou

výsadbu poté provádějí buď specializované firmy (zahradnictví), nebo má majitel možnost vlastní výsadby, a tím ušetřit náklady za firmu.

V případě ozeleněné střechy v Letkově, kde probíhalo experimentální měření v rámci této práce, provedla technologickou úpravu střechy včetně pokládky substrátu stavební firma JP stavby. Tato firma se zaměřuje především na kompletní výstavbu rodinných domů. Majitel ozeleněné střechy v Letkově si vysázení rostlin provedl sám z předem vypěstovaných skalniček.

Firma Zahradnictví Plzeň nabízí kompletní realizaci zahrad, včetně těch střešních. Mimo to v její nabídce nalezneme i realizaci zahradních jezírek, veřejné zeleně, trávnickových koberců, a dokonce i vertikální zahrady. Realizaci ozeleněných střech dělí podle nosnosti konstrukce střechy, a to v případě únosnosti 60-300 kg/m<sup>2</sup> zrealizuje extenzivní ozeleněnou střechu osázenou trvalkami, skalničkami a suchomilnými rostlinami. V případě únosnosti až 1000 kg/m<sup>2</sup> vybuduje firma ozeleněnou střechu intenzivního typu s vytvořením zahrady s květinami, keři a nízkými stromy. Zároveň tato firma na svých webových stránkách odkazuje na možnost získání dotace z programu Nová zelená úsporám, a to ve výši až 500 Kč/m<sup>2</sup>. Před realizací také Zahradnictví Plzeň poskytne zdarma konzultaci a vytvoří předběžnou projekci ozeleněné střechy dle požadavků a možností majitele objektu. Cenové rozpětí se pak odvíjí od typu střechy, náročnosti realizace, včetně velikosti plochy pro ozelenění, a volby rostlinné skladby (Zahradnictví Plzeň nedatováno).

Další firmou, která nabízí kompletní realizaci ozeleněné střechy od hydroizolace až po výsadbu rostlin je firma Údržba zahrad Plzeň. Mimo to zprostředkuje odborné poradenství při výběru vhodného typu ozeleněné střechy pro konkrétní objekt. Cenovou nabídku rovněž tato firma určuje jako velmi individuální vzhledem k rozdílným nárokům každé střechy. Avšak po odborné konzultaci poskytne cenovou kalkulaci, po Plzni zdarma, jinak si za každý další kilometr účtuje 10 korun. Mimo ozeleněné střechy tato firma nabízí realizaci zahrad, jezírek, trávníků a závlahových systémů (Údržba zahrad Plzeň nedatováno).

Projekt ozeleněné intenzivní střechy na Onkologickém pavilonu v areálu Fakultní nemocnice Plzeň realizovala společnost Skanska, která se zaměřuje na služby v oblasti stavebnictví. V roce 2014 se navíc tato společnost stala registrovaným dodavatelem programu Nová zelená úsporám a nabízí tak realizace v rámci tohoto programu po celé

České republice (Skanska 2014). Hydroizolaci pro zmíněnou střechu onkologického pavilonu zajistila firma Mogis. Tato firma má zkušenost s realizací ozeleněné střechy například na střeše Nemocnice v Domažlicích (Mogis nedatováno).

Existuje množství firem, jež působí v rámci celé České republiky a nemají problém projekt ozeleněné střechy zrealizovat kdekoli v rámci naší země. Za zmínku stojí například rodinná firma GreenVille se sídlem v Brně, která pomohla vybudovat ozeleněnou střechu například na kancelářském komplexu Titanium v Brně. Tato stavba získala v roce 2014 druhé místo v soutěži Zelená střecha roku v kategorii Veřejná zelená střecha (GreenVille 2014). Rovněž rodinná firma z Brna Liko-S nabízí kvalitní výstavbu ozeleněných střech.

## Diskuse

Vědomosti získané sběrem informací při rozboru problematiky v teoretické části práce byly využity k naplnění stanovených cílů. Jedním z cílů této bakalářské práce bylo provést inventarizaci vegetačních prvků budov na území města Plzně, především ozeleněných střech. V rámci výzkumu bylo na území města Plzně zjištěno 14 ozeleněných střech. Nemusí se jednat o přesný počet těchto střech vyskytujících se v Plzni. Většina zjištěných objektů jsou veřejné budovy, nelze tedy vyloučit, zda se další ozeleněné střechy nenachází třeba na soukromých budovách např. v okrajových částech Plzně. Mapování těchto střech probíhalo na základě doporučení odborníků z praxe, ale také v rámci vlastního výzkumu pomocí aktuálních ortofoto snímků Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního, a tak je zde možná chybovost v počtu ozeleněných střech nacházejících se na území města Plzně. Přesto výzkum ukázal, že se v Plzni objevují více ozeleněné střechy extenzivního typu než typu intenzivního. Výskyt ozeleněných střech častěji na veřejných a firemních budovách než na soukromých budovách, může být podmíněn i nastavenými poplatky za odtok dešťové vody do kanalizace, které se netýkají právě soukromých objektů jako jsou například rodinné domy. V souvislosti s velkým zatížením kanalizační sítě v době extrémních srážek buduje ozeleněné střechy na svém území také město Hamburk. Pro tyto účely vytvořilo město silné motivační programy, které nabízí dotace na vybudování ozeleněné střechy a rovněž umožňují výrazné snížení poplatků za odtok dešťové vody do kanalizace (Kaloustian a kol. 2015). Město Hamburk dokonce vypracovalo v roce 2014 komplexní strategii na budování ozeleněných střech, jejíž cílem bylo v horizontu deseti let vybudovat minimálně dalších 20 hektarů zeleně na střechách ve městě, přičemž v roce 2014 podíl ozeleněných střech dosahoval již 80 hektarů. Kromě dotačních programů využívá město Hamburk i potřebné osvěty mezi širokou veřejností pomocí letáků, novinových článků, brožur, ale i eventů a televizních pořadů pro masivní šíření informací o potřebnosti ozeleněných střech ve městě (Vignola a kol. 2017). Právě nedostatečná osvěta, spolu s financemi, byla v rámci strukturovaných rozhovorů v této práci označována jako jedna z velkých bariér pro realizaci ozeleněných střech v Plzni. Zmíněné povědomí společnosti vůbec o existenci a příznivých účincích ozeleněných střech a veškerých vegetačních prvků na budovách je důležité. Proto je velmi příhodné, pokud ozeleněnou střechu umístí na svou budovu jakékoli vzdělávací zařízení. Příkladem jsou mateřské a základní školy.

Na území města Plzně jsou již dva takové objekty, které disponují ozeleněnou střechou. Právě tato zařízení mohou názorně ukázat žákům výhody střechy porostlé vegetací, vzdělat je v tomto směru a tím pomoci vnímat ozeleněné střechy jako samozřejmost třeba pro jejich vlastní budoucí projekty. Bariéry pro vytváření adaptačních opatření v Plzni podrobněji studovala Aubrechtová (2019), která pracovala s rozdělením procesu vytváření adaptačních opatření do tří fází dle Ekstromové a Moserové (2010), a to na přípravnou, plánovací a realizační fázi. Aubrechtová (2019) uvádí, že v případě Plzně jsou největší bariéry již ve fázi přípravné, právě v podobě výše zmíněné nedostatečné osvěty mezi laickou i odbornou veřejností, špatné komunikace mezi jednotlivými odbory či nízké začlenění adaptačních opatření do strategických a územních plánů.

