

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Zelené tramvajové tratě

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Andrea Vosková

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

Vedoucí práce: RNDr. Milan Skalický, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Zelené tramvajové tratě jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Milanu Skalickému, Ph.D. za jeho připomínky, ochotu a odborný dohled při vedení práce a především za trpělivost při jeho pomoci vedoucí k dokončení této diplomové práce. Dále chci poděkovat celé rodině za neutuchající podporu a svému partnerovi Markovi za pochopení a motivaci.

Zelené tramvajové tratě

Souhrn

Tato diplomová práce Zelené tramvajové tratě pojednává o problematice zelených pásů na městské trati využívané pro veřejnou tramvajovou dopravu. Autorka práce se zaměřila na jejich potřebu v městské infrastruktuře s ohledem na rezonující téma zelené infrastruktury měst a jeho ekologickou roli při narůstající urbanizaci.

Cílem práce je definování přínosů zelených tramvajových tratí pro rozvoj města jako jedny z prioritních zájmů doby klimatických změn a investice do budoucí funkčnosti šedé struktury měst. Vzhledem k rozmanitosti benefitů došlo pomocí analýzy výzkumů k posouzení přínosů zelených pásů a jejich rozšíření o vlastní výzkum. Nezanedbatelné jsou poznatky finančních nákladů a následného plánování výdajů spojených s péčí a údržbou vegetace zelených tratí. Pro ucelenou interpretaci je popsán stav zelených tratí v hlavním městě Praha v komparaci studií převážně na území Evropy.

Část literární rešerše je analýzou zahraniční literatury a výzkumných článků zaměřujících se na jednotlivé přínosy plynoucí z vegetačních pásů a to především z toho důvodu, že v současnosti v České republice nevzniklo mnoho publikací zabývajících se hloubkově tématem zelených tramvajových tratí. Pro svou prokazatelnou podobnost bylo příležitostně možné využít informace, především ve funkcích a použití vegetace, získané v oblasti zelených střech, kde v posledních letech byla výzkumná pozornost více zaměřována vzhledem k jejich dlouhodobější historii jak na území České republiky, tak ve světě. Práce přilíže danou specifickou oblast zelených tramvajových tratí, její konstrukční požadavky, vegetační vrstvu a možná složení mixu rostlin a to s ohledem na klimatické podmínky stanoviště. Posuzované faktory musí být zvažovány jako součást plánování ozelenění dalších tramvajových úseků.

V praktické části se autorka zabývá vlastním měřením a interpretací získaných dat z tramvajové tratě na území hlavního města Prahy a porovnáním zpracovávaných údajů. Data jsou statisticky hodnocena a prezentována ve formě komentovaných grafů, tabulek přinášející sumarizaci či dalších vyobrazení definující posuzovanou oblast, jako je vliv zelených tramvajových tratí na hluk ve městě, vznik tepelných ostrovů, estetický přínos, druhové složení a jejich rezistence.

Klíčová slova: sucho, travní směs, kolejová vozidla, zelená infrastruktura, benefity

Green tramway tracks

Summary

This diploma thesis Green tramway tracks deals with the issue of green belts on the city tracks used for the public tram transport. The author of the thesis is focused on their need in urban infrastructure with regard to the resonant topic of green urban infrastructure and its ecological role in increasing urbanization.

The aim of the thesis is to define the benefits of green tramway tracks for the development of the city as the one of priority interests of the time of climate change and investment in the future functionality of the gray structure of cities. Due to the diversity of benefits, the benefits of green belts were assessed through research analysis and extended to include own research. Knowledge of financial costs and subsequent planning of expenses associated with the care and maintenance of green vegetation is not irrelevant. For a comprehensive interpretation, the state of green tramway track in the capital city of Prague is described in a comparison of studies mainly in Europe.

Part of the literature search is an analysis of foreign literature and research articles focusing on the individual benefits of vegetation belts, mainly due to the fact that many publications in the Czech Republic dealing in depth with the topic of green tram lines. Due to its similarity, it was occasionally possible to use data, especially in the functions and uses of vegetation, obtained in the area of green roofs, where in recent years research attention has been more focused, also due to their longer history both in the Czech Republic and worldwide. The thesis approximates the given specific area of green tramway tracks, its construction requirements, vegetation layer and possible composition of the plant mix with regard to the climatic conditions of the habitat. The assessed factors must be considered as part of the planning of the greening of other tramway sections.

In the practical part, the author deals with her own measurement and interpretation of data obtained from the tramway track in the capital city of Prague and a comparison of processed data. The data are statistically evaluated and presented in the form of annotated graphs, tables providing summaries or other illustrations defining the assessed area, such as the impact of green tramway tracks on noise in the city, the emergence of heat islands, aesthetic benefits, species composition and resistance.

Keywords: drought, grass mixture, rail vehicles, green infrastructure, benefits

Obsah

1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Zelené tramvajové tratě	12
3.1.1 Oblast a její vymezení	12
3.2 Ozelenění měst	14
3.2.1 Zelená infrastruktura.....	15
3.2.2 Dotace Evropské Unie a České republiky	16
3.3 Náklady a financování	19
3.4 Klimatické podmínky	23
3.5 Typy tramvajových pásů	25
3.5.1 Trávník.....	26
3.5.2 Druhové složení – Česká republika	27
3.5.3 Druhové složení - Mezinárodní	30
3.5.4 Rozchodník	32
3.5.5 Druhové složení – Česká republika	32
3.5.6 Druhové složení – Mezinárodní.....	34
3.5.7 Umělé trávníky	34
3.6 Konstrukce	35
3.7 Negativa	38
3.8 Přínosy a funkce zelených tramvajových tratí	39
3.8.1 Vliv na zadržování a snížení odtoku vody.....	40
3.8.2 Vliv na mikroklima města	42
3.8.3 Vliv na absorpci a zadržování škodlivin.....	43
3.8.4 Vliv na zmírnění hluku	45
3.8.5 Vliv na vzhled města	46
3.9 Ekonomický přínos	47
3.10 Zvýšení bezpečnosti	48
4 Metodika	50
4.1 Měření hluku	51
4.1.1 Lokalita	51
4.1.2 Hluková mapa.....	52
4.1.3 Vyhodnocení naměřených dat	53
4.2 Monitoring teploty města	53
4.2.1 Povrchová teplotní mapa	54
4.3 Vzhled města	54
5 Výsledky	56

5.1	Měření hluku	56
5.1.1	Statistické hodnocení	56
5.1.2	Porovnání měření	57
5.2	Monitoring teploty města	59
5.3	Vzhled města.....	63
5.4	Druhové složení	65
5.5	SWOT Analýza vlivů zelených tramvajových tratí	68
6	Diskuze.....	70
7	Závěr	76
8	Literatura.....	78
9	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

V současnosti se lidstvo potýká s vysokou mírou urbanizace. Krajina se mění a lidé přicházejí do měst za lépe dostupnou prací, přístupnějšími službami a statky. Člověk se ocitá ve velkém „šedém“ městě, kde infrastruktura maximálně efektivně využívá každý kousek plochy půdy k zástavbám, aby vyhověla nárokům zvyšující se populace ve městech. Již před lety bylo dosaženo pomyslného milníku, který poprvé překonal poměr obyvatel žijících ve městě oproti obyvatelům žijících na venkově. Trend i nadále pokračuje a dle předpokladů bude okolo roku 2050 žít ve městech více než dvě třetiny světové populace. Takovou predikci není možné ignorovat, ale je nutné s ní pracovat, důkladně a včas se na ni připravit.

Nutnost stanovení strategií rezonuje nejen na úrovni evropského kontinentu, ale dotýká se celé naší planety. Potřeba nastavení plánu, ke kterému ve společném prostoru směřujeme, je nevyhnutelnou odpovědí na volání neustálých důkazů o vyčerpávání nevratně poškozených či neobnovitelných zdrojů. Je naší povinností pečovat a snažit se zachovat, obnovovat a revitalizovat prostředí, které bude odkazem pro následující generace. Od myšlenky k realizaci, která bude funkční a zároveň bezpečná pro všechny, povede v následujících letech dlouhá cesta. Diskuze, která v této době vede k upřednostnění zájmů přírody ve jménu ekologických principů a postupů podřizujících se heslu: Nebrat víc než je potřeba a navracet vše, co je možné, by mohla být tím správným směrem. Teoretická rovina v tak složitých otázkách se nezjeví ihned, ale řada odborníků již dnes pracuje, na základě dobře mířených investic, na udržitelných a ekologicky šetrných přístupech.

Příkladem, který je dnes akcentován vědeckou komunitou a dostal se do nemalého zájmu, je zelená infrastruktura ve městech. Ta může být nástrojem pro ozelenění šedi, která do měst pronikla za poslední roky funkčních staveb. Jedná se o propojení celé řady výhod, jenž má pozitivní ohlasy ze strany obyvatel měst, jak dokládají četné výzkumy. Působení zeleně bude vždy neodmyslitelně spojeno se zdravím společností, což je hlavní jmenovatel důvodu pro zavádění zelených pásů, střech, stromů a dalších prvků sloužící zlepšení městské infrastruktury, revitalizaci a zkrášlení městského rázu. Tyto prvky mají značný sociální, environmentální a ekonomický efekt, kterým se v rámci této práce bude autorka náležitě věnovat. Jelikož se jedná o poměrně nové přístupy s vyššími vstupními náklady a nesoustředěným výzkumem, je zde velký prostor pro rozvoj a sdílení nových poznatků v tomto odvětví. Práce se bude soustředit na systém ozelenění tramvajových tratí, kterým do současnosti nebyla věnována taková pozornost, přestože se jedná o možnost, jak zlepšit městskou infrastrukturu.

Současný stav, se zaměřením na zelené tramvajové pásy, bude zkoumán z hlediska konstrukčního, z hlediska přínosů, jeho beneficentů, finančního a řady experimentálních vědeckých projektů ze zahraničí. Vzhledem k faktu, že v tuto chvíli neexistuje publikace věnující se této problematice podrobněji v prostředí České republiky, mohla být tato práce příspěvkem, který přiblíží téma ozelenění pomocí vegetačního krytu na tramvajových tratích širší veřejnosti.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Na základě analýzy dat souvisejících se současnými výzkumy, které se zabývají zefektivněním udržitelnosti zelených tramvajových tratí a jejich přínosy, je cílem práce posouzení stávající situace a rozsah zelených tramvajových tratí na území České republiky. Na projektu zušlechťování se podílí Dopravní podnik hlavního města Prahy, Výzkumný ústav rostlinné výroby a další odborná pracoviště. Práce je nejen zamítnutím či verifikací hypotéz, ale obsahuje vysvětlení závěru jednotlivých tvrzení na základě zkoumané motivace města k financování a rozšiřování zelených tramvajových pásů na území města Prahy.

Hypotézy:

Z důvodu nižší vitality budou jednodruhové porosty zelených tramvajových tratí mít menší šanci na udržení zeleně než ty ostatní.

Zelené tramvajové tratě mají vliv na mikroklima v oblasti, kde jsou využívány a díky nim nedochází ke vzniku tepelných ostrovů.

Ve městě dochází k pohlcení či snížení hluku provozu na kolejích.

Zelené tramvajové tratě přináší prokazatelné benefity v místě jejich použití a navzdory možné finanční náročnosti jsou pro město přínosem.

Současné vysazované směsi zelených tramvajových pásů mají nižší odolnost než nové testovací směsi vysazené ve vybraných lokalitách.

3 Literární rešerše

3.1 Zelené tramvajové tratě

Pojem zelené tramvajové tratě můžeme definovat jako vegetační kryt tramvajových tratí složený z půdní vrstvy, travin nebo dalších rostlinných druhů zasazených mezi prostor kolejí. Mezi nejčastěji používanou vegetací v České republice řadíme travní směsi a rozchodníky, které se zároveň vyskytují a používají po celé Evropě. V některých případech jsou využívány i umělé trávníky. Tramvajové pásy jsou tvořeny pomocí předpěstovaných kobercových pokládek či výsevných druhů. Složení rostlin je ideálně bohatě zastoupeno a tvoří hustou vegetaci, která je odolná vůči nežádoucím druhům a má nízké nároky na údržbu. Údržba je však nevyhnutelnou součástí stavby zelené tramvajové tratě a je nutno s ní finančně počítat při plánování nových úseků. Rozlišujeme vegetaci intenzivně nebo extenzivně udržovanou.

Počátky městské hromadné dopravy v Praze jsou datovány již na počátku 19. století. První tramvaj, která byla na dvoukolejné trati tažena koňmi, vedla od Invalidovny k řetězovému mostu císaře Františka. Rok 1875 je považován za zlomové datum v historii pražské hromadné dopravy. Ke konci 19. století jsou evidovány záznamy o zahájení provozu takzvaných elektrických drah na trase Smíchov – Košíře (Významná data DPP 2022). Průlom v této oblasti byl spojen především s výstavbou elektrické trati na Letné realizované českým vynálezcem Františkem Křižíkem. Od té doby došlo k rozsáhlé elektifikaci drah, zabudování první kolejové smyčky a zavedení zpoplatněných tarifů jízd (Historie DPP 2022). Pražská hromadná doprava je nedílnou součástí denního shonu obyvatel města Prahy a páteří provozu, bez které by hlavní město nemohlo fungovat.

K dnešní podobě tramvajových tratí vedla náročná cesta založená na výzkumech, jak na národní, tak i mezinárodní úrovni a spolupráci. Dle trendů přicházející ze západní Evropy a evropského postoje, který od 90. let směřuje k co nejšetrnějším přístupům ve městech i na venkově, byla i Praha inspirována v roce 1995 k zatravnění svršků tramvajových tratí (Zatravněný svršek 2022). Jejich použití je od počátku preferováno především tam, kde by otevřený kolejový svršek působil neestetickým dojmem. V současnosti je jednou z největších výzev pro městské oblasti zlepšení biologických podmínek a obohacení ekosystémů (Bieske-Matejak 2005). Příklon k ozelenění měst a podpoře zelené infrastruktury je možné v současnosti sledovat také na budoucích plánech a programech v rámci Evropské Unie a snaze o modernizaci vzhledu „šedých“ měst. V České republice můžeme zelené tramvajové tratě nalézt ve městech Praha, Brno, Ostrava, Olomouc a Plzeň.

3.1.1 Oblast a její vymezení

Praha je hlavním městem České republiky, nacházející se ve středu Čech. Jedná se o největší město České republiky a zároveň 13. největší město v EU dle počtu obyvatel (Seznam měst EU 2022). Dle dat Českého statistického úřadu (2022) ke konci roku 2020 dosahoval počet obyvatel přibližně 1 335 000 s průměrným věkem 42 let. Osobní vozidla zaevidovaná ve stejném roce na území hlavního města čítala bezmála milion automobilů. Demografický vývoj poukazuje na zvyšující se růst populace hlavního města každým rokem. Kupříkladu před 20 lety bylo evidováno v regionu o 300 tisíc obyvatel méně, než je tomu nyní (ČSÚ 2022).

Statistika dokládá, že celkový roční přírůstek obyvatel v posledních letech je průměrně okolo 10 %. Rok 2020 vykazuje extrémní výkyv v dlouhodobé statistice vzhledem k mimořádným událostem souvisejícím s pandemií koronaviru SARS-CoV-2, tj. Covid-19.

Současná predikce United Nations (2018) uvádí, že do roku 2050 bude žít až 70 % světové populace ve městech. Očekává se, že tato urbanizace vyvine rostoucí tlak na městské ekosystémy, aby nadále poskytovaly klíčové služby, jako jsou regulační, zásobovací a kulturní služby pro rostoucí populaci (Evans et al. 2022). Ukazatel je nakloněn současnému celosvětovému trendu, kdy lidé odcházejí z venkova do velkých měst, které musí na nárůst obyvatelstva pružně reagovat a zajišťovat jejich potřeby. Jednou z nich je zajištění dopravy, která obslouží nápor přemísťujících se osob. Je úkolem dobře fungujících měst, aby vytvářela funkční a dostupnou dopravní infrastrukturu. Veřejná hromadná doprava osob je z podstatné části bez emisní, či nízké emisní a ve městě je optimalizována a organizována (Ministerstvo dopravy 2021). V souladu s požadavky na moderní a environmentálně smýšlející společnost, stojí nejen evropská města před výzvou, kterou je nutno řešit na denní bázi provázáním podpory inovací a rozvoje.

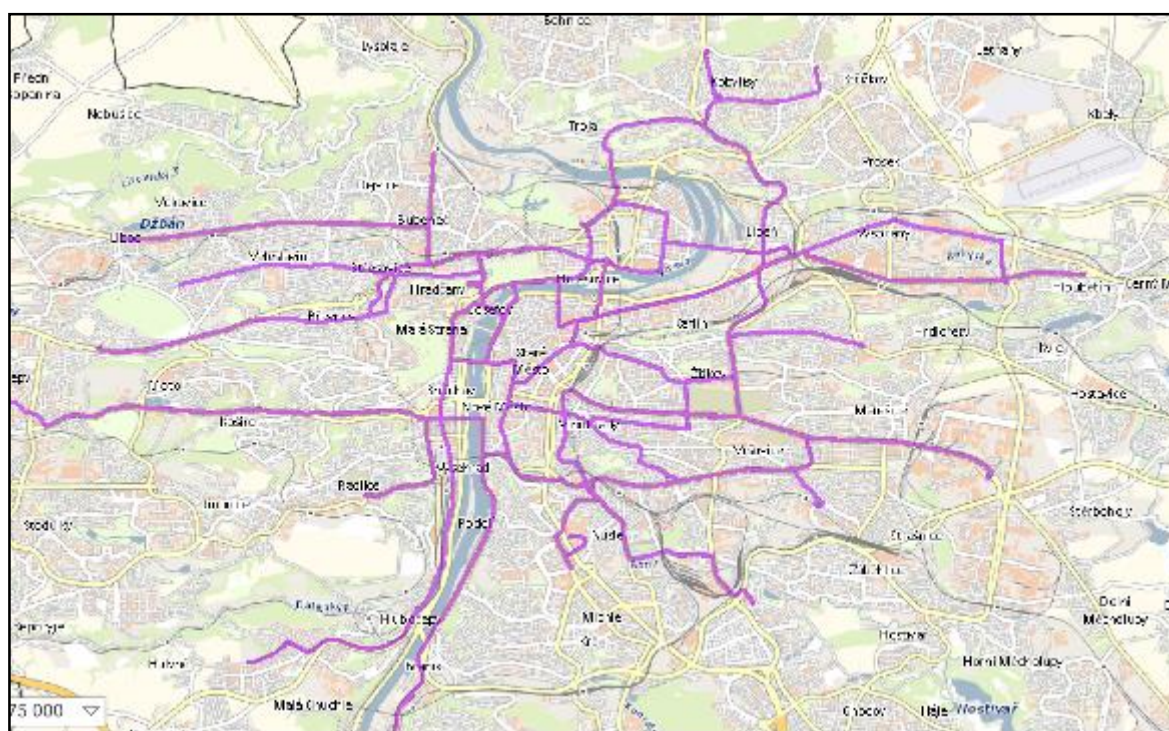
Integrace průzkumů, městská politika a plánování rozvoje, by měly využít příležitosti k lepší identifikaci vazeb mezi biologickou rozmanitostí, klimatem a lidským zdravím. Vzhledem k jejímu významu pro lidské zdraví, by měla být ochrana městské biologické rozmanitosti považována za investici do veřejného zdraví (Marselle et al. 2021). Období spojené s pandemií Covid-19 změnilo způsob, jakým lidé nahlízejí na přírodní prostředí, a jak na ně působí. Příkladem je Velká Británie, kde řada nařízených izolací na národní úrovni, omezila počet míst, která mohli jednotlivci využít k podpoře svého duševního a fyzického zdraví. Parky, zahrady a další zdroje zelené infrastruktury zůstaly otevřené a byly nově považovány za základní infrastrukturu podporující blahobyt. Tyto efekty je možné pozorovat skrze pozitivní vnímání zelených prvků ve městech. (Mell & Whitten 2021).

Żochowska et al. (2021) hovoří o negativních dopadech městské dopravy. Ty způsobují znečištění, hluk, zácpy nebo dopravní nehody. Aby byly splněny požadavky udržitelného rozvoje, je nutné omezit nežádoucí efekt plynoucí ze stále se zvětšujícího objemu dopravních prostředků. Je možné proto využít různé nástroje udržitelné mobility, například snížením poptávky po cestování automobilem, minimalizací vzdáleností mezi lokalitami, nebo využitím inovativních nástrojů pro zvýšení efektivity pohybu cestujících. V případě městských oblastí je růst počtu cest uskutečněných veřejnou dopravou jedním z nejdůležitějších cílů spojených s udržitelnou mobilitou (Institut plánování a rozvoje 2017).

Provoz tramvajové sítě dnes zajišťuje na území hlavního města Prahy Dopravní podnik hlavního města Prahy, a.s. Tramvajová síť měří necelých 143 km a je rovnoměrně rozvedena Prahou, jak je patrné na mapovém znázornění obrázku č. 1. Veřejná hromadná doprava v Praze ročně přepraví více než 1,2 mild. cestujících a podílí se z 55 % na přepravě všech osob ve městě (ČSÚ 2021). Tramvajová doprava převeze nad 30 % podílu všech cestujících (Institut plánování a rozvoje 2017). Hlavní město Praha ve své Strategii adaptace (2019) uvádí, že délka tratí se zatravněným krytem je přes 33 km, ostatní tratě jsou tvořeny tratí otevřeným nebo zakrytým kolejovým svrškem, při čemž 65% zatravněných tramvajových ploch je bez zabudovaného systému závlah. Průměrná cestovní rychlost dosahuje 20 km/h bez ohledu na kolejovou konstrukci dle zveřejněných dat Dopravního podniku města Prahy (DPP v datech 2022). Výroční zpráva Dopravního podniku Praha (2020) uvádí, že počet tramvajových zastávek a

délka tratí se neustále zvyšuje a kvalita služeb zůstává pro cestující i nadále zachována. Přepravu zajišťuje více než 800 vozů a jedná se o jeden z největších vozových parků světa.

Ve Strategii tramvajových tratí do roku 2030 (2017) představuje Dopravní podnik hlavního města Prahy budoucí záměr ozelenění tramvajových ploch, které patří mezi priority města. Tyto strategie společně s platným územním plánem, představují rozvojové záměry v různých fázích projektů, které předpokládají do roku 2030 okolo 10 km nových vegetačních krytů na tramvajových tratích a další jsou předmětem studie, při čemž u dokončených otevřených kolejových svršků je možná dodatečná pokládka zelených pásů. Železniční i tramvajové tratě představují specifické ekologické migrační koridory pro rostliny (Wóznica et al. 2019).



Obrázek č. 1 Vyznačená tramvajová dopravní síť hlavního města Prahy (Geoportál Praha 2022)

3.2 Ozelenění měst

Kromě faktu, že tramvaje jsou efektivním dopravním prostředkem v centrech měst, získaly v poslední době pozornost jako potenciální zdroj dalších zelených ploch v hustě zastavěných oblastech měst. Zelené tramvajové tratě mohou nahradit pevný těsnící beton zeleným vegetačním krytem. Přestože byl tento návrh představen před více než stoletím, v poslední době prošel řadou inovací v mnoha evropských městech jako esteticky příjemné a ekologické řešení. V posledních desetiletích s rozrůstající se populací a silnou industrializací značně vzrostlo využití půdy a zvýšilo se i její použití pro účely rozvoje města. Urbanizace přirozeného prostředí přeměnila zelený pokryv na stejně nepropustný povrch jakým je například vozovka (Fai & Bakar 2018). Tramvaje s vegetačním pásem odpovídají cílům EU zajistit odolnější infrastrukturu ve městech prostřednictvím podpory ekosystémových přístupů

a rozvoje zelené infrastruktury (Sikorski et al. 2018). Zelené tramvajové tratě přináší ekologické výhody, jako je zvýšená biodiverzita, ochranu proti hluku a sociální a ekonomické výhody včetně zlepšené estetiky rázu měst, což má za následek lepší duševní zdraví a zvyšuje hodnotu majetku, které jsou ozeleněním dotčeny (Gößner et al. 2021).

Aspekty lidského blahobytu a ekonomických aktivit souvisí s ekosystémovými službami a procesy. Dnešní problémy bezpečnosti životního prostředí jsou pro lidstvo zásadní. Antropogenní faktory stavebních procesů nepříznivě ovlivňují životní prostředí (Voskresenskaya et al. 2019).

Tak jako v případě potravinové bezpečnosti dochází k závislosti na udržování zdravé a kvalitní půdy, stejně tak naše duševní a fyzické zdraví může záviset na dostupnosti zelených ploch. Některá řešení zelené infrastruktury jsou založena na provázání přírody s městskou zástavbou jako například zelené střechy, dešťové zahrady, nebo zelené tramvajové pásy (Liquete et al. 2015). Ekologizace měst za účelem zmírnění dopadů znečištění je na vzestupu, a je třeba jim vyhovět vědeckými důkazy a vhodnými pokyny. Kumar et al. (2019) dospěli k závěru, že městská vegetace má široké zdravotní přínosy, ale existuje jen málo empirických důkazů spojujících tyto přínosy se snížením znečištění ovzduší městskou vegetací a je zapotřebí značného úsilí ke stanovení základních politik, návrhových a inženýrských směrnic, jimiž se řídí jejich rozmístění.

V několika případech se prokázala zelená infrastruktura jako účinnější, levnější, přizpůsobivější a trvanlivější, než takzvaná šedá či konvenční infrastruktura (Liquete et al. 2015). Za klíčová kritéria pro identifikaci ozelenění můžeme považovat multifunkčnost spojenou s poskytováním různých ekosystémových služeb a konektivitu spojenou s ochranou ekologických sítí. Zelená infrastruktura vytváří ekologické životní prostředí zaváděním a rozvojem různých typů inovací, které umožňují vývoj ekologických technologií zajišťujících efektivní využívání zdrojů, nulový odpad a ochranu životního prostředí. Je nezbytné budovat ekologické životní prostředí zaváděním a rozvojem různých typů inovací (Voskresenskaya et al. 2019). Přítomnost zelených ploch je zásadní pro zachování biologické rozmanitosti. Propojenost ekosystémů je způsob, jak podpořit rozmanitost, a tím i životaschopnost a odolnost stanovišť. Ekologický přínos ozelenění hraje klíčovou roli v plánování strategií pro rozvoj vzhledu města a jeho spojených funkcí, které budou důkladně zkoumány v průběhu této práce.

3.2.1 Zelená infrastruktura

Pojem zelená infrastruktura ve městech má mnoho výkladů a v současnosti je předmětem řady výzkumů. Jejimi společnými jmenovateli jsou vždy udržitelnost, spojení přírody a města, design a lidské zdraví (Balany et al. 2020)(Liquete et al. 2015)(Mell & Whitten 2021). Zelená infrastruktura je definována jako strategicky plánovaná síť přírodních a polopřírodních oblastí s dalšími environmentálními prvky navrženými a spravovanými tak, aby poskytovaly širokou škálu ekosystémových služeb. Tato definice zahrnuje tři důležité aspekty: myšlenku sítě oblastí, složku plánování a řízení a koncepci ekosystémových služeb (Liquete et al. 2015). Dle Evropské komise (2021) slouží ozelenění měst k posílení evropského přírodního kapitálu, a lze jej definovat jako nástroj pro poskytování ekologických, ekonomických a sociálních výhod prostřednictvím přírodních řešení (Quaranta et al. 2021). Pomáhá společnosti pochopit hodnotu výhod, které nám příroda poskytuje a mobilizovat investice k jejich udržení a posílení.

Rozmístění zelené infrastruktury v městských oblastech je rozličné. Bývá ovlivněno řadou specifík města, vnímané potřeby jeho obyvatel, historického rozhodování a rozmanitosti demografické struktury (Mell & Whitten 2021). Cenným výstupem v úsilí budování zelené infrastruktury je plánování zelených ploch a vytváření zelených ploch, které pomáhají udržovat čistý vzduch, lepší kvalitu vody, snižovat znečišťující látky, zmírňovat hluk, podporují pozitivní emoce obyvatel města a má další prospěšné funkce v městských oblastech (Rendeková et. al. 2022). V důsledku vyšší hustoty obyvatel mají oblasti měst méně významné podíly zelených ploch v celkovém procentuálním podílu zeleně ve srovnání s příměstskými nebo venkovskými oblastmi. Nejedna literatura však tvrdí, že velikost zdroje zelené infrastruktury nemusí jednoznačně odpovídat jeho společenské hodnotě. (Mell & Whitten 2021). Ozelenění měst je účinným nástrojem pro zmírnění změny klimatu v městských oblastech (European parliament 2013). Podle příspěvku Evans et al. (2022) byla hodnocena celá Evropská unie z hlediska kvantifikovace přínosů městské ekologizace. Výsledky ukazují, že ekologizace 35 % městského povrchu EU, což znamená přes 26 000 km², by zamezila až 55,8 milionů tun ekvivalentu oxidu uhličitého ročně (European Commission 2021). Přibližně 10 km³ dešťové vody ročně by se mohlo stát vodou, která je dále využitelná a nyní bez užitku odtéká z měst. To by mělo za následek snížení znečištění přijímajících vodních ploch a městské záplavy (Mell & Whitten 2021). Ozelenění městských povrchů by snížilo letní teplotu o 2,5–6 °C se zmírněním efektu městského tepelného ostrova. Výdaje s ním spojené se odhadují na území EU až na 221 miliard eur za období 40 let (Quaranta et al. 2021). Předkládané benefity jsou zásadním důvodem pro potřebu vytvoření strategie ozelenění měst, na níž se zelené tramvajové pásy budou podílet. Navigačním ukazatelem pro tato řešení je dotační podíl ze strany Evropské Unie a jednotlivých států.

3.2.2 Dotace Evropské Unie a České republiky

Podpora by měla být směřována tam, kde je nutné motivovat společnost k hledání nových cest a řešení problémů, kterým budou společně čelit. Společná pravidla přispívají k dosahování stanovených cílů a to s ohledem na udržitelný rozvoj. První snahy týkající se zavádění ekologických řešení v zastavěných městech můžeme pozorovat v Evropě od devadesátých let. Některé evropské země zavedly v návaznosti na myšlenku zelené infrastruktury dotační programy, které mají minimální požadavky na čerpání tak, aby bylo jednoduché na ně dosáhnout. Mezi tyto státy patří například Švýcarsko, Holandsko nebo Německo, kde jsou podmínky pro čerpání stanoveny a motivují vysokým dotačním podílem k výstavbě zelených střech (Zambrano et al. 2021). Evropská Komise (2013) svou počáteční výzvou na přelomu prvního desetiletí 21. století k zelené infrastruktuře, podpořila záměry členských zemí k realizaci tohoto cíle. Rozhodující odpovědnost je však na daném státu (Europa EU 2021). Plánování je přeneseno především na orgány, které strategicky vytváří programy regionálního rozvoje a EU je nástrojem podpory a stanovením směru. V návrzích Komise pro Fond soudržnosti a Evropský fond pro regionální rozvoj (EFRR 2021), je zelená infrastruktura označena jako jedna z investičních priorit. Je uznáváno, že zelená infrastruktura přispívá k regionální politice a udržitelnému růstu v Evropě pomocí chytrých řešení (EU Strategy 2019).

Rada pro životní prostředí (2021) ve svém závěru ohledně nastavení cílů pro Evropskou Unii apeluje v rámci podpor biologické rozmanitosti na členské státy, aby se zaměřily na

významný vliv ozelenění měst a zavedly jej jako součást vlastních strategií. Návrh Komise (2021) akčního programu pro životní prostředí tento záměr podporuje. Současný akční program pro životní prostředí do roku 2030 je 8. akčním programem (EAP 2020) a je řízen Politikou životního prostředí. Tento návrh podporuje cíle evropské zelené dohody v oblasti životního prostředí a klimatu. Poskytuje příležitost pro Evropskou Unii v pokračování závazku vůči vizi 7. politiky životního prostředí (EAP 2013) do roku 2050: Jako společnost chceme zajistit blahobyt pro všechny a přitom zůstat v rámci planetárních hranic a tvoří základ pro dosažení *Agendy 2030* OSN a vyplývajících cílů udržitelného rozvoje (EAP 2020). Záměrem akčního programu je urychlení přechodu na klimaticky neutrální, účinné zdroje a regenerativní modelu ekonomie. Ty vychází z *Green dealu* (European Green deal 2021), neboli zelené dohody, s následnými prioritami:

- *Dosažení snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 a klimatické neutrality do roku 2050,*
- *posílení adaptační kapacity, odolnosti a snížení zranitelnosti vůči změně klimatu,*
- *oddělení hospodářského růstu od využívání zdrojů a zhoršování životního prostředí s urychlením přechodu na cirkulární ekonomiku,*
- *snaha o nulové znečištění ovzduší, vody, půdy a ochrana zdraví a blahobytu Evropanů,*
- *ochrana, zachování a obnova biologické rozmanitosti a posílení přírodního kapitálu,*
- *snížení environmentálních a klimatických tlaků souvisejících s výrobou a spotřebou (Úřední Věstník EU 2021).*

Zároveň byl předložen návrh pro monitorování plnění a dosahování těchto cílů. Během roku 2021 byly návrhy konzultovány a 8. akční plán byl přijat. Evropská Unie má snahu v oblasti životního prostředí zajistit, aby si evropští občané užívali města s čistým vzduchem a vodou, vyhýbali se nadměrnému hluku města, správně nakládali s odpady, chránili svou přírodu a biologickou rozmanitost a podporovali lepší zelenou infrastrukturu. (Evropa EU 2021). Důležitými iniciativami jsou *European Green Capital* a *European Green Leaf*, kde mohou jednotlivé státy prezentovat jejich environmentální výkonnost. Za tímto účelem vznikne nástroj umožňující státům porovnávat jejich výsledky, sdílet zkušenosti a společně se podílet na zlepšení postupů. Tyto snahy jsou podpořeny Cenou udělovanou za průkopníkem ekologického městského života. (EU Policy 2021). Hnutím evropských měst se stejným zaměřením je tzv. *Green City Accord*. Za zmínku stojí také program *Connecting Europe Facility*, zkráceně CEF, který bude navazovat na současný program, který je v gesci Evropské komise (2021). Tento program je označován jako nástroj na propojení Evropy z hlediska dopravy. Jeho hlavní snahou je podpora projektů zaměřujících se na budování dopravní infrastruktury a související rozvoj. Na úrovni České republiky jsou programy zajišťovány Ministerstvem dopravy (Dotace EU

2021). Dalšími nástroji v rámci Evropské Unie je například Evropská strategie ochrany biodiverzity 2011–2020 nebo program *Re-Naturing Cities*.

