

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV (K125)

DIPLOMOVÁ PRÁCE

STUDIE ŘEŠENÍ TEPELNÝCH OSTROVŮ A HOSPODAŘENÍ
S DEŠŤOVOU VODOU NA ÚZEMÍ PRAHY



Zpracoval: Ing. arch. Michal Čížek

Vedoucí práce: doc. Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Rok: LS 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čížek	Jméno: Michal	Osobní číslo: 468605
Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov 125		
Studijní program: (N38IB) Inteligentní budovy		
Studijní obor/specializace:		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie řešení tepelných ostrovů a hospodaření s dešťovou vodou na území Prahy	
Název diplomové práce anglicky: The study of urban heat islands and rainwater treatment in the area of Prague	
Pokyny pro vypracování: Teoretická část Úvod do problematiky tepelných ostrovů v souvislosti s globálním oteplováním a hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaných územích. Vyhodnocení problematických lokalit a možnosti jejich řešení.	
Praktická část Vypracování studie řešení tepelných ostrovů a hospodaření s dešťovou vodou ve vybrané lokalitě na území hl.města Prahy.	
Seznam doporučené literatury: Valášek: Zdravotně-technické instalace Jaga 2001 server katedry TZB - tzb.fsv.cvut.cz www.tzb-info.cz	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 2.3. 2023	Termín odevzdání DP v IS KOS: 22.5. 2023 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
9.3. 2023	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a dalších doporučených podkladů.

V Praze dne 22. 5. 2023

Podpis autora:

Ing. arch. Michal Čížek



Poděkování

Rád bych poděkoval své rodině a přátelům za veškerou podporu při psaní mé závěrečné práce. Zvláštní poděkování patří vedoucímu mého diplomového projektu panu doc. Ing. Stanislavu Frolíkovi, Ph.D. za inspirativní vedení a veškeré cenné rady poskytnuté v průběhu jejího zpracování.

Anotace

Diplomová práce je rozdělena do dvou částí, a to části teoretické a části praktické. V teoretické části jsou vysvětleny základní pojmy zhoršujícího se vlivu tepelných ostrovů na území měst (se zaměřením na hl. m. Praha), který je úzce spjat se špatným hospodařením s dešťovou vodou a nadměrnou produkcí emisí skleníkových plynů a je nastíněn výčet použitelných alternativ pro efektivní minimalizaci vlivů této problematiky v rámci lokálního i globálního měřítka. V praktické části je posléze podrobně popsán každý biotop disponující problémy tepelného ostrova a je projevena snaha o návrh reálně možných zlepšujících řešení. Taktéž je zde zpracována vlastní obecná metodika určená k hodnocení těchto problémů nabízející variabilní volbu mezi řadou potenciálních situací a poskytující číselné i grafické znázornění rozdílu v řešených poměrech mezi stávajícím a navrhovaným stavem včetně její experimentální aplikace pro konkrétní postižené území v rámci hl. m. Prahy.

Klíčová slova

Tepelný ostrov, dešťová voda, splašková voda, hospodaření s dešťovou vodou, tepelná akumulace, barva povrchu, snižování emisí, teplotní mapa, NDVI, HVI, vliv vysokých teplot, hladina podzemní vody, polutanty na území města, vodní polutanty, fytoemediace, zelená střecha, zelená fasáda, tekutý strom (liquid tree), retence, dešťová zahrada, průleh, kanalizační síť, vegetace, ochlazovací schopnost stromů, filtrační schopnost stromů, ochranná schopnost stromů před větrem, fotosyntéza, solární termický kolektor, fotovoltaický kolektor, stínění, Trombeho stěna, noční větrání, metodika pro hodnocení tepelných ostrovů, O2 aréna

Annotation

The Master thesis is divided into two parts, namely the theoretical one and the practical one. The theoretical part explains the basic concepts of the deteriorating impact of heat islands in urban areas (with a focus on the capital city of Prague), which is closely associated with poor rainwater management and excessive greenhouse gas emissions. It outlines a list of applicable alternatives for reducing the impacts of the issue at both the local and global scale. In the practical part, each biotope displaying urban heat island problems is described in detail, and an effort is made to propose realistically feasible solutions. Furthermore, a



general methodology is developed for assessing these problems, offering a variable choice among a range of potential scenarios and providing numerical and graphical representation of the differences in the addressed conditions between the current and proposed conditions, including its experimental application for a specific affected area within the city of Prague.