sPro demonstraci účinků ozeleněné střechy na mikroklima bylo provedeno 28.-29. 8. 2019 experimentální měření, jehož cílem bylo především srovnání ozeleněné střechy a střechy s kačírkiem. Výsledky měření ukázaly, že průměrná teplota vzduchu po dobu měření byla 50 cm nad povrchem ozeleněné střechy nižší o 1 °C, v případě maximální naměřené teploty dokonce o 5 °C nižší než na střeše s kačírkiem. Měření v rámci případové studie v Brazílii, kterou provedl Parizotto a Lamberts (2011), ukázalo, že teplota vzduchu měřená 1,5 metru nad keramickou střešní krytinou může být až o 20 °C vyšší než nad ozeleněnou střechou. Z výsledků této studie můžeme usoudit, že kačírek na naší zájmové střeše bez vegetace je stále vhodnějším materiálem než keramická, kovová či třeba pogumovaná střecha, neboť má nižší albedo než zmíněné materiály. Nicméně i tak zdaleka nedosahuje takových ochlazovacích účinků právě jako ozeleněná střecha. Měření povrchové teploty na obou střechách ukázalo rozdíl v závislosti na typu materiálu až téměř 23 °C v případě pogumovaného ochozu střechy bez vegetace, 11 °C v případě betonové dlaždice a 10 °C ve srovnání s kačírkovým povrchem střechy. Povrchovou teplotu mezi betonovou střechou a ozeleněnou střechou měřil v Aténách se svým týmem také Niachou (2001) pomocí termokamery. Z pořízených snímků bylo patrné, že maximální hodnota povrchové teploty na betonové střeše bez vegetace byla o 10 °C vyšší než povrchová teplota vegetační střechy. Díky tomuto výzkumu byla zjištěna i přibližná energetická úspora domu s ozeleněnou střechou na vytápění či ochlazování interiéru objektu. Zjištěné rozmezí úspory se pohybovalo mezi 2 % až 44 % v závislosti na kvalitě tepelné izolace střechy bez vegetace. Další podobná studie probíhala pod vedením Muhammada Shafique v roce 2017 v Soulu, hlavním městě

Jižní Koreje. Zde byla porovnávána povrchová teplota střechy s vegetací s provizorní střechou z umělé hmoty. Měření probíhající v srpnu ukázalo povrchovou teplotu umělé střechy vyšší než 60 °C, kdežto vegetační střecha nepřesáhla ani 50 °C. Důležité je ovšem podotknout, že výsledky experimentálního měření v rámci této bakalářské práce mohou být zkreslené, neboť naměřená data mohla být ovlivněna různými faktory jako je průběh počasí po dobu měření nebo zástavba, ale i zeleň v okolí obou střech. V případě přístroje umístěného na střeše s kačírkem mohlo dojít ke zkreslení naměřených dat z důvodu kartonových krabic, jež sloužily jako podstavec pro zajištění 50 cm výšky nad povrchem, stejně jako tomu bylo v případě měření na ozeleněné střeše, kde byl ale k dispozici stativ v požadované výšce.

## Závěr

Města se v současné době potýkají s klimatickou změnou a na její dopady musí zřizovat různá adaptační opatření. Není tomu jinak ani ve městě Plzeň, které podniká mnoho kroků pro adaptaci na klimatickou změnu. Efektivním adaptačním opatřením jsou i vegetační prvky budov, jejichž výskyt na území města Plzně byl zjišťován v rámci této bakalářské práce. Jedním z cílů byla inventarizace vegetačních prvků budov na území města Plzně, především inventarizace ozeleněných střech. V rámci výzkumu byly zjištěny informace o 14 ozeleněných střech v Plzni, přičemž většina z nich je extenzivního typu. Pro přehled výskytu a dalších informací o těchto vegetačních střechách byla vytvořena mapa s multiparametrickými znaky, díky nimž lze získat údaje o konkrétních střechách, a to o typu ozeleněné střechy, výšce budovy s ozeleněnou střechou a také o velikosti ozeleněné plochy. Neboť i město Plzeň do budoucna plánuje realizaci dalších ozeleněných střech, mezi které patří Psychiatrická klinika Fakultní nemocnice Plzeň, pavilony 4. základní školy v Kralovické ulici, či budova TJ Slavoj Plzeň, je patrné, že se trend ozeleněných střech pomalu zvyšuje a v příštích letech snad bude patřit mezi významné prvky z hlediska adaptačních opatření ve městě. Zároveň byly v této práci uvedeny příklady dalších typů vegetačních prvků na budovách, a to především ozeleněné fasády v podobě popínavých rostlin, které jsou nejčastějším vegetačním prvkem na rodinných domech v Plzni. Může za to především snadná instalace toho prvku, jednoduchá údržba a nízká pořizovací cena.

Poněvadž veškerá zeleň ve městě zlepšuje životní prostředí v tomto prostoru, ať už snižuje teplotu, zvyšuje vlhkost či zabraňuje vysoké prašnosti, byl pro demonstraci těchto účinků proveden experiment, který měl za cíl zjistit účinky ozeleněné střechy především z hlediska teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a povrchové teploty, a následně naměřené hodnoty porovnat s naměřenými hodnotami na střeše bez vegetace, která je pouze zatížena kačírkem. I díky experimentálnímu měření v této práci bylo dokázáno, že ozeleněná střecha má opravdu schopnost snižovat teplotu a zvlhčovat okolní vzduch díky vegetaci daleko více než střecha bez vegetace, a právě tento účinek je velmi žádoucí v urbanizovaném prostoru měst, kde je vysoký podíl zastavěné plochy. Právě ozeleněné střechy pak kompenzují možný výskyt zeleně na místě, kde je nyní nepropustná plocha.



Třetím cílem této práce bylo zjištění motivace a bariér ke zřízení ozeleněné střechy na základě strukturovaných rozhovorů s majiteli ozeleněných střech a odborníky z praxe. Oslovení respondenti uvedli, že hlavní motivací mimo příznivé účinky na klima, je psychologické a estetické hledisko vegetační střechy. Zároveň z rozhovorů vyplynulo několik bariér pro realizaci těchto střech. Velkou bariérou, kterou dále zmiňovali oslovení odborníci, jsou vysoké počáteční finanční náklady na zřízení ozeleněné střechy či náklady na následnou údržbu, ale i nedostatečná osvěta odborné i laické veřejnosti. Téma bariér a motivací pro zřízení ozeleněných střech v Plzni je nutno dále studovat, neboť strukturovaných rozhovorů v rámci této práce nebylo provedeno dostatečné množství, především z důvodu omezené možnosti osobní komunikace.

Nabídka firem realizujících ozeleněné střechy na Plzeňsku není příliš široká, i přesto se zde nachází firmy s dobrými referencemi a zkušenostmi s těmito střechami. Mezi ně patří Zahradnictví Plzeň či Údržba zahrad Plzeň, ty se specializují mimo jiné na zahradnické práce, i na ozeleněné střechy. Mnohé stavební firmy, jež nejsou specializované pouze na realizaci ozeleněných střech, jsou schopné zajistit alespoň kvalitní hydroizolaci či pokládku substrátu. Z tohoto rozboru vyplývá, že na realizaci jedné ozeleněné střechy je mnohdy potřeba více specializovaných firem, neboť taková střecha obnáší pro kvalitní dokončení více úkonů z různých oborů (stavebnictví, zahradnictví, zahradní architektura atp.).

Závěrem lze říci, že tato práce ukazuje způsoby adaptace měst na změnu klimatu, a jak je k této adaptaci přistupováno ve městě Plzeň. Vegetační prvky na budovách jsou jednou z cest, jak udržet vegetaci v zastavěném území a přizpůsobit tak tento prostor k pohodlnějšímu a příjemnějšímu životu. Další práce by mohly zkoumat podrobněji vegetační prvky, nejen z pohledu ozeleněných střech, a jejich vliv na klimatické podmínky ve městě. Na základě měření porovnat teploty vzduchu a vlhkost vzduchu v blízkosti budovy s ozeleněnou fasádou a fasádou bez zeleně. Zároveň je možné provést měření, podobné experimentu v této práci, na ozeleněné střeše a následně porovnat s výsledky v této práci. V neposlední řadě mohou další autoři provést podrobněji výše zmíněné rozhovory s odborníky i majiteli ozeleněných střech a zjistit informace o motivaci a bariérách k realizaci ozeleněných střech, ale i dalších tématech.

## Seznam použitých zdrojů

ARNFIELD, John, 2003. Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island. *International Journal of Climatology*. **23**, s. 1-26, ISSN 1097-0088.

AUBRECHTOVÁ, Tereza a kol., 2019. Administrativní reakce českých měst na adaptační procesy související s klimatickými změnami. *Urbanismus a územní rozvoj*. **22 (3)**, s. 4-12. ISSN 1212-0855.

AUSTIN, Gary, 2014. *Green infrastructure for landscape planning: integrating human and natural systems*. 1. vydání. Londýn: Routledge/Taylor & Francis Group, 266 stran. ISBN 978-0-415-84353-9.