Na úrovni České republiky bylo představeno usnesení vlády Ministerstvem dopravy nové Dopravní politiky pro období 2021 (2021) s výhledem do roku 2050, jenž zareagovali na stanoviska týkající se Green Dealu (2021) v oblasti veřejné dopravy. Jak bylo uvedeno výše, v záměrech Evropské Unie je cílem moderní, konkurenceschopná ekonomika, která se soustředí na efektivní použití zdrojů. Z hlediska sektoru dopravy lze za nejdůležitější cíl považovat snížení emisí skleníkových plynů z dopravy v EU do roku 2050 o 90 %. Dalším cílem do téhož roku je převod na vnitrozemskou nákladní přepravu (Evropa EU 2021). Naplnění těchto cílů bude v podmínkách České republiky obtížné, předpokládá se však, že v rámci Evropské Unie budou zavedeny legislativní kroky směřující k naplnění těchto cílů. Předpokladem je, že změna po odklonu 75% od silniční dopravy na železniční povede k úspoře cca 9 TWh ročně. Jedná se o velmi významnou úsporu energie v hodnotě roční výroby elektrické energie (Ministerstvo dopravy 2021).

Další politikou ovlivňující plány k budování zelených tramvajových tratí je oblast životního prostředí. Jejím primární úkolem je zajištění obyvatelům bezpečného, zdravého a odolného životního prostředí, které umožní kvalitní život i budoucím generacím. Cíle politiky životního prostředí jsou nastaveny dle rétoriky EU. Nezbytné je využití krajiny udržitelným způsobem a podporovat biologickou rozmanitost. Problematika dopravy je pro politiku životního prostředí zásadní ve všech oblastech - zdraví, hospodářství, příroda a krajina (Ministerstvo ŽP 2020). Přijetí a realizace adekvátních opatření v oblasti dopravy jsou zcela zásadní pro naplnění cílů ke zlepšení kvality ovzduší a snížení hlukového zatížení v sídlech, ale i k omezování emisí skleníkových plynů. Dopravní síť a zejména vysoká intenzita provozu na komunikacích způsobuje fragmentaci krajiny i ekosystémů, proto je mobilita řešena i z pohledu ochrany biodiverzity, migrační prostupnosti pro živočichy a využívání krajiny (Ministerstvo dopravy 2021).

Ochrana klimatu je tématem rovněž úzce propojeným s tramvajovou dopravou. Ta si klade za hlavní cíle redukci emisí skleníkových plynů, které mají být do roku 2030, dle závazků našich závazků k Evropské Unii, redukovány alespoň o 40% (Ministerstvo ŽP 2020). Nově vzniklým strategickým řídicím dokumentem je vládou schválený a orgány Evropské Unie notifikovaný vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030. V předchozím programovém období bylo dosaženo dobrých výsledků a to i bez soustředění se na snižování emisí v dopravě. Potenciál úspor v této oblasti je vysoký a Česká republika se bude muset soustředit na dotační programy zaměřené na snižování konečné spotřeby energie a emisí (Ministerstvo PO 2020). Strategie České republiky spojuje vlastní úsilí a akcentuje národní zájmy společně s plány udržitelného rozvoje Evropy. Česká republika se v současnosti zaměřuje na zvyšování kvality života, s níž je spojeno mnoho cílů, které se stát zavazuje plnit. Naplňování těchto cílů ve společnosti nelze stroze hodnotit pouze ekonomickými ukazateli, ale je nutné se zaměřit na jednotlivce, rodiny a společenství mající vlastní specifické potřeby dle dané oblasti.

Návaznými strategiemi jsou koncepce veřejné dopravy, městské a aktivní mobility, plány dopravní obslužnosti státu a krajů, plány udržitelné městské mobility jednotlivých měst, plán rozvoje inteligentních dopravních systémů a s nimi související akční plány. V návaznosti na opatření související se zelenými tramvajovými pásy je cílem implementovat

- Opatření v návaznosti na zelené tramvajové pásy:
 - *Naplňování závazků v Akčních plánech pro jednotlivé druhy dopravy dle směrnice 2002/49 EC.*
 - *Implementování nařízení Komise Evropské Unie 2019/774 týkající se technických specifikací pro efektivní spolupráci oblasti „kolejová vozidla – hluk“ a jeho aplikace.*
 - *Pokračování ve výzkumu všech povrchů pozemních komunikací.*
 - *Nadále sledovat vývoj protihlukových stěn a zajištění jejich účinnosti.*
 - *Podpoření snižování vnější hlučnosti drážních vozidel.*
 - *Podpoření snižování hlučnosti konstrukcí drážního svršku.*
 - *Podpoření rozvoj infrastruktury pro městskou hromadnou dopravu v elektrické trakci prostřednictvím evropského spolufinancování prostřednictvím Operačního programu doprava (Ministerstvo dopravy 2020)(ITS 2020).*

Navazujícím programem na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti dopravy se nazývá DOPRAVA 2020+ a doba jeho trvání je stanovena do roku 2026. Jedná se o modernizaci dopravního sektoru s ohledem na udržitelnost, bezpečnost a společenské potřeby. Vychází z hlavních cílů Národních priorit orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací ve třech prioritních oblastech. Nejstěžejnějším bodem prioritní oblasti č. 3 *Prostředí pro kvalitní život* je udržitelný rozvoj krajiny a lidských sídel, který se přímo zaměřuje na zelenou infrastrukturu jako stabilní strukturu krajiny (Úřad vlády ČR 2015). Opět v souladu s rozvojem Evropské Unie je tento bod požadavkem na vytvoření koncepčních nástrojů pro plánování krajiny. Program je veden Technologickou agenturou ČR a bude realizován v letech 2020 - 2026 s celkovými výdaji 2 437,5 mil. Kč, z toho 1 950 mil. Kč z výdajů státního rozpočtu (Technologická agentura ČR 2021).

3.3 Náklady a financování

Jak vyplývá ze Strategie rozvoje tramvajových tratí v Praze do roku 2030 (2019), dochází k rozsáhlé modernizaci související se záměrem odpovídat nejnovějším trendům v tramvajové dopravě na území České republiky. V nedávném období došlo k rozvoji za pomoci strukturálních fondů Evropské unie na několika desítkách kilometrů tratí. Tyto kroky počítají s restrukturalizací tratí i v následujících letech s ohledem na snížení prašnosti, hlučnosti provozu a vzhledu města. Často se má za to, že náklady na údržbu zelené tratě jsou vyšší než u konvenčních krytých tramvajových tratí. Ve skutečnosti jsou ale velmi závislé na konstrukci tratí a následně také na nezbytných údržbářských činnostech (Steckler 2012).

Postupy zazelenání tramvajových tratí jsou komplikovány nejednotností financování těchto úseků. Snahou Dopravního podniku hlavního města Prahy byly v minulosti návrhy, které se projednávali s jednotlivými zástupci městských částí a měli dosáhnout možnosti, aby po vykonání stavebních úprav a další nezbytnou starost o zatravněný povrch převzalo na svá bedra daná městská část. Městské části, které se v současnosti podílí na nákladech za údržbu, jsou například městská část Prahy 17, 9 a 10. Jedná se o nemalé náklady, které zahrnují pravidelnou seč, hnojení nebo zavlažování pomocí závlahových systémů či zálivkou. V současnosti je většina úseku obhospodařována právě Dopravním podnikem, jenž musí poskytovat péči o porosty z prostředků podniku. Neexistuje ovšem specializovaný útvar, který by onu činnost zajišťoval a je nutné na ni byly najímány externí společnosti, které péči profesionálně zajistí. Komplikovanost těchto úkonů je navíc spojena s neobvyklým prostředím údržby. Příkladem je speciální povolení pracovníků o vstupu do prostor kolejiště. Další komplikací je zavlažování – voda, která může být pro zálivku využívána, musí být čistá, bezvadná a zbavená veškerých potenciálních škodlivin. Je tedy využívána voda pitná, čerpána z požárních hydrantů, což vede k dalším vysokým nákladům. Varianta kropení cisternou se ukázala vysoce neefektivní, jelikož její náklady dosahovali okolo roku 2007 částky přibližně 1 milion Kč za měsíc použití a navíc během letních dní působila trávniku teplotní šok, který vedl k dalším nákladům spojeným s ošetřením vegetačního krytu. V současnosti se pro účely zavlažování v místech, kde není veden závlahový systém, využívá takzvaná „Mazačka“, neboli mazací tramvaj s nádrží na vodu, která je víceúčelová a zvládne během své cesty na trati více úkonů.

Náklady na údržbu souvisejí s výběrem vegetačního krytu. Na území hlavního města převládá řešení aplikovaných koberců s travním krytem, které jsou předpěstovány a následně založeny na povrchu kolejí. S tím se pojí také výběr konstrukce značně ovlivňující výši výdajů. Dalším faktorem je samotné stanoviště, kde dochází k umístění zeleného tramvajového pásu. V České republice je vystaven období extrémních výkyvů počasí během celého roku. Přestože podnebí je klasifikováno jako mírné, můžeme očekávat jak vliv sucha a horka, tak mrazy s minusovými hodnotami a sněžením. Na tyto faktory se zaměřují výzkumy, které hledají co možná nejodolnější, a tím údržbově nejméně nákladnou variantu travních směsí. V současnosti je takový výzkum prováděn ve spolupráci Dopravního podniku hlavního města Prahy a tří výzkumných organizací v rámci projektu Genofondy pro město na území České republiky. Příkladem ceny konstrukce je založení travního krytu ze Sokolovské ulice z roku 2016, kde pokládka travního koberce stála 440 Kč za m² (Ročenka dopravy 2016).

Na základě ekonomického porovnání různých variant krytů tramvajových pásů ve své práci uvádí Foldyna (2019), že při použití travnatého krytu včetně nákladů na konstrukci kolejiště by při provozu v cyklu 20 let, při kterém by bylo pravidelně zavlažováno, a byla prováděna údržba trávniku, dosáhly částky okolo 22 milionů korun. Do předpokládaného životního cyklu byla zahrnuta realizace, provoz i následná likvidace. Jedná se o trať využívanou čtyřmi tramvajovými linkami o délce přibližně 600 m s použitím zavlažovacího postřikového systému. Předpokládaná údržba se skládá ze seče 16 krát za rok a pravidelnou závlahou, která je řízena srážkovým čidlem. Tato studie dle kalkulací poukazuje, že náklady vznikající se zavedením vegetačního krytu jsou nejnižší v případě varianty travního a lučního porostu bez absorbérů. Co se však týká nákladů na povrch s rozchodníkem, údržba je snížena z důvodu minimálních požadavků na zavlažování, téměř žádné hnojení a žádnou seč. Zavedení tohoto povrchu však vyžaduje vyšší vstupní financování.

To vyplývá i z průzkumu z Horváthové & Jakubcové (2019) z lokalit města Praha a Ostrava, investiční náklady na povrch trávníku se zabudovaným závlahovým systémem v Praze vychází za metr čtverečný mezi 2000 až 3000 Kč. Oproti tomu investiční náklad na zavedení rozchodníku se ve městě Ostrava pohybuje mezi 1800 až 9000 Kč. Náklady na údržbu v případě trávníku za stejnou výměru se pohybují okolo 120 Kč, při čemž cena za údržbu rozchodníku je 4 Kč. Obdobně je možné pozorovat výsledky projektu ozelenění tramvajových svršků rozchodníkovými koberci v lokalitě Ládví na Praze 8, kde byl zaveden na zkušebním úseku rozchodníkový koberec o rozměru 100 m². V tomto testovacím období bylo dosaženo velmi nízkých částek. Celkové náklady na instalaci a následné údržby, která se skládala z jednoho přihnojení a odplevelení, dosáhly po roce a půl hodnoty 1650 Kč za m² (Strategie adaptace 2019).

Tabulka č. 1 Náklady na údržbu zatravněných tratí s částkami uvedenými v Kč bez DPH (Strategie adaptace 2019)

Náklady na údržbu zatravněných tramvajových tratí v Praze				
Rok	Údržba travnatého krytu	Údržba zavlažení	Vodné	Celkem
2014	1 065 175	346 401	762 809	2 174 384
2015	1 130 742	369 721	844 558	2 345 021
2016	1 497 119	367 516	939 300	2 803 936
2017	497 488	431 073	1 047 606	1 976 167
2018	993 828	444 174	1 051 366	2 489 368

Tabulka č. 1 poukazuje na financování tramvajových tratí se zeleným krytem v několika posledních letech v Praze. Z údajů v tabulce je patrné, že se zvětšující se plochou zatravněné trati čítající nad 119 tisíc m², dochází k navyšování výdajů na zavlažování travnatého krytu, při čemž náklady na údržbu travní vegetace se v průběhu let naopak snižují. Na úpravu hodnoty výdajů měla vliv nově uzavřená smlouva na přelomu roku 2016/17 s externí společností zajišťující údržbu. Celková uvedená částka z posledního prezentovaného roku 2018 je z 90 % hrazena Dopravním podnikem hlavního města Prahy, městské části Prahy a hlavní město Praha se podílely na financování částkou necelých 300 tisíc Kč. Při současné ceně 0,09 Kč za 1 litr vody je přibližná spotřeba 12 mil. litrů za rok.

Tabulka č. 2 Náklady úkonů spojených se zatravněním tratí v Praze s částkami uvedenými v Kč bez DPH (Rozpočet DPP 2016)

Zatravnění úseku	Provedené úkony	Četnost úkonu za rok	Celkem výměra	Cena za m ²	Celkem cena
Sokolovská ulice a u Krejčárku	Sečení trávy, úklid, odvoz, likvidace rostlinného odpadu	4	1677	1,6	10 732,8
	Hrabání, odplevelení, úklid, odvoz na skládku	2		15	50 310

Modřanská: Pobřežní cesta	Sečení trávy, úklid, odvoz, likvidace rostlinného odpadu	4	1836	1,6	11 750,4
	Hrabání, úklid, odvoz na skládku	2		15	55 080
Střelničná: Zastávka Štěpničná	Sečení trávy, úklid, odvoz, likvidace rostlinného odpadu	4	277	1,6	1772, 8
	Hrabání, odplevelení, úklid, odvoz na skládku	2		15	8310

Podrobnější popis údržbových činností je uveden v tabulce č. 2. Jedná se o sečení trávy, úklid, odvoz a likvidaci rostlinného odpadu, hrabání, odplevelení a odvoz na skládku. V uvedených úsecích je naznačena celková cena z roku 2016 na třech zatravněných tratích v hlavním městě Praha. Dle ceníků firem v lokalitě Středočeského kraje ze stejného období zabývající se uvedenými činnostmi z prvního popisu odpovídá průměrné ceně. Co se však týká druhého souhrnu provedených úkonů, zde se průměrná cena pohybuje okolo 11 Kč. V porovnání s pevnými kryty tramvajových tratí se jedná o mnohem náročnější typ povrchu. Například zpevněný povrch, jakým je často využíváný asfalt, nemá téměř žádné požadavky na údržbu a z hlediska inženýrského stavebního řešení DPP se jedná o bezproblémový kryt vyznačující se dlouhodobou odolností, které nevyžaduje další povrchové úpravy. Negativně však přispívá ke zvyšování teploty ve městě. Stejně tomu je i v případě železobetonových panelů a kamenné dlažby, kdy v případě panelů jde o zastaralé řešení s vysokým efektem zahřívání povrchu. Kamenná dlažba je vhodnější v historické části města, avšak je velmi stavebně náročná a neposkytuje jiné benefity než estetické. V případě otevřeného svršku s jedná o nejméně finančně a technologické náročné řešení tramvajových tratí ovšem nejedná se o vzhledově příznivé řešení.

Tabulka č. 3 Porovnání investičních nákladů na stavbu bez DPH v Kč (Strategie adaptace 2019)

Investiční náklady stavby a konstrukce dle typu povrchu tramvajové trati v Praze					
Povrch	Kamenná dlažba	Litý asfalt	Otevřený svršek	Zatravněný bez závlahy	Zatravněný se závlahou
Za m ²	10 680	10 180	6150	6900	7070

Je zřejmé, že stavební náklady nejsou převyšující obvyklé náklady na stavbu tramvajové trati. Naopak, jak je viditelné z porovnání hodnot v tabulce č. 3, investiční náklady nejsou rozhodujícím parametrem pro rozhodování typu povrchu trati. Skutečnou finanční zátěž nese pozdější údržba, která je v případě zatravněných pásů nevyhnutelná a celoroční s různou intenzitou dle stáří vegetace. Předpokládaná životnost z hlediska povrchů a tratě je také rozlišná a je tedy potřeba brát v úvahu i tento aspekt. U travnatého povrchu je předpokládaná životnost okolo 15 let, poté je nutné provést likvidaci, jelikož je není možné znovu využít a proces opakovat. V případě pevných povrchů se doba použití liší a to od 20 až do 70 let (Strategie adaptace 2019).

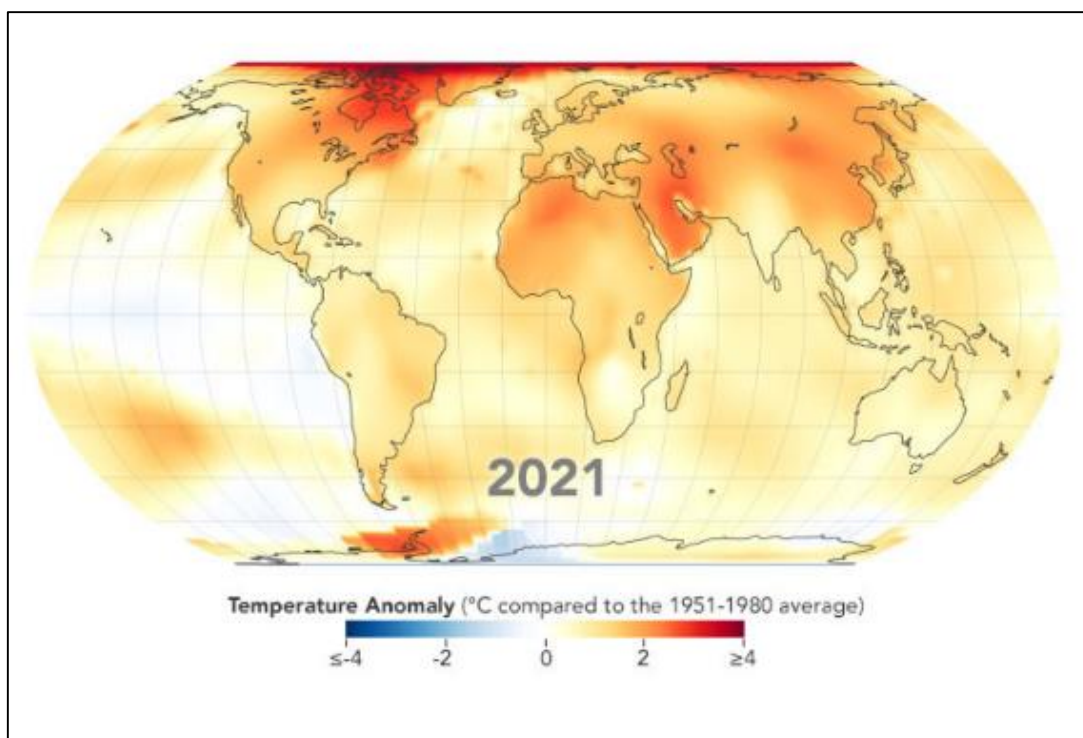
Nejzásadnějšími problémy, které se vyskytují při realizaci zelených tramvajových pásů na území města Prahy, jsou:

- Nedostatečné finanční prostředky na údržbu
- Nejednotné financování nákladů na údržbu
- Nejednotný systém údržby dle lokality, ve kterém je údržba vykonávána
- Absence garance poskytování finančních prostředků související se stávajícími zástupci městské části
- Volba typu použité vegetace
- Náklady za zavlažování

Jak je možné usoudit z výše uvedeného, největší část nákladů zelených tramvajových tratí tvoří následná údržba, která může být až dvojnásobně vyšší než náklady na ostatní typy tramvajových tratí s různými kryty či bez něj. Nesmíme opomenout ani vliv počtu tramvají, které projedou v daném úseku, s obvyklou vytižeností v průměru od 200 až 700 průjezdy denně dle vybraného úseku tratě. Tento faktor značně přispívá k potřebě údržby a v jeho závislosti dochází ke zvýšení opotřebení tratě a související výměnou či opravou úseku. Jak uvádí Quaranta et al. (2021) v posledním desetiletí je možné pozorovat nedostatečné financování v oblastní zelené infrastruktury měst, rozlišné plánování rozpočtů a jejich nejistá povaha vede ke snížení kvality správy ve Velké Británii. Takový trend je možné pozorovat i na území České republiky. V důsledku sucha v dané oblasti může navíc docházet ke zvýšení vynaložených finančních prostředků na použití vody pro zavlažování a předběžná kalkulace může být každým rokem vyšší v závislosti na vývoji klimatu.

3.4 Klimatické podmínky

Teplota vzduchu na Zemi stoupá od dob průmyslové revoluce. Přestože přirozená variabilita hraje určitou roli, důkazy naznačují, že lidské činnosti, zejména emise skleníkových plynů, jsou ve větší míře zodpovědné za oteplování naší planety. Jak ukazuje probíhající teplotní analýza vedená vědci z Goddardova institutu pro vesmírná studia NASA (2021) se průměrná globální teplota na Zemi od roku 1880 zvýšila nejméně o 1,1° Celsia. K většině oteplení došlo od roku 1880. Od roku 1975 s rychlostí zhruba 0,15 až 0,20°C za desetiletí.

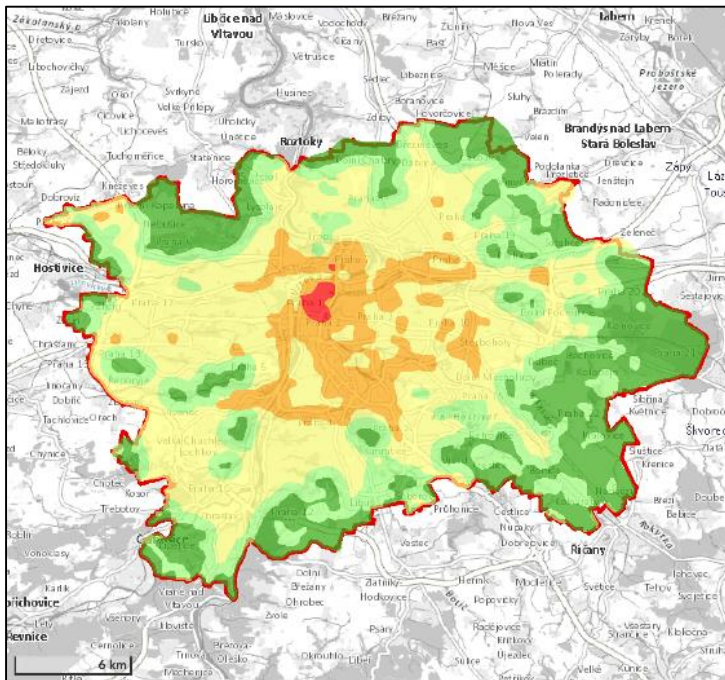


Obrázek č. 2 Teplotní anomálie na planetě Zemi v porovnání s průměrem let 1951-1980 k současnosti roku 2021 zobrazené ve °C (NASA, 2021).

Uvedená mapa společnosti NASA (2021) na obrázku č. 2 ukazuje, že teplotní růst není jednotný a je ovlivněn pevninou či oceány, kde se dále podstatně liší konkrétní oblasti. Kolísavost je dána cyklickými událostmi nebo větry a srážkami a zaznamenaná data jsou z více než 20 tisíc meteorologických stanic po celém světě. V České republice zajišťuje tuto činnost Český hydrometeorologický ústav, který mapuje procesy klimatického systému a pravidelně je publikuje. Schéma klimatického modelu se v současnosti zaměřuje na atmosféru, zemský povrch, vegetaci a další podrobnosti. Dle očekávaných změn v klimatu České republiky je pravděpodobnost častějších extrémních výkyvů počasí, které se projevují na změnách ve vodním režimu a dostupnosti vody. S tím se zvyšuje riziko sucha a především ve městech často zmiňovaný efekt tepelných ostrovů. Z toho důvodu je nezbytné zaměřit se na opatření, která ve městech povedou k rozšiřování zelených ploch s potřebnými funkcemi a zavádění přírodních prvků přímo do zástaveb (ČHMÚ 2021). Přítomnost rostlin ve městě ovlivňuje okolní teplotu a má klimatizační funkci v závislosti na druhu zeleně. Dle statistik ČHMÚ (2021) z posledních dvaceti let uvádí, že průměrná teplota v České republice na území hlavního města Prahy je necelých 10 °C s průměrnými srážkami 535 mm za rok a trváním slunečního svitu 1740 hodin. Město Praha se nachází v nadmořské výšce od 177 do 399 metrů nad mořem a jeho nejvyšším bodem je Teleček a její zeměpisné souřadnice jsou 50°5' s. š., 14°25' v. d. (Praha EU 2021). Záznamy o územních srážkách na území města Prahy ukazují, že v roce 2020 byly srážky vyšší s úhrnem 629 mm za rok, což překročilo k 7% průměr, oproti normálu stanoveném ČHMÚ.

Klimatický plán města Prahy do roku 2030 (2021) si stanovil ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí, snížení emisí oxidu uhličitého, spotřeby tepla a plynu, spotřeby fosilních paliv v dopravě, zvýšení třídění komunálních odpadů a vysázení stromů. Jedním z opatření, které se závazkem Klimatického plánu souvisí, je výstavba nových

tramvajových tratí a tím rozšíření veřejné dopravy. Tématickou sekcí tohoto plánu je udržitelná mobilita a také její modernizace podporující infrastrukturu veřejné dopravy (Klima Praha 2021).



Obrázek č. 3 Mapa bonity klimatu v hlavním městě Praha (Geoportál Praha 2021)

Mapa obrázku č. 3 ukazuje celkové zhodnocení bonity klimatu na území hlavního města s klasifikací 1 až 5, od nejlepší po nejhorší zpracovaný v rámci Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy jako Atlas životního prostředí. Čím centrálněji se nacházíme, tím dochází ke snižování bonity klimatu. Strategie adaptace hlavního města Prahy pro roky 2020 - 2024 uvádí, že neustále se zvyšující teplota, dlouhá období bez srážek v kontrastu s extrémními srážkami mohou v budoucnu způsobovat stále větší problémy, které je nutné řešit dříve, než se dostaneme do bodu, ze kterého nebude návratu. Je klíčové zvyšovat dlouhodobou odolnost a snižovat zranitelnost hlavního města vůči klimatickým změnám. S tím je spojen monitoring probíhajících změn, jejich vyhodnocení a pružná reakce na zabránění negativních vlivů včetně plánování předpokládaných finančních nákladů (Implementační plán Praha, 2020).

3.5 Typy tramvajových pásů

Volba vegetačního pokryvu je zásadní z hlediska nákladů a ošetřování. Od zeleného vegetačního krytu tramvajové tratě je očekáváme, aby byl zdravý, co možná nejcelistvější a dostatečně hustý. Pokud jsou vybrány vhodné druhy, nebo druhy v závislosti na místních podmínkách, bude estetická funkce vyšší a finanční výdaje na údržbu nižší. Zelené tramvajové tratě po nahrazení pevného krytu mezi kolejemi nebo ruderální vegetací na tratích zelenými koberci s vysázenou vegetací, mohou sloužit jako další zelené plochy měst. (Sikorski et al. 2018). Vzhledem k celosvětové produkci a obchodu se některé použité druhy nemohou vyrovnat s místními klimatickými podmínkami a je proto vhodné využívat lokální druhy či druhy velmi odolné.

3.5.1 Trávník

Trávník je definován jako společenstvo rostlin, ve kterém převažují travní druhy s možným výskytem dalších netravních druhů tvořící nezemědělský drn s širokou škálou vlastností a charakteristických rysů (Straka et al. 2011). Jak uvádí studie Eglinton (2014) použití trávy na povrchu tramvajové tratě přináší mnohé výhody, mezi které je možné zařadit snadnou instalaci během celého roku a vysoká hustota porostu. Poukazuje i na nevýhody, mezi které můžeme zařadit náchylnost po instalaci k chybnému zavlažování. Možnosti zavádění trávníku v tramvajových tratích je prováděno výsevem či zavedením kobercového trávníku. Pokládka předpěstovaných travních koberců je vhodná především pro menší plochy či extrémní stanoviště, jak definuje Standard SPPK C02 007 (2018), pokládka je prováděna okamžitě, nejdéle pak do 48 hodin po sloupnutí a to tak, aby mezi díly nevznikaly žádné mezery (Krajinné trávníky 2018). Při výsevu je možné dosáhnout mnohem nižších nákladů než při použití travního koberce. V tomto případě je však nutné počítat s dlouhým obdobím, ve kterém dochází k růstu trav. Můžeme předpokládat, že by v období růstu docházelo k rozvoji nežádoucích trav.

V období růstu je vyžadováno dodržení vhodných podmínek jako vhodná vlhkost a teplota půdy, která by nesměla být narušována například sešlapováním. Podle Sikorski et al. (2018) jsou povrchy ohroženy faktory, kterých si všímá široká veřejnost, jakými jsou nerovnoměrné zbarvení nebo výskyt plevelů narušující vzhled vegetačních pásů. Svou roli také hraje biologická rozmanitost a současně stáří trávníku. Požadavky na kvalitní osivo jsou stanoveny normou ČSN 461060 a patří mezi ně odrůdová kvalita, klíčivost, čistota, užitná hmotnost a další (Straka et al. 2011). Dle použitého účelu a ošetření hovoříme o takzvaném extenzivním nebo intenzivním trávníku, které jsou založeny na upraveném půdním profilu zachovávající si propustnost a podmínky pro růst trav (Svobodová 2004). Požadavkem na intenzivní trávníky je vynikající estetický stav při dlouhodobé a intenzivní zátěži se značnou vytrvalostí. Příprava plochy před založením musí být precizní a po odstranění původního povrchu, může zahrnovat například instalaci závlahového systému. Připravená plocha je dle zvoleného typu buď oseta, nebo dojde k položení travního nebo travino-bylinného koberce. Otevřené, obvykle nezastíněné stanoviště se vyznačuje působením silného ozáření a horkem; často projíždějící tramvaje způsobují vítr. To zvyšuje nebezpečí průvanu a brání rozvoji vysoce kvetoucích stonků rostlin (Steckler et al. 2012).

Požadavky na minimální hloubku vegetační vrstvy jsou 120 - 150 mm, v případě trávníku v kolejišti je navíc zrnitostní složení a obsah organických látek upraven oproti přirozenému prostředí (Cagaš & Svobodová 2013). Obsah humusu pro intenzivní zeleň v substrátu by měl dosáhnout podílu až 70%, vyšší obsah by mohl být naopak kontraproduktivní (Čermáková 2009). Založení je podmíněno rovností terénu, případně s mírnou sklonitostí. Propustnost a zajištění správného odtoku je závislé nejen na volbě vegetační vrstvy, ale také na vhodně zvolené filtrační vrstvě, která nezadržuje vodu a zajišťuje mírnou propustnost (Cagaš & Svobodová 2013). Zvolený typ trávníku je dle volby udržován v optimálních podmínkách. U stanoviště zvažujeme, jaké je zde světlo, teplota a srážky. Pokud je zakládán předpěstovaný trávník, byl pěstován v období přibližně jednoho roku. Položení by mělo být provedeno nejdéle do 48 hodin od chvíle, kdy došlo k zabalení travních dílů s přesahem 10-20 cm (Krajinné trávníky 2018). Po jeho položení je trávník zavlažen, válcován a po pokládce co nejméně zatěžován (Straka & Straková 2015).

Trávník následně podléhá svým přirozeným procesům způsobených stárnutím, nebo vývojem nových výhonů, jenž musí být průběžně regenerovány pomocí prořezávání, aerifikace, hloubkové provzdušnění, pískování a dosev (Pfautsch & Howe 2018). Odhaduje se, že potřeba seče u založeného trávníku, aby byl porost silný a bez plstnatých ploch, je jednou až dvakrát za rok (2012). Rostliny také vyžadují živiny ve formě solí. Ty jsou zajišťovány buď přirozenými rozkladnými procesy v půdách, nebo aplikací hnojiv. Pokud jsou soli přítomny v množstvích, která překračují kapacitu příjmu rostlin, budou vyluhovány do filtrační vrstvy, kde se stanou nedostupnými pro rostliny a mohou být škodlivé pro podkladové desky trati. Takové poškození betonu je známé jako solná vlhkost (Pfautsch & Howe 2018). Steckler (2012) upozorňuje, že v případě volby vysoké vegetace musí docházet k častějšímu sečení na trati a volbě vhodných strojů pro správnou údržbu. V Evropě většina provozovatelů veřejné dopravy upřednostňuje zelené tratě s vysokou vegetací. Pravděpodobně je to zapříčiněno jeho vizuálními přednostmi, které jsou žádoucí při tvorbě městského vzhledu. Čím více přecházíme na jih, tím menší využití můžeme sledovat. Tento jev je způsoben tím, že se zvyšující se teplotou, je nutné zvýšení závlahy. Zachování především estetických a dalších vlastností trávníků vyžaduje dostatečnou hydrataci a to buď závlahovými systémy, případně dostatečnou zálivkou (Krajinné trávníky 2018). Voda použitá na závlahu by měla mít odpovídající teplotu dle teploty rostlin a nesmí obsahovat škodlivé látky. Jako vhodný zdroj pro travnatý svršek je možné využít vodu dešťovou, studniční nebo z vodovodního řádu (Čermáková 2009).