Key words

Urban heat island, rainwater, wastewater, rainwater management, thermal storage, surface colour, emission lowering, heat map, NDVI, HVI, influence of increased temperature, groundwater level, urban pollutants, water pollutants, phytoremediation, green roof, green facade, liquid tree, retention, rain garden, swale, sewage piping system, vegetation, tree cooling, tree filtering, tree wind shielding, photosynthesis, solar thermal collector, photovoltaics, shading, Trombe wall, night cooling, methodology for urban heat island remediation, O2 sport centre

Obsah

1.	ÚVOD	12
1.1	Volba a představení tématu.....	12
1.2	Výzkumné cíle a otázky	13
1.3	Metodologie	13
2.	Tepelné ostrovy.....	15
2.1	Příčina vzniku tepelného ostrova.....	15
2.2	Tepelný ostrov v souvislosti s globálním oteplováním	17
2.3	Parametry ovlivňující tepelné ostrovy.....	18
2.3.1	Solární konstanta, úhrn globálního záření	18
2.3.2	Akumulační schopnost materiálů	19
2.3.3	Městská bríza.....	20
2.3.4	Městská zeleň.....	21
2.4	Ukazatele tepelných ostrovů	22
2.4.1	Teplotní mapa	22
2.4.2	NDVI (normalized difference vegetation index).....	25
2.4.3	HVI (heat vulnerability index).....	28
2.5	Vliv vysokých teplot na organismus	29
2.5.1	Druhy mechanismů výměny tepla.....	30
2.5.2	Princip adaptační funkce lidského těla.....	32
2.5.3	Faktory ovlivňující tepelnou pohodu	32
2.5.4	Účinek nadměrné teploty na organismus.....	33
2.5.5	Vliv zhoršujících se teplotních podmínek na organismus	34
2.6	Tepelné ostrovy nejen jako letní komplikace.....	34
3.	Hospodaření s dešťovou vodou.....	36
3.1	Druhy vod zachytávaných v území.....	36
3.1.1	Dešťová voda	36
3.1.2	Splašková voda	37
3.2	Druhy kanalizačních sítí	38
3.2.1	Jednotná kanalizace.....	39
3.2.2	Oddílná kanalizace	39
3.3	Hladina podzemní vody	40
3.3.1	Stav hladiny podzemní vody v ČR.....	41
3.4	Retenční schopnost půdy	42
3.5	Znečištění vody	45



3.5.1	Druhy polutantů	45
3.5.1.1	Celkové nerozpuštěné látky	45
3.5.1.2	Těžké kovy	46
3.5.1.3	Celkový (TOC) a rozpuštěný organický uhlík (DOC)	47
3.5.1.4	Celkový dusík a fosfor (TN a TP)	47
3.5.1.5	Organické polutanty	48
3.5.2	Maximální dovolené koncentrace polutantů	50
4.	Možnosti řešení tepelných ostrovů, emisního znečištění a hospodaření s dešťovou vodou	53
4.1	Čištění vody pomocí rostlin (fytoremediace)	53
4.1.1	Fytoextrakce	54
4.1.1	Rhizofiltrace	54
4.1.1	Fytostabilizace	55
4.1.2	Fytodegradace	56
4.1.3	Rhizodegradace	57
4.1.4	Fytovolatilizace	57
4.2	Prvek zelené infrastruktury jako multifunkční element	59
4.2.1	Stromy ve vztahu k fotosyntéze	60
4.2.2	Ochlazovací schopnost stromů	65
4.2.3	Ochrana před větrem	68
4.2.4	Stromy jako filtry nečistot	70
4.3	Možnosti využití přebytků tepla v průběhu letních měsíců	72
4.3.1	Solární fototermický kolektor	72
4.3.2	Solární fotovoltaický kolektor	73
4.3.3	Trombeho stěna (francouzská sluneční stěna)	75
4.4	Pasivní možnosti řešení	78
4.4.1	Stínění	78
4.4.2	Noční větrání	80
4.4.3	Barva fasády, střechy a povrchu vozovky	81
4.5	Aktivní možnosti řešení	84
4.5.1	Sběrné sudy a barely	84
4.5.2	Retenční a akumulární nádrže	86
4.5.3	Výsadba prvků zelené infrastruktury	88
4.5.3.1	Zelené vegetační střechy	88
4.5.3.2	Zelené fasády	91
4.5.3.3	Dešťové zahrady (<i>rain gardens</i>)	92



4.5.3.1	Průlehy (<i>swales</i>)	94
4.5.4	Sedimentační rybníky	95
4.5.5	Polopropustné chodníky	96
4.5.6	Prvky modré infrastruktury	100
4.5.7	Kropicí a zametací vozy	101
4.5.8	Snižování emisí ve vysoce urbanizovaných oblastech	104
4.5.8.1	Snížení osobní dopravy	106
4.5.8.2	Tekuté stromy (<i>liquid tree</i> ³)	107
5.	Praktická aplikační část	109
5.1	Přístupy v hledání zlepšujících opatření	109
5.2	Charakteristika a návrh možností řešení jednotlivých typů tepelných ostrovů	110
5.2.1	Administrativní areály	111
5.2.2	Vysokorychlostní silnice	114
5.2.3	Historické centrum města	117
5.2.4	Obchodní centra	122
5.2.5	Obytné centrum města	126
5.2.6	Letiště	128
5.2.7	Logistické haly	131
5.2.8	Předměstí	136
5.2.9	Průmyslové provozy	139
5.2.10	Sídlištní zástavba	142
5.2.11	Sportovní centra	144
5.2.12	Stavební procesy nových budov	147
5.2.13	Zemědělské areály	149
5.2.14	Rozsáhlé zpevněné plochy a náměstí	150
5.1	Metodika	153
5.1.1	Efektivita jednotlivých řešení	153
5.1.2	Stanovení teploty v území	165
5.1.3	Stanovení úbytků vody v území	167
5.1.4	Stanovení množství emisí v území	168
5.2	Aplikace metodiky	170
5.2.1	Výběr řešené lokality	170
5.2.2	Popis lokality	170
5.2.3	Současný stav	173
5.2.3.1	Stanovení teploty v území	173