BASS, Brad a BASKARAN, Bas, 2003. *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*. [online]. Kanada: National Research Council, 18. 9. 2003. [cit. 28. 3. 2020]. Dostupné z:  
<https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/bass.pdf>

BOERI, Stefano, 2020. Bosco Verticale [online]. Dostupné z:  
<https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/bosco-verticale/>

BONNAVENTURE, Philip P. a LAMOUREUX, Scott F., 2013. The active layer: A conceptual review of monitoring, modelling techniques and changes in a warming climate. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. **37(3)**, s. 352-376. ISSN: 0309-1333.

BURIAN, Samuel Ing., 2019. *Vertikální zahrady strážlivým pohledem*. In: szuz.cz. 3/2019. [cit. 22. 2. 2020] [online]. Dostupné z: <http://www.szuz.cz/cs/hlavni-menu/inspirace/zelene-strechy/vertikalni-zahrady-strizlivym-pohledem/>

BELL, Sarah, 2015. Renegotiating urban water. *Progress in Planning*. **96**. s. 1-28. ISSN 0305-9006.

Bytový dům - U Kalikovského mlýna. *Zelená střecha – jak se vám líbí?* 2019 In: Bytykalikova.cz [online] 26. 11. 2019. [cit. 14. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.bytykalikova.cz/?part=article&view=article&name=zelená-střecha>

ČERMÁKOVÁ, Barbora a MUŽÍKOVÁ, Radka, 2009. *Ozeleněné střechy*. Praha: Grada, 246 stran. ISBN 978-80-247-1802-6.

ČHMÚ, 2020. Stanice Plzeň – Mikulka. [online] Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/plzen-mikulka>

EKSTROM, Julia. a MOSER, Susanne, 2010. Framework to diagnose Barriers to Climate Change Adaptation. *Proceedings of the National Academy of Science*. **107 (51)**, s. 22026-22031. ISSN 0027-8424.

ENVIC, nedatováno. *Onkologická a radioterapeutická klinika Fakultní nemocnice Plzeň*. In: [envic-sdruzeni.cz](http://envic-sdruzeni.cz) [online] [cit. 15. 4. 2020] Dostupné z: <http://www.envic-sdruzeni.cz/krajina-verejny-prostor/hospodareni-se-srazkovymi-vodami/galerie-prikladu/611-1114-onkologicka-a-radioterapeuticka-klinika-fn-plzen.htm>

FARELLY, Megan a BROWN, Rebekah, 2011. Rethinking urban water management: Experimentation as a way forward? *Global Environmental Change*. **21**, s. 721-732. ISSN: 0959-3780.

FARSKÝ, Ivan, 2002. *Obecná fyzická geografie: (meteorologie pro studenty PF I)*. 1. vydání. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 93 stran. ISBN 80-7044-452-5.

FN Plzeň, 2017 *Otevíráme nový parkovací dům*. In: [fnplzen.cz](http://fnplzen.cz) [online] 25. 9. 2017. [cit. 15. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.fnplzen.cz/node/828>

Google EarthPro. 2020 [online] Dostupné z: <https://www.google.cz/intl/cs/earth/>

Google maps – StreetView. 2020 [online] Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.6954792,13.4331147,13z>

GreenVille, 2014. *Střešní park kancelářského komplexu Titanium (Brno)*. 2014 [online]. Dostupné z: <http://www.greenville.cz/stresni-park-titanium-brno.html>

GUNAWARDENA, Kanchane a kol., 2017. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of Total Environment*. **584-585**. s. 1040-1055. ISSN: 0048-9697

HORNÍK, Stanislav, 1982. *Základy fyzické geografie*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 398 stran

JAROŠOVÁ, Adriana, 2019. *PMDP zajistily financování rekonstrukce tramvajové vozovny Slovany*. In: plzen.eu [online] 28. 6. 2019. [cit. 2. 5. 2020] Dostupné z: <https://www.plzen.eu/o-meste/aktuality/aktuality-z-mesta/pmdp-zajistily-financovani-rekonstrukce-tramvajove-vozovny-slovany.aspx>

JEŽEK, Jiří a kol., 2015. *Strategické plánování obcí, měst a regionů: vybrané problémy, výzvy a možnosti řešení*. 1. vydání. Praha: Wolters Kluwer. 214 stran. ISBN 978-80-7552-263-4.

KALOUSTIAN, Noushig a kol., 2015. *Urban planning and climate issues of Beirut and Hamburg: Comparison of approaches and decision-making tools*. ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. [online]. Dostupné z: [http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/tukup2-2-3131101\\_a.pdf](http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/tukup2-2-3131101_a.pdf)

KLÍMOVÁ, Martina a JIŘINCOVÁ, Kateřina, 2019. *V Plzni roste obliba zelených střech. Už třetí buduje plzeňská fakultní nemocnice*. In: Český rozhlas Plzeň. [online] 29. 8. 2019 [cit. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <https://plzen.rozhlas.cz/v-plzni-roste-obliba-zelenych-strech-uz-treti-buduje-plzenska-fakultni-nemocnice-8045817>

Kopp, Jan, 2016. Aktuální trendy ekohydrologického managementu měst - případová studie Plzně. *Trendy v podnikání. ročník 6.*, č.Special Issue, s.51-62. ISSN 1805-0603

KOPP, Jan a kol., 2017. *Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny*. Plzeň: Západočeská univerzita. 165 stran. ISBN 978-80-261-0719-4.

LIKO-Noe, 2015a. [online]. Dostupné z: <https://www.liko-noe.cz/cs/predstaveni-projektu>

LIKO-Noe, 2015b. *Ekologická budova LIKO-Noe* [online]. Dostupné z: <https://www.liko-noe.cz/cs/liko-noe-2>

LIKO-S, 2019. *Likos představil první živou halu na světě*. In: liko-s.cz [online]. 19.6.2019 [cit. 5.4.2020] Dostupné z: <https://www.liko-s.cz/cs/liko-s-predstavil-prvni-zivou-halu-na-svete>

LIKO-S, 2020. *Přírodní tepelná stabilizace budov. Zelené střechy, zelené fasády, fasádní kořenové čistírny*. Produktový katalog 2020. [online]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz/files/c48dbb1a5c2a0678c813e77db6f9a1a5.pdf>

MARKUP, Jan a JIŘINCOVÁ, Kateřina, 2020. *První česká zelená střecha na paneláku vzniká v Plzni*. In: Český rozhlas Plzeň. [online] 20. 3. 2020 [cit. 16. 4. 2020]. Dostupné z: <https://plzen.rozhlas.cz/prvni-ceska-zelena-strecha-na-panelaku-vznika-v-plzni-8166511>

MARUGG, Ann Caithlin, 2018. *Vertical forests: The Impact of Green Balconies on the Microclimate by Solar Shading. Evapotranspiration and Wind Flow Change*. 125 stran.

MATUŠKOVÁ, Alena a NOVOTNÁ, Marie, 2007. (eds.) *Geografie města Plzně*. 3. vydání Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, katedra geografie FPE. 184 stran. ISBN 978-80-7043-558-8.

MINKE, Gernot, 2001. *Zelené střechy: plánování, realizace, příklady z praxe*. 1. vydání. Ostrava – Plesná: Nakladatelství HEL. 92 stran. ISBN 80-86167-17-8

MIRVALD, Stanislav a MATUŠKOVÁ, Alena, 1995. *Geografie města Plzně*. 2. upravené vydání. Plzeň: Nadace 700 let města Plzně. 117 stran.

Mogis, nedatováno. *Hydroizolace střech, závěsné fasády, hydroizolace spodních staveb*. Stavební firma. [online]. Dostupné z: <http://www.mogis.cz/reference.php>

National Research Council, 2009. *Urban Stormwater Management in the United States*. Washington, DC: The National Academies Press. 610 stran. ISBN 978-0-309-12539-0

NEDVĚD, Jaroslav, 2020. *Střecha plzeňského paneláku se zazelená, vznikne na ní relaxační zóna*. In: iDNES.cz [online] 12. 2. 2020 [cit. 16. 4. 2020]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/zelena-strecha-plzen-relaxacni-zona.A200210\\_532215\\_plzen-zpravy\\_vb](https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/zelena-strecha-plzen-relaxacni-zona.A200210_532215_plzen-zpravy_vb)

NETOPIIL, Rostislav a kol, 1984. *Fyzická geografie I: Celostátní vysokoškolská učebnice pro pedagogické a přírodovědné fakulty*. 1. vydání. Praha: SPN. 272 stran.