3.5.2 Druhové složení – Česká republika

V současnosti probíhá na území České republiky v hlavním městě Praha projekt v oblasti zelených tramvajových pásů. Ve spolupráci Výzkumného ústavu rostlinné výroby v.i.i. a Dopravního podniku hlavního města Prahy již probíhá realizace projektu s názvem Genofondy pro města a krajinu. Na projektu se dále podílejí Zemědělský výzkum Troubsko, OSEVA vývoj a výzkum ze Zubří, SEED SERVICE z Vysokého Mýta. Projekt, který je financován Technologickou agenturou České republiky a bude probíhat až do roku 2024. V první fázi projektu došlo k osetí tří testovacích polí s třemi druhy osevních směsí pod názvy: Květnatá nižší, květnatá vyšší a květnatá suchá. Výzkum se zaměřuje na vytvoření odolných směsí, které by mohli v budoucnu sloužit nejen na území hlavního města, ale v dalších lokalitách České republiky a v sousedním Slovensku (DPP 2020). Využití se nemusí omezit pouze na tramvajové pásy, ale může i dále sloužit pro účely ozelenění měst a jejich staveb. Dopravní podnik hlavního města Prahy plánuje zatravnění až poloviny svých tratí.

Projekt si klade za cíl využití domácích travin, jetelovin a dalších dvouděložných druhů shromážděných za 25 let zkoumání z genových zásob semen. Směsi by měly především být vysoce odolné, s malými nároky na údržbu i množství vody a to především v souvislosti s přetrvávajícím suchem. Tyto vlastnosti budou sledovány společně s jejich vitalitou a procentuálním druhovým zastoupením. Trávníky jsou v kolejišti extrémně namáhané a z tohoto důvodu je hledáno složení, které bude rezistentní vůči suchu i horkému vzduchu. Jednou z myšlenek je, že tramvajové směsi by neměly mít tak častou potřebu seče. V souvislosti s hledáním udržitelných zelených krytů je do vegetační vrstvy přidáván takzvaný půdní kondicionér – jedná se o pórovité minerály, které pojmu a zadrží více vlhkosti. Vlhkost půdy

a teplota je sledována za pomoci půdních čidel zavedených v testovacích plochách. Důležitou funkcí a součástí hodnocení je estetické hledisko vegetačního pokryvu.

Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby uvádějí, že preference pro travní směsi jsou jednoznačně stanoveny. Jsou použity rostliny nízkého vzrůstu, může být pouze travinný, či travino-jetelovinný v závislosti na stanovišti. Například v rámci tramvajové točny je možné použít i rostliny vyššího vzrůstu. Odrůdové složení se zakládá především na lokálních materiálech, protože ty budou vždy nejméně nákladné a jsou s nimi největší zkušenosti. Dle Dopravního podniku hlavního města Prahy, je aktuální stav dosud použitých směsí takový, že pokud by přestala probíhat údržba, během roku by došlo k vysušení a výskytu plevelů.

V již zmiňované první fázi došlo na tramvajových smyčkách Dopravního podniku k osetí pokusné plochy pod uvedenými názvy. Následně byly položeny travní koberce v Bělohorské ulici v Praze, kde budou po dobu dvou let v rámci experimentu sledovány. Varianty stanovišť travních koberců jsou děleny dle primárních požadavků. Směs pro osluněná stanoviště s travami je složena z druhů vhodných pro suché lokality vystavené slunečnímu záření. Skládá se z kostřavy červené, kostřavy ovčí, kostřavy drsnolisté, psinečku výběžkatého, jílku vytrvalého, lipnice luční a lipnice hajní. Při kombinaci trav a jetelovin obsahuje směs štírovník růžkatý, jetel prostřední, tolici děletovou a další. Směs obohacená o byliny obsahuje například pampelišku obecnou, řebříček obecný, nebo mateřídoušku vejčitou a byliny rodu pryskyřníku či hvozdíku. V případě částečného zastínění je ve směsi trav navíc uvedena metlice trsnatá, u jetelovino-travního mixu je zmíněn štírovník růžkatý či tolice dětelová. Pro obratiště jsou zvoleny výsevem květnaté druhy v zastoupení 40% trav, 20% jetelovin a 40% dvouděložných bylin pocházející z odolných rostlin. Druhoví zástupci pro květnatou odolnou směs jsou vybrány například bojínek, kozinec, jitrocel, kmín, svízel, čekanka, hvozdík, třezalka nebo čičorka. Je patrné, že směs má být vizuálně poutavá a výrazná. Založené směsi jsou uvedeny v obrázcích č. 4 a 5 pro prezentaci výsledného vzhledu ze začátku roku 2022.



Obrázek č. 4 Bělohorská ulice v Praze po pokládce testovacích travních směsí (2022)



Obrázek č. 5 Detail travní směsi v Bělohorské ulici v Praze (2022)

3.5.3 Druhové složení - Mezinárodní

Travníky jsou tvořeny základní travní směsí, která dle Straka et al. (2011) obsahuje více odrůd a tvoří travní směs. Tento základ se skládá ze tří až čtyř druhů trav jako je jílek vytrvalý, lipnice luční, kostřava červená a psineček výběžkatý. Tyto druhy vynikají tím, že jsou vhodné pro rozličná stanoviště, jsou snášenlivé k nízké seči a mají dobrou regenerační schopnost a díky značné výdržnosti při zátěži, jsou vhodnými travními druhy pro travní koberce (Čermáková 2009). Mají společné požadavky na neutrální nebo mírně kyselé pH půd. Travní směsi jsou vytvářeny dle požadavků na jejich využití. V prostředí zelených tramvajových pásů můžeme pozorovat některé opakující se prvky, avšak v závislosti na klimatických podmínkách a původních druzích probíhá v současnosti řada experimentálních studií, které mají za cíl vytvořit vhodnou travní směs pro účely jejich prostředí. Podle Kappis a Schreiter (2016) by vizuálně hezký travník na tramvajové trati měl mít stejnoměrný pokryv s převažujícím druhem travníku až z 90%. Steckler et al. (2012) popsali, že rostliny u kolejových tratí mají obtíže způsobené fyzikálními a chemickými vlastnostmi vegetační vrstvy. Tramvajové tratě jsou zatíženy častým projetím tramvají vytvářející poryvy větru a horký vzduch, což způsobuje nebezpečí dehydratace rostlin, zabraňuje rozvoji kvetoucích stonků a ovlivňuje výskyt opylujícího hmyzu. Všechny ohrožující faktory je nutné zohledňovat při výběru vhodné travní směsi.

Studie z australského prostředí preferuje pro své složení teplomilné travníkové trávy jako je mascarenská tráva mezi jejíž hlavní výhody patří sytý zelený vzhled, bez nutnosti sekání s nízkou potřebou údržby a závlahy. Ehrharta stipoides, která v našich podmínkách také není dostupná, je původem z Nového Zélandu. Vytváří celoroční zelený porost i při suchu a nemá velké nároky na údržbu. Prosovnice širolistá je také jednou z australských trav, která se přirozeně vyskytuje a nevyžaduje náročnou péči ani závlahu. (Pfautsch & Howe 2018) Tyto druhy mají společnou toleranci vysokých teplot a menší náročnost na údržbu a závlahu. Je patrné, že volené druhy odpovídají australským podmínkám a jsou voleny v závislosti na zátěži, které je travník na tramvajovém pásu vystaven.

Oproti tomu studie z Polska, která je našim klimatickými podmínkami velmi blízká, poukazuje na druhové složení na tramvajových tratích v hornoslezské aglomeraci. Analýza Woźnica et al. (2016) byla provedena na již založených pokryvech z pěti různých oblastí jižního Polska. Zde můžeme pozorovat zajímavé výsledky, kde dominují druhy: řebříček obecný, jitrocel kopinatý, lipnice roční nebo jetel plazivý. Jedná se o běžné druhy s vysokou tolerancí. Tento výzkum prokazuje, že na travnaté tramvajové trati se v čase vyvíjí běžné druhy s širokou ekologickou tolerancí. Na složení má vliv obsah dusičnanového dusíku, fosforu a těžkých kovů v půdě. Tyto druhy jsou do značné míry omezeny na stresující prostředí, kde nejsou upřednostněny podmínky pro růst rostlin a neexistuje zde žádná konkurence (Galera et al. 2014).

Projekt tramvajové linky ve Vídni se zabýval zavedením nové travní směsi. Nejprve bylo vytvořeno testovací pole oseté třemi typy osiv. Steckler (2012) uvádí, že se jednalo o druhy trav obohacené o luční semena odolné vůči větru a soli, tepelně tolerantní a se snášenlivostí zastíněných oblastí. Jmenovitě byl použit troskut prstnatý, mochna křovitá, chrpa luční, černohlávek obecný a sléz lesní. Klíčení proběhlo v delším období pravděpodobně z důvodu nutnosti použití „lepidla“ pro uchycení semen, aby nedošlo k jejich odnosu po zavedení do půdy 5 cm pod temenem. Vzhledem k horkému létu bylo nutné vyšší zavlažování, než bylo

plánováno a než je pro dané rostliny obvykle nezbytné. Efekt po vzejití travní směsi byl uspokojivý, jak je patrné z obrázku č. 6.



Obrázek č. 6 Osevní travní směs na tramvajové trati ve Vídni (Steckler 2012)

V Německu se spontánní flórou na založených zelených tramvajových pásech zabýval Brandes (2005). Z jeho průzkumu vyplývá, že v pásech jsou hojně zastoupeny teplomilné plevelné vegetace typických pro ruderalní stanoviště jakým jsou například druhy rodu pelyněk. Jednou z rostlin silně kolonizujících šterk po celé střední Evropě je starček lepkavý. Jeho výskyt je možné pozorovat podél tramvajových tratí také v České republice dle obrázku č. 7 (Prančl 2011).



Obrázek č. 7 Starček lepkavý podél trati v Praze Albertově (Prančl 2011)

Rendeková et. al. (2022) také zkoumali složení flóry tramvajových tratí v Bratislavě. Z prezentovaných porovnání, i vzhledem předcházejícímu výzkumu z roku 2020, potvrzují, že změny v četnosti výskytu organismů byly značné. Počet původních druhů na zelených tratích se snížil a nahradily je nepůvodní rostliny. Obdobné výzkumy potvrzují tento fenomén, jelikož tramvajové tratě jsou suchými stanovišti s otevřenou vegetací a nabízejí vhodné podmínky pro růst nepůvodních druhů (Woźnica et al. 2016). Řebříček obecný a čekanka obecná se po letech na tramvajové trati vyskytují méně, než druhy jakými jsou například jílek vytrvalý nebo pýr

plazivý. Z vysazeného složení je stále zastoupen měsíček lékařský, rožec plstnatý, pohanka obecná nebo vytrvalý sléz pižmový. Autoři doporučují použití původních rostlin, které nezasahují do změn v genetickém fondu a použití více okrasných druhů (Rendeková et al. 2022).

3.5.4 Rozchodník

Rostliny rodu rozchodník (*Sedum*) jsou sukulenty kategorizovány jako rostliny s kyselým metabolismem tučnolistých - Crassulacean nebo také zkráceně CAM. Jedná se o jeden ze tří mechanismů příjmu oxidu uhličitého rostlinami. Rostliny mají schopnost fixovat oxid uhličitý ve tmě pro pozdější použití při fotosyntéze. Otevřením průduchů v noci pro příjem oxidu uhličitého omezují ztráty vody v důsledku transpirace (VanWoert et al. 2005). Tato schopnost umožňuje rostlině přerozdělení příjmu vody do doby, kdy je potřebná. Morfofyziologická charakteristika rozchodníků je prorůstání, povrchový kořenový systém, malé rozměry, dužinaté listy a popsání kyselý metabolismus umožňující jejich přežití na strmých plochách a v extrémních podmínkách i v případě nedostatku vody, živin, zvýšeného obsahu znečišťujících látek nebo snížené tloušťce půdy (Rascio 2021).

Mnohé studie prokázaly, že co se však týká zadržení odtoku vody, je v případě rozchodníku tato schopnost přibližně 50% (Horváthová & Jakubcová 2020). Výzkumy zaměřené na rozchodníky se zabývají jejich vlivem pro zelené střechy pro jejich vhodnost krátkého kořenového systému a vysoké odolnosti s nízkou potřebou zavlažování a rezistencí k proměně teplot. Kappis et al. (2015) popsali základní rozdíly mezi trávníkem a rozchodníky na zelených tratích. Ze srovnání je patrné, že potřeba vody je nízká, bez nutnosti seče a jsou velmi vhodné pro slunná stanoviště. Vegetační vrstva může začínat již na pouhých 4 cm výšky. Je však nezbytné poukázat i na fakt, že rostliny nejsou příliš stabilní a mají nízkou toleranci k sešlapávání, přejezdy po povrchu rozchodníky jsou pro rostlinu téměř likvidační.

Rozchodníky použité na tramvajových tratích je možné konstruovat pomocí předpěstovaných vegetačních kobereců či rozchodníkových kazet (Pfausch & Howe 2018). Výhodou rozchodníku na tramvajových tratích jsou nižší náklady během životního cyklu, jelikož není náročný na údržbu. Díky svému vzrůstu a vlastnostem není potřeba uvažovat nad pravidelností sečení. Za nevýhodu by mohl být považován netradiční vzhled, který je rostlinami vytvářen a jeho náchylnost k sešlapání (Elington 2014) a jeho menší příspěvek k biodiverzitě Sikorski et al. (2018). V závislosti na umístění jsou rozchodníky velmi náchylné na světlo a vyžadují jej. V případě dlouhodobého zastínění může docházet až k odumírání rostliny. Jak uvádí Kappis & Schreiter (2013) rozchodníky mají požadavky na hloubku vegetační vrstvy mezi 6-8 cm. Schreiter (2010) poukazuje na pestrost výběru druhů rozchodníků, kterých je až přes tři sta. Rozšířeny jsou především v severní části polokoule, kdy se za obzvláště významné oblasti jsou považovány Mexiko, Středozemní moře nebo Himaláje. Průkopníky v Evropě byli v Německu, kde došlo k prvním stavbám zelených tramvajových tratí s použitím rozchodníků v 90. letech (Pfausch & Howe 2018).

3.5.5 Druhové složení – Česká republika

V České republice je použití rozchodníku popularizováno a jejich využití můžeme pozorovat v několika velkých městech. Značný rozmach zažily rozchodníky také ve spojitosti

se zelenými střechami. V současnosti je také možné najít na trhu společnosti, které se produkcí rozchodníkových koberců a řízků pro sázení, zabývají. Například společnost SedumTop nabízí na svých webových stránkách rozchodníkový koberec, který je pěstován ve školce minimálně rok pod závlahou a podle potřeby hnojení. Jako druhové složení mix řízků z rozchodníků *Sedum album*, *Sedum album coral carpet*, *Sedum sexangulare*, *Sedum hispanicum*, *Sedum lydium*, *Sedum reflexum*, *Sedum reflexum*, *Sedum lydium*, *Sedum acre*, a dalších (Geomall 2021). V případě společnosti můžeme pozorovat, že složení sestává ze základních druhů. Dopravní podnik hlavního města Prahy také realizoval jeden z projektů na založení rozchodníkového koberece. Jedná se konkrétně o lokalitu Ládví, která byla realizována v roce 2018 na ploše 100 m², jejíž současný stav je uveden na obrázku č. 8. Dle společnosti Acre mají směsi koberců rozchodníků pokryty z 85% vegetací a jedná se o mix 4 až 6 druhů při tloušťce 2 cm. V jejich skladbě nalezneme druhy rozchodníků jako *Sedum album* (směs kultivarů), *Sedum album chloroticum*, *Sedum eversi*, *Sedum hispanicum*, *Sedum reflexum* a mnohé další (ACRE 2021).



Obrázek č. 8 Stav rozchodníku v lokalitě Praha – Ládví (2021)

V současnosti již není úsek udržován, smlouva o údržbě platila pouze do konce roku 2019. Položené koberce obsahují osm druhů rozchodníků s případnou možností doplnění o suchomilné rostliny (Strategie adaptace 2019). Ze současného vizuálního posouzení je možné usoudit, že vegetace je vzhledem k nízkým teplotám na podzim v dobrém stavu až na potřebu odplevelení některých cizích rostlin. Projekty, které byly realizovány v Ostravě společností Brens Stered jsou tvořeny směsí z odrůd rozchodníku *Sedum album*, *Sedum album coral carpet*, *Sedum Murale*, *Sedum reflexum*, *Sedum sexangulare* a *Sedum spurium* (Brens 2021). Společnost pro účely zelených tramvajových tratí produkuje absorbér pro odhlučnění kolejí z recyklovaných materiálů s vrstvou vegetačního krytu. Dle závěrů pilotního projektu

aplikovaných rozchodníků došlo k narušení rostlin solí, která měla za následek devastaci použité vegetace (Strategie adaptace 2019).

3.5.6 Druhové složení – Mezinárodní

Vědecká práce Schreiter (2010) z Berlína uvádí jako základ složení *Sedum spurium*, *Sedum album*, *Sedum sexangulare* a *Sedum floriferum*. Jedná se o doporučované druhy rozchodníků pro jejich použití a odolnosti v různorodém podnebí. Tyto odrůdy vykazují konzistentní tvar, strukturu i pigmentaci (Pérez et al. 2020). V Berlíně byly zkoušeny různé varianty zavedení rozchodníkového krytu pomocí rozprašování či manuálního sázení, které byly vyhodnoceny jako nevyhovující.

Výzkum z města Bratislava uvádí některé druhy vysazené na zelených tramvajových tratích jako například *Sedum hispanicum* a *Sedum spurium*. Výhodou zelených tratí v Bratislavě je, že tratě byly pokryty koberci mnoha stále zelených druhů rozchodníků, které mají jen nízké nároky na průběžnou údržbu a vyžadují tak méně lidských zásahů. Podle Rendeková et al. (2022) by se mělo jednat o takové původní druhy, které nejsou schopny dramaticky měnit místní genetický fond, a které mohou existovat i v podmínkách prostředí tramvajových tratí jako jsou *Sedum Acre* nebo *Sedum Album*.

Příkladem je také studie z jižní polokoule v podmínkách Austrálie, kde byla použita kritéria, jako je životnost druhu, optimální půdní vlhkost, světelnost, výška růstu či mrazuvzdornost. Výchozím bodem je tolerance k vysokému provozu a potlačení plevelu na základě zkušeností s použitými rostlinami ve městě. Přestože by se mohlo zdát, že rozchodníky pro ně budou ideálním řešením vzhledem ke klimatickým podmínkám, naopak je stanoveno, že se jedná o nevyhovující druh z důvodu nepůvodnosti rostliny (Pfausch & Howe 2018).

Výzkum z oblasti Číny Chen et al. (2022) zkoumal na dvou typech rozchodníky inženýrské možnosti pro zavedení v šířce vegetační vrstvy 14 cm zasazené do dvou umělých prostředí a poskytnul možnost pochopení interakce mezi kořeny rostlin a umělým prostředím. To mělo na rostlinu značný dopad, překvapivě negativní a to především na jejich kořenovou síť z důvodu ucpávání pórů ve vrstvě způsobené rozpínáním kořenů.

3.5.7 Umělé trávníky

Umělé trávníky byly vyvinuty v 60. letech 20. století v Americe (Perun 2014). Jedná se o dlouhodobě známou alternativu nahrazující trávníky přírodní tam, kde je jeho pěstování v přirozených podmínkách velmi obtížné či nemožné. Pokryv umělým materiálem přináší výhodu v podobě nízkých nákladů spojených s údržbou během celého roku. Jak prokázal Schreiter (2010), umělý trávník měl pozitivní dopad na snížení hluku na tramvajové trati. Je však nezbytné zmínit nevýhody tohoto typu povrchu. Vzhledem k umělým materiálům nemůže docházet k absorbování oxidu uhličitého fotosyntézou, nevsakuje vodu, nepodporuje evapotranspiraci a nereaguje sezónně (Eglinton 2014). Jak prokázal ve své studii Židek (2016) měření teplot s aplikací umělého trávníku dochází k navyšování teplot měřeného povrchu v kombinaci s asfaltem plochých střech. S předpokládanými benefity, které přináší ozelenění tramvajových tratí v případě umělého trávníku, není možné počítat, přináší však estetickou funkci pro město.

Umělé trávníky skýtají možnost designování požadovaného vzhledu dle potřeb. Od volby barvy, výšky či zvoleného materiálu. Jak uvádí ve své práci Němečková (2013), náklady na výrobu umělého travního koberce jsou téměř trojnásobné oproti přírodnímu trávníku dle tabulek znázorňující finanční požadavky od přípravných prací až po založení. Není možné tvrdit, že umělý povrch je bez údržbový, jelikož bez nutných zásahů dojde z dlouhodobého hlediska k jeho znehodnocení. Umělý trávník podléhá opotřebení a deformaci při pravidelném zatížení (Perun 2014). Vzhledem k tomu, že se jedná o výrobu pomocí umělých materiálů, není umělý trávník právě ekologickou variantou, což z hlediska koncepce neodpovídá současným záměrům rozvoje evropských měst.



Obrázek č. 9 Umělý trávník ve městě Košice na Slovensku (Brens 2021)

3.6 Konstrukce

Pro vytvoření stavby, včetně zeleného pokryvu, je potřeba řešit nároky, jenž prostředí tramvajových tratí přináší. První obtíží z hlediska založení vegetačního krytu je limitovaný a jednoznačně vymezený prostor konstrukce trati, který bude dosahovat určité výšky, kterou zastropuje profil samotných kolejí. Jelikož se jedná o sofistikovaný systém propojující technické a inženýrské sítě, musí být plánovány celkové dopady této konstrukce. Jedním z efektů, který je při stavbě velmi nákladnou položkou je ochrana proti bludným proudům, které se mohou působením zeleného vegetačního krytu posilovat.

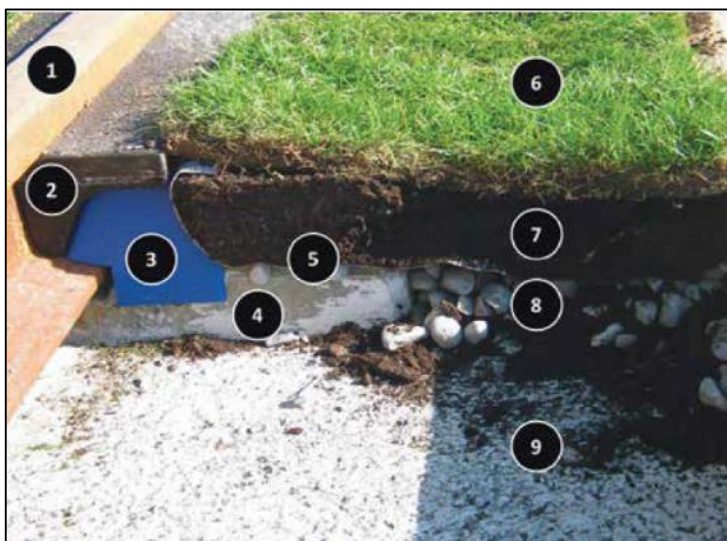
V závislosti na vegetační vrstvě hovoříme o zásobě vody pro rostliny. Pokud bude výška nižší než 300 mm, pak musí být zajištěna dodatečná drenáž z důvodu zabránění nasycení či

zaplacení vrstvy zavlažováním nebo dešťovou vodou (Pfautsch & Howe 2018). Příkladem drenážní vrstvy může být aplikace keramzitu, písku, agroporlitu ve vrstvě 40-50 mm, následována pokládkou geotextílie a na ni nasypáný vegetační substrát (Cagaš a Svobodová 2013). Je nutné mít na paměti, že pokud je vegetační vrstva na úrovni tratě může docházet k poškození především v zimních měsících údržbou silnic (Steckler 2012). Elington (2014) upozorňuje, že po instalaci jsou zelené pásy náchylné k nesprávnému zavlažování a to v důsledku vegetační vrstvy a půdní směsi, kterou obsahuje. Do směsi mohou být přidávány prameny syntetických vláken pro posílení kořenového systému, nebo jak je tomu v případě konstrukce v Praze, půdní kondicionér, jakým může být například Terracottem.

Zadržetí vody v substrátu je navýšeno podílem organické hmoty zabraňující zhutňování a zároveň sloužící k navazování živin. Optimální kyselost půdy je v rozmezí 5,5-6,5 pH s optimální koncentrací draslíku, fosforu, hořčíku, vápníku a dalších prvků vhodných pro rozvoj trav (Svobodová 2004). V současnosti byl v Praze využíván systém, kdy byly použity travníkové substráty, na něž byl umístěn travní koberec. Jedná se o humusovou zeminu s granulátem o výšce 150-170 mm a předpěstovaného travního koberce o výšce 30mm s použitím žlábkových kolejnic NT1 upevněných na betonových pražcích uložených do šterkodrtě či šterku dle projektové dokumentace. Při práci s humusovou složkou je třeba dbát zvýšené opatrnosti, jelikož kontaminace nosného šterku mezi pražci by byla velmi nežádoucí. Složení vegetační vrstvy s nevhodnějšími hydrofyzikálními vlastnostmi je i nadále předmět výzkumu.

Zahraničním příkladem může být také zelená trať v Box Hillu, která je postavena na betonovém základu, vyrobeném z vyrovnaného, zhutněného písku. Má skeletovou konstrukci ze železobetonových desek položených k upevnění kolejnic a příčníků v nastavených intervalech (Pfautsch & Howe 2018). U kolejnic může docházet k předčasné korozi a je potřeba zvažovat využití protikorozi úpravy (Ročenka dopravy 2016). Prostory mezi betonovými deskami se vyplní 150-200 mm vrchní zeminou a pokryty původními druhy trávy. Výběr druhů se řídil tolerancí rostlin vůči suchu, a také splnění závazku provozovatele zlepšit životní prostředí a využít původní druhy v procesu ekologizace (Pfautsch & Howe 2018).

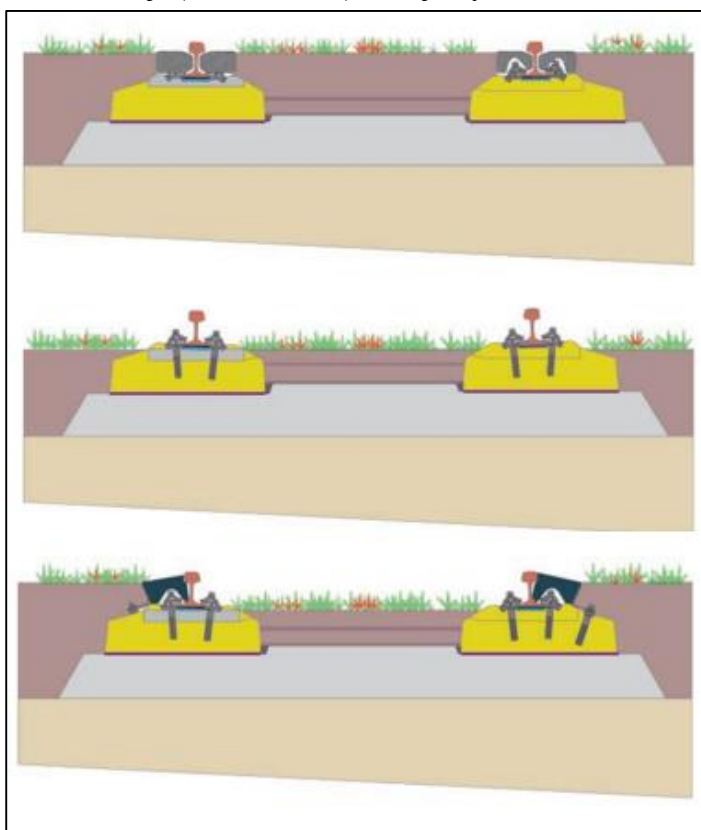
V rámci Standardů pro navrhování, provádění a údržbu zelených střech (2016) jsou uvedeny funkční vrstvy následně: vegetace, vegetační vrstva, filtrační vrstva, hydroakumulační vrstva, drenážní vrstva, ochranná vrstva, separační vrstva a kořenovzdorná vrstva. Komponenty zelených tramvajových tratí jsou velmi obdobné, jak je popsáno na obrázku č. 10.



1. Kolejnice,
2. Izolace kolejnice,
3. Izolace upevnění kolejnice,
4. Železobetonový výplňový blok,
5. Geotextílie,
6. Trávník,
7. Vegetační vrstva,
8. Filtrační vrstva,
9. Základová betonová deska.

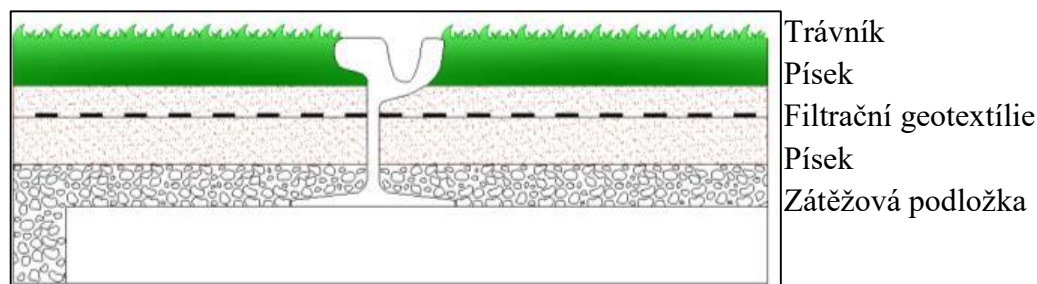
Obrázek č. 10 Konstrukce zelené tramvajové tratě (Pfausch & Howe 2018)

Běžný kolejový svršek využívá kolejnice upevněné na betonových pražcích uložených do štěrkového lože, při čemž vegetační kryt je od kolejnic oddělen pryžovými bokovnicemi (Strategie adaptace 2019). Tratě můžeme dále rozdělit na nízko vegetační, kdy rostlina sahá na úroveň paty kolejnice, tratě s vysokou vegetací obvykle dosahující výšky po vršek kolejnice a řešením, které kombinuje obě předcházející varianty, kdy je nízká vegetace uvnitř a vysoká zvenci kolejí (ČVUT 2021), což je vyobrazeno na obrázku č. 11.



Obrázek č. 11 Konstrukce dle založení vegetace – vysoká, nízká a kombinovaná (Kappis et al. 2015)

Zakládání vrstev musí být provedeno při optimální vlhkosti do 20%, pokud by byla vlhkost vyšší je nutné materiály vysušit a provzdušnit. To se týká především zavedení filtrační vrstvy typu šterku a písku. Při umísťování geotextílie je nutné rovnoměrné umístění bez povrchových vad a jednotlivé díly by na sebe měly navazovat překryvem. Geotextílie je náchylná k degradaci způsobením působením světla, práce s ní by tedy měla proběhnout bezodkladu (Pérez & Tamarit 2014).



Obrázek č. 12 Vstvy podél profilu kolejnice (Pérez & Tamarit 2014)

Při všech konstrukčních procesech je nezbytné zachovat se dle nastavených postupů a v rámci bezpečnostních směrnic. Stavební práce jsou prováděny specializovanými společnostmi, které v souladu s normami vypracují projektovou dokumentaci, a následně stavbu realizují dle stanoveného plánu. Existuje řada možných konstrukcí zelených tramvajových tratí. Za nejjednodušší je považován systém samostatných betonových trámů, který umožňuje zcela volné odvodnění podloží (Elington 2014). V plánování konstrukce je potřeba zvážit klimatické podmínky stanoviště pro vhodnou volbu vegetace, specifika území s ohledem na ekologický přínos a požadavky na městský ráz a její obyvatele. Funkčnost, udržitelnost, závlahu a údržbu v souvislosti s finančními náklady musíme hodnotit komplexně s vyhlídkou do budoucna.

3.7 Negativa

Široce diskutovaným problémem, které zelené tratě ve městech způsobují, je nesjízdnost zatravněné plochy. Po tramvajových kolejkách sice mohou vozidla záchranných služeb projet, avšak zatravněné plochy by bez značného poškození unesly pouze váhu malých vozidel. Zatravněné kolejové lože nejsou pro jízdu těžkých vozidel vhodné (Steckler 2012). V Praze je na tento problém poukazováno z důvodu často kolonami zatíženými úseky, kde vozidla záchranných složek, ale i běžní účastníci silničního provozu, nemohou projet. Jedná se o překážku v jejich přepravě (Strategie adaptace 2019). Trávníkový kryt se zdá být vhodný pro místa, kde je přílehlý silniční provoz vysoký, což ovšem vytváří neustálou přítomnost větru, která způsobuje a urychluje ztrátu vody odpařováním (Pfausch & Howe 2018). Zelené tramvajové tratě mohou čelit obtížím s deformací kolejových tratí z důvodu sesedání terénu. Na povrchu kolejí se mohou hromadit nečistoty či organické zbytky a může docházet ke zhoršení stavu vegetačního krytu. Pohyb tramvajových kolejí roztahováním a smršťováním oceli působením teplot zapříčiňuje pohyb půdy, která je s ní v kontaktu. Další konstrukční problém může být váha projíždějících tramvají, které mohou způsobit pohyby ornice, pokud není udržována.