5.2.3.2	Stanovení úbytků vody v území.....	175
5.2.3.3	Stanovení množství emisí v území.....	176
5.2.4	Navrhovaný stav.....	178
5.2.4.1	Stanovení teploty v území.....	179
5.2.4.2	Stanovení úbytků vody v území.....	180
5.2.4.3	Stanovení množství emisí v území.....	181
5.2.5	Výsledky analýzy	182
6.	Závěr.....	185
7.	Přílohy.....	186
8.	Seznam použitých zdrojů.....	187
9.	Seznam použitých obrázků	194
10.	Seznam použitých tabulek.....	199
11.	Seznam použitých grafů.....	201

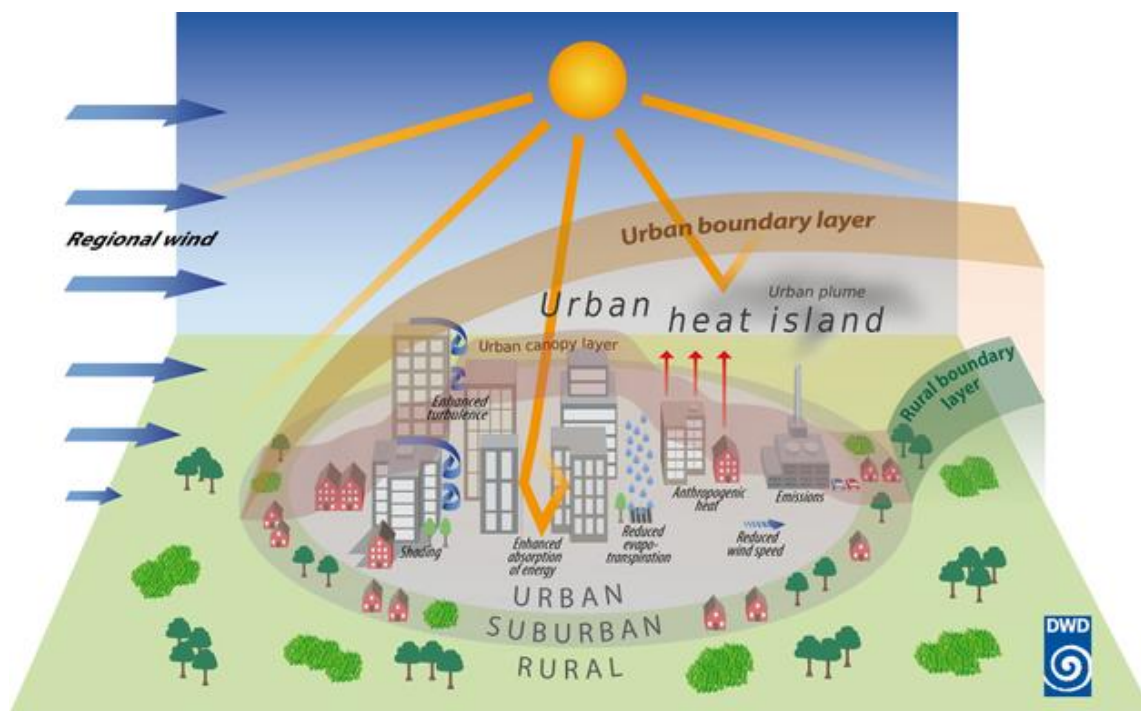


1. ÚVOD

1.1 Volba a představení tématu

Tepelné ostrovy se zejména v posledních několika desetiletích stávají s čím dál zhoršující se světovou klimatickou situací stále závažnějším problémem. Nesnesitelná horka způsobená suchem, zvyšujícím se průměrem extrémních letních teplot, nedostatkem vegetace a dalšími faktory, jsou umocňována nadbytkem povrchů se sníženou propustností a zvýšenou schopností akumulace tepla. To vše vede k tvorbě tepelných ostrovů, citelně nejvýrazněji zejména uvnitř historických center, rozsáhlých náměstí, letištních celků nebo širokých logistických závodů.

Problematika tepelných ostrovů je z velké části spjata se strategií ohledně hospodaření s dešťovou vodou a s úrovní produkce škodlivin ve formě emisí skleníkových plynů v daném území, přičemž jedním z nejjednodušších a nejefektivnějších řešení by nebylo nic jiného než podpora výsadby a péče o prvky vzrostlé vegetace a zelených ploch. Právě díky tomu je také její urbánní implementaci věnována značná část této diplomové práce.



Obrázek 1 – Schematické znázornění podoby tepelného ostrova, zdroj: https://www.dwd.de/EN/research/climateenvironment/climate_impact/urbanism/urban_heat_island/urbanheatisl_and_node.html

1.2 Výzkumné cíle a otázky

Cílem diplomové práce bylo stanovit nastínění problematiky objevující se v rozsáhlé míře v rámci novodobé společnosti, a sice zhoršujícího se vlivu tepelných ostrovů na území měst (se zaměřením na hl. m. Praha), který je úzce spjat se špatným hospodařením s dešťovou vodou a nadměrnou produkcí emisí skleníkových plynů.