NIACHOU, Aikaterini a kol., 2001. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and buildings*. **33**. s. 719-729. ISSN: 0378-7788

NOVOTNÝ, Jiří, 1958. *Zeleň ve městě*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 203 stran

Odbor životního prostředí Brno, 2020. *Ekodotace Brno – Zeleň střechám*. [online]. Dostupné z: <https://ekodotace.brno.cz/dotace/zelen-strecham/>

OKE, Tim a kol., 2017. *Urban climates*. 1. vydání. New York: Cambridge University Press. 525 stran. ISBN 978-0-521-84950-0

PARIZOTTO, Sergio a LAMBERTS, Roberto, 2011. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. *Energy and buildings*. **43**. s. 1713-1722. ISSN: 0378-7788

PECUCH, Martin, 2019. *Střecha Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň získala Cenu veřejnosti*. In: plzen.eu [online] 11. 7. 2019. [cit. 15. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.plzen.eu/o-meste/aktuality/aktuality-z-mesta/strecha-onkologickeho-pavilonu-fakultni-nemocnice-plzen-ziskala-cenu-verejnosti.aspx>

PEJCHAL, Miloš, 2011. *Rostliny pro „vertikální zahrady“ ve venkovním prostoru*. In: Zelené fasády. Praha, s. 1-6.

PERINI, Katia a kol., 2011. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*. **1(1)**. s. 1-8. ISSN 2162-1993

Plzeň.cz, 2019. *Zelenou střechu na svých pavilonech plánuje další plzeňská škola*. In: plzen.cz [online] 22. 11. 2019 [cit. 15. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.plzen.cz/zelenou-strechu-na-svych-pavilonech-planuje-dalsi-plzenska-skola/>

POKORNÝ, Jan a kol., 2018. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj*. **1(21)**, s. 26-37. ISSN 1212-0855.

Projekt Adaptace sídel na změnu klimatu, 2015. *Případová studie pro obor stavitelství pro oblast adaptace a resilience budov*. [online]. Dostupné z: <http://www.adaptacesidel.cz/pripadove-studie>

Projekt UrbanAdapt, 2016. *Adaptace na změnu klimatu ve městech pomocí přírodních blížkých opatření* [online]. Dostupné z: <https://ukr.plzen.eu/rozvoj-mesta/mezinarodni-projekty/urbanadapt/>

QAP.cz, 2020. *Asfaltová střecha budovy TJ Slavoj v Plzni se zazelená – FOTKY*. In: QAP.cz [online] 9. 1. 2020 [cit. 15. 4. 2020] Dostupné z:

<https://www.qap.cz/object/asfaltova-strecha-budovy-tj-slavoj-v-plzni-se-zazelenafotky-109330>

QAP.cz, 2018. *Nová městská část! Tak by měl vypadat prostor Americká–Sirková – VIZUALIZACE*. In: QAP.cz [online] 19.6.2018 [cit. 2. 5. 2020] Dostupné z: <https://www.qap.cz/object/nova-mestska-cast-tak-by-mel-vypadat-prostor-americka-sirkova-vizualizace-97871>

QUITT, Evžen, 1971. *Klimatické oblasti Československa = Climatic regions of Czechoslovakia*. Brno: Geografický ústav ČSAV. Studia geographica. 73 stran.

ROSENZWEIG, Cynthia a kol., 2018. *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*. New York: Cambridge University Press. 286 stran

Saint Gobain, 2019. *Vegetační střechy – hydrofilní minerální vlna*. Produktový katalog 2019. [online]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/ke-stazeni/prospekt-vegetacni-strechy>

SHAFIQUE, Muhammad a kol., 2017. *Application of green blue roof to mitigate heat island phenomena and resilient to climate change in urban areas: A case study from Seoul, Korea*. Journal of Water and Land development. **22 (4-6)**, 165-170. ISSN 1429-7426

Skanska, 2014. *Skanska a.s. se stala registrovaným dodavatelem programu Nová zelená úsporám*. Tisková zpráva. [online] 11.3.2014 [cit. 20. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/46747/Skanska-a.s.-se-stala-registrovanym-dodavatelem-programu-Nova-zelena-usporam>

Skanska, 2019. *Zelená střecha Onkologického pavilonu Fakultní nemocnice Plzeň získala cenu veřejnosti a především ochlazuje v horkých dnech!*. Tisková zpráva. [online] 10.7.2019 [cit. 20. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/236338/Zelena-strecha-Onkologickeho-pavilonu-Fakultni-nemocnice-Plzen-ziskala-cenu-verejnosti-a-predevsim-ochlazuje-v-horkych-dnech->

STŘEDOVÁ, Hana a kol., 2011. *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 102 stran. ISBN 978– 80–86690–90-2.

ŠIMEČKOVÁ, Jana, 2016. *Zelené střechy – Naděje pro budoucnost II*. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 44 stran

TOLAROVÁ, Irena Ing., 2011. *Mlýnská strouha v Plzni*. In: zahrada-park-krajina.cz. 3/2011. [cit. 20. 2. 2020] [online]. Dostupné z: [http://www.zahrada-park-krajina.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=334:mlynska-strouha-v-plzni-irena-tolarova&catid=74:032011&Itemid=148](http://www.zahrada-park-krajina.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=334:mlynska-strouha-v-plzni-irena-tolarova&catid=74:032011&Itemid=148)

TOLASZ, Radim a kol., 2007. *Atlas podnebí Česka = Climate atlas of Czechia*. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 255 stran. ISBN 978-80-86690-26-1.

U.S. Environmental Protection Agency, 2008. *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies*. [online]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>

Údržba zahrad Plzeň, nedatováno. [online]. [cit. 20. 4. 2020]. Dostupné z: <http://www.udrzbzahradplzen.cz/zelene-strechy/>

Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2020. *Globální klimatický model*. In: [klimatickazmena.cz](http://klimatickazmena.cz). [online]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/?l=37>

Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2016. Územní plán Plzeň: 2 hlavní výkres, plochy s rozdílným způsobem využití. [online] 1:10 000. Magistrát města Plzně, Odbor stavebně správní. [cit. 16. 4. 2020]. Dostupné z: [https://ukr.plzen.eu/Files/ukr/pdf/02\\_2016\\_09\\_16\\_UP\\_PLZEN\\_2\\_HLAVNI\\_VYKRES\\_10000\\_www.pdf](https://ukr.plzen.eu/Files/ukr/pdf/02_2016_09_16_UP_PLZEN_2_HLAVNI_VYKRES_10000_www.pdf)

Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 2016. *Zelený trojúhelník – sever*. Územní studie. Plzeň 7/2016. [online] [cit. 16. 4. 2020]. Dostupné z: [https://podkladystav.plzen.eu/index.php?dir=Uzemni\\_studie\\_UP\\_Plzen%2F%DAMO+Plze%F2+3%2FZelen%FD+troj%FAheln%EDk++sever%2F](https://podkladystav.plzen.eu/index.php?dir=Uzemni_studie_UP_Plzen%2F%DAMO+Plze%F2+3%2FZelen%FD+troj%FAheln%EDk++sever%2F)

VACÍK, Pavel a KOPP, Jan, 2012. Porovnání školních meteorologických stanic Vantage Pro2™ a meteorologických stanic sítě ČHMÚ na základě měření na území města Plzně v letech 2009–2010. *Arnica 2012*, 1–2, s. 19–29. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804–8366.



VIGNOLA, Gionatan, 2017. *Hamburg's Green roofs – Economic Evaluation*. Hamburg: Free and Hanseatic City of Hamburg, Ministry of Environment and Energy. 25 stran.