Vegetační vrstva může také čelit následkům špatného utužení, nebo řešení drenážního systému, který zaviní nežádoucí zadržování vody, a dále nevhodně působit na deformaci půdní vrstvy. Závažným problémem může být hromadění odpadních látek nebo částic, které brání odvádění dešťové vody přes filtrační vrstvu, což může mít za příčinu vodní kapsy a deformaci půdy. Nahromaděná voda může způsobit vážné škody především v zimě, kdy v rámci zamrzání dochází ke značné deformaci půdy. Jak uvádí Pérez & Tamarit (2014) povrchovou vrstvu může poškodit i nadměrná vlhkost, přívalové deště, kroupy nebo sníh.

V zimním období může docházet k imisi soli z ulice v případě výskytu sněhu a působit vegetaci vážné problémy. Když je vegetační vrstva na jedné úrovni s tratí, zimní služby mohou způsobit obrovské škody ve vegetační vrstvě a to důsledkem hromadění odumřelého rostlinného materiálu na povrchu půdy. Zimní počasí způsobuje trvalé následky v podobě dosévání poškozených ploch během jara a kazí vizuální dojem ze zelené dráhy (Steckler et al. 2012).

3.8 Přínosy a funkce zelených tramvajových tratí

Důvodů pro ozelenění tramvajových tratí je mnoho, mají ekologický, ekonomický i sociální vliv na danou lokalitu. Tyto pozitivní vlivy jsou značné v uzavřených městských oblastech. Vegetace přináší městu lepší estetický ráz a dodává mu příjemnější atmosféru. Přínosy zelených ploch a zelených prvků byly popsány v podkladovém dokumentu zpracovaném pro účely evropského workshopu na téma zelené infrastruktury (Ecologic 2011). Zvýšení kvality stanoviště se zelenou plochou, zlepšení poskytování ekosystémových služeb spojené s uložením uhlíku, snížení rizika povodní, snížení eroze půdy, zvýšení socioekonomické hodnoty oblasti, dopady na zaměstnanost a místní komunitu.

Zelené pásy představují specifické migrační koridory pro rostliny a vytvářejí specifický nezanedbatelný biotop města. Příkladem je ozelenění dvoukilometrové dvoukolejné trati, čímž vznikne zelená plocha o velikosti 10 000 m². Jedná se o rozsáhlé území města, k jehož ozelenění dochází (Kappis 2013). Stavba zelených tramvajových tratí se stala běžným řešením v mnoha evropských městech ve snaze reagovat na rostoucí nároky na zelené plochy. Udržitelná městská mobilita je jednou z aktuálních priorit pro evropské tvůrce politik a podporu projektů zaměřených na zlepšení dopravní infrastruktury (Sikorski et al. 2018).

V posledních desetiletích dochází v řadě měst k instalaci zelených krytů tramvajových tratí jako alternativě ke standardním kolejnicím umístěným na betonových pražcích, nebo žlábkových kolejích, protože ozeleněné koleje jsou pro obyvatele měst přínosem (Horváthová & Jakubcová, 2020). Tramvajová doprava je oblíbenou volbou obyvatel kvůli nízkým emisím ve městech (Klera & Bacieczko 2013) a její poměrně nezávislosti na případných komplikacích v provozu oddělením tramvajových tratí od vozovky, ji dělá příjemnější volbou pro cestování v přeplněných městech.

Strategie adaptace hlavního města Prahy (2019) na změnu klimatu upozorňuje na přínosy zelených tramvajových tratí v oblasti životního prostředí, jenž nejsou patřičně akcentovány. Jak uvádí Eeckhout (2021), panuje značná obava, že s pokračující urbanizací bude stále více docházet k zastavění ploch a z hlediska životního prostředí bude vytvářeno čím dál více nečistot a znečištění, která velká města s vysokou hustotou zalidnění společně produkují. Zvláště když uvážíme, že až 70 % evropanů žije ve městech. Z hlediska těchto otázek můžeme identifikovat

obavy v sektoru životního prostředí, že ekonomická návratnost, městský branding a lidská činnost, podkopává efektivní řízení ekologických zdrojů (Mell 2021). O to větší důraz a potřeba by měla být kladena na důsledné plánování a následné ozelení městských ploch včetně zatravnování kolejových tratí. Není překvapením, že v současnosti vzniká stále více studií, zaměřujících se na bezpochybnou potřebu zazelenání měst s ohledem na jejich pozitivní i negativní vlivy. Náležitá pozornost je v současnosti věnována tématu zelených střech, které jsou v rámci práce zmiňovány pro svou podobnost s použitými zelenými vegetačními kryty. Je nezbytné rozšiřovat kvantitativní důkazy o přínosech zelených tramvajových pásů.

Lidé jsou ovlivňováni změnou klimatu v jejich každodenním životě, zdraví a pohodě. Potřeba na současné ohrožení reagovat je nesporná a vede k řadě pokynů a směrnic pro adaptaci městského klimatu a rostliny jsou k tomu hlavním klíčem. Z důvodu zakrývání otevřeného prostoru a evapotranspiraci rostliny snižují energetickou zátěž městské struktury a zvyšují tepelný komfort a odolnost vůči klimatu mezi mnoha dalšími ekosystémovými službami. Rostliny jsou proto popisovány jako zelená infrastruktura, kvůli blahodárným účinkům, které poskytují (Schreiter & Kappis 2013). Pokrytí městských intravilánů, vysoká intenzita dopravy a další faktory vedou k nepříznivým ekologickým důsledkům na městské klima, které jsou spojeny se značnými následnými náklady a nezměrnými dlouhodobými dopady pro životní prostředí (Kappis et al. 2015). Ekologické aspekty jsou stále více zohledňovány při stavbě tratí a železnic. Tramvajové a železniční tratě mohou sloužit jako další zelené plochy v zastavěných oblastech měst, pokud jsou přeměněny na zelené tratě nahrazením betonu mezi kolejemi, nebo ruderální vegetací plevele na tratích zelenými koberci s vysázenou vegetací (Sikorski et al. 2018).

3.8.1 Vliv na zadržování a snížení odtoku vody

V porovnání s tratí bez zeleného pokryvu je vodní bilance zelených tratí blíže k přirozeným přírodním procesům. Vodní bilance se skládá z odtoku vody, akumulace vody a odpařování. Vegetační systémy v zelených tratích ukládají srážkovou vodu od počátku až do nasycení (Schreiter & Kappis 2013). Zelené tramvajové pásy jsou schopny snížit odtok dešťové vody, zadržet dešťovou vodu v krajině, zachovat přirozenou vodní rovnováhu (Sitzenfrei 2020). Pokud dešťová voda zaplní póry v substrátu nebo drenážních vrstvách, tento proces následně zpozdí tok a sníží tím maximální přímý průtok do dešťových kanalizací (Fai & Bakar 2018). Ekosystémy zelených pásů mají vliv na načasování a velikost odtoku vody a doplňování vodonosných vrstev, zejména pokud jde o potenciál zadržení vody.

Zatravněný úsek má schopnost zadržení povrchové vody v půdě až do 90 % v závislosti na šířce půdní vrstvy a ročním období (Strategie adaptace 2019). Pro rostlinný a živočišný život v oblasti vegetačních pásů můžeme poukázat také na účel v biochemických a fyzikálně-chemických procesech spojených s odstraňováním odpadů a znečišťujících látek z vodního prostředí (Liquete et al. 2015). Dalšími faktory ovlivňujícími zadržování vody je typ drenážního prvku, jejich zadržovací schopnost, typ vegetačního krytu, srážkových úhrnech, předcházejícím období sucha a svažitosti pozemku (Horváthová & Jakubcová 2020). Extenzivní vegetační systémy zadržují průměrně 50 % srážek, při čemž intenzivní vegetační systémy udrží mezi 70 % až 100 % (Schreiter & Kappis 2013). Dešťová voda může být absorbována substráty a

přijímána rostlinou, kde je buď skladována v rostlinných tkáních, nebo se vrací do atmosféry prostřednictvím evapotranspirace (Fai & Bakar 2018).

Srážková voda se dostává do kanalizace a do podzemních vod. Pokud je odvodnění koleje napojeno na městskou kanalizační síť, bude zatížení ozeleněné trati menší než na neozeleněné trati. Rizikem při zvýšení povrchových srážek může docházet k přetížení kanalizací, který odvádí znečištěnou vodu. K odtoku srážek z tratě se zeleným pokryvem dojde v případě dlouhodobých, na sebe navazujících srážek, nebo při silném dešti. Jak bylo zmíněno, nashromážděná srážková voda se vrací zpět do ovzduší především výparem a transpirací z půdy a rostlin. Tím dochází ke zvyšování vlhkosti vzduchu a následnému ochlazení odpařováním. Množství akumulace vody v zelených tratích závisí na typu vegetačního systému. (Schreiter & Kappis 2013) Akumulace vody při dobře zavedeném řešení může umožňovat zvládnutí suchých období, které je také jedním z projevů extrémního počasí současnosti. Extrémy horkého počasí, jako jsou vlny veder nebo sucha, stejně jako intenzita a frekvence silných dešťů se v posledních desetiletích zvýšily a v důsledku klimatických změn se očekává jejich zesílení (Göbner et al. 2021).

Rámcové směrnice o vodě 2000/60/ES a směrnice o povodních 2007/60/ES tvoří směr pro zavádění programových opatření uvedených v Evropském přehledu. Členské státy zajišťují nezbytná opatření, aby předešly zhoršování stavu všech útvarů povrchových vod s upřednostněním ekologických opatření. Dokumenty představují opatření k zadržování vody, jakými jsou opatření protipovodňové ochrany pro městské oblasti, hospodaření s vodou ve městech a jejich monitoring kvality spojeného s ekologickým potenciálem. Navrhovaná technická opatření a plánování zelené infrastruktury musí náležitě zohledňovat předpovědi klimatických změn, zejména pokud jde o výskyt extrémních jevů a dalších souvisejících změn (European Commission 2019).

Jak popisuje Zelenáková (2016), tak jako je tomu u zelených střech, obdobně jsou i zelené tratě navrženy způsobem, aby zachycovaly dešťové srážky, které jsou zpomalovány, když protékají vegetací a drenážní vrstvou, čímž napodobují stav před zavedením městského pokryvu. Část vody je zadržována v drenážní vrstvě a zachycována vegetací, zbytek je odváděn kanalizací. Průtoky jsou sníženy a utlumeny ve srovnání s běžnými povrchy, a také jsou sníženy celkové objemy průtoků vody. Zelené tratě zachycují srážky u zdroje a představují první složku udržitelného řízení odvodnění.

V dešťové vodě jsou zachytávány suspendované sedimenty představující největší množství zátěže znečišťujících látek do přijímajících vod z městských oblastí a jsou obecně přenášeny městským odvodněním jako nebodové znečištění. Znečištěný městský odvodňovací odtok může být škodlivý pro rostliny, zvířata a lidi a jeho kvalita byla při navrhování městských odvodňovacích systémů přibližně do roku 1980 do značné míry ignorována (Martínez 2018).

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro efektivní hospodaření s vodou pomocí zazelení v městských oblastech je zavedení přirozeného hydrologického cyklu. Obvyklým řešením bývá odvádění vody mimo město kanalizačním systémem a je tím ztracena možnost dalšího využití. Na základě výzkumu Smets et al. (2019) zabývajících se konfigurací městského prostoru a funkčním propojením odtoku, byla pomocí různých designových experimentů analyzována korelace různých krajinných metrik s funkčním spojením odtoku, a byly charakterizovány základní mechanismy. Jejich analýza naznačuje, že jemnozrná krajina se stejně velkými nepropustnými plochami je účinnější při pohlcování odtoku, než krajina s více hrubými zrny z

čehož vyplývá potřeba a důležitost zazelenění měst ve vysoce urbanizovaných krajinách. Optimalizační technika použitá v této studii by mohla v budoucnu vést k užitečnému nasměrování pro rozhodování, kde by bylo nejlepší vybudovat městské zelené plochy ve skutečné městské krajině. Půda pod vegetací je méně zhutněna než půda při jiném využití městské půdy, což usnadňuje přirozenou infiltraci a stimuluje odtok vody (Smets et al. 2019).

Vodní bilance je významně ovlivněna změnami teplot v závislosti na ročním období. V letním období je vliv zelených tratí na regulaci vodní bilance města největší. V tomto období může docházet k silným srážkám, kdy zelené tratě zadrží okolo 90 % toho, co na ni naprší. Na rozdíl od zimních měsíců vede vysoký výpar rostlin a půdy během léta ke zmírnění nasycení vodou, a tím ke zlepšení schopnosti akumulace vody ve vegetačním systému, jak prokázala berlínská studie (Schreiter & Kappis 2013).

3.8.2 Vliv na mikroklima města

Výzkumů potvrzující ochlazující efekt zelených střech a jejich efekt na snížení intenzity tepelných ostrovů, bez ohledu na klimatické podmínky, je značné množství. Suché klima má nejvyšší střední chladicí účinek okolo 3 °C ze všech zkoumaných podnebí. Horké a vlhké klima má nejnižší chladicí potenciál 1 °C ze všech typů klimat (Elmira 2021). V městském prostředí budovy a nepropustné povrchy, jakými jsou beton a asfalt, nahrazují otevřenou půdu a vegetaci, čímž se vytvářejí jiné tepelné objemové vlastnosti, také jinak tepelná kapacita a tepelná vodivost v zastavěném prostředí (Balany 2020). Uvedené povrchy spíše pohlcují, než odrážejí sluneční záření, což způsobuje, že povrchové teploty a celková okolní teplota se v městských oblastech ve srovnání s venkovským prostředím zvyšují (Elmira 2021). V městské krajině tak vzniká „ostrov“ značně vyšší teploty. Studie Shakya & Ahiablame (2021) hodnotící přínosy a náklady zelených střech ve městě Toronto odhalila, že rozšířené zavedení zelených střech ve městě pomohlo snížit místní teplotu okolního vzduchu v rozmezí 0,5 °C až 2 °C.

V případě až 37,1 % hodnocených studií byla tráva zahrnuta jako jeden z nástrojů strategie pro zmírňování tepelných ostrovů. Tráva je schopna ochlazovat povrchy a tím pomáhat zmírňovat horko (Schreiter & Kappis 2013). Ve srovnání se stromy má však tráva mnohem menší vliv na snížení teploty vzduchu a zlepšení tepelného komfortu člověka. Ti, kteří zkoumali účinnost trávy na zmírnění tepelného stresu, dospěli k závěru, že stromy jsou při zmírňování lidského tepelného stresu účinnější než tráva (Gößner et al. 2021). Pokud jde o tepelnou pohodu, některé studie prezentují výsledky s maximální možností snížení teploty o 4 °C při aplikaci trávy. Kombinace trávy a jednoho z prvků zelené infrastruktury může přinést lepší výsledek ve zlepšení mikroklimatu i tepelného komfortu. Navzdory omezenému počtu odpovídajících studií lze vyvodit určité předběžné závěry, že kombinace stromů a trávy snížila okolní teplotu až o 2 °C. Z hlediska tepelné pohody Lobaccaro et al. (2014) zjistili, že maximálního zlepšení lze dosáhnout až při 10 °C.

Ochlazovací efekt vzniká výparem vody z půdy a transpirací vody vegetací. Z měření prezentovaných ve výzkumu zelených střech Gößner et al. (2021) vyplývá, že byly zaznamenány vysoké míry evapotranspirace. Studie provedená v severním Německu s velmi podobným experimentálním uspořádáním zjistila, že zavlažování v létě může zvýšit rychlost evapotranspirace na přibližně 5 mm d⁻¹ (Schreiter & Kappis 2013). Jako hnací faktory lze identifikovány sluneční záření a relativní vlhkost, což jsou proměnné, které nelze v prostředí

ovlivnit. Navíc se ukázalo, že dostupnost vody ve formě deště a výsledná vlhkost substrátu jsou vysoce relevantní pro evapotranspiraci. I když je dešť dalším environmentálním faktorem, který nelze kontrolovat, výsledky ukazují, že technická řešení mohou regulovat vlhkost substrátu (Balany et al. 2020).

V několika testech byl prokázán vliv vegetačních systémů na okolní teplotu okolo trati a na ní. Tento efekt je důležitý zejména v létě, kdy se plochy bez vegetace, jako jsou štěrkové tratě, extrémně zahřívají v důsledku vysoké absorpce tepla (Lobaccaro et al. 2014). V průběhu dne se tratě bez zeleného pokryvu zahřívají na vyšší teplotu, než je teplota vzduchu. Výzkumy v Drážďanech určily na povrchu štěrkových tratí teploty až 50 °C. Na rozdíl od oddělených výjimek byla teplota štěrkové dráhy vždy nad teplotou vzduchu. Takže i štěrkové tratě mají svůj podíl na sníženém ochlazování měst v noci. Vegetační systémy využívající trávu nebo rozchodník se i přes intenzivní radiaci neohřály na více než 25 - 30 °C. Zatímco v neozeleněných částech, jako jsou betonové plochy nebo jiné pevné plochy, teploty vzrostly nad 50 °C (Schreiter & Kappis 2013). Tramvajové pásy navíc pozitivně poslouží, díky povaze travního pokryvu, ke snížení albeda, tedy odrazivosti pokryté plochy (Rejmánek 2020).

Dle Gößner et al. (2021) k nejrychleji probíhající evapotranspiraci z ozeleněných ploch dochází během letních měsíců mezi červnem a červencem. Jedná se o období s nejvyššími teplotami vzduchu a nejdelšími hodinami slunečního záření a zároveň největší energií pro evapotranspiraci. Na zvýšení evapotranspirace společně se snížením teplot vzduchu je poukazováno také ve Strategii adaptace (2019). I přes některé výkyvy v měřeních, které byly vyloučeny díky kolísání teplot a dostupnosti vody, byl prokázán potenciál zadržování vody, ze které byla odváděna se schopností migrovat zpět do vrstvy substrátu a produkovat vysoký obsah půdní vlhkosti (Gößner et al. 2021). Evapotranspirace je dále ovlivněna použitou vegetací, což je značné v případě rozchodníku, který je schopen uzavřít průduchy pod tlakem vody během horkých a suchých dní a zabránit tak ztrátám, které jsou připisované transpiraci rostlin (Schreiter & Kappis 2016).

3.8.3 Vliv na absorpci a zadržování škodlivin

Zásadním problémem městských aglomerací je znečištění ovzduší částicemi a navázanými látkami. Znečištění ovzduší a lidské zdraví, stejně jako zelená infrastruktura a lidské zdraví, jsou často studovány společně. Čím menší jsou částice, tím vyšší riziko pro člověka existuje, protože malé částice se dostávají do vnitřní části dýchacího traktu. Částice pod 0,1 µm infiltrují krevní oběh a jejich škodlivost je ovlivněna chemickými a fyzikálními vlastnostmi (Schreiter & Kappis 2013).

Dle European Environmental Agency (2021) existují různé zdroje znečištění, v rámci nichž probíhají celosvětové postupy pro zmírnění dopadů na ovzduší. Lidstvo je stále závislé na spalování fosilních paliv způsobujících emise skleníkových plynů, jak v odvětví automobilové dopravy, tak průmyslu i energetiky. Nežádoucí efekt této činnosti vede každoročně ke zdravotním komplikacím a při vysoké koncentraci i k nárůstům úmrtí v zasažených oblastech. Ozeleněné a lidské zdraví jdou ruku v ruce, a tak je implementace zelené infrastruktury častým tématem diskuzí a představuje společenskou výzvu pro zmírnění dopadů problému znečišťování ovzduší. V případě zlepšení mikroklima dochází k přímo úměrnému navýšení vlhkosti ovlivňující tvorbu vzdušného prachu (Strategie adaptace 2019). Podle Fai &

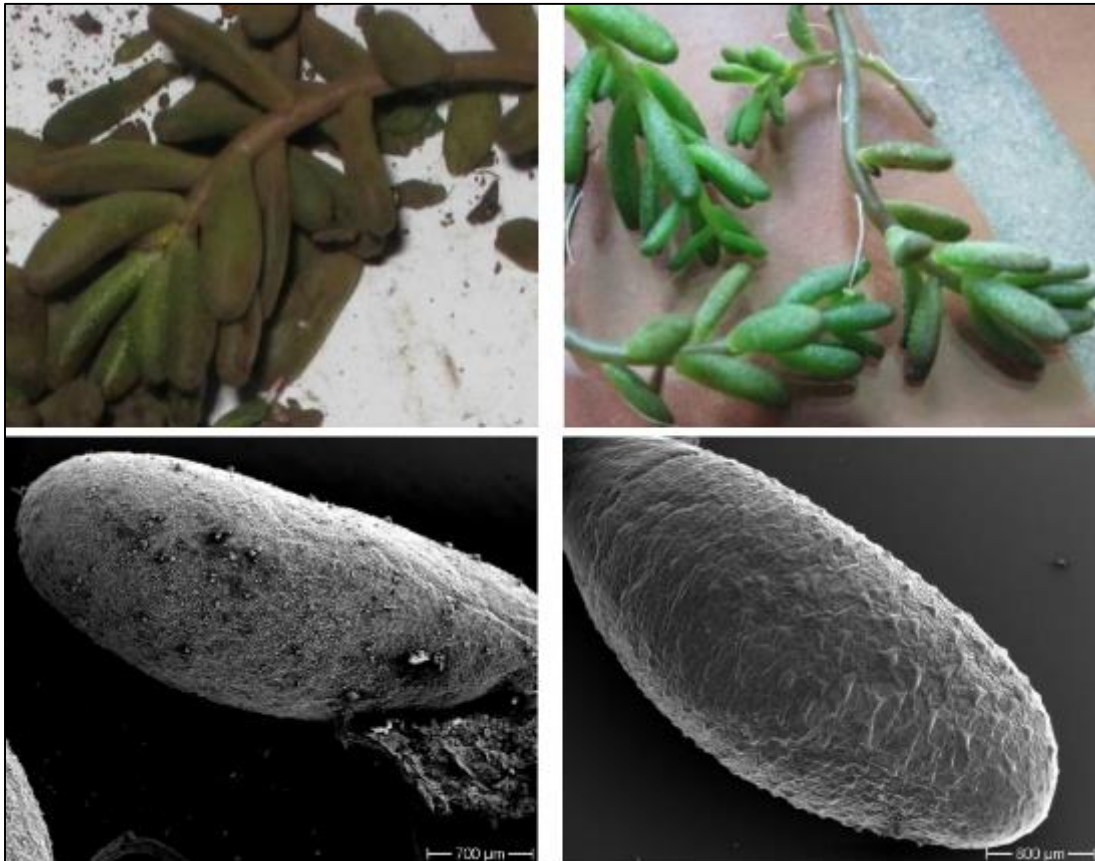
Bakar (2018) rostliny na zelených střechách mohou fungovat jako filtr k odstranění oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a oxidů dusíku. Uvedli také, že u nově zavedeného pokryvu zelené střechy lze pozorovat až 21 % snížení oxidu dusného a 37 % oxidu siřičitého.

Kumar et al. (2019) poukazuje na některé druhy vegetace, jenž mohou uvolňovat reaktivní plyny, následně je kondenzovat a reagovat s jinými druhy jako jsou hydroxylové ionty a nitrátové radikály za vzniku malých sekundárních částic, které zůstanou suspendované po relativně dlouhou dobu v okolním vzduchu. Tyto částice mohou znatelně ovlivnit chemii látek znečišťujících ovzduší v místním, regionálním a dokonce globálním měřítku. Nejvýznamnějšími reaktivními biogenními těkavými sloučeninami jsou isopren, monoterpeny a seskviterpeny, které mohou řídit produkci a ztrátu ozonu a tvorbu sekundárních organických aerosolů (Fai & Bakar 2018). Je zřejmé, že krátkodobé zadržování atmosférických částic městskou vegetací může snížit koncentrace znečišťujících látek v okolním prostředí, účinnost rostlin jako dlouhodobé alternativy k jiným opatřením je však stále předmětem diskuse (Kumar et al. 2019).

Z analýzy Karagulian et al. (2015), která byla provedena v 529 městech 51 zemích, odhadly globální průměry městské koncentrace suspendovaných částic. Jedná se o jemné částice prachu, které se mohou lišit svou fyzikální podstatou a jsou též označovány jako aerosol (Ministerstvo ŽP 2011). Analýza prokázala, že emise z dopravy přispěly z 25 % měřených prachových částic (PM) v koncentraci PM10, následované průmyslovými činnostmi. Příspěvky emisí z dopravy a domácího spalování paliv tvořily podíly až čtvrtinový podíl při koncentraci PM2,5 ve městech. Tato studie také zmínila, že doprava je hlavním zdrojem znečištění v městských aglomeracích v mnoha regionech, jako je například Indie, jihozápadní Evropa a Brazílie a domácí spalování paliva je novým zdrojem znečištění v některých kontinentech, jako je Afrika, ale také v regionech střední a východní Evropy (Karagulian et al. 2015).

Německá studie ukazuje, že vegetační kryty mohou v závislosti na místních podmínkách a typu systému podpořit zmírňování městského jemného prachu tím, že dochází k usazování částic na zvětšeném a poměrně drsném povrchu rostlinného krytu a je částečně vázán na povrch rostliny. Část z nich je metabolizována nebo akumulována, jako je oxid uhelnatý nebo uhlovodíky. Prokázalo se, že listy vegetace odstraňují atmosférické částice suchou depozicí na jejich povrch a absorbují plynné znečišťující látky svými průduchy (Kumar et al. 2019).

Rostlinně dostupné látky rozpuštěné v půdě mohou být přijímány prostřednictvím kořenů. Absorpce částic v zelených tratích může lokálně snížit koncentraci jemného prachu ve vzduchu. Lze předpokládat, že resuspenze prachu větrnými turbulencemi např. z projíždějících vozidel a tramvají, je ve srovnání s pevnými povrchy snížena díky vazbě prachu na rostliny a půdu (Kappis et al. 2015).



Obrázek č. 13 Zachycení prašných částic na povrchu rozchodníku (Schreiter & Kappis 2013)

Obrázek ilustruje hromadění prachu na listech a výhoncích rozchodníku z tramvajové trati v centru Berlína. Mikroskopické snímky prokázaly, že usazené částice patří do zdravotně podmíněných velikostních frakcí PM₁₀ a PM_{2,5}. Kumar et al. (2019) přinesl obdobný důkaz o zdravotním přínosu zelené infrastruktury ke snížení znečištění ovzduší městskou vegetací. Je nezbytné značné úsilí ke stanovení základních politik, navrhových a inženýrských směrnic, jimiž se bude řídit jejich umístění.

3.8.4 Vliv na zmírnění hluku

V případě tramvajových tratí je samotným zdrojem kontakt kolejnice a kol, který je přenášen vzduchem a označován jako odvalování. Kolektiv společnosti Luas (Byrne 2018) zjistili, že emise zvuku odvalováním jsou nejvyšší na rovných úsecích tradičních deskových tratí s rychlostí přesahující 50 km/h a v zatáčkách. Naměřené úrovně byly přibližně o 2 - 3dB vyšší než u šterkové kolejnice s podobnými rychlostmi. Zvukové vlny jsou pohlcovány, odraženy nebo vychylovány. Vegetační vrstva má schopnost utlumit nižší zvukové frekvence, zatímco rostliny blokují vyšší frekvence. Množství zvukové izolace závisí na použitém systému a hloubce podkladu (Önder & Akay 2016). Schreiter (2010) ve své komplexní studii zveřejňuje testy a výsledky redukce hluku tramvajových kolejí se zeleným pokryvem. Z materiálů vyplývá, že absorpce hluku je až 2 - 4 dB oproti šterkové trati. Měření proběhlo na bázi porovnání povrchů zelené dráhy, kde bylo hlavním cílem dosáhnout výsledných hodnot pohlcování hluku. Byly použity materiály s nejlepšími absorpčními vlastnostmi pro pohlcování zvuku, substrát,

rozchodník, umělá tráva, dutinové prvky, absorbér a zatravnovací dlažba. Závěr byl pozitivní především z hlediska stimulace růžového šumu a snížení intenzity hluku.

Hluk je hlavním narušovatelem životního prostředí a pohody v městských aglomeracích. Stupeň emise zvuku tramvajové trati závisí na stavu údržby kolejí a kol, konstrukčních aspektech, rychlosti tramvají a také na absorpční schopnosti okolí. Kromě regulace zvuku u zdroje jsou užitečná opatření pro omezení šíření zvuku. Zde mohou mít zelené tratě pozitivní vliv (Schreiter & Kappis 2016). Účinky zvuku z tramvajových tratí na člověka mohou být emocionální, fyziologické a psychologické. Nepříznivé účinky hluku by však mohly zahrnovat obtěžování, poruchy spánku, úzkost, poškození sluchu a kardiovaskulární zdravotní problémy související se stresem (Panulinová et al. 2016).

Při implementaci vegetačních systémů k patě kolejnice dochází k šíření zvuku z celé koleje. Další odrazové plochy v kolejišti, jako jsou hlavy pražců nebo nosníky kolejnic, navíc hluk odrážejí. U zelených tratí s vegetačními systémy u paty koleje nedochází k téměř žádnému snížení ve srovnání se šterkovými kolejemi asi 1 dB. Vegetační systémy, které jsou implementovány až do horní části kolejnice, široce zakrývají kolejnici. Zvuk se tedy může šířit pouze z hlavy kolejnice (Schreiter & Kappis 2013). Směrnice WHO pro environmentální hluk (2018) poskytují pokyny k ochraně lidského zdraví před škodlivým vystavením hluku z okolního prostředí. Směrnice důrazně doporučuje snížit hladiny hluku pro případy zdrojů hluku v prostředí, jako je hluk ze silniční dopravy, hluk ze železniční dopravy a další (Suhanek & Grubeša 2020). Problémem implementace však je, že po dobu několika let dochází v České republice ke stanovení hladin, které je obtížné realisticky dosahovat. Na problematiku cílí Směrnice 2002/49/ES a další související stanovy Ministerstva zdravotnictví o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. Ve snaze eliminovat negativní dopady hluku z dopravy při projektování komunikací je zásadní stanovení hlukové zátěže v okolí komunikací. Hladiny hluku se odhadují podle standardizovaných metodik jako je například Schall 03, nebo se měří v souladu s aktuálně používanými normami a předpisy (Panulinová et al. 2016).

Zmínku o příspěvku ke snížení hluku zelenými tramvajovými pásy ve své práci také prezentují Horváthová & Jakubcová (2020). Uvádějí, že většina studií na téma zelených tratí zaznamenala mírný útlum hluku. Za předpokladu, že se kolo a kolejnice podílejí na emisích zvuku rovným dílem, může zapuštění kolejnice snížit hluk o 3 dB ve srovnání se zvukově optimálním vyvážení kolejí. V tomto rozsahu je také technicky prokázáno, že zelené tratě s vegetačními systémy až po vrchol kolejnice snižují zvuk lépe než koleje se šterkem s nezapuštěnými kolejnicemi. Při četných měřeních na kolejích bylo prokázáno nízké ztlumení zelenými tramvajovými tratěmi. Nemělo by však docházet k podceňování psychologického dopadu zelených tratí na subjektivní akustické vnímání emise hluku (Schreiter & Kappis 2013).

3.8.5 Vliv na vzhled města

Přítomnost zeleně ve městech značně ovlivňuje celkový dojem často šedých měst. Má příznivý vliv na vnímání obyvatel i návštěvníků města a její podíl by měl být standardem při plánování revitalizace městských částí či zakomponování zelené infrastruktury při vznikajících projektech. Zelené tramvajové tratě vykazují vysoký potenciál v ovlivňování vizuálního dojmu krajiny města a nacházejí své využití v zastavěných plochách, kde by již z důvodu rozložení ulic nebylo možné ozelenit žádný prostor.

Kvalita městského otevřeného prostoru je důležitým lokačním faktorem, zejména pokud jde o využívání podniky. Většina zelených ploch města se obvykle nachází v okrajových částech, z tohoto hlediska je výhoda zavedení například v centrech měst, nepopíratelná (Sikorski et al. 2018). Studie ukázaly, že 12 % zákazníků je ochotno platit vyšší ceny v zelených obchodních oblastech. Optické zhodnocení městských prostranství ovlivňuje také sociální a duševní zdraví lidí (Kappis & Schreiter 2016). Vegetační tramvajový kryt jako prvek prostoru ulice přispívá ke komfortu a respondenti reagují pozitivně na jakýkoliv nárůst zeleně v ulicích města. Vzhledem k tomu, že přibývá výzkumů, které prokazují pozitivní vliv městské zeleně na zdraví a pohodu obyvatel, jakýkoli nárůst zelených ploch veřejnost dobře přijímá (Sikorski et al. 2018). Z pohledu městských designérů jsou pro ozelenění kolejí vhodné široké komunikace s otevřenou zástavbou a související zelené stavby. Se zeleným pásem je možná optická a ekologická kompenzace dopravní zácpy. Zelené tratě poskytují novou příležitost pro městskou individualitu. Spolu s alejemi získávají např. zelené koleje vlastní charakter, který slouží image města a dopravního podniku. Postupně se zelené tratě stávají marketingovým faktorem pro městskou a moderní veřejnou dopravu (Schreiter & Kappis 2013).

Sikorski et al. (2018) posuzovali vliv zelených tramvajových tratí na obyvatele Varšavy z hlediska vnímání a společenské přijatelnosti. S ohledem na stáří posuzovaných zelených pásů byly rozlišeny mladé, tedy jeden až dva roky od založení, přes střední až po nejstraší, což v tomto případě znamenalo jedenáct let. Přes 90% respondentů reagovalo pozitivně a zelené pásy vnímali jako nedílnou součást městské zeleně. I přes značné změny v kvalitě vegetace z důvodu rozdílného stáří, lidé preferovali ozeleněnou plochu před betonovými stavebními prvky. Za největší estetický nedostatek byla považována hustota porostu a barevnost. Z výzkumu vyplývá, že obyvatelé reagují na vizuální stránku zelených krytů většinou kladně a drobné nedostatky v kvalitě porostu jsou ochotni přijmát spíše, než šedivé město.