Aby bylo možné dojít k použitelným a srozumitelným závěrům, bylo zapotřebí nejprve vysvětlit základní pojmy tohoto komplexního problémového okruhu a zhotovit výčet použitelných alternativ pro jeho efektivní minimalizaci v rámci lokálního i globálního měřítko (viz *teoretická část*).

V praktické části je posléze podrobně popsán každý městský biotop vykazující podobu tepelného ostrova a je projevena snaha o návrh skutečně možných zlepšujících řešení. Aby se práce nedotýkala pouze teoretické roviny, byla taktéž zpracována vlastní obecná metodika určená k hodnocení tří základních zájmových pilířů řešené problematiky. Její výpočetní prostředí poskytuje variabilní volbu mezi řadou potenciálních situací, zaměřuje se především na evaluaci různých typů povrchů s odlišnými vlastnostmi a v závěru je schopna číselně i graficky znázornit rozdíly v řešených rizikových poměrech mezi stávajícím a navrhovaným stavem.

Na závěr je k dokreslení celkového obrazu o její použitelnosti vystavena testu, jenž demonstruje její funkčnost na praktickém příkladu z hl. m. Prahy, aby bylo docíleno uvědomění ohledně potenciálu řešitelnosti zhoršujících se podmínek v konkrétním území (viz *praktická část*).

1.3 Metodologie

Diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části – teoretickou a praktickou. V rámci teoretické části je využita relevantní literatura vztažená k problematice tématu. Používána je tudíž metoda sběru informací a jejich následná analýza. Navíc je v tomto oddílu nastíněn vlastní názor autora, doplněný o relevantní argumenty a v neposlední řadě podpořený věcnými a dohledatelnými zdroji. Taktéž byla za účelem lepšího porozumění i názornosti vypracována řada grafů a tabulek a podpůrných materiálů nacházejících se v přílohoové části

diplomové práce. Práce je zpracována s důrazem na využití široké škály dostupných pramenů jak ve sféře české, tak i zahraniční převážně anglické literatury a internetových zdrojů. V rámci cizojazyčných pramenů je překladatelem sám autor, (není-li uvedeno jinak). Některé cizí názvy byly s ohledem na přehlednost ponechány nepřeložené. Důraz byl kladen pochopitelně i na samotnou věrohodnost zdrojů, přičemž byl výběr uskutečněn osobním posouzením z hlediska jejich použitelnosti.

Zpracovaná metodika byla zhotovena s pomocí programu MS Excel a slouží pro orientační představu uživatele o místních podmínkách v území. Základním předpokladem, pro její správnou funkci je dostatečné množství vstupních dat, s jejichž objemem se zvyšuje výsledná přesnost.

2. Tepelné ostrovy

Tepelný (městský) ostrov, z anglického Urban heat island (UHI), je jedním z nejvýraznějších negativních pojmů současnosti. Jedná se o jev, který je výrazně ovlivněn činností člověka a jeho systematickým přetvářením obrazu přírody do jiných nesoudržných forem. Je definován jako výrazný rozdíl teplot v především urbanizovaných městských částech oproti okolní krajině. [1]

Tento úkaz byl poprvé objeven a popsán britským meteorologem Lukem Howardem počátkem 19. století v Londýně a jeho vliv se rychle dostal do povědomí vědců i široké veřejnosti. Existenci tepelných ostrovů můžeme velice snadno vnímat citelně v souvislosti se zvýšenými teplotami uvnitř městských celků, ale i profesionálním IR měřením dostupným ze satelitních snímků. Jejich vliv je výraznější za stálějších bezvětrných podmínek, znatelnější během noci oproti denní době, a taktéž zřejmější v zimních měsících v porovnání s letními. [2]