Water Environment Federation, 2014. *Green infrastructure implementation: a special publication*. Alexandria: WEE. 532 stran. ISBN-13: 978-1572783058

Zahradnictví Plzeň, nedatováno. [online] [cit. 20. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.plzen-zahradnictvi.cz/zelena-strecha/>

Zelená střecha roku, 2019. *Zelená střecha na parkovacím domě Fakultní nemocnice Plzeň*. [online]. Dostupné z: <http://www.zelenastrecharoku.cz/cs/menu/soutezni-dila/zelena-strecha-na-parkovacim-dome-fakultni-nemocnice-plzen/#prettyPhoto>

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Přehled základních vegetačních prvků budov .....	19
Tabulka 2: Přehled rozdělení ozeleněných střech dle vybraných kritérií.....	23
Tabulka 3: Přehled ozeleněných střech na území města Plzně .....	35
Tabulka 4: Přehled naměřených hodnot teploty vzduchu na obou střechách.....	49
Tabulka 5: Přehled povrchových teplot na sledovaných střechách v době měření.....	52
Tabulka 6: Přehled naměřených hodnot relativní vlhkosti vzduchu .....	54

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Ekologická budova LIKO-Noe .....	26
Obrázek 2: Živá průmyslová hala LIKO-Vo .....	27
Obrázek 3: Bosco Verticale v Miláně .....	27
Obrázek 4: Ozeleněná fasáda v ulici Gerská ve vegetačním období .....	31
Obrázek 5: Ozeleněná fasáda v ulici Gerská mimo vegetační období .....	32
Obrázek 6: Popínavá rostlina na panelovém domě v ulici Staniční .....	33
Obrázek 7: Vegetace na rímse střechy v ulici Staniční .....	33
Obrázek 8: Terasová vegetace v ulici U Cvičiště a Hřbitovní .....	34
Obrázek 9: Mapa ozeleněných střech na území města Plzně .....	37
Obrázek 10: Ozeleněná střecha - ul. Folmavská .....	38
Obrázek 11: Ozeleněná střecha - Onkologický pavilon FN Plzeň .....	39
Obrázek 12: Ozeleněná střecha - Onkologický pavilon FN Plzeň (2. pohled) .....	40
Obrázek 13: Ozeleněná střecha parkovacího domu v areálu FN Plzeň .....	41
Obrázek 14: Graf poměru typů ozeleněných střech na území města Plzně .....	42
Obrázek 15: Graf poměru ozeleněných střech na území města Plzně podle výšky budovy (v metrech) .....	43
Obrázek 16: Graf poměru ozeleněných střech na území města Plzně podle velikosti plochy (m <sup>2</sup> ) .....	44
Obrázek 17: Vizualizace rekonstrukce tramvajového depa v Plzni na Slovanech .....	45
Obrázek 18: Vizualizace rekonstrukce prostoru na rozmezí ulic Americká a Sirková v Plzni .....	45
Obrázek 19: Ozeleněná střecha na garáži u rodinného domu v Letkově .....	46
Obrázek 20: Příklad Kestrel 5000 umístěný na ozeleněné střeše garáže rodinného domu v Letkově .....	47

Obrázek 21: Přístroj Kestrel 4000 umístěný na střeše s kačírkiem na budově Obecního úřadu Letkov .....	47
Obrázek 22: Graf teploty vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem střechy s kačírkiem během 24 hodin (28.-29.8.2019) .....	48
Obrázek 23: Graf teploty vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem ozeleněné střechy během 24 hodin (28.-29.8.2019) .....	49
Obrázek 24: Graf srovnání teplot vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačírkiem během 24 hodiny (28.-29. 8. 2019) .....	50
Obrázek 25: Graf rozdílu teplot vzduchu (°C) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačírkiem (to-ts) .....	51
Obrázek 26: Graf relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na střeše s kačírkiem během 24 hodin (28.-29. 8. 2019) .....	53
Obrázek 27: Graf relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše během 24 hodin (28.-29. 8. 2019) .....	54
Obrázek 28: Graf srovnání vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem na ozeleněné střeše a střeše s kačírkiem během 24 hodin (28.-29. 8. 2019) .....	55
Obrázek 29: Graf rozdílu relativní vlhkosti vzduchu (%) 50 cm nad povrchem mezi ozeleněnou střechou a střechou s kačírkiem během 24 hodin (rvo-rvs) .....	56

## Seznam příloh

- Příloha A:** Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici Karolíny Světlé (objekt 1)
- Příloha B:** Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici R. Svobodové
- Příloha C:** Ozeleněná fasáda obytného domu v ulici Pod Vrchem mimo vegetační období
- Příloha D:** Ozeleněná fasáda obytného domu v ulici Pod Vrchem ve vegetačním období
- Příloha E:** Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici Karolíny Světlé (objekt 2)
- Příloha F:** Ozeleněná střecha v areálu pivovaru Prazdroj
- Příloha G:** Ozeleněná střecha na garážích bytového domu v ulici Kalikova
- Příloha H:** Ozeleněná střecha na budově Mateřské školy Lhota – Plzeň
- Příloha CH:** Ozeleněná střecha na Tyršově MŠ a ZŠ Plzeň – Černice
- Příloha I:** Ozeleněná střecha v ulici Okounová – pohled na objekt 1
- Příloha J:** Ozeleněná střecha v ulici Okounová – pohled na objekt 2 a 3
- Příloha K:** Ozeleněná střecha v ulici Kotíkovská
- Příloha L:** Ozeleněná střecha v ulici Kollárova
- Příloha M:** Ozeleněná střecha ve vnitrobloku v ulici Kovářská
- Příloha N:** Ozeleněná střecha v ulici Americká (Hannah)
- Příloha O:** Ozeleněná střecha v ulici Klatovská
- Příloha P:** Ozeleněná střecha na obchodním domě Kaufland (Rondel)
- Příloha Q:** Poloha ozeleněné střechy Onkologického pavilonu a parkovacího domu v areálu Fakultní nemocnice Plzeň
- Příloha R:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Folmavská
- Příloha S:** Poloha ozeleněné střechy MŠ Plzeň – Lhota
- Příloha T:** Poloha ozeleněné střechy ZŠ a MŠ Plzeň - Černice
- Příloha U:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Americká a v areálu pivovaru Prazdroj
- Příloha V:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Kalikova, Kovářská a Kollárova
- Příloha W:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Klatovská
- Příloha X:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Kotíkovská
- Příloha Y:** Poloha ozeleněných střech v ulici Okounová
- Příloha Z:** Poloha ozeleněné střechy na obchodním dome Kaufland - Rondel

**Příloha A:** Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici Karolíny Světlé (1)



Zdroj: Google StreetView

**Příloha B:** Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici R. Svobodové



Zdroj: Google StreetView

**Příloha C:** Ozeleněná fasáda obytného domu v ulici Pod Vrchem mimo vegetační období



Zdroj: Vlastní fotografie (17. 4. 2020)