3.9 Ekonomický přínos

Regionální projekty z několika zemí propagují zelenou infrastrukturu jako nástroj rozvoje krajiny, který spojuje sociokulturní chápání místa s politickou potřebou podporovat ekonomickou návratnost investic. V důsledku toho je hodnota zelené infrastruktury utvářena tak, aby byla v souladu s pojetím rozvoje a vedla k dodatečné politické podpoře. Mell (2021) při zkoumání těchto projektů uvedl, že jedním z přínosů „zelených“ investic je dlouhodobá návratnost spojená s městskou odolností zabraňující tepelnými výkyvům, které bude z důvodu zvyšujících se teplot spojených také s vysokou urbanizací nutné v budoucnosti řešit dalšími náklady. Pro firmy, které se zabývají zeleným stavebnictvím, pokud se pro ně může něco stát základem udržitelné konkurenceschopnosti, jsou to inovace. Snižující se množství využití tradičních zdrojů pro ekonomický růst staví do popředí zintenzivnění inovačních aktivit, souvisejících ekologických přínosů a zvýšení environmentální bezpečnosti jako jedny z faktorů úspěšného fungování a rozvoje stavebních podniků (Voskresenská et al. 2019).

Na základě výše zmiňovaných benefitů je příležitostí pro úspory hospodaření s dešťovou vodou, snížení eroze, zavlažování krajiny a předcházení záplavám. V Los Angeles byly za tímto účelem vytvořeny programy podporující budování zelených střech pro zachycování srážek a městského odtoku, které budou sloužit pro zvýšení doplňování podzemní vody a opětovného využití vody. K této iniciativě se připojila i další americká města vycházející z pozitivní

statistiky snižování nákladů pomocí zelené infrastruktury (Shakya & Ahiablame 2021). Výkonost různých systémů hospodaření se srážkovou vodou byl analyzován a související náklady na instalaci konvenčních a hybridních odvodňovacích systémů jako kombinace šedé a zelené infrastruktury. Bylo zjištěno výrazné snížení nákladů až o 19 % ve srovnání s náklady konvenčních systémů, díky čemuž je i hybridní řešení pro zkoumanou případovou studii ekonomicky atraktivní (Sitzenfrei et al. 2020).

Vyplnění kolejnic zeleným pásem snižuje jejich zahřívání. Tak lze snížit rizika nehod způsobená deformací nebo prasknutím kolejnic a také související údržbářské práce. Zelené systémy ve šterkové dráze chrání šterk před přítokem jemných částic, které snižují stabilitu šterkového lože. Proto je pýchování zátěžového lože potřeba méně často, což snižuje náklady na údržbu. Několik dopravních společností našlo ve svých kolejích relativně čistý šterk pod 20 let starou travnatou krytinou. Na zelených tratích se snižuje odpad, zejména na těch, které jsou implementovány až po svršek kolejnice, čímž dochází ke snížení nákladů za čištění. Pozitivní vzhled úhledných zelených cest pravděpodobně vytváří psychologickou bariéru pro ekologickou nedbalost (Kappis et al. 2015).

Dalším z ekonomických dopadů výstavby a údržby jakékoli infrastruktury je požadavek na pracovní sílu. Podle Sitzenfrei et al. (2020) zelená infrastruktura vyžaduje kvalifikovanou i nekvalifikovanou pracovní sílu pro výstavbu a údržbu postupů. Přímým důsledkem potřeby stále pracovní síly pro projekty ozelenění je vytvoření zelených pracovních míst, což v konečném důsledku povede k vytváření příjmů v řadě domácností, což lze považovat za sekundární přínos předcházejícího investičního nákladu.

Ke zmiňovaným přínosům ozelenění patří zlepšení zdraví obyvatel měst. Jednotlivé vlivy mohou být rozděleny. Je prokázáno, že zelená infrastruktura napomáhá ke zlepšení kvality ovzduší ve městě a tím snížení četnosti a závažnosti respiračních onemocnění (Kumar et al. 2019). Pozitivní působení zelených tramvajových tratí podporuje psychickou pohodu a přináší lepší zdravotní odolnosti člověka i zvířat. Stejně tak přispívá ozeleněných tratí ke zmírnění hluku, což vede k přesvědčení, že nevzniknou další výdaje spojené s opatřeními spojených s redukcí zvukových emisí z kolejiště. Veškeré zdravé prospěšné efekty vedou k závěru, že pokud dojde za pomoci zelených tramvajových pásů ke snížení zdravotních rizik a onemocnění, budou také nižší výdaje ve zdravotním sektoru.

V neposlední řadě, i přes nepříliš dobře zdokumentovaný vliv, je obecně přijímáno, že dobře udržované zelené plochy jsou důležité pro snížení duševní únavy a stresu, násilných emocí u jednotlivců, což vede ke snížení kriminality a domácího násilí v komunitách (Shakya & Ahiablame 2021). Vedlejším ekonomickým přínosem může být také ušetřená energie díky zavedení zelených krytů z důvodu snížení odtoku vody a menšími nároky pro čištění kanalizačních systémů. Ekonomické benefity plynoucí z využití zelených vegetačních krytů by měly být v budoucnu předmětem dalších výzkumů.

3.10 Zvýšení bezpečnosti

Potenciálním pozitivním faktorem pro obyvatele může být zvýšená bezpečnost zelených tramvají. Tramvaje mají obecně méně dopravních nehod ve srovnání s jinými dopravními prostředky, kdy například ve Varšavě tvoří 2,3 až 2,5 % všech nehod a zelené tramvajové tratě poskytují další zvýšení bezpečnosti ve srovnání s tradičními tratěmi (Sikorski et al. 2018).

Statistika z města Prahy (2019) ovšem takto příznivá není, z údajů roku 2019 vyplývá, že celkový podíl nehod způsobených tramvají v Praze je 7 % a Dopravní podnik dlouhodobě pracuje na kampaních upozorňujících na bezpečnost účastníků provozu. Data od roku 2020 jsou zkreslená, neboť vlivem Covidu 19 došlo ke značnému snížení pohybu osob a zmenšení objemu dopravy (Pozor tramvaj 2021)(Portál Praha 2021). Zároveň je důležité identifikovat nebezpečná místa na silničních úsecích sdílených s tramvajovými kolejemi a analyzovat je za účelem nalezení řešení ke snížení úrovně rizika. Existuje řada přístupů k definování, identifikaci a analýze takových míst, ale tou základní je vyhodnocení četnosti dopravních nehod v místě tramvajové tratě (Żochowska et al. 2021).

4 Metodika

Interpretace získaných dat je sumarizovaná v kapitolách výsledků. V rámci studie proběhlo měření za účelem porovnání hluku, který je vydáván tramvají při průjezdu dvou lokalit s rozdílným typem povrchu. Hlavním zdrojem hluku je interakce kol s kolejnicemi valením (ISO 3095), ten je nazýván valivý hluk. Vliv na míru emise hluku má samotný typ kolejnice (Byrne 2018). Návrhy na vhodné materiály, které pohlcují hluk vytvářený kolejemi a kolem, jsou v dnešní době vyhodnocovány na základě cenných údajů z diagnostiky akustiky. Mohou také odhalit potenciální problémy spojené s technickým stavem tratí (Zvolenský et al. 2021). Hluk je také závislý na rychlosti projíždějícího vozidla a drsnosti kolejnice (ISO 3095). Je nezbytné, aby v rámci měření s co největší přesností stanovení výsledků, byly dodrženy pokyny udané normou. Pro zmírnění hluku je prováděna údržba spojená s broušením kolejí či plánování omezení rychlosti (Byrne 2018). V případě, že některý z postupů není dodržen, je nutné tento záměr vysvětlit a popsat. Měřicí systém je ovlivněn typem přístroje, jeho kalibrací a pomocnými pracovními měřidly. Strategie měření vychází z cíle, který je před tímto úkonem stanoven. Musí být vzato v úvahu, o jaký hlukový zdroj se jedná, v jakém prostoru a vlivy, které jsou dány obdobím, kdy je měření provedeno. Norma stanovuje podmínky tak, aby byla získaná data reprodukovatelná a bylo možné je porovnat. Výsledky jsou poté reprezentativní v rámci popsané měřené situace.

Postup měření má stanoven, kde, a jak, je přístroj umístěn. Bylo dbáno na umístění mikrofonu přístroje na měření hluku postaveném na stativu a postavení měřící osoby bylo tak, aby nedošlo k narušení podmínek měření a při opakování každého měření byly simulovány téměř identické podmínky. Měření akustického tlaku bylo zaznamenáno v decibelech dle ČSN ISO 1996 - 1, ČSN ISO 1996 – 1:2004, 2 a 3 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí (Ministerstvo zdravotnictví 2017) a v souladu s ČSN EN ISO 3095 Železniční aplikace - Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly vypracovaných dle evropských norem. Dle metodiky bylo obdobím pro zaznamenání výsledku září až říjen roku 2021. Veškeré kroky, které byly učiněny pro stanovení správnosti měření, jsou dále popsány. Před a po instalaci bylo provedeno monitorování hluku v okolí za účelem zjištění snížení vnějšího hluku. Aby se vzala v úvahu proměnlivá povaha hladin hluku z tramvajové trati, byla měřena řada indexů. Měření musí celkem zahrnovat hluk průjezdu nejméně 10 vozidel pro oba směry a měřené typy tramvají tak, jak jsou na dráze provozovány (Ministerstvo zdravotnictví 2021). Je však nezbytné mít na paměti, že i přes veškerou snahu autora, není specializovaným pracovníkem, provádějící profesionální měření. Výsledky mohou být považovány za orientační a naznačující předpokládanou hypotézu. Cílem je porovnat získané hodnoty, statisticky vyhodnotit, graficky prezentovat a jejich správnost a na základě zjištěných výsledků vyvodit závěr.

Další z posuzovaných vlivů je efekt takzvaný efekt vzniku tepelného ostrova a příčin jeho vzniku na území města Prahy. Teplotní vlivy jsou prezentovány na vytvořených snímcích ze satelitů sloužících pro monitoring vlivů souvisejících se současným stavem. Metodou je zaměření zkoumaného území a vysvětlení vizuálních podkladů či hodnot, které jsou dostupné z přístupných zdrojů a dále posuzovány. Informace jsou souhrnně popsány a to dle zkušeností a výzkumných doporučení práce s danými daty. Sociální průzkum na téma estetického vlivu zelených tramvajových tratí je jednoduchým výstupem z dat získaných na základě dotazníku,

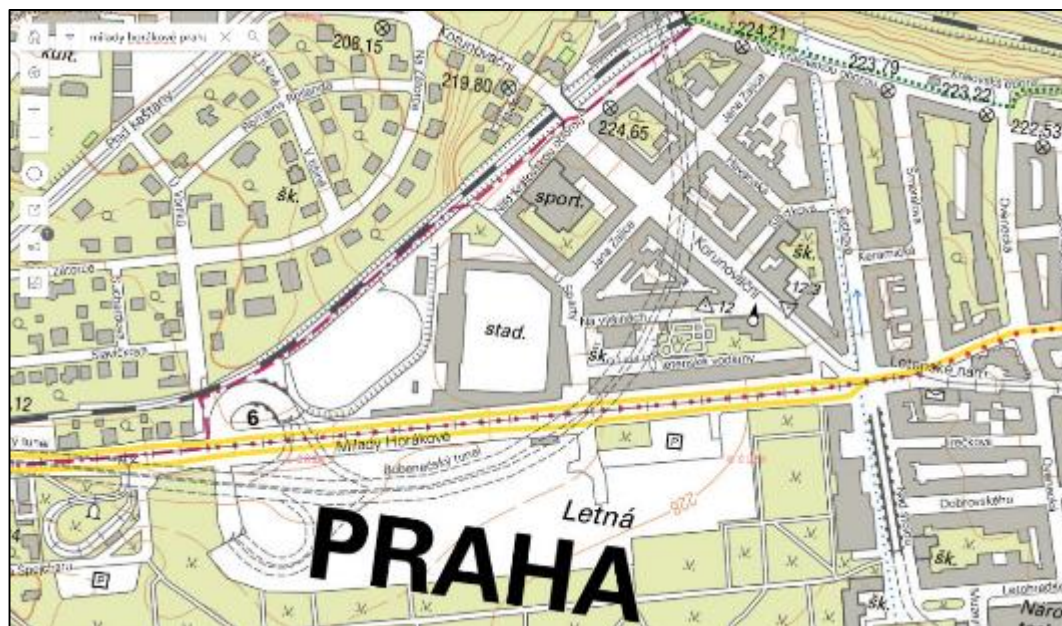
který byl proveden pomocí sociálních sítí, kde byla získána většina dat. Některé odpovědi byly získány na základě oslovených osob, při čemž vstupním údajem o těchto osobách je fakt, zda pocházejí z města Prahy, či nikoliv. Vyhodnocení dotazů je zobrazeno v přehledu grafů, které nám nejlépe ukazují finální výsledek a procentuální podíly jednotlivých škálových otázek.

V posledních dvou kapitolách, dojde k rozsáhlé analýze na téma využití rostlinných kultur pro účely zelených tramvajových pásů, jejichž účel použití podléhá zvýšeným nárokům na složení s diskutovanou otázkou použití jednodruhových rostlin. Druhy, které jsou využity a často skloňovány jako základní, jsou posouzeny subjektivním hodnocením vybraných monokulturních druhů a jejich výsledné hodnocení vede na základě posuzovaných vlastností k pochopení vhodnosti jednotlivých druhů. Poslední částí je SWOT analýza vyhodnocující benefity, které jsou popisovány v průběhu celé této práce v návaznosti na finanční nacenění a možností budoucích projektů zelených tratí na území města Prahy.

4.1 Měření hluku

4.1.1 Lokalita

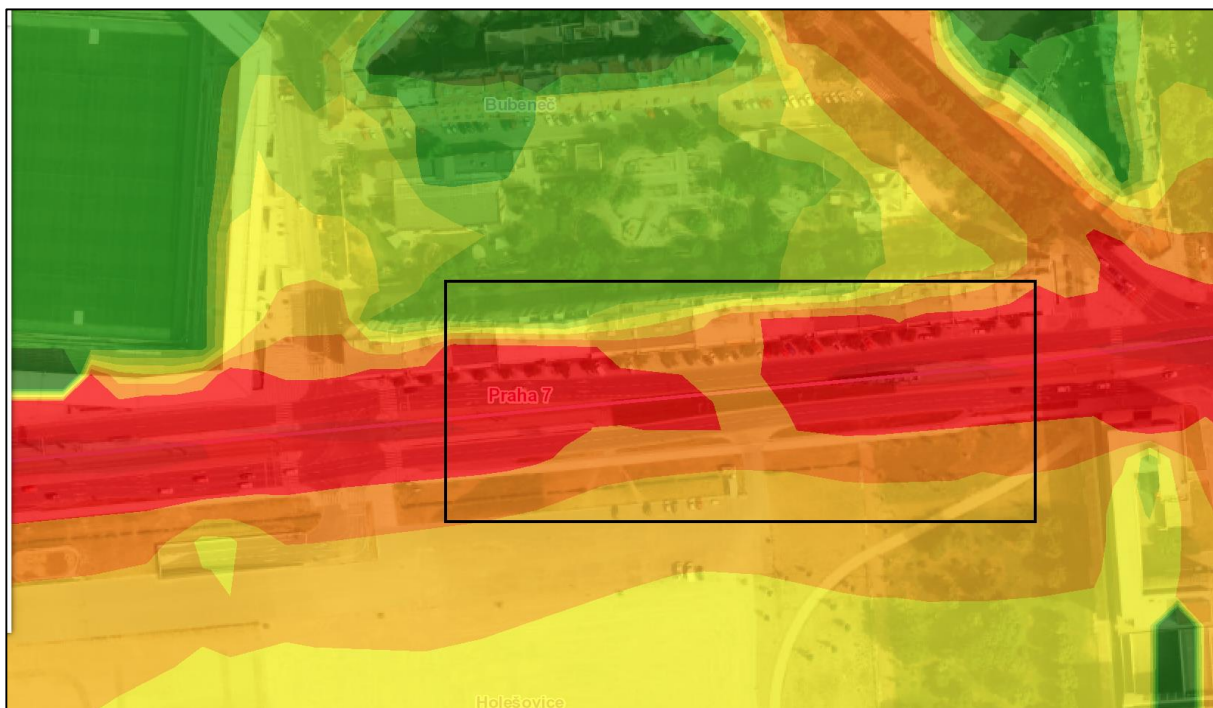
Vliv, který je dán podmínkami, ve kterých měření probíhalo, jsou pro tuto studii velmi významné. Na základě zhodnocení tratí, které jsou rozmístěny napříč hlavním městem, byl vybrán úsek v ulici Milady Horákové, jehož nejbližší zastávkou je „Korunovační“ nebo „Sparta“. Vybraný úsek má délku 200 metrů a hodnoty byly měřeny v polovinách délky zatravněné plochy a betonového povrchu (Katastrální mapa 2021). Zastávky jsou obousměrně obsluhovány osmi linkami provozovanými Dopravním podnikem hlavního města Praha. Nachází se v městské části Prahy 6 a 7 situovaném na levém břehu řeky Vltavy v nadmořské výšce 228 metrů nad mořem, což je průměrná nadmořská výška v hlavním městě. Ulice je orientována západovýchodním směrem a nachází se na rovině přehledné tratě (Praha EU 2021). Ze strany od části Holešovice je z pravé strany situován obytný dům, který je vzdálen od kolejiště 15 metrů. Z druhé strany je umístěna vozovka a další prostranství je volné, bez staveb a hluk se zde může volně šířit. V části ulice, kde došlo k měření, se nachází v rozmezí 300 metrů. Kolejnice je oboustranně obklopena dvou proudovou silnicí (Katastrální úřad 2021).



Obrázek č. 14 Mapové zobrazení lokality (Katastrální úřad 2021)

4.1.2 Hluková mapa

Geoportál hlavního města Prahy nabízí širokou škálu možností zobrazujících na území města vybranou míru zátěže vlivů působících na město. Byla vybrána mapa hlukové oblasti, která se zbarvuje dle naměřených hlukových hodnot v decibelech. Na Obrázku č. 15 je nejsytějším odstínem červené znázorněna hluková zátěž v ulici Milady Horákové, která upozorňuje na nejvyšší hodnoty zachycené v oblasti tramvajové trati. Je zde však viditelné místo, jenž bylo na mapě vyznačeno, kde je hluk přerušeno světlejším oranžovým odstínem, neboli sníženo. Místem přerušeni je střed tramvajové trati, na které se nachází travnatý kryt, jenž byl místem měření. Můžeme tedy vycházet z předpokladu, že jak je zobrazeno na hlukové mapě Geoportálu Prahy snížení hluku v ozeleněné části tramvajové trati, tak bude v tomto místě docházet ke snížení hluku oproti zbytku trati s pevným krytem.



Obrázek č. 15 Hluková mapa s filtrem zobrazující hlukovou zátěž v ulici Milady Horákové v Praze (Geoportál Praha 2021)

4.1.3 Vyhodnocení naměřených dat

Pro stanovení správnosti hodnot byly využity dva statistické testy, jenž vyhodnotily, zda naměřené hodnoty byly statisticky významné, a zda mají normálové rozdělení. Pro tyto účely byly využity Shapiro-Wilkův test normality pro porovnání rozdílnosti a párový test. Stanovené hypotézy testů pokládaly dotaz, zda je rozdíl mezi hodnotami naměřenými na povrchu s vegetačním krytem trávníku či bez něj. Data jsou rozdělena do dvou bloků každého měření daného typu tramvaje, včetně grafických zobrazení s následným prolnutím získaných dat a jejich výsledků. Porovnávána jsou data, která byla měřena u tramvajů na dvou rozdílných krytech tramvajových tratí, které jsou označeny jako travní a pevný povrch bez travní. Rozdíly mezi měřeními přinášejí důkaz o snížení hlukových hodnot na zkoumaném vegetačním krytu pomocí zvolené metodiky měření hluku.

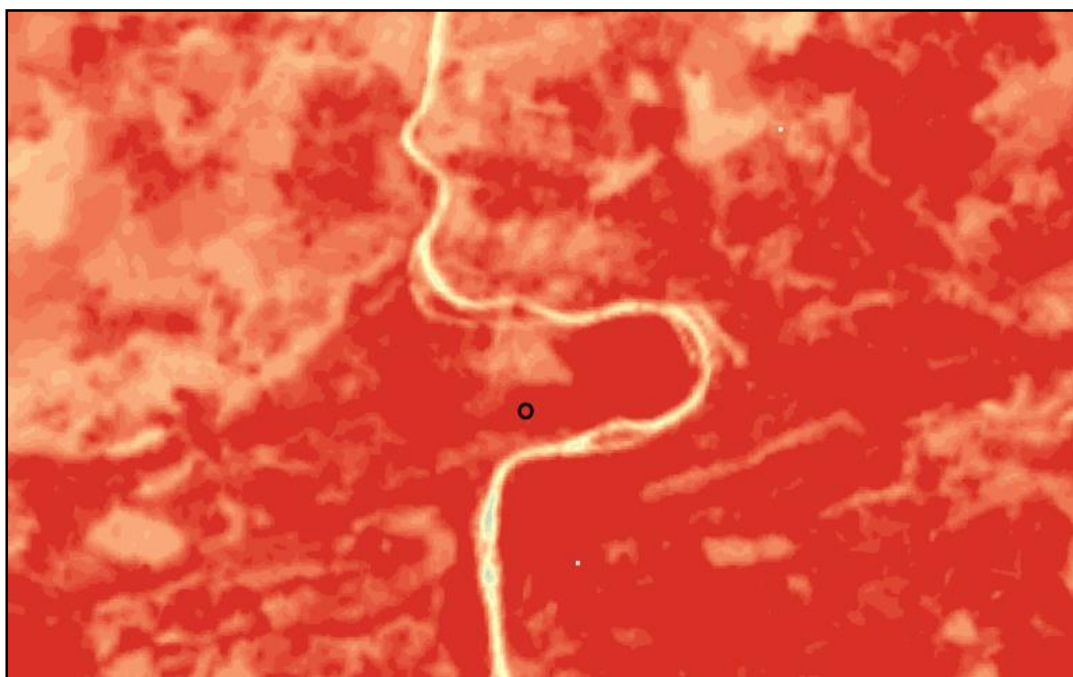
4.2 Monitoring teploty města

Zvyšování teplot a výchylky od normálu jsou monitorovány již mnoho let. Na základě dlouhodobých údajů je nesporné, že hodnoty normálu průměrované z posledních třiceti let, jsou nižší než současné záznamy. S vlivem zvyšování těchto hodnot vznikají negativní fenomény, na které se výzkumníci zaměřují. Jedná se například o účinky městského tepelného ostrova, jenž jsou devastující a to především během léta, kdy způsobují obyvatelům města značný tepelný stres, který má za následek zvýšenou spotřebu energie pro ochlazení budov (Rao et al. 2022). V této souvislosti měříme takzvané dennostupně. Není překvapivé, že největší oteplení můžeme zaznamenat v centrech měst, což poukazuje na vytváření tepelných ostrovů. Opakování extrémně teplých dnů a zejména nocí roste v centru města statisticky významně a

rychleji než na příměstských stanicích. Můžeme usuzovat, že centrum Prahy je díky existenci tepelných ostrovů asi o 1 až 1,5 °C teplejší dle denních průměrů teplot (Žák 2021). Pro ucelený závěr jsou použity záznamy povrchových metod monitoringu pomocí satelitního snímání povrchu země. V případě povrchového měření sledujeme hodnotu indexu zranitelnosti a normalizovaný vegetační index, neboli NDVI.

4.2.1 Povrchová teplotní mapa

Geoportál města Prahy nabízí zobrazení povrchových teplot hlavního města. Zatmavené plochy obrázku č. 16 odpovídají zvýšeným teplotám na povrchu Prahy s označením zkoumané lokality. Je viditelné, že v této oblasti soustředící se okolo centra města, je výrazné zabarvení značící vysoké teploty. Na základě tohoto snímku je předpoklad, že ve městě dochází k tvorbě tepelného ostrova, který je narušován pouze zdrojem vodní plochy a zeleně. Se zvyšující intenzitou zabarvení do červena narůstá hodnota teploty na povrchové mapě až k 46 °C. Detailní záznamy z povrchové mapy jsou zobrazitelné na základě volby úseku a prokazují rozdíly mezi povrchy města.



Obrázek č. 16 Snímek z povrchové mapy Prahy (NDVI teplota Praha 2019)

4.3 Vzhled města

Pro ucelenější popis dopadů zelených tramvajových tratí bylo provedeno krátké dotazníkové šetření týkající se vnímání vegetačního krytu ve městě. Respondenti byli osloveni prostřednictvím internetu, sociálních sítí a v některých případech také přímým oslovením osob. Není zde určen věkový rámeček, či další specifikace, kromě toho, zda jsou účastníci průzkumu z hlavního města Prahy či nikoliv, při čemž z Prahy bylo přes 65%. Rozdíl v odpovědích nebyl v žádném hodnocení významně odlišný. Celkem zodpovědělo dotazník 153 respondentů, kteří zodpovídali dva dotazy:

1. Jak na Vás působí zelená trať ve městě? (oznámkujte jako ve škole, kdy za 1 je nejlepší a 5 je nejhorší)
2. Preferujete vzhled zelené tratě před zpevněným povrchem? (Ano – Nevím – Ne)

5 Výsledky

5.1 Měření hluku

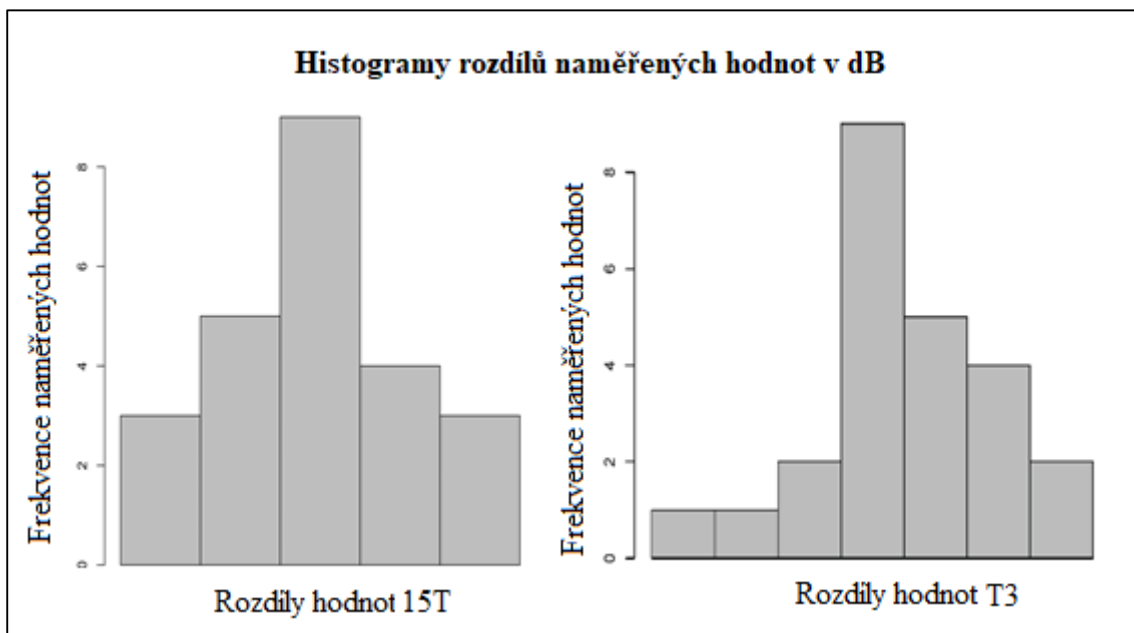
Získaná data byla hodnocena jak statisticky, aby došlo k prokázání správnosti měření dle nastavené metodiky. Následně jsou tato data shrnuta ve společných grafech poukazující na jejich rozdílnost, což vede k závěru, že existují rozdíly mezi povrchy, jenž jsou zkoumány a následují již nastiňované výzkumy informující o přínosu zelených tramvajových tratí pomocí snížení hluku při jejich aplikaci v kolejišti.

5.1.1 Statistické hodnocení

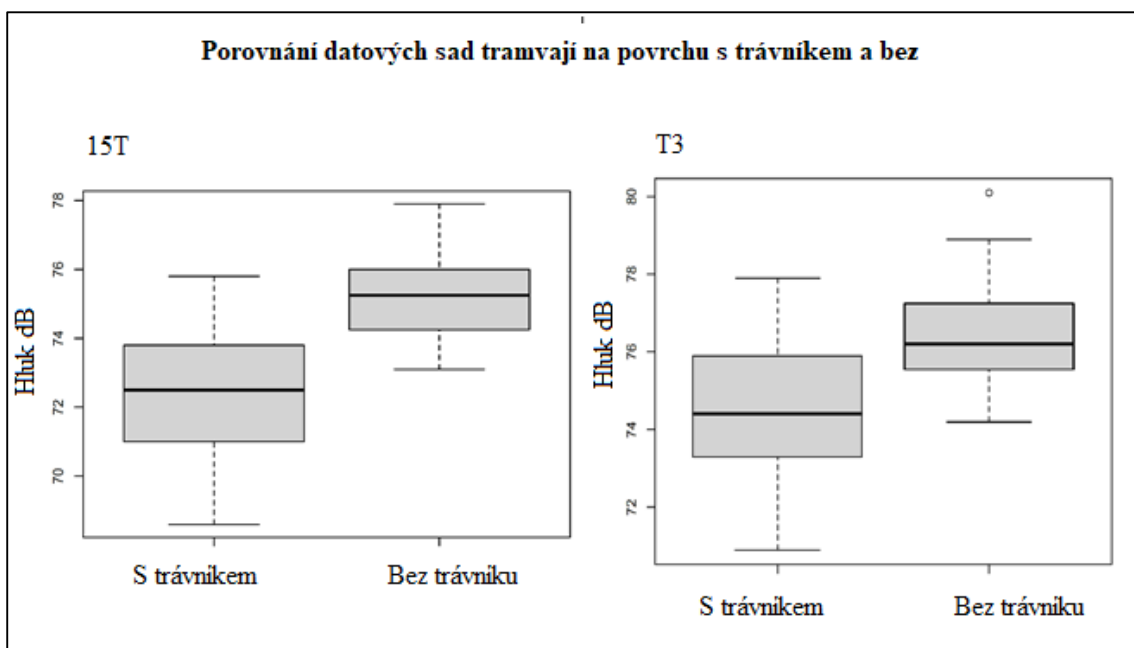
Data, která jsou použita pro vyhodnocení hladiny hluku, jsou měřena v jednotce decibelů. Došlo k rozdělení porovnávaných dat pro zvýšení přesnosti statistických výsledků. V první části se jedná o hodnoty měřené v případě vozidla typu 15T, jak je i dále v grafu označován a vozidla typu T3, jenž v souhrnném porovnání údajů jsou využity souhrnně, neboť mají stejnou hmotnost. V případě 15T když p hodnota je > 0.05 tak se jedná o normálové rozdělení, používáme párový t test. Jelikož výsledná hodnota byla 0.4301, došlo ke vložení dat pro párový t test, kdy alternativní hypotéza tvrdí, že skutečný rozdíl je menší než 0 při intervalu 95% spolehlivosti. P hodnota 1.157e-06 potvrdila alternativní hypotézu tak, že získaný rozdíl je menší než 0. Průměrný rozdíl všech hodnot je -2.995833, interval spolehlivosti -2.172435.

V případě T3, když p hodnota je > 0.05 tak se jedná o normálové rozdělení, používáme párový t test. Jelikož výsledná hodnota byla 0.5926, došlo ke vložení dat pro párový t test, kdy alternativní hypotéza tvrdí, že skutečný rozdíl je menší než 0 při intervalu 95% spolehlivosti. P hodnota 0.0005768 potvrdila alternativní hypotézu tak, že získaný rozdíl je menší než 0. Průměrný rozdíl všech hodnot je -1.954167, interval spolehlivosti -1.05133.

Oba výpočty jsou zachyceny pomocí histogramu rozdílů a souboru měření. Průměr všech odchylek je menší než nula, což značí, že hodnota hluku s vegetačním krytem je nižší než bez travnatého tramvajového pásu, hodnoty jsou statisticky významné a mají normálové rozdělení. Na histogramu je možné pozorovat, jak jsou hodnoty opakující se a v jakém rozptylu. Krabicový graf ukazuje, že veškerá data měřená na povrchu bez travního krytu a s povrchem trávníku se od sebe liší a nachází se v jiných hlukových hladinách a to v obou případech tramvají 15T i T3. Výsledky jsou prezentovány v grafu č. 1 ukazující na histogramech frekvenci a rozdílnost naměřených hodnot a krabicovém grafu č. 2, který ukazuje rozptyl a komparaci všech hodnot.