2.1 Příčina vzniku tepelného ostrova

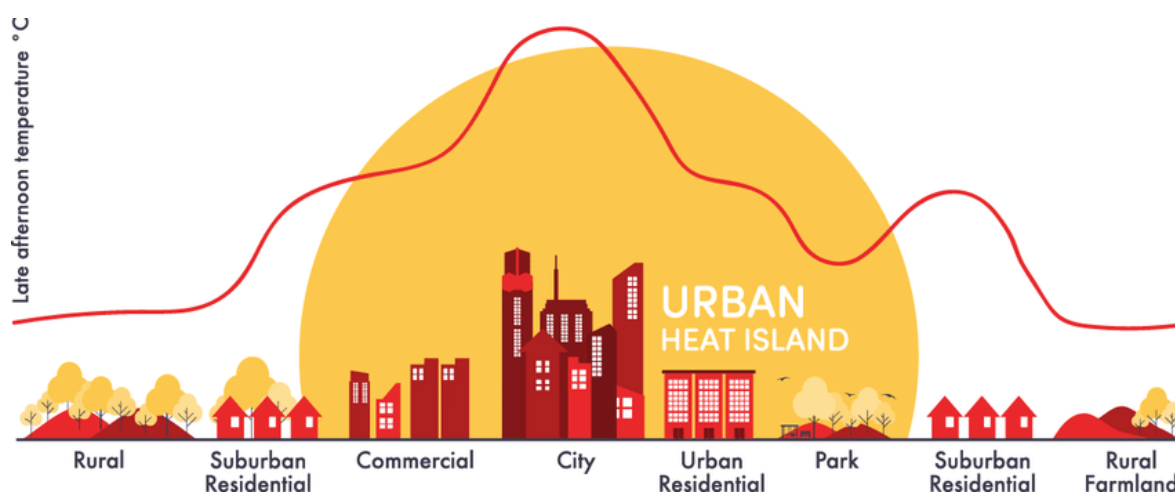
Rostoucí teploty uvnitř měst mohou být logicky vysvětleny pomocí několika následujících příčin. Pokud vezmeme v potaz podobu dnešních měst, které se potýkají s problémem tvorby tepelných ostrovů, můžeme sledovat opakující se prvky, které k jejich tvorbě přispívají.

Jedním z takových jevů je neodmyslitelně potřeba samotného vytápění obytných celků, kde jde zejména o jejich odpadní nevyužitou složku nebo samotné neefektivní návrhy budov ve spojení s jejich tepelnými úniky skrz nedostatečné tloušťky izolací nebo jejich úplnou absencí. Ty zapříčiňují nadměrné uvolňování nadbytečného odpadního tepla do okolního prostředí, kde je zástavba velice často hustá a teplo se možná až paradoxně akumuluje na místech, kde ho není v první řadě zapotřebí. Takový úkaz sledujeme především uvnitř historických center měst, kde se stává takřka neřešitelnou úlohou. Ta v drtivé většině případů naráží na památkovou ochranu, která vylučuje změnu podoby fasád a často vyústí v nemožnost opatřit objekt dodatečným izolačním pláštěm.

Dalším problémem je již dříve zmíněná akumulace tepla jednotlivých materiálů. Ve městech se totiž logicky setkáváme zejména s vysokokapacitními materiály použité pro výstavbu zpevněných ploch, silnic i samotných fasád domů, které jsou schopny v průběhu dne uložit velké množství sluneční energie v podobě přijatého tepla. Tato schopnost je samozřejmě ovlivněna řadou okolních faktorů jako je například barva materiálu, schopnost efektivního vyzařování nebo tepelná kapacita.

Posledním a nejdůležitějším problémovým faktorem je právě nahušťování těchto akumulacně „schopných“ materiálů na malou plochu a zamezení jejich propustnosti, což má za výsledek úplnou eliminaci přirozeného retenčního koloběhu půdy a deště.

Pochopitelně je již více než zřejmé, že jednotlivé faktory spolu úzce souvisí, což komplikuje i jejich jasné zařazení. Nejvýrazněji tudíž území ovlivní právě kombinace všech zmíněných, což obzvláště v horkých letních měsících vede ve výsledku k nesnesitelným teplotním podmínkám uvnitř hustě zastavěných městských částí. Teplotní rozdíly mezi oblastmi postiženými tvorbou tepelných ostrovů a neurbanizovanými územími se během dne pohybují okolo 2 °C, což na první pohled není nikterak alarmující, během noci ovšem mohou rozdíly dosahovat difference až 10 °C. Takový jev posléze vede k situaci, kdy město již v průběhu noci není schopno vychladnout a v případě dlouhodobých veder může vést k fatálním příčinám, které mohou v extrémních případech vyústitve stěhování obyvatel z měst nebo tvorbu požárů. [3]



Obrázek 2 - Průběh pozdní odpolední teploty v rámci různě (ne)urbanizovaných celků, zdroj: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/urban/urban-heat-island>

2.2 Tepelný ostrov v souvislosti s globálním oteplováním

Dle dostupných informací je příhodné vztáhnout problematiku tepelných ostrovů do souvislosti se současným počtem obyvatel žijících ve městech, který se odhaduje přibližně na polovinu světové populace, v kontrastu s předpokládaným počtem lidí, který v nich bude bydlet v budoucnu. Odhady napovídají, že do roku 2030 by se měla tato hodnota zvýšit na 60 %. Podobně statistiky taktéž udávají, že trend převažujícího počtu obyvatel žijících ve městech je výraznější ve vyspělých státech, kde by měly hodnoty oproti zemím třetího světa dosahovat až 80 %. Nejvýrazněji potom rostou teplotní rozdíly v oblastech asijských měst s největším zastoupením megalopolí¹ na světě. [4]

Zatímco globální oteplování je způsobeno složitějšími procesy ve spojení s komplikovaným historicko-ekonomickým vývojem společnosti, vznik tepelných ostrovů skýtá o poznání jednodušší problematiku. Globálnímu oteplování z největší části přispívá nadbytek emisí skleníkových plynů (zejména CO₂, NO_x a CH₄) vznikajících spalováním fosilních paliv, úbytek bílých, vysoce-reflektivních, sněhových ploch a působení průmyslových a zemědělských provozů. V případě tepelných ostrovů se jedná především o absenci zeleně, tmavé nepropustné plochy s vysokou schopností tepelné akumulace a nesprávné hospodaření s dešťovou vodou.