**Příloha D:** Ozeleněná fasáda obytného domu v ulici Pod Vrchem ve vegetačním období



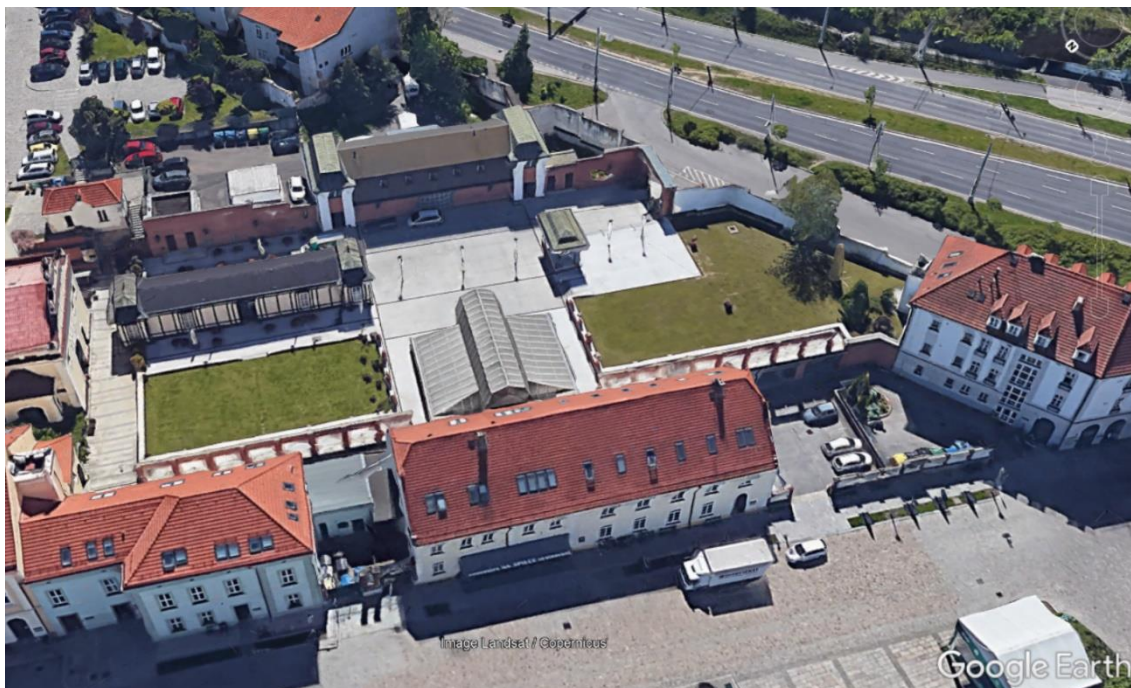
Zdroj: Google Street View

**Příloha E: Ozeleněná fasáda rodinného domu v ulici Karolíny Světlé (objekt 2)**



Zdroj: Google Street View

**Příloha F: Ozeleněná střecha v areálu pivovaru Prazdroj**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení



### **Příloha G: Ozeleněná střecha na garážích bytového domu v ulici Kalikova**



Zdroj: Web projektu Bytový dům u Kalikovského mlýna

### **Příloha H: Ozeleněná střecha na budově Mateřské školy Lhota – Plzeň**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha CH: Ozeleněná střecha na Tyršově MŠ a ZŠ Plzeň – Černice**



Zdroj: Vlastní fotografie (21. 10. 2019)

**Příloha I: Ozeleněná střecha v ulici Okounová – pohled na objekt 1**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha J: Ozeleněná střecha v ulici Okounová – pohled na objekt 2 a 3**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha K: Ozeleněná střecha v ulici Kotčíkovská**



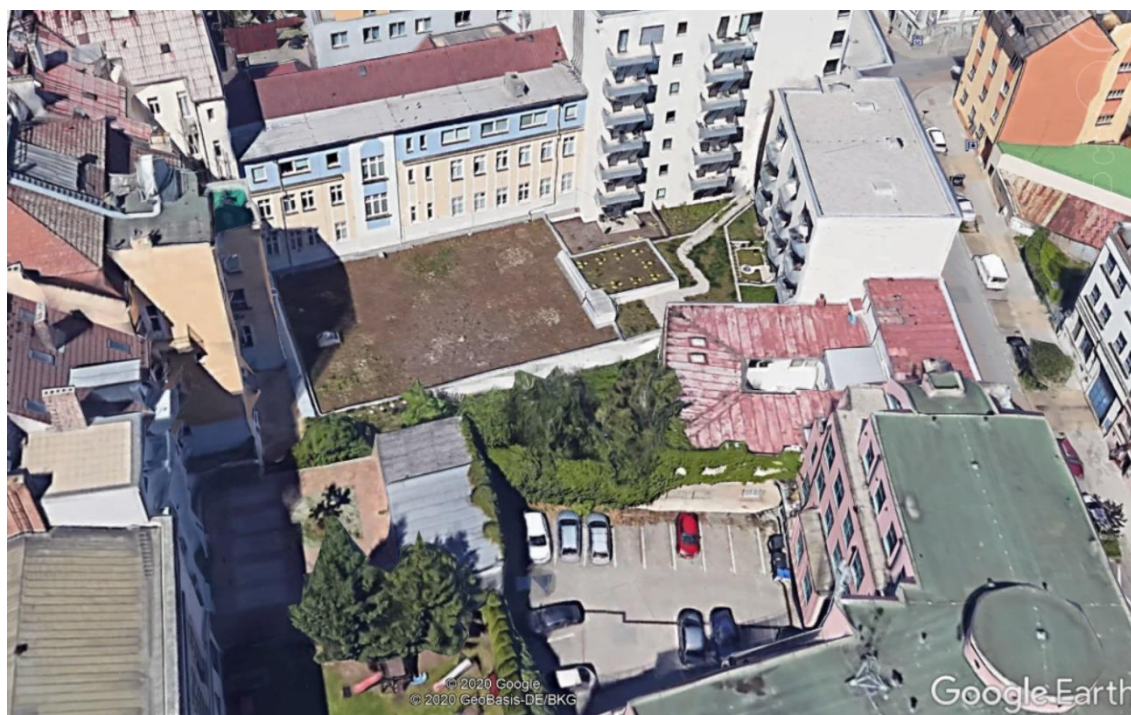
Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha L: Ozeleněná střecha v ulici Kollárova**



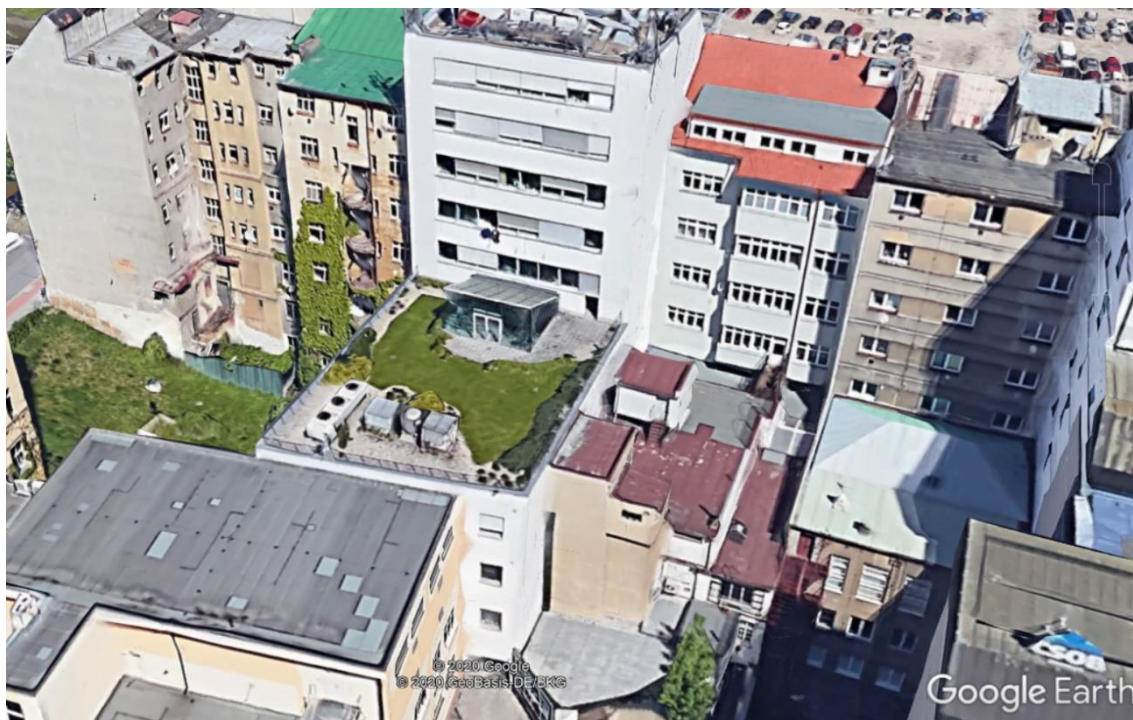
Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha M: Ozeleněná střecha ve vnitrobloku v ulici Kovářská**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha N: Ozeleněná střecha v ulici Americká (Hannah)**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha O: Ozeleněná střecha v ulici Klatovská**