Graf č. 1 Histogramy rozdílů ze statistického hodnocení veškerých naměřených hodnot



Graf č. 2 Datové sady v krabicovém grafu ze statistického hodnocení dle měřených povrchů

5.1.2 Porovnání měření

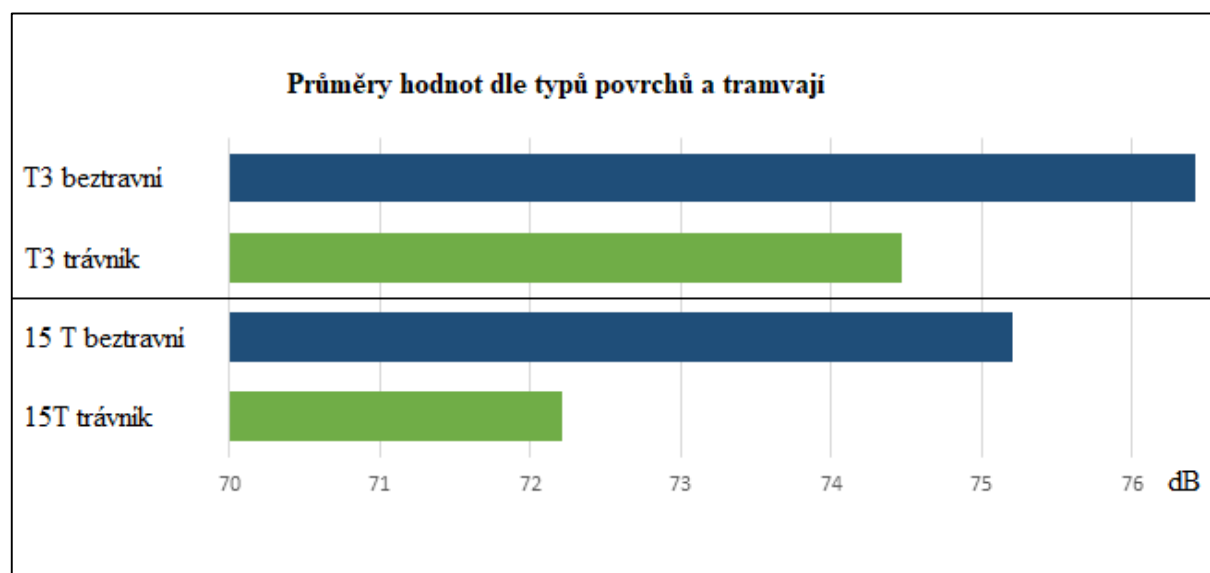
Společná data jsou prezentována v tabulce č. 4 a následně zobrazena pro přehlednost v grafech, které ukazují, jak se liší průměrné hodnoty měření v rámci povrchu a tramvají. V případě modernější verze tramvaje 15T můžeme pozorovat fakt, že naměřené hodnoty jsou nižší než u starší verze tramvaje T3. Grafický souhrn veškerých hodnot potvrzuje statistické výsledky s ohledem na jejich konzistenci. Porovnání hodnot jednotlivých tramvají a povrchů ukazují, jak v případě průměru získaných dat na povrchu s vegetačním krytem trávniku a bez

něj, vznikly rozdíly. Vizualní vyobrazení grafu č. 3 tyto rozdíly potvrzuje. Veškeré údaje snadno porovnáme v grafu č. 4. Zde můžeme pozorovat hladiny hodnot pospolu, kdy zelené značení reprezentující měření na povrchu s vegetačním krytem trávníku, se nachází v nižší části grafu, než modře značené hodnoty pevného beztravního krytu povrchu tramvajové trati.

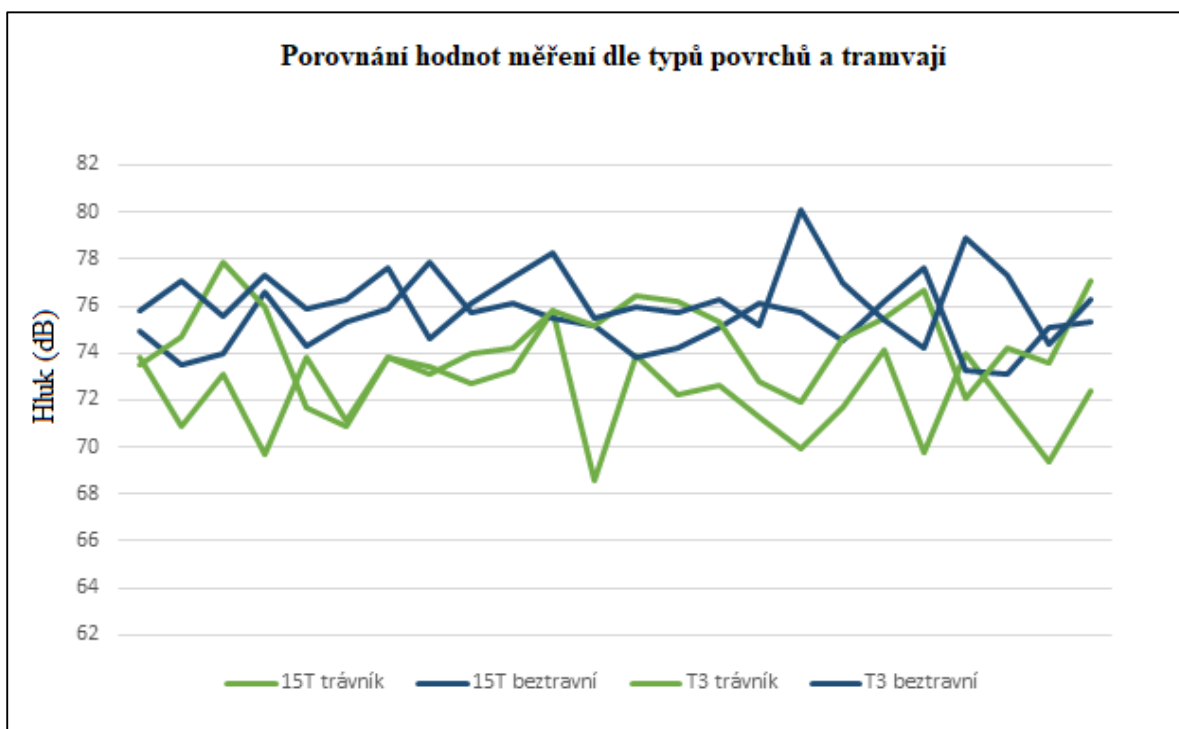
V případě novější verze tramvaje je to rozdíl v průměrech zaokrouhlených na dvě desetinná místa 2,99 dB. Pokud se jednalo o starší tramvaj T3 činí tento rozdíl 1,95 dB. Zjištěný stav svým průměrem dosáhl průměru 2,47 dB. Výsledky naznačují, že vliv, který můžeme pozorovat v případě zatravněného úseku, se pohybuje mezi 2 - 3 dB. Obdobné údaje uvádějí i některé další studie (Schreiter & Kappis 2013)(Panulinová et al. 2016). Jak naznačovala hluková mapa Geoportálu hlavního města (2021) na obrázku č. 14, v měřeném úseku dochází ke snížení hluku vlivem zelené tramvajové tratě. Vliv na snížení hluku díky zatravnění tramvajových tratí je možné pozorovat, avšak oproti metodám, které jsou v současnosti na tratích využívány pro snižování hluku, dosahují značnějších výsledků, než je tomu v případě zelené tramvajové trati. Z uvedeného vyplývá, že zelené tramvajové tratě mají vliv na snížení hluku z projíždějícího tramvajového vozidla při nižších rychlostech. V závislosti na rychlosti bude tento trend patrně narůstat.

Tabulka č. 4 Souhrn hodnot dle jednotlivých povrchů a typů tramvají

	15T trávník	15T beztravní	T3 trávník	T3 beztravní
Průměr	72,21	75,2	74,47	76,42
Medián	72,5	75,25	74,4	76,2
Min	68,8	73,1	70,9	74,2
Max	75,8	77,9	77,9	80,1
Sm.odchylka	1,8525	1,241	1,826	1,406



Graf č. 3 Průměrné hodnoty z měření dle typu povrchu a tramvají pro komparaci průměrů



Graf č. 4 Zobrazení měřených hodnot pro porovnání na povrchu s trávníkem a bez něj

5.2 Monitoring teploty města

Hodnoty z roku 2021 v hlavním městě Praha jsou nad normálem. Průměrná měsíční teplota vzduchu je vyšší o 1 °C, při čemž maximální měsíční hodnota se zvyšuje a nejnižší hodnota rovněž následuje tento trend. Naopak, počet dní s mlhou se v důsledku vyšších teplot snižuje. Při pohledu na porovnání dennostupňů dochází k prodlužování dní, kdy je otopná sezóna. Data, která poukazují na celkové zvyšování teplot v Praze, jsou shrnuta v tabulce č. 5. K porovnání je použita průměrná teplota, takzvaný normál, který je vyhodnocen za období 30. let je odchylka 1 °C (ČHMÚ 2022)(Weatherbase 2022)(Infomet 2022). Klimatická změna v Praze se projevuje zvýšením teploty vzduchu. Předpokládá se, že do roku 2030 dojde ke zvýšení průměrné roční teploty vzduchu zhruba o 1 °C, a dle předpovědí má průměrná roční teplota do roku 2100 dále nárůst o 2 - 5 °C (Adaptace Praha 2022).

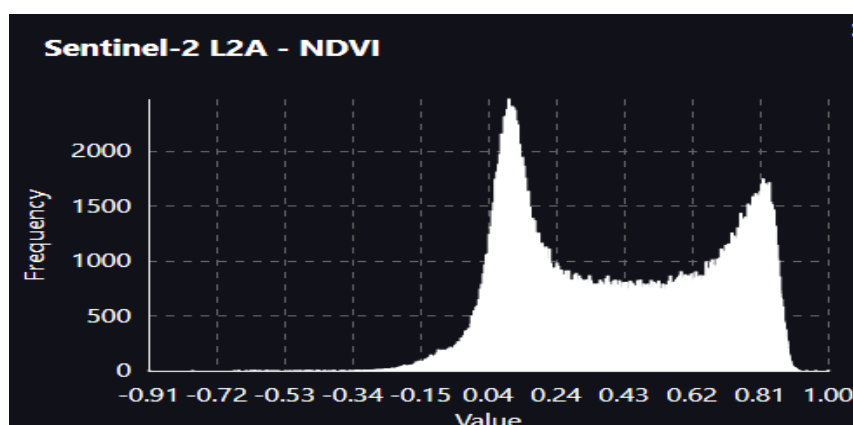
Tabulka č. 5 Porovnání klimatických hodnot města Prahy a jejich rozdíl

	2021	Normál	Rozdíl
Průměrná měsíční teplota vzduchu	10 °C	9 °C	1 °C
Průměrná měsíční maximální t.v.	12 °C	9,5 °C	2,5 °C
Průměrná měsíční minimální t.v.	3 °C	1,2 °C	1,8 °C
Průměrné srážky	470 mm	583 mm	113 mm
Nejvyšší naměřená t	36 °C	39,3 °C	3,3 °C
Nejnižší naměřená t	-25 °C	-21,4 °C	3,6 °C
Mlha (dní)	197	189	8
Denostupně	3194,7	3237,1	42,4
Denostupně dny	234	224	10

Index zranitelnosti dle environmentálních ukazatelů je různý v závislosti na vybrané lokalitě. Uvedené hodnoty jsou povrchová teplota a NDVI, takzvaný normalizovaný vegetační index, sloužící pro kvantifikaci zelené vegetace ve vybrané lokalitě. NDVI ukazuje celkový počet zelených ploch. Přímý vliv vegetačního pásu na ochlazení není tak značný, jako v případě stromů, které svou stavbou poskytují stín, jenž nemůže rostlina nabídnout, jeho funkce na snížení efektu zahřívání pevných ploch a albeda, je prokazatelná. Tyto myšlenky potvrdili ve svých výzkumech (Schreiter & Kappis 2013).

Z grafu obrázku č. 17 je viditelné, že vegetační index je v této oblasti nižší. Index zranitelnosti na pevném povrchu tramvajové trati dle environmentálních ukazatelů je 0,49 s maximem 36,83 °C, oproti úseku s travním krytem, který má tento index snížen na hodnotu 0,14 při maximální teplotě 36,03 °C. I přes kratší úsek o ploše 1000 m² je rozdíl mezi zatravněnou částí a tou s pevným povrchem, zřejmý. Je dobře známo, že ochlazující schopnost rostlin se zvyšuje s velikostí pokryté plochy. Pro porovnání extrémů z přilehlé oblasti, je park Stromovka index zranitelnosti v mínusových hodnotách – 0,51 s povrchovou teplotou o maximu 31,61 °C. Vegetací hustě pokrytá plocha s vysokým efektem chladivosti stromů a jimi vytvářených stínů, se jedná o nejideálnější příklad ke snižování efektu tepelného ostrova. Opačným extrémem je centrum města Prahy, kdy index zranitelnosti dosahuje hodnoty 0,62 s nejvyšší povrchovou teplotou 38,35 °C. V centru hlavního města nalezneme pouze minimum vegetace, kdy nepříznivým efektem je rozpálení povrchu, který udržuje vysoké teploty a dále působí na obyvatele či návštěvníky v dané lokalitě. Pro zpřehlednění jsou porovnávané hodnoty zobrazeny v tabulce č. 6.

Snímky z mapy teploty povrchu z území hlavního města Prahy ukazují, jak je v zatmavených červených částech intenzivní působení teplot z období měsíce června a července roku 2019. Praha je efektem teplotních ostrovů nejvíce zasaženým městem v České republice. Demonstrativním důvodem je velikost zastavěné plochy hlavního města. V porovnání je možné si povšimnout, že vodní tok má extrémně odlišnou barvu z důvodu velkého teplotního rozdílu, který existuje mezi zastavěnou městskou plochou, vegetací a vodou. Voda má nejpatrnější účinek na ochlazení teploty města, zároveň však je závislý na množství plochy s vegetací, a každý jeho podíl má výsledný vliv na chladící efekt a tím snížení teplot.



Obrázek č. 17 Grafické zobrazení NDVI v Praze červenec (Sentinel Hub 2021)

Tabulka č. 6 Srovnání indexu zranitelnosti a teplot vybraných povrchů (NDVI teplota Praha, 2019)

Hodnoty teploty a indexu zranitelnosti měření povrchových teplot z období léta v Praze		
Název lokality	Index zranitelnosti	Nejvyšší teplota povrchu
Tramvajová trať v ulici Milady Horákové v místě se zeleným travnatým krytem	0,14	36,03 °C
Tramvajová trať v ulici Milady Horákové v místě s pevným krytem	0,49	36,83 °C
Park Stromovka	- 0,51	31,61 °C
Centrum Starého města Praha 1	0,62	38,35 °C

Obrázek č. 18 je multispektrálním snímkem dat ze satelitu Landsat 8 (2021) při zobrazení vrstvy nástroji OLI/TIRS C1 Level-1 hlavního města Prahy z období července 2021, který operačně zobrazuje zemský povrch pomocí spektrálních senzorů v přirozeném zobrazení pásem modré, zelené a červené. Data Landsat podporují výzkum v oblasti globálních změn, monitoruje životní prostředí, zemědělství, geologie a mnohé další. Na snímku je vyznačen bod, který je fixován na zkoumanou lokalitu. Můžeme pozorovat, že v centrální části převažuje hnědo-červené zbarvení, které indikuje suchost oblastí, ve které není patrna přítomnost vegetace a jedná se o hustě zastavěnou městskou oblast. Dominantní zbarvení zelené je více hydratována a v takových místech dochází k výparům.



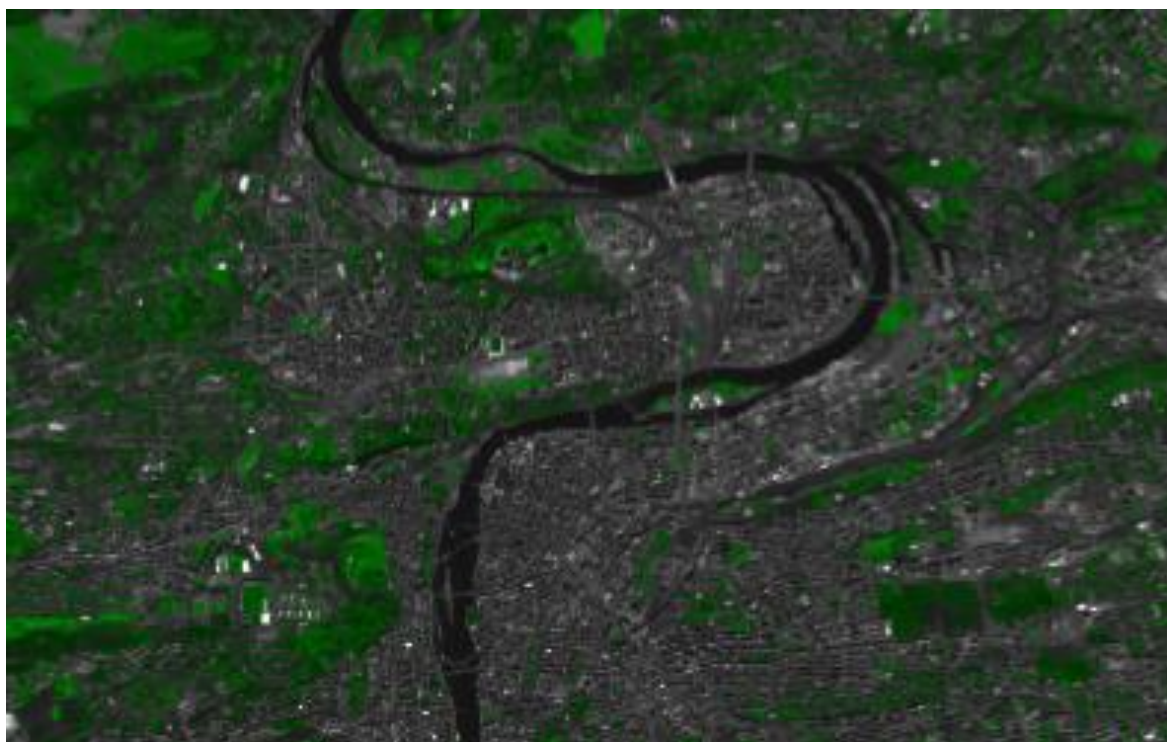
Obrázek č. 18 Vrstvy Praha s označením zkoumané lokality (Landsat 8 2021)

Obrázek č. 19 ukazuje zbarvení na ohrožené oblasti vysokými teplotami a horkými body v Praze. Místa, která nejsou vyznačena červeně, odpovídají mapově především oblastem, ve kterých je využit nějaký typ vegetace, jak je uvedeno níže na snímku vegetace ze záběrů Sentinel. V místě našeho zkoumání je na úseku zelené tramvajové tratě vynecháno červené zbarvení, které poukazuje na fakt, že úsek není ohrožen vysokou teplotou tak, jako jeho přilehlé okolí, kde se nachází pozemní silniční komunikace.



Obrázek č. 19 Teplotní vrstvy zkoumané lokality Praha (Sentinel 2 2021)

Při výzkumu Pokorný et al. (2018) bylo zjištěno, že sečené trávniky dosahují v letních teplotách městského prostředí povrchových teplot mezi 29 až 35 °C, oproti tomu povrchová teplota silnic na maximální teplotě povrchu s vegetací teprve začíná. Vegetace má vliv na teplotu povrchu, který má přímoúměrný efekt v závislosti na velikosti pokryté plochy. Efekt vegetace je hlavním nástrojem pro ochlazování městského tepelného ostrova. Dle Obrázku č. 20 můžeme pozorovat, že snahy hlavního města vedou k dostatečnému pokrývání zelení ve městě, přesto by v této snaze nemělo polevovat a hledat další vhodné příležitosti pro aplikaci zeleně. V tomto směru je možnost zavedení travních pásů nabízenou variantou na tramvajových tratích s pevným krytem, které v ohledu nových prostor je vhodnou příležitostí pro město i její obyvatele.



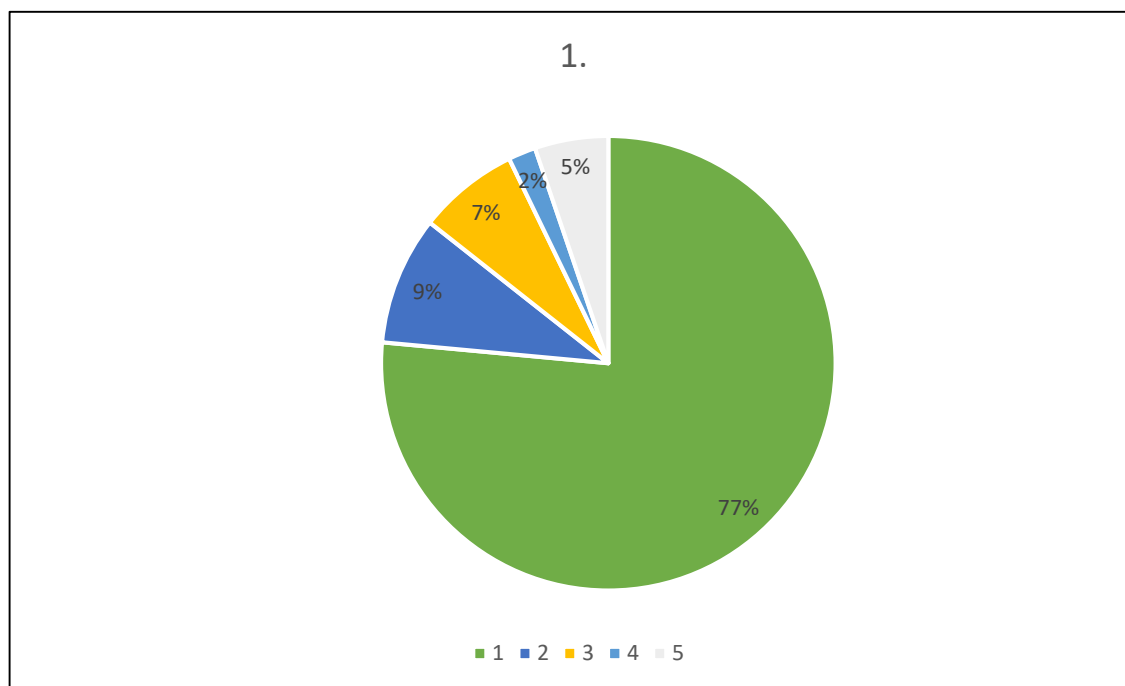
Obrázek č. 20 Zelená vegetace na území města Prahy (Sentinel Hub 2021)

5.3 Vzhled města

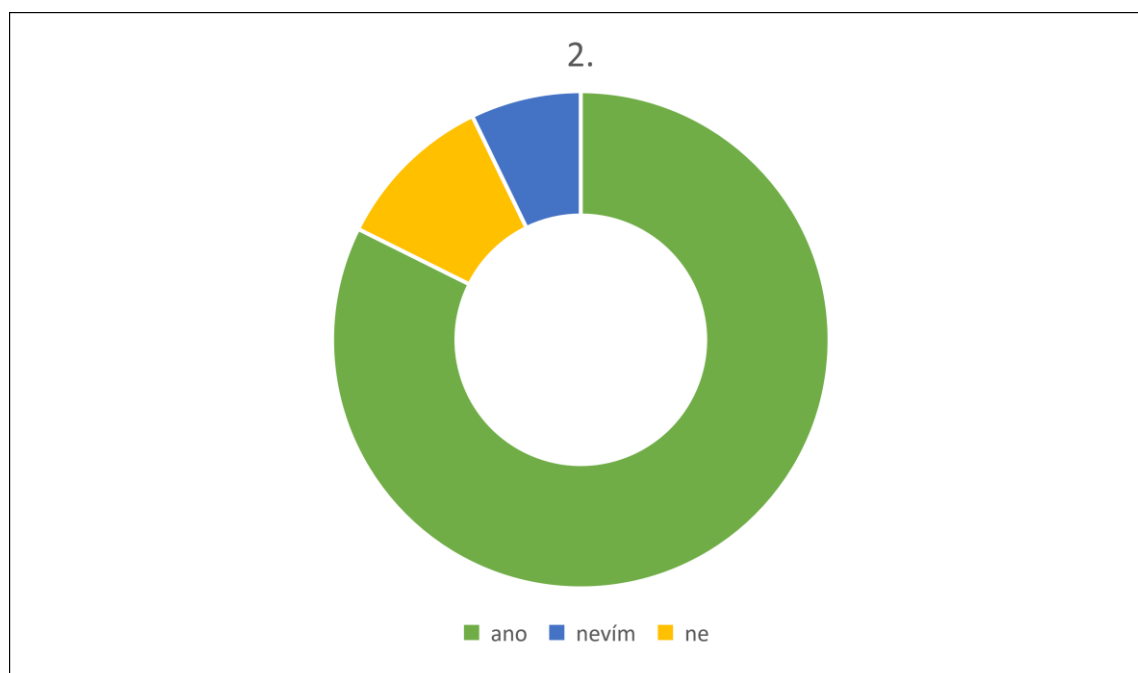
Jak ukazují grafy č. 5 a 6, až 77% dotázaných hodnotilo působení zelené tratě nejlepší známkou. Mezi respondenty tedy převažuje názor, že zelené tramvajové tratě mají pozitivní vliv na vzhled města, které vegetační kryty vytváří. Zelená trať ve městě působí zlepšujícím dojmem a „rozbíjí“ monotónní vzhled ulice.

Zásadně proti bylo pouhých 5% dotázaných a u těchto respondentů zároveň převažovala odpověď na následující otázku, že nepreferují zelené tramvajové tratě. Je možné domnívat se, že tito lidé mají se zelenou tratí určitou negativní zkušenost, například v ohledu nesjízdnosti a není nezbytně přímou překážkou ve vzhledu města. V takovém ohledu je prostor pro rozsáhlejší sociální průzkum, jenž by další otázky v tématice vzhledu města zodpověděl. K preferenci zelené tramvajové tratě před tratí se zpevněným povrchem se přiklonilo více než 80% dotázaných. V tomto případě bylo možné pozorovat, že záporné odpovědi převažovaly u osob žijících v hlavním městě Praha, tedy osob majících přímou zkušenost s výskytem zelených pásů

na tratích. Z krátkého orientačního průzkum je možné usoudit, že lidé se staví k přítomnosti zelených tramvajových tratí, pozitivně. Autorčin předpoklad související se studií Sikorski et al. (2018), že lidé jsou zavádění zelených tramvajových tratí nakloněni, byl potvrzen.



Graf č. 5 Odpovědi na otázku č. 1 ve škále 1 až 5 s hodnocení jako známkování ve škole



Graf č. 6 Odpovědi na otázku č. 2 s popisem značení výsledků

5.4 Druhové složení

Výběr travních směsí s odpovídajícími vizuálními a funkčními parametry je zcela zásadní pro výběr vhodného druhu či druhů (Sturludóttir et al. 2013). Uvádí se, že travnatý porost by měl být jednotný, rovný, bez skvrn nebo defektů, s výrazně zelenou barvou, řádnou hustotou a měkkou texturou. Tyto požadavky splňuje především monokultura, avšak její použití v praxi je dnes z důvodu nákladnosti ojedinelé a je nahrazeno travní směsí (Vasca-Zamfir et al. 2021)(Straka et al. 2011). Monokultura může mít negativní vliv na kvalitu půdy, podporovat erozi a z důvodu vytlačování ostatních druhů, není v oblasti svého vysazení podporou pro biodiverzitu (Whitman et al. 2021). Přes dosažení požadovaných estetických standardů, nejsou monokultury vhodné pro svou nízkou odolnost, která musí být vyvážena zvýšenou údržbou, což je v případě tramvajových tratí velmi nevídaným efektem. Podle Whitman et al. (2021) v současnosti existují druhy, které mají například lepší odolnost i přes sucho, škůdce či jiné vlivy, ale i ty, pokud jsou vysazeny jako monokultura, jsou náchylné ke stresovým faktorům. V první řadě je nutné pamatovat na extrémní zátěž, kterou trávník zažívá denním provozem a celoročním působením klimatických podmínek. Zároveň je nutné zvážit, jaké náklady budou zapotřebí pro údržbu vegetačního krytu (Eekeren et al. 2009).

V souvislosti se zeleným krytem tramvajové trati je velmi diskutovanou potřebou zavlaha. Hloubkové či nedostatečné zavlažování není vhodné u žádného z druhů trávníku, o minimalizaci potřeby vody je však možné hovořit v případě rozchodníku (Frank et al. 2000). Přesycení trávníku vodou vede k nekvalitní vegetaci, vysokým nákladům za spotřebu a přináší trávníku choroby. Správná aplikace je klíčem k zlepšení vitality trávníku a nižším výdajům za následnou péči (Peters 2021). Neméně důležitým faktorem je potřeba pravidelného hnojení, které působí na hustotu, barvu a regenerační potenciál rostliny a je spojeno s dodáním nezbytného dusíku a dalších látek jako je fosfor, draslík, železo či síra (De & Kumar 2019). V případě jílku a lipnice je naopak lepší se přihnojení vyhnout. V takovém spojení je třeba uvažovat o zvolení druhu, který je odolný, méně citlivý k vnějším vlivům, má dobré regenerační schopnosti a zároveň i s minimální údržbou bude dosahovat, co nejlepšího vizuálního efektu (Wolski 2021). Směs kostřavy rákosovité a lipnice luční prokazatelně redukovala invazi plevelů a chorob v porovnání se samostatně vysazenými druhy. (Whitman et al. 2021).

Určení kombinace vhodných druhů může mít vliv na rychlé a technicky nenáročné úpravy. Je také vhodné provést ošetření zvoleného osiva. Jak prokázala studie Vasca-Zamfir et al. (2021) v případě jílku vytrvalého mělo ošetření osiva značný vliv na jeho vyšší klíčivost při optimální teplotě 20 °C. V závislosti na teplotě v České republice jsou voleny druhy, které akceptují i chladnější období, například kostřava roste při teplotách mezi 10 až 25 °C (De & Kumar 2019). Původních druhů na území České republiky je nesčetné množství a je tedy z čeho vybírat, navíc tím dojde k podpoření přirozené biodiverzity, čemuž je nakloněn i Sikorski et al. (2018). Na základě výzkumu volby druhů pro zelené tratě byl tento přístup popsán i Steckler et al. (2012) v Rakousku. Pinkney et al. (2021) uvádí, že hustějšího travního porostu dosáhli v experimentu u druhového mixu, než v případě monokultur. Hustota narůstala společně s diverzitou, jelikož se směs na ploše postupně rozšiřovala a svou různorodou skladbou celistvě zaplnila prostor. Monokultura oproti tomu nedosáhla stejného výsledku a působila řídce. Je nezpochybnitelné, že pro dosažení co nejlepších výsledků, musí docházet k rozsáhlým výzkumům specializovaných pracovníků a výzkumných center s ohledem na lokální podmínky.

Jedním z předpokladů je výběr vhodné vegetační vrstvy dle jeho fyzikálních a chemických vlastností. Pokud by půdní vrstvou byla písčitá půda, pak i při řádné závlivce zadržít trávy méně vláhy a vyžadují častější závlahu, ale s nižším množstvím vody. Oproti tomu v případě jílovito-hlinitých půd není požadována četná frekvence, ale větší množství (De & Kumar 2019). Při sestavování travních směsí je přímoúměrné, že s delší dobou užití je nutné použít o to více druhů, ideálně pak zařadit do směsi výběžkaté trávy jakou je například Kostřava červená, nebo Psineček tenký (Mendelu 2010). Poměry pro jednotlivé druhy ve směsi se odvíjí od zhodnocení požadavků stanoviště použití, pomocnou obecnou normou však je, že 70-90% je tvořeno travním druhem a zbytek jeteloviny a byliny (SPPK D02 2017). Travníky mohou být tvořeny travinami, ostřicí, bylinami, divokými květy či půdopokryvnými rostlinami (De & Kumar 2019). Po založení se mohou oběhovat travnaté plevele a spontánně rostoucí rostliny, které ovlivňují vzhled a strukturu trávníku. Jak uvádí Rendeková et al. (2022) z průzkumu v Bratislavě na letitých zelených tramvajových pásech, riziko invazivních rostlin klesá při použití rozchodníků, v případě travního porostu se riziko zvyšuje. Sumarizace jednotlivých druhů vychází z podobnosti s metodou NTEP (2022), která je navržena pro posuzování kvality druhů trávníků. Daná metoda je inspirací pro posouzení několika vlastností na základě výberu autora pomocí škály 1 - 9, kdy hodnota 1 je nejnižší a 9 je nejvyšší možné dosažené skóre, ostatní údaje jsou zaznamenány slovně. Shrnutí je orientačním posouzením jednotlivých druhů využívaných pro vegetační porost zelených tramvajových tratí a uvedené vlastnosti jsou voleny na základě popisovaných nároků. Hodnocení je v této disciplíně obtížné, neboť se jedná o komplexní vyhodnocení, která je prováděno školenými pracovníky. Je nevyhnutelné, že dané zhodnocení je subjektivním posouzením autora. Posuzované kultury mají svá pro a proti, jak však bylo již zmíněno, jejich samostatné použití v případě zelených tramvajových tratí je vyloučeno, jelikož by došlo k navyšování nákladů na tramvajovou trať a to je velmi nežádaným efektem použité vegetace.