S citelnějším povědomím o problematice tepelných ostrovů došlo k průlomovému zjištění, kdy byl nárůst teploty vlivem tepelných ostrovů v řadě světových měst pouze ve 20. století vyšší než předpokládaný nárůst teploty vlivem globálního oteplování v rámci celého 21. století. [4] Přestože balancujeme v rovině pouhých hypotéz, kdy do hry vstupuje velká řada neznámých, je v každém případě jasné, že při přičtení účinku globálního oteplování se jedná o výrazné narušení, a do budoucna zhoršující se situace, týkající se tepelné pohody nejen lidí, ale i ostatních organismů žijících v urbanizovaných územích.

S rostoucí tendencí stále výraznějšího stěhování obyvatel do měst, kteří již v rurálních oblastech nenajdou svá uplatnění, budou logicky města rozšiřovat svoji rozlohu a vzniknou rozsáhlá nově urbanizovaná předměstí. V rámci jejich konceptuálního řešení se nám tudíž

¹ Megalopole (označována taktéž někdy jako megapole nebo metroplex) je definována jako město nebo obrovské urbanizované území čítající více než 10 mil. obyvatel. Jejich problematika je často spojována s hledáním hranice pro ještě stále urbanisticky, technicky i socioekonomicky fungující oblast, jež se dle podložených odhadů nemůže rozrůstat donekonečna bez kritického bodu, ve kterém nastane kolaps.

otevřít ideální příležitost k nápravě plánování městské struktury a docílení minimalizace negativních dopadů teplených ostrovů v rámci nejen lokálního ale i globálního měřítka, a to vše za cenu výrazně nižších pořizovacích nákladů než v rámci boje proti globálnímu oteplování.

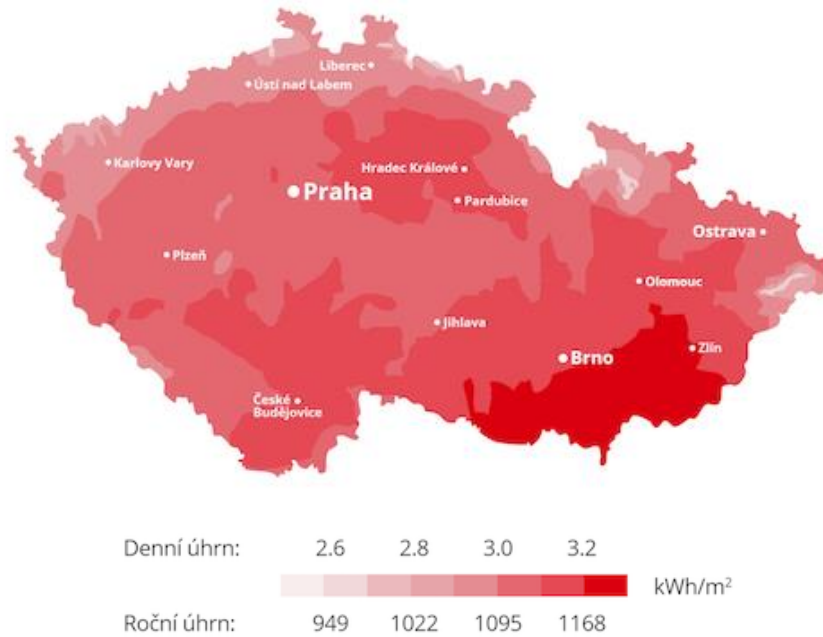
2.3 Parametry ovlivňující tepelné ostrovy

Nadměrné solární zisky, nepřívětlivé větrné podmínky nebo přemíra materiálů s vysokou schopností akumulace tepla a nízkým albedem, to vše jsou faktory ovlivňující a přispívající vzniku a rozvoji tepelných ostrovů uvnitř měst.

2.3.1 Solární konstanta, úhrn globálního záření

Jedním z hlavních parametrů ovlivňující okolní prostředí, který taktéž stanovuje slunečný tepelný potenciál území je tzv. solární nebo také sluneční konstanta. Jedná se množství sluneční energie, které za 1 sekundu dopadá v kolmém směru na 1 m² povrchu na hranici zemské atmosféry.

Primárně je její hodnota udávána jako $K = 1,36 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ale pro účely této diplomové práce je příhodnější její interpretace ve formě $K = 1\,365 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Její potenciál můžeme sledovat v hodnotách průměrného ročního úhrnu globálního záření udávaného v [kWh · m⁻²]. Ten je silně ovlivněn mnohými faktory, mezi které patří např. geografická poloha, atmosférické podmínky, oblačnost a další. Hodnoty úhrnu globálního záření pro Českou republiku, ze kterých benefitují např. fotovoltaické systémy můžeme vidět na *Obrázek 3*. Pokud bychom ale chtěli jejich vliv vztáhnout k problematice tepelných ostrovů, tak má jejich účinek zpravidla negativní podtext.