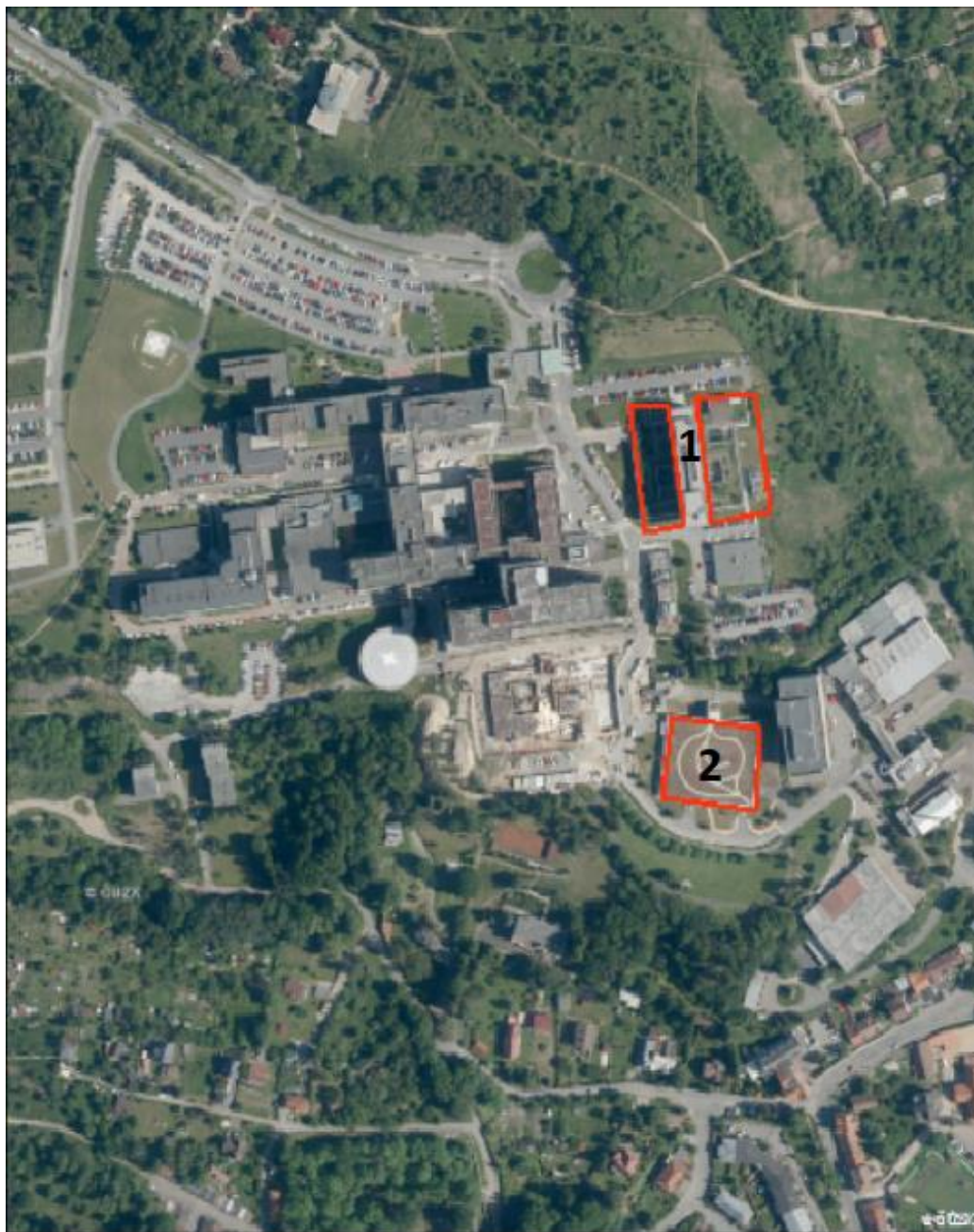
Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha P: Ozeleněná střecha na obchodním domě Kaufland (Rondel)**



Zdroj: Google Earth Pro – 3D zobrazení

**Příloha Q:** Poloha ozeleněné střechy Onkologického pavilonu a parkovacího domu v areálu Fakultní nemocnice Plzeň



- ozeleněná střecha
- 1 Onkologický pavilon FN Plzeň
- 2 Parkovací dům FN Plzeň



Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha R:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Folmavská



— ozeleněná střecha ul. Folmavská

0 95 190 380 570 760  
m

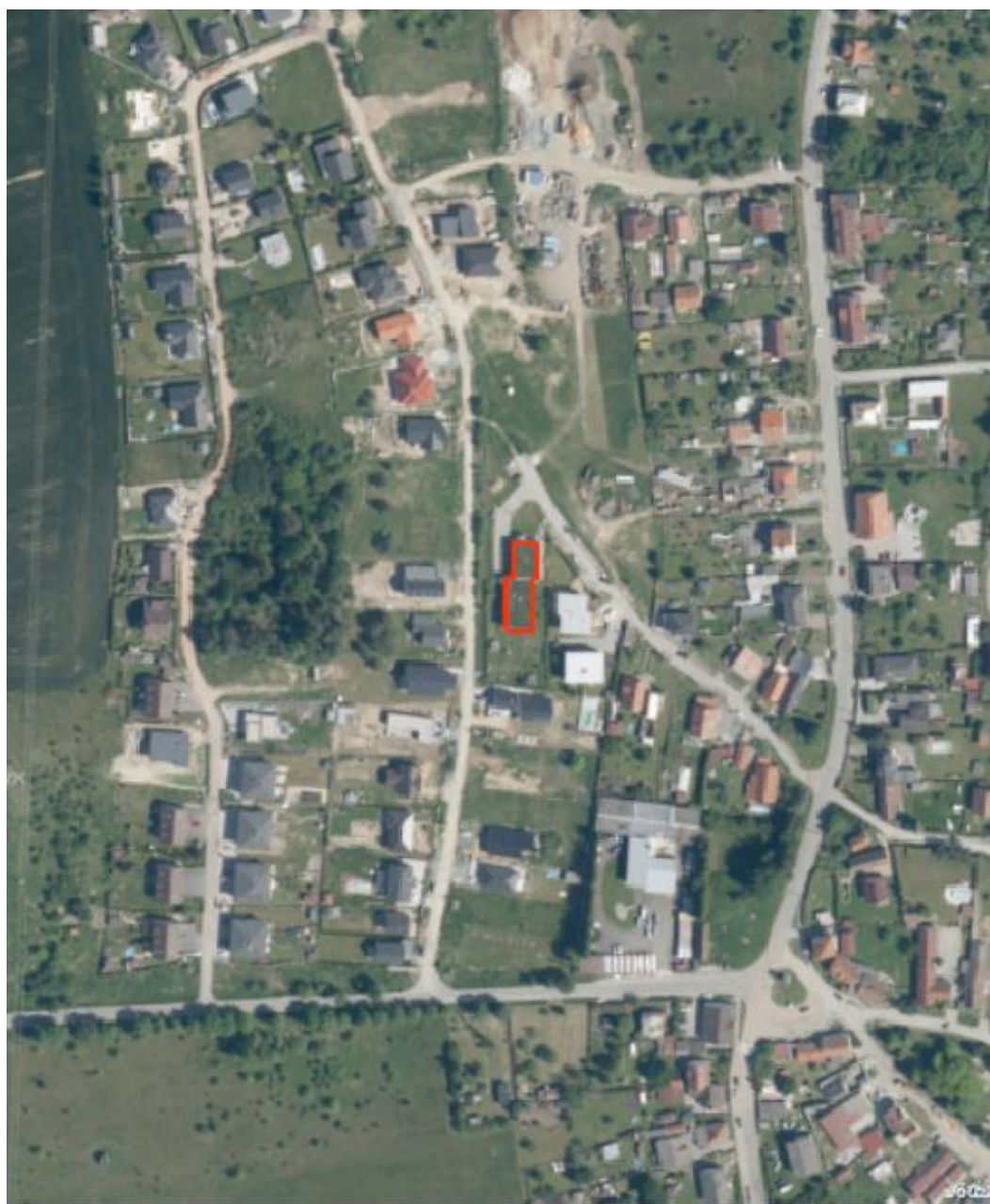


**Autor:** Lenka Kuncová  
**Podkladová data:** ČÚZK  
**Zpracováno v ArcMap 10.5.1**  
**V Plzni 30.4.2020**

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK



**Příloha S:** Poloha ozeleněné střechy MŠ Plzeň – Lhota



— Ozeleněná střecha MŠ Plzeň - Lhota

0 30 60 120 180 240  
m



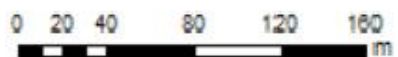
**Autor:** Lenka Kuncová  
**Podkladová data:** ČÚZK  
**Zpracováno v ArcMap 10.5.1**  
**V Plzni 30.4.2020**

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha T: Poloha ozeleněné střechy ZŠ a MŠ Plzeň – Černice**



— ozeleněná střecha ZŠ a MŠ Plzeň - Černice



**Autor: Lenka Kuncová**  
**Podkladová data: ČÚZK**  
**Zpracováno v ArcMap 10.5.1**  
**V Plzni 30.4.2020**

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha U:** Poloha ozeleněné střechy v ulici Americká a v areálu pivovaru Prazdroj