Tabulka č. 7 Charakteristika vlastností jednotlivých druhů využívaných pro zelené tramvajové tratě

Charakteristika vlastností druhů používaných pro zelené tramvajové tratě						
	Jílek vytrvalý	Lipnice luční	Kostrava červená	Psineček výběžkatý	Rozchodník bílý	Rozchodník španělský
Charakter	Volně trsnatý	výběžkatý	výběžkatý/t rsnatý	výběžkatý	trsnatý	trsnatý
Tolerance sešlapávání	8	7	4	3	1	2
Tolerance stínu	3	4	7	5	6	2
Tolerance sucha	4	4	6	5	7	8
Tolerance chladu	4	6	3	4	7	7
Tolerance zasolení	7	5	6	5	2	1
Doba růstu (dny)	7 – 15	14 – 24	10 – 18	12 – 20	14 – 21	14 – 21
	8	3	6	5	3	3
Výška seče (mm)	25 - 50	25 – 50	25 - 50	13 - 25	-	-
	5	5	5	7	9	9
Spotřeba vody	nízká	Střední	nízká	vysoká	velmi nízká	velmi nízká
Schopnost konkurence	vysoká	Nízká	střední	nízká	vysoká	střední
Nároky na péči	střední	Střední	nízká	vysoká	nízká	nízká
Barva	8	6	7	4	5	3

5.5 SWOT Analýza vlivů zelených tramvajových tratí

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> - zlepšení vzhledu města a atraktivitu ulic - přirozenější prostředí pro přírodní procesy - snížení rizika povodní - snížení odtoku dešťové vody a případná možnost využití zachycené vody - regulace a filtrace přímého toku vody a následného odtoku do kanalizace - zlepšení přirozené vodní rovnováhy - schopnost zadržení vody pro snížení sucha - zachycení sedimentů znečišťujících látek - socioekonomický přínos - zaměstnanost - snižování městské tepelné vodivosti - snížení tvorby tepelných ostrovů - snížení albedo - zvýšení evapotranspirace vlivem zelených pásů - filtr pro odstranění škodlivých sloučenin - zachycení prachových částic na povrchu rostlin ze vzduchu - snížení prachu z dopravy - snadná aplikace travních kobereců - snižování hluku pomocí zeleného svršku - zlepšování duševního zdraví lidí - snížení stresu a násilných emocí - dlouhodobá návratnost z hlediska ekonomických přínosů - snížení zahřívání kolejnic - psychická bariéra pro ekologickou nedbalost 	<ul style="list-style-type: none"> - lidská činnost omezující ekologické řízení - v případě zvýšených srážek může docházet k odtoku vody - riziko kontaminace humusovou složkou ostatních stavebních prvků - vyšší pořizovací náklady - vyšší nároky na stavbu - neprůjezdnost zatravněného povrchu vozidly - snadné poškození sešlapáním - deformace kolejí z důvodu pohybu půdy - pohyb ornice v případě neudržování - velké množství odběru vody na zálivku nebo závlahový systém - zajištění dostatečné a pravidelné závlahy především v teplejším období - delší čas na výslednou podobu zelené tratě v případě výsevu - vysoké náklady na údržbu - nutnost pravidelné seče travního povrchu - nutnost pravidelného hnojení - hromadění odpadních látek při zvýšených deštích - nutnost specializovaných pracovníků pro řádnou údržbu vegetačního pokryvu - riziko vzniku bludných proudů - není využitelné v případě zúžených a historických lokalit

<ul style="list-style-type: none"> - snížení respiračních onemocnění - zlepšení zdraví obyvatel města 	
Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> - vzhled a atmosféra města - vklad do budoucnosti - zvýšení biodiverzity města - rozbití „šedi“ města - zlepšení ekosystémových služeb ve městě - migrační koridory pro rostliny města - ochlazení města - vznik nových zelených ploch - výzkum v oblasti nových odolných směrů z původních druhů - možnost instalace pryžových bokovnic pro snížení hluku - zvýšení pracovních příležitostí díky zvýšení atraktivity lokality pro firmy 	<ul style="list-style-type: none"> - vyšší pravděpodobnost koroze kolejiště - použití nevhodných druhů či půdy - degradace vegetace v zimním období - poškození mrazem - riziko poškození ze zasolení silnic z důvodu sněhu - vysoké náklady v případě potřeby oprav kolejí - pravděpodobnost poškození osobou, např. ukopnutí závlahové trysky - velké, často nevratné poškození rostlin v případě neúdržby

6 Diskuze

Zelené tramvajové tratě jsou jedním z prvků zelené infrastruktury, který byl v minulosti přehlížen, a nebyla mu věnována příliš velká pozornost. Jak uvádí Liquete et al. (2015) svými vlastnostmi, má schopnost pozitivně přispívat městu a dle popisovaných vlivů jej můžeme označit za jednu z možností prospěšného ozelenění měst, které je nejen žádoucí, ale také stále více akcentováno jako potřebná možnost rozrušení jednotvárnosti zastavěných městských ploch, zvláště když uvážíme migraci obyvatel do zvětšujících se měst, kde žije až 70 % Evropanů. Posuzované vlivy, jež mohou vygetační kryty na tramvajové trati přinášet, mají příznivý účinek nejen na město, ale především na jeho obyvatele, což popsal Sikorski et al. (2018) a v propojení s analýzou přínosů se k této teorii přiklání také autorka. Vlivy, ať už pozitivní nebo negativní, byly včetně příležitostí a hrozeb analyzovány pomocí SWOT analýzy nabízející ucelený přehled. Ta vychází nejen z údajů, které jsou publikovány Kappis & Schreiter (2013), společností Eglington (2014), výzkumu Ecologic (2011) a mnohými dalšími, ale také vlastní výzkumnou částí, která působení těchto vlivů potvrzuje. Značné benefity jsou důvodem pro využití zelené tramvajové tratě ve městě, jak bylo rozbořením údajů zjištěno.

Příležitosti pro zlepšení městského intraviliánu začínají v případě zelených tramvajových tratí v hospodaření s vodou a nemohou být v městském prostoru opomíjeny, obzvláště při současném klimatickém vývoji. Podle Sitzenfrei (2020) aktuální stav naléhavě volá po vhodných řešeních, které zlepší vodní bilanci města a zelené tratě tento nástroj poskytují. S tím je možné souhlasit, jelikož zatavněný úsek má schopnost zadžet povrchovou vodu a to až do 90 %, jak je patrné z výzkumu Strategie adaptace města Prahy (2019). Autorka se domnívá, že značný prostor na zamýšlení nabízí možnost sběru dešťové vody pomocí vybudování záhytových nádrží, kdy by tato voda následně mohla být využita jako zálivka, čímž došlo by tak ke snížení nákladů na vodu, která musí být využita pro řádnou údržbu zelené tratě. Řešení v prostoru města Prahy je obtížněji diskutovatelné především proto, že má velmi omezené prostory pro instalaci takových nádrží. Jako vhodné řešení se nabízejí například obratiště tramvají, které by v Praze poskytly dostatečné prostory. Jak popisuje Zelenáková (2016) ve své práci, takové řešení je dnes často součástí staveb zelených střech. Smets et al. (2019) plánování umístění má značný vliv na vodní bilanci města a navíc pozitivně přispívá k nižšímu znečištění odtokové vody. Je třeba upozornit na skutečnost, že podle Shakya & Ahiablame (2021) mají zelené tramvajové pásy, obdobně jako zelené střechy, ochlazující funkci související s hospodařením s vodou, jejím zadržením a následným výparem vody z půdy a vegetace. Studie z Toronta odhalila, že se při vhodném rozmístění napříč městem podařilo snížit teplotu města až o 2 °C. Problematika tepelných ostrovů nemůže být přehlížena, neboť se města Prahy bezprostředně týká. Povrchové teploty v Praze dosahují během léta až 46 °C. Stejně tak potvrdil výzkum v Drážďanech teplotu šterkových tratí okolo 50 °C, a zároveň ve stejné lokalitě na tratích s vegetačním pásem naměřili v průměru 30 °C. Obdobné výsledky byly zjištěny i v případě této práce a jsou jen další podporou dobrého vlivu zelené tramvajové tratě. V případech až 37 % hodnocených studií byla tráva zahrnuta jako jeden z nástrojů strategie pro zmírňování tepelných ostrovů. Tento efekt byl zdokumentován na území Prahy a v rámci zkoumané lokality ukazuje, že existuje rozdíl mezi pevným povrchem tramvajové tratě a se zeleným vegetačním pásem. Je nesporné, že čím větší zelená plocha se ve městě vyskytuje, tím větší vliv má na povrchovou teplotu a to především v období léta. Lze usuzovat, že každá zelená

plocha se počítá, pokud dojde na omezené možnosti zastavěných měst, neměla by se žádná z nabízených šancí na ozelenění promarnit. Je možné tvrdit, že zelené pásy nabízí ve městě Praha desítky kilometrů plochy, jenž mohou sloužit jako další prostor pro zavedení nové vegetace. Tento záměr je také naznačen v konceptu plánování zelených tramvajových tratí (2019), kdy v následujících letech dojde k vytvoření nových zelených tratí. Ve strategii adaptace hlavního města na změnu klimatu (2019) je na potřeby využití prostor kladen značný důraz, což také vede k příklonu k ozelenění tramvajových tratí. Neměli bychom opomíjet ani fakt, že jak uvádí Rejmánek (2020), zelené pásy slouží ke snížení odrazivosti plochy. Zvyšování teploty měst a provázanosti vzniku tepelených ostrovů je dnes dobře popsáným efektem, jehož přítomnost je nevídanou součástí dnešních diskuzí problematiky měst, kterou je nutné řešit a je spojována s fenoménem navyšování globální teploty (NASA 2021). Stanovení hodnot povrchových teplot a mapování pomocí nejmodernějších metod by mělo být prioritou města, aby na základě údajů získávala informace o oblastech, kde je potřeba ochlazení vysoká a je třeba s ní pracovat. Autorka doporučuje na základě observace, že v případě, kdy dojde k lokalizaci nejproblematičtějších částí s vysokými teplotními hodnotami, je možno na ně průběžně zareagovat a začít pracovat na jejich zmírnění nebo odstranění. Na jejím odstranění se podílí z velké části přítomnost rostlin a chladicí efekt, který poskytují, je pro město nepostradatelný. Bez rostlin a vodního režimu města by bylo čím dál více patrné, že během letního období je v městských zástavbách teplotní stres téměř neúnosný. Potenciál zazelenání povrchu je v tomto směru jednoznačný a ve spojitosti s vlivem snížení odrazivosti plochy je nástrojem ke snižování teploty města.

Autorka se zaměřila na prozkoumání vlivu zelených tramvajových pásů na snížení hluku. Již Schreiter (2010) ve své práci naznačil, že potenciál zmírnění hluku na německých trati pozoruje. Jeho práce přinesla důkaz, že absorpce v případě zelené tramvajové trati byla až 4 dB. Později Schreiter společně s Kappis (2013) své původní tvrzení upravují tak, že k téměř žádnému snížení nedochází. Studie Panulinové (2017) přinesla další důkaz, že skutečně dochází k redukci hluku pomocí zelených tramvajových tratí a díky vlastnímu měření se k této tezi přiklání. V dnešní době, existují efektivnější systémy snižující hluk z kolejíště a to až o 7 dB, ale ani získané hodnoty by neměly být přehlíženy. Hodnoty mezi 2 – 3 dB jsou přínosné a obzvlášť při přísných hlukových normách, které má město nastaveno a mělo by se permanentně snažit o zlepšování hlukové zátěže, jenž je z tramvajové dopravy značná. Měření akustického tlaku přineslo výsledky, které potvrdily data ze současných studií a poukazují na možnost snížení hlukové hladiny v místě jejich využití. Pro zvýšení jejich efektu je však vhodnou metodou kombinace dalších prvků jako jsou například pryžové bokovnice, které zaručí co možná nejlepší výsledek. Dlouhodobé působení zvýšeného akustického tlaku má podle Marselle et al. (2021) vliv na lidské zdraví, a proto není překvapením, že snahy o snižování zdrojů hluku je kladena zvláštní pozornost na evropské úrovni. Mohlo by se zdát, že se jedná o nepatrné hodnoty, avšak každé snížení, především u jednoho z hlavních identifikovaných městských zdrojů hluku, je považováno za nezbytné. Ve společnosti rezonuje otázka, jak co nejspolehlivěji dosahovat stanovených hlukových hladin, které často nejsou v obytných oblastech dodržovány a jedním z příspěvovatelů je právě tramvajová doprava. V tomto ohledu je každé snižování vítaným jevem, ale nejedná se o přímý nástroj nabízející konečné řešení, je však jeho součástí.

Město má vlivem dopravy a sucha problém se znečištěním vzduchu polétavými částicemi a navázanými látkami. Ve svém výzkumu prokázali Fai & Bakar (2018), že zelené střechy mohou fungovat jako filtr znečišťujících látek. Tento fakt prokázali také Schreiter & Kappis (2013), když zkoumali hromadění prашných částic na povrchu listů rozchodníků, stejně jako Kumar et al. (2019) dokazující, že rostlinná vegetace má schopnost podpořit zachytávání prашných částic a absorbovat znečišťující látky. Vzhledem ke skutečnosti, že Praha se potýká s vysokým podílem znečišťujících látek, je nezbytné využívat každé možnosti, která do města přináší zeleň i v menších formách. Přestože vliv není tak významný jako v případě širších ozeleněných ploch, nemělo by se takové pozitivum opomíjet.

Nejedno město v Evropě, ale i mimo ní, má hustou síť tramvajové dopravy čítající desítky kilometrů. V případě Prahy je to 143 km dlouhá trať, která se i v následujících letech bude nadále rozšiřovat. Všechny úseky města nejsou k ozelenění pomocí zelených pásů vhodné a to konkrétně v případě zúžených ulic, či sektorů města s historickou částí. Vzhledem k faktu, že počet obyvatel ve městě neustále nárůstá nejen dle statistiky ČSÚ (2021), ale také celosvětově dle United Nations (2018), a je nutné zajistit pro rostoucí populaci veřejnou dopravu, nejlépe šetrnou s nízkými dopady na životní prostředí, je zřejmé, že bude i v budoucnu docházet k využití tramvajové dopravy ve městě. Tramvajové tratě přinášejí městu spolehlivou, přístupnou a bezpečnou dopravu, což dokazuje jak záznamy města Prahy o 7 % nehodovosti tramvají z celkového počtu, tak i například varšavská studie uvádějící přibližně 3 % podíl. V nejednom ohledu je potřeba rozšiřování tramvajových sítí značná. Prostory kolejíště je možné ozelenit a vdechnout tak zašedlým ulicím nový život. Jedná se o potenciál nejen zlepšení vzhledu města, ale především jeho zdraví a v mnohých ohledech mu poskytnout branding, kdy si s daným městem spojíme, že na nás příjemně esteticky působí, ale také nás láká k procházkám a návratu do těchto míst, jak prokázali i Sikorski et al. (2018). Bylo zjištěno, že tyto vlivy jsou neméně důležité a převažuje pozitivní dojem vzhledu města v případě, že jsou zelené tramvajové tratě řádně udržovány. Příznivý dopad vzhledu zelených pásů lze sumarizovat i na základě více než 80% kladného hodnocení dotazníku obyvatel České republiky.

V rámci Evropy nastavuje směr dalšího počínání Evropská Unie, která dala svým členským zemím najevo, čemu by se měli v následujících obdobích věnovat na základě programů nadcházejícího období. Není překvapením, že kroky Evropy směřují k řešením zaměřujících se na společnost a udržitelné postupy. Evropská komise (2021) posiluje význam nutnosti koncepce ekologických měst za pomoci zelené infrastruktury. Jak uvádí Quaranta et al. (2021) posílení přírodního kapitálu je součástí konceptu ozelenění měst. Na základě plánů Evropské Unie může ekologizace měst ve společné budoucnosti vést ke snížení produkce oxidu uhličitého až o 35%. Zelená infrastruktura je pro město stěžejním tématem, které však není možné řešit bez zásadních investic a inovací v dané oblasti, což potvrzuje i Liqueste et al. (2015). V tomto ohledu je nutné motivovat příslušné organizace, například formou dotačních titulů, aby mohli vážně uvažovat o vypracování a realizaci projektů spojených s výstavbou zelených tramvajových tratí na základě potřeb města (Mell & Whitten 2021). Spolupráce na úrovni inženýrských řešení, vědeckých výzkumů v rostlinné oblasti a architektů, je stěžejní pro budoucí rozvoj. Společně mohou vypracovat zajímavá moderní řešení propojující tramvajové tratě, jejich zastávky a přilehlé okolí tak, aby vše společně zapadlo do rázu města. Je zřejmé, že

aby mohlo dojít k provázanosti těchto finančně náročných činností, je potřeba být vhodně nasměrován a finančně podpořen, jak uvádí i Rendeková et al. (2022).

Plánování na státní úrovni hraje významnou roli v motivaci těch, kdo daná řešení zvažují a realizují. V hlavním městě Praze byly dosud snahy o ozelenění značně komplikovány nesourodostí financování a nárazovým testováním vhodných postupů. Nyní je financování především na bedrech Dopravního podniku hlavního města Prahy z téměř 80 % a ostatní náklady jsou rozděleny mezi město a jeho městské části. Budoucí koncept, který nově zaujal stanovisko k rozvoji zelených tramvajových tratí a do roku 2030 počítá s novými zelenými úseky, které vnímá jako potřebnou součást Strategie adaptace klimatických změn pro hlavní město Praha (2019). Přestože jsou do popředí staveny pro své nízké údržbové náklady tratě s rozhodníky, kdy cena je v průměru na m² okolo 4 Kč, Praha se rozhodla vydat směrem, ve kterém využije jako vegetační kryt travní směsi, jejíž provozní náklady na údržbu činí v průměru 49 Kč bez DPH se závlahou a 11,50 Kč bez závlahy. Několikrát ročně prováděné úkony jakými je seč, hnojení, odplevelení či odvoz a úklid jsou ve výši 16,50 Kč bez DPH. Z dat vyčteme, že značným nákladem je především vodné, jež si žádá v následujících letech snížení. Možnost snížení tohoto nákladu je v zachycení a znovu využití dešťové vody a výzkumu vegetačních směsí, které jsou méně náročné na potřebu závlivky.

V současnosti probíhající výzkum nastavuje správný směr, který cílí na potřeby, které je nutné zvážit při konstrukci takto specifické stavby s živou vegetací, jakou zelená tramvajová trať je. Práce se zaměřila také na možnost využití umělých trávníků, avšak jak prokázal Židek (2016), umělý materiál ještě navyšuje teplotu povrchu a o ekosystémových službách není možné ve spojitosti s umělým povrchem hovořit. Navíc předpoklad, že se nejedná o údržbový povrch, je chybný, jelikož bez řádné údržby by došlo v krátké době k jeho znehodnocení a deformaci, jak dobře popsal Perun (2014).

V tomto ohledu není možné zvolit jeden vhodný postup pro všechny a snažit se jej aplikovat na základě jedné formule, přestože některé tendence spojené s volbou vegetační směsi a jejího zavedení vychází z obdobného základu. Je nezbytné zvážit specifické aspekty stanoviště, na což upozorňuje Eekeren et al. (2009). Tyto záměry jsou patrné v projektu Genefondy pro Prahu (2021) pracující s druhy z národní banky. Takový postup byl stanoven také v Německu, Rakousku a dalších evropských zemích. Požadovaných vlastností zeleného tramvajového pásu dochází v případě experimentální činnosti spojené s tvorbou druhového mixu. Na základě výzkumu Pinkney et al. (2021) bylo prokázáno, že těchto vlastností dosáhneme, pokud je kombinován vhodný mix druhů, oproti tomu s monokulturou nebylo dosaženo přesvědčivých výsledků. V případě, že dojde k vývoji v oblasti vhodné vegetační směsi, pak budou v následujících letech eliminovány náklady spojené s údržbou rostlin, která je neoddelitelnou součástí péče o rostliny. O to usiluje současná studie ve spolupráci výzkumných ústavů České republiky. Údržba nemůže být zcela vyloučena, ale může být snížena na únosnější mez, než se kterou se v současnosti potýkají provozovatelé těchto tratí. Výhody, které přinášejí některé rostlinné druhy, byly v práci popsány, avšak je patrné, že jako jednodruhové rostliny by svou charakteristikou nenaplnily plány na snižování nákladů údržby tramvajových pásů. Vhodnou variantu je obtížné najít o to více, čím více jsou nabízeny další možnosti v podobě nejen travních směsí z výsevu, či pokládkou travních koberců, ale také rozhodníky a umělé povrchy. Jejich výhody i nevýhody musí být součástí rozhodovacího procesu pro finální výběr. Nabízí se otázka, zda jsou tyto ukazatele a jejich provázanost

dostatečným vodítkem pro vhodný výběr. Pozitiva i negativa je nezbytné dále diskutovat a prohlubovat jejich znalost. V současnosti jsou vytvářeny softwary, jenž mají za úkol na základě zadaných parametrů stanoviště pomoci s takovou volbou v duchu vytváření nejen ekologického a udržitelného města, ale také chytrého řešení pro město. Toto odvětví by nemělo být opomenuto a mohlo by být v budoucnu více zapojeno do vyhodnocovacích procesů.

Vzhledem k rostoucí roli ozelenění měst a zvyšující se popularitě efektivních řešení, jakými jsou zelené střechy, bude význam zelených tramvajových tratí v budoucnu hrát ve městech svou roli. Jejich kladné vnímání ze strany veřejnosti je posilujícím faktorem pro jejich zavádění. Neměla by být podceňována významnost estetického efektu zelených tramvajových tratí v ulicích měst, kdy se často jedná o jedinou možnost zavedení viditelné zeleně pro obyvatele města, v čemž skýtají zelené tratě další značnou příležitost a být pojítkem mezi městem a přírodou. Na území města Prahy je naplánováno v rámci (2019) rozvoje až 10 km nově zatravněných tramvajových tratí, při čemž další desítky jsou předmětem studie.

Na základě vyhodnocení je možné konstatovat, že výhodou je zcela bez pochyb fakt, že přítomnost zelených tramvajových tratí je vnímána veřejností převážně pozitivně. Nejedná se pouze o vzhled, který je s aplikací zeleně vylepšen a dává ulicím zcela nový ráz, jedná se také o následek, působící na zmírňování stresu a napětí obyvatel města. Přestože tento vliv není dostatečně vědecky popsán, jeho působení může každý jednotlivec zkoumat sám na sobě. Zeleně ve městě navozuje příjemnější dojem a má také vliv na snižování vandalizmu, či patrně působí na ekologičtější smýšlení osob v prostorech zelených tramvajových tratí, jak bylo popsáno ve studii Sikorski et al. (2018), že zelený svršek trati vede ke snížení odhazování odpadků v dané oblasti. Aby mohly být zelené pásy vzhledné, je třeba dbát na jejich údržbu a dopřát jim pravidelnou péči související především, na základě tepelných podmínek, s dostatečnou závlahou a nastavení režimu, který zabezpečí, že nebude docházet k výkyvům ve vitalitě rostlin a působení negativních okolností bude pokud možno, co nejvíce omezováno. Pro zajištění řádné pravidelné kontinuity všech procesů souvisejících s údržbou zelených tramvajových tratí. V důsledku neprovázanosti procesů se autorka domnívá, že je nutno stanovit v návaznosti se zvolenými druhy řádnou péči specializovanými pracovníky a předcházet tak větším nákladům. Ve spojení se současnou studií a při vytvoření nejvhodnějších směsí, budou náklady vynaložené na péči snižovány a stanou se více atraktivním řešením pro jejich provozovatele.

Hodí se shrnout a poukázat na klady, ale i zápory, které řešení poskytuje. Jak bylo analyzováno, pro zájem o aplikaci hovoří značná řada faktů, jenž na koncové uživatele mají převážně kladný dopad. Jako největší překážkou se v tuto chvíli jeví fakt, že v České republice nejsou sjednoceny postupy pro zavádění, nepanuje shoda o výběru nejvhodnějšího typu vegetačního krytu a není jednoznačně stanoveno financování tak, aby bylo i částečně motivačním prvkem pro zavádění zelených tramvajových pásů jako v okolních státech, kam patří například Švýcarsko, Holandsko nebo Německo. Jak vegetace s intenzivní či extenzivní údržbou má svá úskalí a město Praha se zaměřilo na rozvoj směrem v travních směsích. Vzájemná inspirace je v tuto chvíli potřebná a nezbytná pro další inovativní řešení. Ve výzkumech je zapotřebí i nadále pokračovat, aby mohlo být dosahováno stále lepších výsledků. Příležitosti poskytované zelenými tramvajovými tratěmi jsou dle autorky zvýšení biodiverzity města pomocí vzniku nových zelených ploch, které podporují ekosystémové služby s dopadem na zdraví člověka a zlepšují vzhled a atraktivitu města. Zelené tratě mohou přinášet některá

negativa, jakými jsou nesjízdnost plochy motorovými vozidly či náklady spojené s údržbou a potřebou oprav.

7 Závěr

Cílem této práce bylo zanalyzování vlivů zelených tramvajových tratí na město v komparaci studií a vlastního výzkumu, který se zabýval potenciálem hlavního města Prahy pro vybudování nových zelených tramvajových pásů. Nedílnou součástí tohoto hodnocení jsou finanční náklady spojené s údržbou a investicí do vývoje vhodného vegetačního krytu tramvajových tratí.

- V případě použití jednodruhových porostů bylo analyzováno, že v porovnání s kombinací druhů nekonkurují vícedruhovým směsím pro svou nízkou odolnost, jenž musí být vyvážena intenzivní a nákladnou péčí. Jednou z primárních potřeb vegetačního krytu tramvajové tratě je, aby náklady na jeho péči byly minimalizovány, s čímž je jednodruhový porost v přímém rozporu. Monokultura z důvodu vytlačování původních druhů nepodporuje v místě vysazení biodiverzitu, což je v rámci využití v městském intravilánu nevídaným vlivem. Požadavky na estetickou stránku monokultura splňuje, avšak výzkumy prokázaly, že pokud se jedná o nároky na hustotu porostu zelených pásů, nejsou v případě monokultur splněny, neboť oproti druhovému mixu působí řídce a nevytváří celistvý dojem. Vlastnosti jednodruhových porostů jsou pro účely tramvajových pásů nevhodné. Na místo toho jsou v popředí studie květnaté osevní směsi, které budou nejen esteticky zajímavé, ale využití druhů odolných suchu, může vést ke snížení nákladů za zálivku.
- Do současnosti použité travní směsi nevykázaly vyšší odolnost a v případě, že by nedocházelo k pravidelné péči, během krátké doby by došlo k úplné devastaci vegetačního krytu. Testované směsi byly zvoleny na základě požadavků na odolnost vzhledem ke zhoršujícím se klimatickým podmínkám. Jelikož je tato rezistence pozorována u mnohých zvolených druhů v testovacím mixu, je na základě zkušeností usuzováno, že nenáročné druhy na stanoviště budou i při zvýšených teplotách a nižších srážkách schopny bez větších zásahů odolat tak, jak je to pro ně obvyklé v přirozeném prostředí. Pro jednoznačnou prokazatelnost je nezbytné delší pozorování po umístění směsi na tramvajové tratě, kde jsou prozatím krátce vystavovány zátěži v reálném prostředí.
- Zelené tramvajové tratě mají vliv na mikroklima v oblasti, kde jsou využívány a snižují efekt vzniku tepelných ostrovů. Porovnání teplotních údajů ze zkoumané oblasti prokázalo, že mezi plochou s vegetačním krytem a bez něj, jsou rozdíly. Vegetace působí svými přirozenými vlastnostmi spojujícími zadržování vody a redukci odrazivosti plochy zlepšujícím účinkem a to i přes relativně malou plochu, kterou zelený tramvajový pás vytváří. Potenciál se zvyšuje společně s velikostí ozeleněné plochy a je příspěvkem ke snížení teploty. Navíc přispívá pozitivně i ke stavu kolejíště, jenž částečně není vystaveno přímému slunečnímu záření a je také ochlazováno.
- Vlivy na základě studií prokazují ekologické přínosy spojené s využitím zelených tramvajových tratí. Za ty nejdůležitější je možné považovat vznik přírodního stanoviště, snížení odtoku vody a případnou možnost využití zachycené vody, zlepšení přirozené vodní rovnováhy, zachycení znečišťujících látek, snižování tepelné

vodivosti města a tvorby tepelných ostrovů, zvýšení evapotranspirace, zachycení prachových částic z dopravy na povrchu rostlin, zlepšování zdraví obyvatel a zlepšení estetického rázu města. Slabou stránkou stavby zelených tratí jsou finanční náklady. Nejsou to však vstupní náklady, které by měly být důvodem pro zamítnutí této varianty, ale následné výdaje spojené s údržbou vegetačního krytu. Na rozdíl od pevných povrchů, které jsou bezúdržbové, je potřebný v případě zelené tratě vstup odborného pracovníka pro vhodný postup v péči o zvolenou vegetaci. Na základě snah o snížení nákladů v podobě odolných směsí, by měla být stavba zelených tramvajových tratí upřednostňována.

8 Literatura

- ACRE. 2021. Jednotlivé sazenice. Available from <https://www.acre.cz/jednotlive-sazenice> (accessed December 2021).
- ACRE. 2021. Tramvajové pásy. Available from <https://www.acre.cz/tramvajove-pasy> (accessed December 2021).
- Andersson E, Haase D, Anderson P, Cortinovis C, Goodness J, Kendal D, Lausch A, McPhearson T, Sikorska D, Wellmann T. 2021. What are the traits of a social-ecological system: towards a framework in support of urban sustainability. *Urban Sustainability* **1**:1-8.
- Balany F, Ng A, Muttill N, Muthukumaran S, Wong MS. 2020. Green Infrastructure as an Urban Heat Island Mitigation Strategy - A Review. *Water* **12**:3577. DOI: 10.3390/w12123577
- Brandes D. 2005. Die Flora der Stadtbahn Braunschweig. Available from https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/rsc/viewer/dbbs_derivate_00001669/Document.pdf?page=18 (accessed November 2021).
- Byrne S. 2018. An assessment of the effectiveness of noise reduction systems on Dublin's light rail system (Luas). 11th European conference on noise control. Vol. **2018**:1337-1344. Republic of Ireland.
- Cagaš B, Svobodová M. 2013. Trávník: zakládání, ošetřování a údržba. Grada Publishing a.s., Praha.
- Čeňková L. 2021 Zelené koberce v tramvajových páslech zlepšují život ve městě. Obnovitelně. Available from <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1798/zelene-koberce-v-tramvajovych-pasech-zlepsuji-zivot-ve-meste-experiment-ma-najit-odolne-rostliny/> (accessed November 2021).
- Čermáková B, Mužíková R. 2009. Ozeleněné střechy. Grada Publishing a.s., Praha.
- Český hydrometeorologický ústav. 2021. Praha. Available from <https://www.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/tabulky/tlak-vzduchu> (accessed November 2021).
- Český hydrometeorologický ústav České republiky. 2021. Očekávané dopady změny klimatu v ČR, Praha. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap11.pdf (accessed December 2021).
- Český statistický úřad. 2022. Statistiky, Česká republika. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/statistiky> (accessed January 2022).
- Český úřad zeměměřický a katastrální. 2021. Nahlížení do katastru nemovitostí. Praha. Available from <https://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx> (accessed December 2021).

- Dhakai D, Islam MA. 2018. Grass-legume mixtures for improved soil health in cultivated agroecosystem. *Sustainability* 10.8:2718.
- Dopravní podnik hlavního města Prahy. 2021. O společnosti. DPP v datech, Praha. Available from <https://www.dpp.cz/spolecnost/o-spolecnosti/dpp-v-datech> (accessed March 2022).
- Dopravní podnik hlavního města Prahy. 2020. Tiskové zprávy - DPP spolu s výzkumníky testuje nové unikátní směsi rostlin pro stálezelené tramvajové pásy i extrémní podmínky. Available from https://www.dpp.cz/spolecnost/pro-media/tiskove-zpravy/detail/278_1301-dpp-spolu-s-vyzkumniky-testuje-nove-unikatni-smesi-rostlin-pro-stalezelene-tramvajove-pasy-i-extremni-podminky (accessed December 2021).
- Dopravní podnik hlavního města Prahy. 2020. Výroční zpráva 2020. Praha. Available from https://www.dpp.cz/cs/data/Výrocn%C3%AD%20zpravy/DPP_VYROCNI_ZPRAVA_2020.pdf (accessed November 2021).
- DP kontakt. 2022. Plány DPP v roce 2022, ročník 27. Available from https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2022-01-21-10-06-35_DP-kontakt-leden-2022.pdf (accessed February 2022).
- EAP 7. 2020. Evropská komise. Spokojený život v mezích naší planety. Available from <https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/cs.pdf> (accessed January 2022).
- EAP 8. 2020. Evropská komise. Akční program pro životní prostředí do roku 2030. Available from https://ec.europa.eu/environment/strategy/environment-action-programme-2030_cs (accessed January 2022).
- Eeckhout J, Hedtrich C. 2021. Green urbanization. *PloS one* 16:11 (e0260393).
- Eglinton connects. 2014. Eglinton LRT - Green trackway precedents study. Toronto Transit Commission, Canada.
- Eisenreich J. 2020. BRENS EUROPE, 2 roky s kolejovými absorbéry Brens Stered v Košicích. Plzeň. Available from <https://www.brens.cz/l/pres-dva-roky-mereni-co-prinesly/> (accessed December 2021).
- Eisenreich J. 2019. BRENS EUROPE, Plzeň. Available from <https://www.brens.cz/l/zelena-trat-a-zelena-strecha/#&gid=1&pid=9> (accessed December 2021).
- European Environmental Agency. 2021. Air pollution sources. Available from <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1> (accessed November 2021).
- Europa EU. 2021. Evropská komise. Oficiální stránka Evropské Unie. Available from https://ec.europa.eu/info/index_cs (accessed December 2021).
- European Commission. 2021. Environment action programme to 2030. Available from https://ec.europa.eu/environment/strategy/environment-action-programme-2030_en (accessed January 2022).

- Europea Commision. 2021. River basin management for Europe. Available from https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (accessed December 2021).
- European parliament, Council of Europe, European economic and social committee and committee of regions. 2013. Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital. CETS No.: 0249 final.
- Evans DL, Falagán N, Hardman CA, Kourmpetli S, Liu L, Mead BR, Davies JAC. 2022. Ecosystem service delivery by urban agriculture and green infrastructure—a systematic review. *Ecosystem Services* 54 (e101405). DOI: 10.1016/j.ecoser.2022.101405.
- Fai MC, Bakar MFA. 2018. Environmental Benefits of Green Roof to the Sustainable Urban Development: A Review. Department of Civil Engineering, Universiti Tenaga Nasional. Springer 1-15.
- Foldyna D. 2020. Začlenění tramvajové tratě s vegetačním krytem do veřejného prostoru města Brna [MSc. Thesis]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Brno.
- Frank WK, Gilstrap DM, Nikolai TA, Rieke PE. 2000. IRRIGATION AND FERTILITY EFFECTS ON THREE TURFGRASS SPECIES. *Lawn Care and Grounds Management Papers* 101-102. Available from <https://archive.lib.msu.edu/tic/mitgc/article/2001101.pdf> (accessed November 2021).
- Geoportál Praha. 2022. Mapa online. Praha. Available from <https://www.geoportalpraha.cz/cs/mapy/mapa-online> (accessed January 2022).
- GEOmall. 2021. Sedum TopMix S/5. Available from <https://www.geomall.cz/rizky-rozchodniku-sedumtopmix-s-5> (accessed February 2022).
- Glinushkin A, Kislov A, Kascheev A, Aysuvakova T, Kartabaeva B, Večerov A. 2021. Comparative productivity and productive longevity of perennial grasses in Moscow region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 663:1 (p012011). DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012011.
- Gößner D, Mohri M, Krespach JJ. 2021. Evapotranspiration Measurements and Assessment of Driving Factors: A Comparison of Different Green Roof Systems during Summer in Germany. *Land* 12:1334.
- Green Deal. 2021. Evropská komise. Realizace Zelené dohody pro Evropu. Available from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_cs (accessed December 2021).
- Halina G, Sudnik-Wójcikowska B, Wierzbicka M, Jarzyna I, Wiłkomirski B. 2014. Structure of the flora of railway areas under various kinds of anthropopression. *Polish Botanical Journal* 59(1): 121–130.
- Historie Dopravního podniku hlavního města Prahy. 2022. Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, Praha. Available from <https://www.dpp.cz/zabava-a-zazitky/historie-dpp/muzeum-mhd> (accessed February 2022).