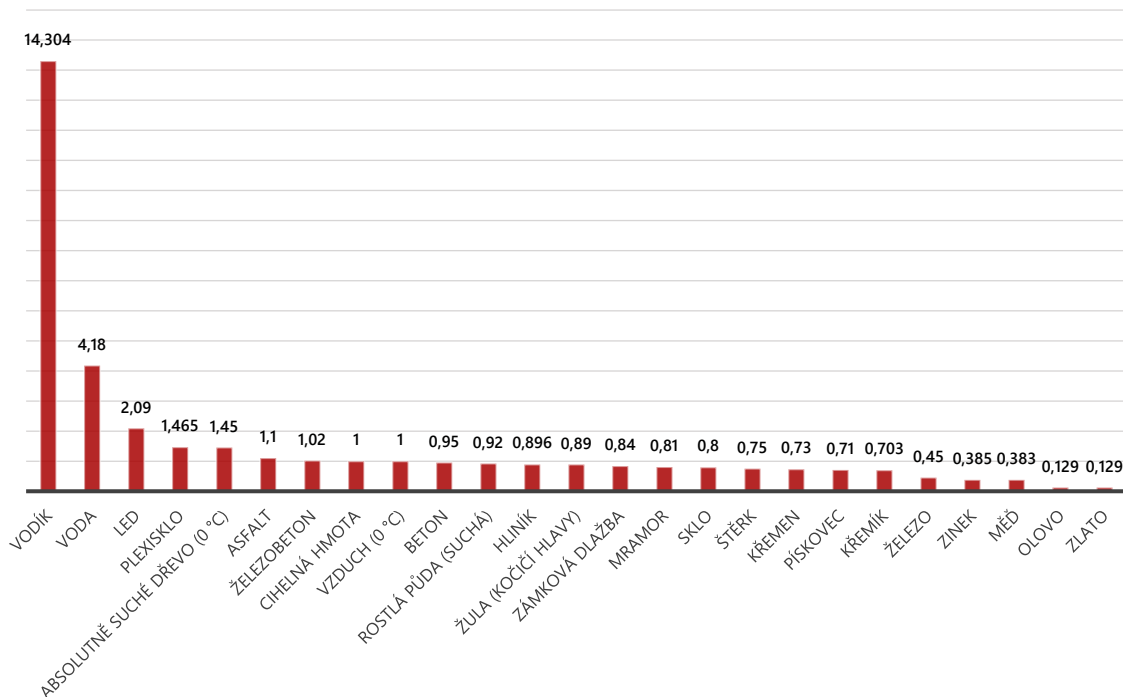
Obrázek 3 - Dlouhodobý průměr globálního horizontálního záření v letech 1994 – 2018, zdroj: Schlienger.cz

2.3.2 Akumulační schopnost materiálů

Schopností tepelné akumulace materiálu rozumíme její potenciál hromadění tepla ve své hmotě, která teplo nespotřebovává, ale namísto toho ho po určitou dobu ukládá ve své dostupné kapacitě a posléze jej za předpokladu teplotního rozdílu pozvolna odevzdává zpět do okolního prostředí. [5] Přes den ohřátá stěna s vysokým potenciálem tepelné akumulace je teplotně stabilnější a může v průběhu noci odolávat větším teplotním diferencím, a tím zachovat stabilní vnitřní prostředí objektu. V podstatě se jedná o efekt, který je ve stavebnictví hojně využíván a přináší s sebou mnohé benefity. Co se ale stane, pokud oddálíme měřítko tohoto jevu a podíváme se na celou věc z trochu jiné perspektivy?

V případě celého urbanizovaného komplexu fungují budovy, vozovky a zpevněné plochy svým charakterem jako akumulátory tepla, které se v průběhu dne dobijí a v případě nedostatečného rozdílu nočních teplot a zamezení vlivu ochlazovacích prvků již nestačí znovu vybit. Při cyklickém opakování tento úkaz vede k nadměrnému hromadění nežádoucího tepla.

Měrná tepelná kapacita materiálů [kJ/m³/°C]



Graf 1 - Poměrové znázornění měrné tepelné kapacity různých stavebních materiálů, zdroj: MS Excel

2.3.3 Městská bríza

V souvislosti s působením městské brízy se jedná o přirozený povětrnostní jev založený na rozdílu tlaků a teploty vzduchu. V nočních hodinách, kdy je vzduch studenější dochází k jeho nasávání do center měst, která jsou typicky teplejší právě díky již dříve zmíněné akumulaci tepla v materiálech budov a zpevněných površích. Teplý lehčí vzduch posléze ustupuje studenému těžšímu do vyšších vrstev. Takový úkaz mnohdy pomáhá pasivně ochlazovat přehřáté urbanizované celky a částečně a automaticky tak přispívá k minimalizaci vlivu tepelných ostrovů. Stejně tak může dodávat do městských celků čerstvý neznečištěný vzduch.