— ozeleněná střecha

1 Pivovar Prazdroj

2 ul. Americká

0 65 130 260 390 520  
m



Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

## Příloha V: Poloha ozeleněné střechy v ulici Kalikova, Kovářská a Kollárova



- ozeleněná střecha
- 1 U Kalikovského mlýna
- 2 ul. Kovářská
- 3 ul. Kollárova

0 40 80 160 240 320  
m



Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha W: Poloha ozeleněné střechy v ulici Klatovská**



— ozeleněná střecha ul. Klatovská



0 20 40 80 120 160  
m

Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha X: Poloha ozeleněné střechy v ulici Kotíkovská**



— ozeleněná střecha ul. Kotíkovská



Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha Y: Poloha ozeleněných střech v ulici Okounová**



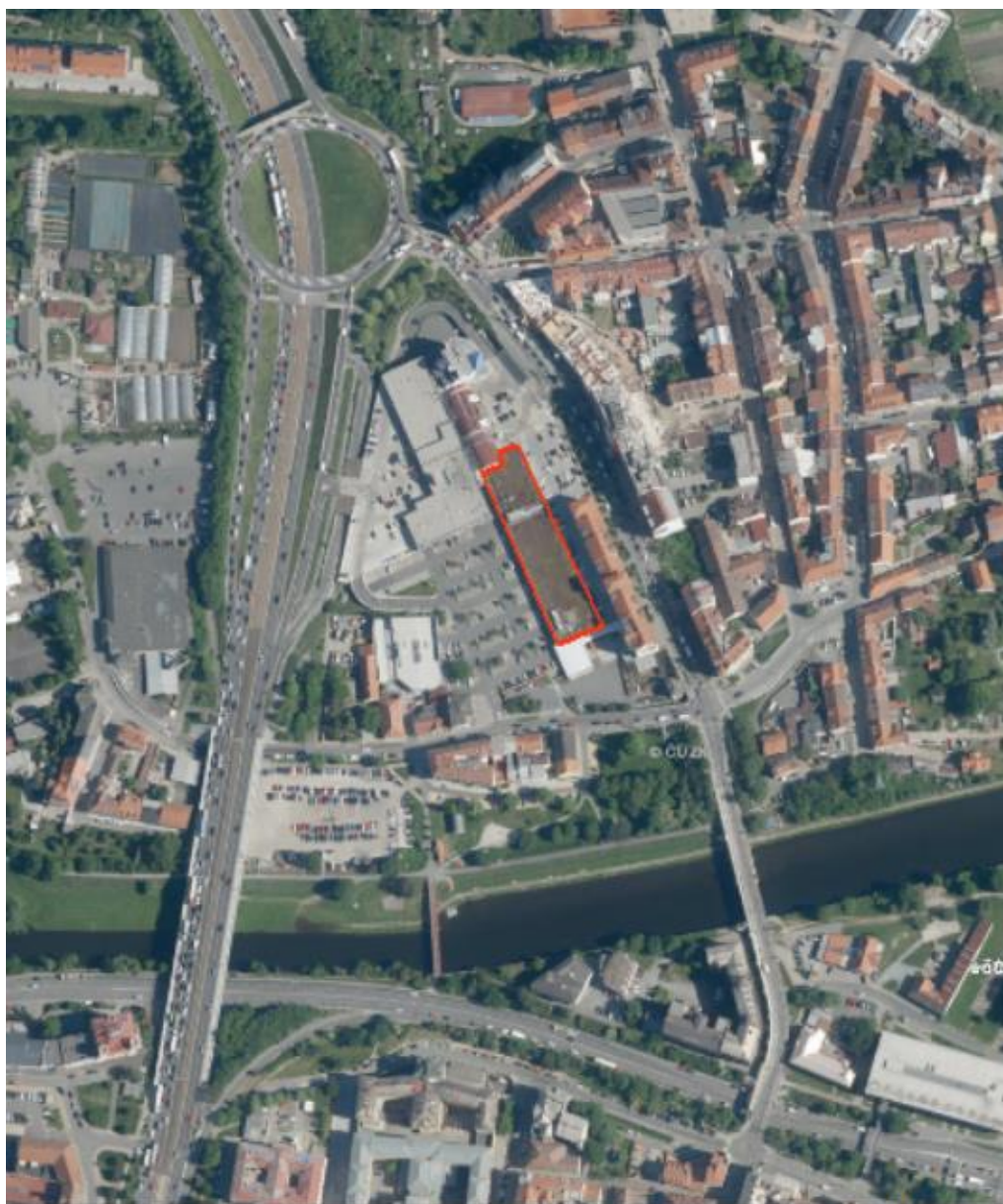
— ozeleněná střecha ul. Okounová



Autor: Lenka Kuncová  
Podkladová data: ČÚZK  
Zpracováno v ArcMap 10.5.1  
V Plzni 30.4.2020

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK

**Příloha Z:** Poloha ozeleněné střechy na obchodním dome Kaufland - Rondel



— ozeleněná střecha Kaufland Rondel



**Autor:** Lenka Kuncová  
**Podkladová data:** ČÚZK  
**Zpracováno v ArcMap 10.5.1**  
**V Plzni 30.4.2020**

Zdroj: Vlastní zpracování dle podkladových dat ČÚZK



## **Abstrakt**

Kuncová, L. (2020). *Vegetační prvky budov jako nástroj adaptace na klimatické změny na území města Plzně*. (Bakalářská práce). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česká republika.

**Klíčová slova:** adaptace, klimatická změna, ozeleněné střechy, vertikální zahrady

Bakalářská práce se zabývá nástroji adaptace na klimatickou změnu ve městech, konkrétně vegetačními prvky budov na území města Plzně. Teoretický rozbor je zaměřen na městské klima a jeho specifika, adaptaci měst na klimatickou změnu a vegetační prvky budov, zejména na ozeleněné střechy nebo vertikální zahrady.

Praktická část je rozdělena na tři části. První z nich je založena na mapování vegetačních prvků na území města Plzně a inventarizaci ozeleněných střech. V rámci výzkumu bylo zjištěno 14 ozeleněných střech na území Plzně. Druhou částí je experimentální měření, jehož účelem bylo srovnání vybraných hodnot naměřených meteorologickým přístrojem mezi ozeleněnou střechou a střechou zatíženou kačírkiem. Výsledky měření ukázaly nižší teploty vzduchu a vyšší vlhkost vzduchu nad povrchem ozeleněné střechy. Stejně tak v případě povrchové teploty, jež byla vyšší v případě střechy s kačírkiem. Poslední část je zaměřena na získání informací z praxe, od odborníků a majitelů ozeleněných střech na základě strukturovaných rozhovorů, o motivaci a bariérách k realizaci ozeleněné střechy, a následné shrnutí firem nabízejících realizaci ozeleněných střech na Plzeňsku.

Na závěr byly shrnuty poznatky a návrhy pro využití v praxi. Výsledky experimentálního měření byly porovnány s výsledky dalších podobných studií.

## **Abstract**

Kuncová, L. (2020). *Vegetation elements of buildings as a tool for adaptation to climate change in Pilsen* (Bachelor Thesis). University of West Bohemia, Faculty of Economics, Czech Republic.

**Key words:** adaptation, climate change, green roofs, vertical gardens

The bachelor's thesis deals with the tools of adaptation to climate change in cities, specifically with the vegetation elements of buildings in the city of Pilsen. The theoretical analysis is focused on the urban climate and its specifics, the adaptation of cities to climate change and vegetation elements of buildings, especially on green roofs or vertical gardens.

The practical part is divided into three parts. The first of them is based on the mapping of vegetation elements in the city of Pilsen and an inventory of green roofs. The research identified 14 green roofs in Pilsen. The second part is an experimental measurement. Main goal of this experiment was to compare selected values measured by a meteorological instrument between a green roof and a roof loaded with gravel. The measurement results showed lower air temperatures and higher humidity above the surface of the green roof. The same was shown by measuring the surface temperature, which was higher in the case of a roof with a gravel. The last part is focused on obtaining information from practice, by experts and owners of green roofs based on structured interviews, motivation and barriers to the implementation of green roofs, and a subsequent summary of companies offering the implementation of green roofs in Pilsen.

Finally, the findings and suggestions for use in practice were summarized. The results of the experimental measurements were compared with the results of other similar studies.