- Hlavní město Praha. 2021. Klima Praha, Praha. Available from https://klima.praha.eu/DATA/Dokumenty/Klimaticky_plan_HMP_2030_revidovany_k_27_5_2021.pdf (accessed December 2021).
- Hlavní město Praha. 2021. Klimatický plán města Prahy do roku 2030, Praha. Available from https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/ochrana_klimatu/Klimaticky_plan_HMP_do2030_struktinfo.html (accessed December 2021).
- Hlavní město Praha. 2020. Strategie adaptace hlavního města Prahy na změnu klimatu 2020. Available from <https://adaptacepraha.cz> (accessed November 2021).
- Hlavní město Praha. 2019. Strategie adaptace hlavního města Prahy na změnu klimatu. Koncepce výsadby a údržby zelených tramvajových pásů. Available from [https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2020/06/Koncepce_výsadby_a_údržby_zelených_tramvajových_pásů_v_1_2.pdf](https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2020/06/Koncepce_vysadby_a_uzrby_zelenych_tramvajovych_pasu_v_1_2.pdf) (accessed December 2021).
- Hlukové limity, měření hluku a hlukové studie. 2012. DEK Atelier. Available from <https://atelier-dek.cz/hlukove-limity-mereni-hluku-hlukove-studie-194> (accessed January 2022).
- Huszar P, Karlický J, Ďoubalová J, Šindelářová K, Nováková T, Belda M, Halenka T, Žák M, Pišoft P. 2020. Urban canopy meteorological forcing and its impact on ozone and PM_{2.5}: role of vertical turbulent transport, *Atmos. Chem. Phys.* **20**:1977–2016, <https://doi.org/10.5194/acp-20-1977-2020>.
- Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu. 2021. Česká Republika. Available from <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1636386760> (accessed December 2021).
- Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy (IPR). 2022. Data a analýzy – NDVI teplota. Praha. Available from <https://iprpraha.cz/stranka/7> (accessed February 2022).
- Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy, Sekce infrastruktury. 2017. Strategie rozvoje tramvajových tratí v Praze do roku 2030. Available from <https://iprpraha.cz/assets/files/files/204fbb96233202627cd01595ef554e4f.pdf> (accessed December 2021).
- Jakubcová E, Horváthová E. 2020. Costs and benefits of green tramway tracks. *Scientia Agriculturae Bohemica* **51.4**: 99-106.
- Jamei E, Chau HW, Seyedmahmoudian M, Stojcevski A. 2021. Review on the cooling potential of green roofs in different climates. *Science of The Total Environment* **791**:148407
- Kappis C, Schreiter H. 2016. Handbook track greening – Design, Implementation, Maintenance. Grüngleisnetzwerk. Berlin.
- Kappis C, Schreiter H, Reichenbacher K. 2015. Green track – progress report and overview – A contribution to the green track network. *Infrastruktur & Bau, Grünes Gleis*. Eurailpress.

- Karagulian F, Belis CA, Dora CFC, Prüss-Ustün AM, Bonjour S, Adair-Rohani H, Amann M. 2015. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level, *Atmospheric Environment* **120**: 475-483.
- Keyikoglu R, Aksu E, Arslan M. 2019. EFFECTS OF SALINITY STRESS ON THE GROWTH CHARACTERISTICS OF FOUR TURFGRASS SPECIES. *Fresenius environmental Bulletin* 28 **4**:2942-2948.
- Kumar P, Druckman A, Gallagher J, Gatersleben B, Allison S, Eisenman T, Hoang U, Hama S, Tiwari A, Sharma A, Valappil AK, Deepti A, McNabola A, Astell-Burt T, Feng X, Skeldon A, de Lusignan S, Morawska L. 2019. The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment International*. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105181.
- Liquete C, Kleeschulte S, Dige G, Maes J, Grizzetti B, Olah B, Zulian G. 2015. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study, *Environmental Science & Policy* **54**:268-280.
- Magistrát hlavního města Prahy. 2022. Praha EU, Praha. Available from https://www.praha.eu/jnp/cz/co_delat_v_praze/o_praze/zakladni_informace/index.html (accessed January 2022).
- Marseille MR, Lindley SJ, Cook PA, Bonn A. 2021. Biodiversity and health in the urban environment. *Current Environmental Health Reports* **2**:146-56.
- Martin Doubek. 2017. OD PROTOTYPU K PŠENIČKOVI. *DP Kontakt*, ročník **22**:2-9.
- Martínez C, Sanchez A, Galindo R, Mulugeta A, Vojinovic Z, Galvis A. 2018. Configuring Green Infrastructure for Urban Runoff and Pollutant Reduction Using an Optimal Number of Units. *Water* 10 (**11**): 1528.
- Mell I. 2021. Green Infrastructure. In *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Cham: Springer International Publishing 1-19.
- Mell I, Whitten M. 2021. Access to nature in a post Covid-19 world: Opportunities for green infrastructure financing, distribution and equitability in urban planning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(**4**): 1527.
- Meteo.2021. Brno. Available from <http://www.meteo.jankovic.cz/zaznamy/rok-2021/> (accessed November 2021).
- Ministerstvo dopravy České republiky. 2021. Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050. Praha. Available from https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Dopravni-politika-Ceske-republiky-pro-obdobi-2021/Dopravni_Politika_CR_CZ.pdf.aspx (accessed November 2021).
- Ministerstvo dopravy. 2020. Strategický plán rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS). Available from <https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Rozvoj-dopravni-infrastruktury-do-roku-2050> (accessed February 2022).

- Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2020. Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu. Praha. Available from <https://www.databaze-strategie.cz/cz/mzp/strategie/vnitrostatni-plan-ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu-2020> (accessed December 2021).
- Ministerstvo zdravotnictví České Republiky. 2017. Věstník Ministerstva zdravotnictví České Republiky ze dne 18. října 2017, kterou se stanoví Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. Částka 11:14. Česká republika.
- Ministerstvo životního prostředí. 2011. Příručka kvality ovzduší. Praha. Available from [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prirucka_ochrany_kvality_ovzdusi/\\$FILE/000-prirucka_OPLZZ_komplet-20140408.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prirucka_ochrany_kvality_ovzdusi/$FILE/000-prirucka_OPLZZ_komplet-20140408.pdf) (accessed January 2022).
- Ministerstvo Životního prostředí. 2020. Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050, Praha. Available from https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.mzp.cz%2FC1257458002F0DC7%2Fcz%2Fnews_20210111-na-prohlubujici-se-zmenu-klimatu-reaguje-Statni-politika-zivotniho-prostredi-CR-2021-2030%2F%24FILE%2FIII.%2520SP%25C5%25BDP%25202030.docx&wdOrigin=BROWSELINK (accessed December 2021).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2012. Synthesis of Information Related to Transit Problems: 2012. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/14630.
- Němec M, Danihelová A, Gejdoš M, Gergel T, Danihelová Z, Suchomel J, Čulík M. 2015. Train Noise - Comparison of Prediction Methods *Acta Physica Polonica Series a* 127 **1**:125-127.
- Němečková J. 2013. Ekonomické srovnání výroby, údržby a likvidace trávníků přírodních a umělých [BSc. Thesis]. Technická univerzita v Liberci, Liberec.
- Önder S, Akay A. 2016. Ecologic Benefits of Green Roofs. 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ECOLOGY AND TECHNOLOGY. ICONSETE'2016 Barcelona: 195-203.
- Panulinová E, Harabinová S., Argalášová L. 2016. Tram Squealing Noise and Its Impact on Human Health. *Noise & Health A Bimonthly Inter-disciplinary International Journal* 18(**85**): 329–337.
- Peters RT. 2021. Watering lawns in Washington to save water, save money, and have a healthy, green lawn. Washington State University Extension fact sheet; 362E. DOI:10.7273/000001120.
- Pérez G, Chocarro C, Juárez, A, Coma, J. 2020. Evaluation of the development of five Sedum species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. *Urban Forestry & Urban Greening*, **48**: 126566.
- Pérez T, Latre IT. 2015. Comparative study between Szczecin and Valencia of the construction of the tramway infrastructure. *Universitat Politècnica de València*.

- Perun M. 2014. Zhodnocení funkčnosti umělého trávníku 4. generace [MSc. Thesis]. Technická univerzita v Liberci, Liberec.
- Pinkney IV, James L, Laplante KA, Dále AG. 2021. Mixing warm-season turfgrass cultivars to reduce weed pressure and increase lawn quality. *International Turfgrass Society Research Journal* 1-4. DOI:10.1002/its2.85.
- Pfautsch, S, Howe V. 2018. Green Track for Parramatta Light Rail: A Review. Penrith, N.S.W. Western Sydney University. DOI: 10.26183/5c05fc021efb3.
- Pokorný J, Hesslerová P, Jirka V, Huryna H, Seják J. 2018. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Ústav územního rozvoje. Urbanismus a územní rozvoj XXI* 1:26-37.
- Portál hlavního města Prahy. 2019. Nehodovost v Praze, Praha. Available from https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/besip/nehodovost_v_praze/index.html (accessed January 2022).
- Portál technické zařízení budov. 2022. Výpočet denostupňů. Česká republika. Available from https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu?stanice=1&action=1&otopne_obdobi=&start_day=01&start_month=01&start_year=2021&end_day=31&end_month=12&end_year=2021&ti=19.0&tem=13.0&checkbox_sumtbl=1&checkbox_deg=1&checkbox_dnu=1&checkbox_prumerne_teploty=1&checkbox_teploty=1°_x=740°_y=270&otop_dny_x=740&otop_dny_y=270&prum_teploty_x=740&prum_teploty_y=270 (accessed February 2022).
- Pozor tramvaj. 2020. Statistika nehodovosti, Dopravní podnik hl. m. Praha. Available from <https://www.pozortramvaj.cz/statistika-nehodovosti> (accessed January 2022).
- Prančl J. 2011. Starček lepkavý, Praha Albertov. Available from <https://botany.cz/cs/senecio-viscosus/> (accessed January 2022).
- Pražské tramvaje. 2021. Praha. Available from <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2006040804> (accessed December 2021).
- Pražské tramvaje. Škoda 15T ForCity. 2021. Praha. Available from <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2008041001> (accessed November 2021).
- Pražské tramvaje. Zatravněný svršek tramvajové tratě. 2022. Praha. Available from <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cisloclanku=2006041490> (accessed February 2022).
- Quaranta E, Dorati C, Pistocchi A. 2021. Water, energy and climate benefits of urban greening throughout Europe under different climatic scenarios. *Sci Rep* 11: 12163 DOI: 10.1038/s41598-021-88141-7.
- Rao AA, Bharti VS, Kara T, Sinha J. (2022). Urban Heat Island Its Effect on Environment. *Terragreen Vol. 14* (10):34-36.
- Rascio, Agata. 2021. 54 sedum acer. *Estratto da Acer* 6/2017: 39-43.

- Rejmánek M. 2020. Globální oteplování, změny krajin a ztráty biodiverzity. Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., Živa **5**:210-214.
- Rendeková A, Mičieta K, Randáková Z, Ballová D, Mičkovíc J. 2020. Flora of the tram tracks od Bratislava. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature. Urban Ecosystems **23**:875–891.
- Rendeková A, Mičieta K, Hrabovský M, Zahradníková E, Michalová M, Mičkovíc J, Eliašová M, Ballová D. 2022. Comparison of the differences in the composition of ruderal flora between conventional tram tracks and managed green tram tracks in the urban ecosystem of the city of Bratislava. Hacquetia **21.1**: 73-88.
- Ročenka dopravy Praha. 2016. Technická správa komunikací hlavního města Prahy, Praha. Available from <https://www.tsk-praha.cz/static/udi-rocenka-2016-cz.pdf> (accessed January 2022).
- Ředitelství silnic a dálnic. 2018. Manuál – Výpočet hluku z automobilové dopravy, zn. 90/2019-910-UPR/3. Available from https://www.mdcz.cz/getattachment/dokumenty/strategie/hluk/manual-2018/manual_2018_v1-3.pdf.aspx (accessed November 2021).
- Shakya R, Ahiablame L. 2021. A Synthesis of Social and Economic Benefits Linked to Green Infrastructure. Water **13**, **24**: 3651.
- Scharf B, Kraus F. 2019. Green roofs and greenpass. Buildings, No. 9(9):205.
- Schreiter H. 2010. Green Tram Tracks: The Advantages of Implementing Vegetation Systems in Tram Tracks. Institute of Agricultural and Urban Ecological. Humboldt-University. Berlin, Germany.
- Schreiter H, Kappis Ch. 2013. Effect and function of green tracks. Network Management. Institute of Agricultural and Urban Ecological. Humboldt-University. Berlin, Germany.
- Sikorski P, Wińska-Krysiak M, Chormański J, Krauze K, Kubacka K, Sikorska D. 2018. Low-maintenance green tram tracks as a socially acceptable solution to greening a city. Urban Forestry & Urban Greening **35**: 148-164.
- Sitzenfrei R, Kleidorfer M, Bach PM, Bacchin TK. 2020. Green Infrastructures for Urban Water System: Balance between Cities and Nature. Water **12**, **5**:1456.
- SPPK C02 007:2018. 2018. Standardy péče o přírodu a krajinu – Krajinné trávniky. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- SPPK D02001: 2017. 2017. Standardy péče o přírodu a krajinu – Obnova travních porostů s využitím regionálních směsí osiv. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- Steckler P, Klug B, Gasser F, Wehr W. 2012. Green Track – Environmental Performance Evaluation for “Green” Tramway Superstructure. CETRA 2012. Road and Rail Infrastructure II: 683-691.

- Straka J, Straková M. 2015. Zakládání trávníků a péče o trávníky. Agrostis Trávníky, sro, Rousínov.
- Straka J, Straková M, Janků, L, Maršálková L. 2011. Kvalifikovaný pracovník v péči o zeleň. Zahradnická perspektiva – profesní vzdělávání členů Svazu zakládání a údržby zeleně. Agrostis Trávníky, s.r.o., Rousínov.
- Sturludóttir E, Brophy C, Bélanger G, Gustavsson AM, Jørgensen M, Lunnan T, Helgadóttir A. 2013. Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. DIO:10.1111/gfs.12037.
- Suhanek M, Grubeša S. 2020. Innovative Approaches to Noise Reduction. Intechopen (e93056). DOI: 10.5772/intechopen.93056.
- Svobodová M. 2004. Trávník. Česká zahrada 59. Grada Publishing a.s., Praha.
- Taramelli A, Lissoni M, Piedelobo L, Schiavon E, Valentini E, Xuan AN, González-Aguilera D. 2019. Monitoring Green Infrastructure for Natural Water Retention Using Copernicus Global Land Products. Remote Sens 11 13:1583.
- Technologická agentura České republiky. 2020. Doprava 2020+ Program na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti dopravy. Available from https://www.tacr.cz/wp-content/uploads/documents/2019/09/06/1567771224_DOPRAVA2020.pdf(accessed October 2021).
- Testo. 2021. United States. Available from <https://www.testo.com/en-US/products/sound-meter> (accessed November 2021).
- Tramvaj. Tram.webzdarma.cz. 2021. Česká Republika. Available from <http://tram.webzdarma.cz/vozidla/t-t3.htm> (accessed December 2021).
- TSK hl. m. Praha. Praha EU - Doprava. Praha. Available from https://www.praha.eu/public/9c/6f/ff/185694_4_Doprava.pdf (accessed January 2022)
- Úřad vlády České republiky, Odbor pro udržitelný rozvoj. 2021. Strategický rámec Česká republika 2030. Available from https://www.vlada.cz/assets/ppov/udrzitelny-rozvoj/Strategicky_ramec_Ceska_republika_2030-compressed-_1_.pdf (accessed January 2022).
- Úřední věstník Evropské Unie, C 99/313. 2021. Všeobecný akční program Unie pro životní prostředí na období do roku 2030. Pozměňovací návrhy přijaté Evropským parlamentem dne 8. července 2021 k návrhu rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady o všeobecném akčním programu Unie pro životní prostředí na období do roku 2030 (COM(2020)0652 – C9-0329/2020 – 2020/0300 (CODP9_TA(2021)0352).
- United Nations. 2018. Department of Economic and Social Affairs, New York. Available from <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (accessed January 2022).
- Van Eekeren N, Van Liere D, De Vries F, Rutgers M, De Goede R, Brussaard L. 2009. A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected

- soil biota. *Applied Soil Ecology*, Volume 42 3:254-263. DOI:10.1016/j.apsoil.2009.04.006.
- VanWoert ND, Rowe DB, Andersen JA, Rugh CL, Xiao L. 2005. Watering Regime and Green Roof Substrate Design Affect Sedum Plant Growth. *HORTSCIENCE* 40(3):659–664
- Vasca-Zamfir D, Pomohaci MC, Gidea M. 2021. Reaserches regarding the germination conditions for the seeds of species used in the lawn mixtures. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*. Vol. LXV, No. 1:690-696.
- Voskresenskaya E, Vorona-Slivinskaya, L, Panov S. 2019. Environmental safety of green construction and requirements of urban planning legislation. In *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences Vol. 91 (p. 07010). DOI: 10.1051/e3sconf/20199107010.
- Významná data z historie Dopravního podniku hlavního města Prahy. 2022. Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, Praha. Available from <https://www.dpp.cz/spolecnost/o-spolecnosti/historie> (accessed February 2022).
- Whitman B, Iannone BV, Kruse JK, Unruh JB, Dale AG. 2022. Cultivar blends: A strategy for creating more resilient warm season turfgrass lawns. *Urban Ecosystems* 13:1-4.
- Wikipedia. Seznam největších měst v Evropské unii. 2022. Wikidata. Available from https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_nejv%C4%9Bt%C5%A1%C3%ADch_m%C4%9Bst_v_Evropsk%C3%A9_unii (accessed February 2022).
- Wikipedia. Škoda 15T. 2022. Wikidata, Česká Republika. Available from https://cs.wikipedia.org/wiki/Škoda_15T (accessed January 2022).
- Wolski K, Markowska J, Radkowski A, Brennenstul M, Sobol Ł, Pęczkowski G, Bujak H, Grzebieniarz W, Radkowska I, Khachatryan K. 2021. The influence of the grass mixture composition on the quality and suitability for football pitches. *Scientific reports* 11:1-1.
- Woźnica P, Urbisz A, Urbisz A, Franiel I. 2016. Tram tracks as specific anthropogenic habitats for the growth of plants. *PeerJ Preprints* 4: (e2606v1) DOI: 10.7287/peerj.preprints.2606v1.
- Zambrano-Prado P, Pons-Gumí D, Toboso-Chavero S, Parada F, Josa A, Gabarrell X, Rieradevall J. 2021. Perceptions on barriers and opportunities for integrating urban agri-green roofs: A European Mediterranean compact city case. *Cities*, Volume 114:103196.
- Zeleňáková M, Diaconu DC, Haarstad K. 2017. Urban Water Retention Measures. *Procedia Engineering*, Volume 190:19-426.
- Zelená kolej. 2021. České vysoké učení technické. Available from https://www.fd.cvut.cz/projects/k612x1rk/soubory/Zelena_trat.pdf (accessed November 2021).
- Zelené střechy: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu. 2016. Nová zelená úsporám. Available from <https://novazelenausporam.cz> (accessed November 2021).
- Żochowska R, Kłos MJ, Soczówka P. 2021. The analysis of traffic safety on the intersections of roadways and tram tracks. *Roads and Bridges-Drogi i Mosty*, 20.1: 41-56.

- Zvolenský P, Leštinský L, Ďungel J, Grenčík J. 2021. Acoustic diagnostics of railway vehicles. Transportation Research, Elsevier Procedia **55**:667-672.
- Žák M. 2014. Urban climate in Central Europe [HSc. Thesis]. Charles University in Prague, Prague.
- Židek O. 2016. Analýza účinku koncentrace slunečního záření na degradaci tepelných izolací ve skladbách plochých střech [MSc. Thesis]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Brno.

9 Samostatné přílohy

Příloha I Seznam příloh:

Příloha II Postup měření

Příloha III Obrázek tramvaj Tatra T3R.P

Příloha IV Obrázek tramvaj Škoda 15T

Příloha V Fotografie ulice Milady Horákové v Praze

Příloha VI Fotografie detailu travního krytu v ulici Milady Horákové v Praze

Příloha VII Fotografie ulice Bělohorská v Praze

Příloha VIII Fotografie ulice Černokostelecká v Praze

Příloha IX Fotografie ulice Vinohradská v Praze

Příloha X Dopad přejezdu po zeleném pásu vozidlem

Příloha II Postup měření

Použití

Pro měření byl zvolen přístroj americké firmy Testo pro měření okolního hluku s přesností ± 1 dB ve shodě se standardy. Jedná se o měřič s dílčími měřícími rozsahy, se dvěma časovými vyhodnoceními a frekvenčními filtry, funkcí paměti maximální a dalšími funkcemi, které budou uvedeny v technické specifikaci (Testo 2021). Zařízení je možné upevnit na stativ, který byl během měření použit. Návod k obsluze přístroje uvádí parametry, které je nutné poznamenat, jelikož na nich závisely naměřené hodnoty. Mezi výhody zařízení patří možnost změnit nastavení času z pomalého s dobou měření 1 sekundu nebo rychlou, kdy je dobou měření během 125ms, což má značný vliv na získané hodnoty. Integrace naměřeného signálu probíhá podle zvolené možnosti. Zvolenou dobou měření byla 1 sekunda. Dále je nutno stanovit možnost nastavení ze dvou frekvencí - A a C. Pro standardní měření hluku se používá frekvenční filtr A, který odpovídá způsobu, jakým ho vnímá lidské ucho. V souvislosti s tím se hovoří o slyšitelném zvuku. Pro měření nízkofrekvenčního hluku lze nastavit filtr do „módu C“. Když je zobrazena hodnota v „módu C“ znatelně vyšší než hodnota v módu A, je v okolí vysoký podíl nízkofrekvenčního hluku. (Testo 815, 2006). Bylo provedeno více než 100, z toho 96 platně hodnocených měření ve frekvenci A.

Obsluha

Zvukové vlny se odrážejí od stěn, přepážek a ostatních v cestě stojících předmětů. Chybu do měření může při špatném použití vnést i pouzdro přístroje a obsluhující osoba. Pouzdro přístroje a obsluhující osoba se nesmí nacházet ve směru zdroje hluku, neboť i od nich se zvuk odráží a zvuk může způsobit podstatnou chybu měření. Experimentálně bylo zjištěno, že pokud je měřeno s přístrojem blíže než 1 m vzdáleným od těla například při frekvenci 400 Hz, vzniká chyba, způsobená odrazem od lidského těla až 6 dB. Při jiných frekvencích je tato chyba sice nižší, ale přesto by měla být dodržena minimální vzdálenost přístroje od těla. Obecně se doporučuje, aby byl přístroj při měření vzdálený od těla alespoň 30 cm, nejlépe však 50 cm (Testo 815, 2016).

Závislost na absolutním tlaku

Hlukoměr je kalibrován pro měření v nadmořské výšce 0 metrů nad mořem a v závislosti na nadmořské výšce bude vznikat chyba způsobená absolutním tlakem, jenž je nutno zohledit při výsledných hodnotách. Ze získaných dat byla odečtena korekční hodnota dle místa měření uvedených v doporučení je -0,1 dB pokud je měření provedeno v nadmořské výšce 500 m n.m. Dalším faktorem, který může narušit získané hodnoty měření je vliv povětrnostních podmínek, který může být všude přítomen, obzvlášť v otevřeném prostoru. Aby došlo k co nejpřesnějšímu měření, je přístroj chráněn před nárazy vzduchu pěnovou ochranou mikrofonu, která nemá na hodnoty měření žádný vliv. Dle přístrojem stanoveného rozmezí je kontrolováno, zda měření stále probíhá ve stanovené mezi a určuje tím, že měření jsou relevantní (Testo 815, 2016).

Kalibrace

Kalibrace byla provedena v souladu se zákonem o metrologii č. 505/1990 v platné verzi. Kalibrační list je dokladem o návaznosti k národním etalonům, které realizují jednotky měření podle mezinárodní soustavy jednotek SI (International System of units - SI). Je nutno zařízení kalibrovat i během měření a ověřit, na více frekvencích v požadovaném frekvenčním rozsahu, že rozdíl mezi všemi ověřovacími výsledky není větší než 0,5 dB, jinak by musely být výsledky zamítnuty (ISO 3095). Úplná technická specifikace přístroje je uvedena v příloze IX.

Kalibrační list č.2021/2033

Výrobce: Testo SE & Co.KGaA

Předmět: Hlukoměr T815

Typ: přístroj 0563. 8155

Rozsah: 32-130 dB

Rozlišení: 0,1 dB

Přesnost: + - 1 dB, + - 1 digit

15.1.5 Technická specifikace

Odchytky

Veškeré odchytky v měření byly vyloučeny za předpokladu, že došlo k nevyhovujícím okolnostem v prostředí měření, jakým mohlo být například průjezd vozidla po silnici, aktivita osob v oblasti měření, nebo například další projíždějící tramvají. Vstupní hodnota akustického tlaku byla stanovena a průměrně se pohybovala okolo 45 dB před samotným měřením, která je odpovídající stanovení hlukové zátěže v daném stanovišti. Veškeré úpravy dat byly provedeny v souladu s postupem a v závislosti na normě. Odhad přesnosti stanovení je v závislosti na 4 hodinových intervalech s předpokládanou průměrnou odchylkou $\pm 10\%$.

Umístění

Přístroj na měření akustického tlaku byl umístěn kolmo k dráze ve vzdálenosti pět metrů od kolejiště. Byla zkrácena obvyklá měřicí vzdálenost z důvodu, že zde nebylo možné dodržet větší odstup. Nejnižší možnou vzdálenost umístění od měřené plochy je 3,5 metru. Na stativu byl mikrofon umístěn ve výšce 1,2 metrů od vrcholu kolejnice. Prostor neobsahoval žádné překážky v měření, jelikož byl veden směrem k volnému prostoru, aby nebylo rušeno zvukové pole. Přes den je v lokalitě poměrně rušno a provoz vozidel na přilehlé silnici je značný, proto bylo měřeno ve večerních hodinách při stanovené vstupní hodnotě akustického tlaku okolí bez přítomnosti projíždějící tramvaje. Rozdíl mezi hlukem pozadí a vozidla byl větší dle požadavku, nebylo tedy nutné provést korekci.

Meteorologické podmínky

Měření se provádějí pouze za podmínek, kdy je rychlost větru měřená ve výšce mikrofonu nižší než 5 m/s odpovídající 18 km/h, nepadá déšť ani sníh. Byla stanovena průměrná teplota, vlhkost, atmosferický tlak, rychlost větru z období, ve kterém bylo měření

průběžně prováděno (ISO 3095). Koleje byly v době měření suché a nezmrzlé. Průměrná teplota byla 13 °C, vlhkost vzduchu dosahovala v lokalitě 75% během večera při tlaku vzduchu 1029 hPa. Průměrná rychlost větru se pohybovala okolo 17 km/h (ČHMU, 2021)(Infomet 2021).

Technická specifikace

Senzor:	elektret-kondenzátorový měřicí mikrofon	
Celkový měřicí rozsah:	32...130 dB	
Dílčí měřicí rozsahy:	32...80 dB 50...100 dB 80...130 dB	
Frekvenční rozsah:	31,5 Hz až 8 kHz	
Frekvenční filtry:	A/C	
Vztažná frekvence:	1000 Hz	
Náhradní impedance mikrofonu:	1k Ω při 1 kHz	
Závislost na absolutním tlaku:	-1,6*10 ⁻³ dB/hPa	
Takt měření:	125 ms (Fast) nebo 1 s (Slow)	
Přesnost:	± 1,0 dB (za ref. podmínek: 94dB při 1kHz)	
Displej:	čtyřřádkový LCD, výška číslic 13mm	
Rozlišení:	0,1 dB	
Aktualizace zobrazení:	0,5 s	
Baterie:	9V bloková (6F 22)	
Životnost baterie:	cca. 70 hodin (alkalicko-manganová)	
Provozní teplota:	0...+40°C	
Provozní vlhkost:	10 až 90 %rv	
Skladovací teplota:	-10...+60°C	
Skladovací vlhkost:	10 až 75 %rv	
Materiál pouzdra:	ABS	
Závislost na absolutním tlaku		
nadmořská výška	tlak v mbar	korekce v dB
0 - 250	1013 - 984	0,0
>250 - 850	983 - 915	-0,1
>850 - 1450	914 - 853	-0,2
>1450 - 2000	852 - 795	-0,3

Obrázek č. 21 Podrobná technická specifikace přístroje Testo (Testo 815, 2016)

Vozidlo

Dle evropské normy je stanoveno, že za měřené kolejové vozidlo je považováno jedno, nebo několik spojených jednotek pojezdých na řízeném systému pozemní dopravy. Hluk, který vozidlo vydává, může být měřeno na úrovni a spektru hluku vyzařovaného všemi druhy vozidel provozovaných na kolejích. Je třeba mít na paměti, že hluk kola a kolejí je často doplněn o dominantní příspěvky hluku. Mohlo by se jednat například o skřípění, které je na kolejnici vyvoláno v případě zatáček. Tyto úseky nebyly pro měření zvoleny. Monitorovací test pro zjištění emise hluku z kolejových vozidel je platný dle standardu EN ISO 3095:2013 a je závazný pro státy Rakouska, České republiky, Francie, Německa a dalších států Evropy. Vozidla projížděla v měřeném úseku průměrnou rychlostí 20 km/h.

Stav a typ vozidla

Všechna měřená tramvajová vozidla přesáhla za svého provozu více než 1000 najetých kilometrů. Vozidla měla v době použití svou obvyklou obsazenost, na kterou je konstruována, tedy několik desítek cestujících včetně řidiče vozidla. Zachyceny byly pouze hodnoty z průjezdu dvou spojených jednotek vozů. Vybrány z širokého vozového parku byly dva typy tramvají, jedná se o starší model značky Tatra vyráběný od 60. let 20. století T3 - typy SU, SUCS, M, R. P a novější 15T pro svou hmotnostní shodu. T3R.P je jedním z nejobvyklejších typů ve vozovém parku Dopravního podniku Prahy a její legendární vzhled je prezentován na obrázku přílohy III. Druhý zvolený model je novější tramvaj pražské tramvajové dopravy, která se do vozového parku dostala prvně v roce 2008 (Škoda 15T, 2021). Tramvaj má hmotnost 42 tun, při délce 31,4 metru a 2,46 m šířky, jejíž maximální rychlost v Praze může dosáhnout až 60 km/h (Tramvaj 15T, 2021) Autorka mohla vozidla rozlišit pro jejich specifický vzhled. Novější tramvaj 15T, která je zobrazena na obrázku přílohy IV, je dnes v pražské dopravě rovněž hojně zastoupena. Vybrané T3 mají shodnou hmotnost 16 t, délka jednoho vozu je 15,2 m, šířkou 2,5 m a může jet rychlostí až 65 km/h (Pražské tramvaje, 2021)(Tramvaje, 2021).

Konstrukce

Tramvajová trať se zatravněným svrškem v ulici Milady Horákové se skládá ze separační geotextílie, zavalčované šterkodrtě, šterku, podbití, betonového pražce a samotné povrchové úpravy travním kobercem do otevřeného svršku kolejí. Použité kolejnice jsou v tramvajové dopravě v Praze využity běžné žlábkové kolejnice typu NT1. Koleje v úseku nejsou významně skloněny, nejsou zakřiveny a nemají zde žádné oblouky či zatáčky. Koleje jsou vedeny v obou směrech, jedná se o trať dvoukolejnou a to v těsném ležení na devíti metrové šířce ostrova konstruovanou dle české technické normy. Kolejnice je oboustranně obklopena dvou proudovou silnicí. Trať je ve velmi dobrém stavu a udržována. V místě měření není žádné viditelné poškození a koleje jsou bez svárů.

Příloha III Obrázek tramvaj Tatra T3R.P



Obrázek č. 22 Výcvik a vzdělání.

Zdroj: https://www.prazsketramvaje.cz/obrazky/stahuj/testy/ucebnice_t3.pdf

Příloha IV Obrázek tramvaj Škoda 15T



Obrázek č. 23 Tramvaj Škoda 15T. Zdroj: https://www.dpp.cz/data/leaflets/documents/2020-01-21-10-40-42_02-Unor.pdf

Příloha V Fotografie ulice Milady Horákové v Praze



Příloha VI Fotografie detailu travního krytu v ulici Milady Horákové v Praze



Příloha VII Fotografie ulice Bělohorská v Praze



Příloha VIII Fotografie ulice Černokostelecká v Praze



Příloha IX Fotografie ulice Vinohradská v Praze



Příloha X Dopad přejezdu po zeleném pásu vozidlem