Problém ovšem v některých případech nastává ve chvíli, kdy do hry vstupuje element znečištění vzduchu škodlivinami, které mohou být koncentrovány právě v periferiích měst v podobě různých průmyslových a zemědělských provozů nebo logistických center. Za těchto okolností jsou do centra vtahovány polutanty, které nejen že negativně ovlivňují již už tak částečně znečištěné městské ovzduší, ale mohou vést i k rychlejšímu uvolňování dalších škodlivin a v kombinaci se zvýšenými letními teplotami také ke stagnaci vzduchu,

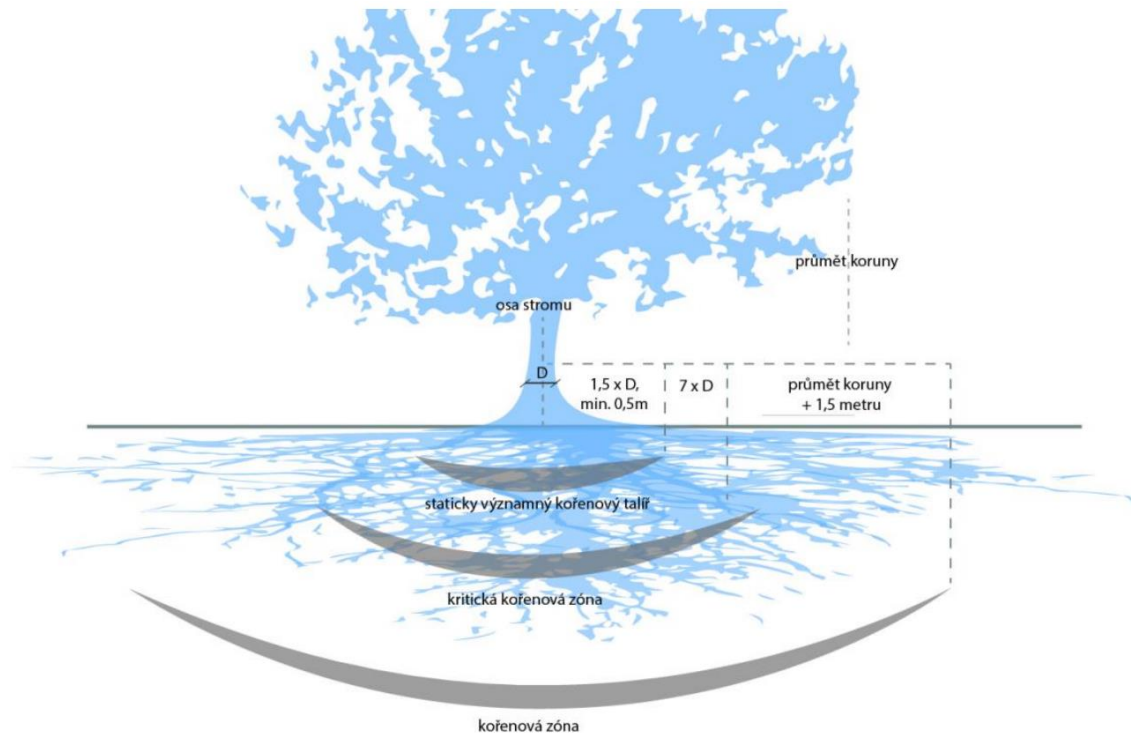
který vyústí v nadměrné hromadění škodlivin v určitých kritických částech města. Vliv zvýšených teplot může v neposlední řadě podpořit také tvorbu nových polutantů, jakými jsou například ozon nebo formaldehyd. [6]

2.3.4 Městská zeleň

Prvky vzrostlé zeleně aktivně snižují míru tepelného ostrova, dopomáhají zadržování vody v území, odbourávají emise skleníkového plynu CO₂, pohlcují značné procento prachových částic, zlepšují kvalitu ovzduší, jejich koruny poskytují efektivní stín, brání před větrem a hlukem, zprostředkovávají útočiště celé řadě organismů a taktéž působí ozdravným, relaxačním a atraktivním dojmem, viz 4.2 *Prvek zelené infrastruktury jako multifunkční element*. I přes to je však jejich implementace v rámci sídelní struktury nelehkým úkolem často ovlivněným celou řadou omezujících faktorů. Její funkce je v rámci města ovšem naprosto esenciální a případná vegetační absence se výrazně podepisuje na snížené životní úrovni a celkovém vnímání postižených sídelních lokalit.

V rámci hl. m. Prahy jsou požadavky pro výsadbu stromů detailně popsány v příručce „*Městského standardu pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu*“, která vznikla v návaznosti na Adaptační strategii hl. m. Prahy na klimatickou změnu. Svým obsahem je závazná pro organizace zřizované městem i odbory magistrátu a přišla s ambiciózním plánem vysadit během následujících osmi let² celkem milion stromů. Je zde detailně specifikován každý aspekt výsadby, záboru půdního prostoru, množství závlahy a dalších podrobností, které počítají i s postupným růstem stromu a jeho finální podobou. Problémy s výsadbou jsou v Praze z velké míry spojeny s nekompromisní legislativou, nedostatkem místa a s vedením tratí podzemní technické infrastruktury, jež se nesmí dostat do kolize s kořenovým systémem vegetačního prvku. [7]

² rozuměno od roku 2021



Obrázek 4 - Zóny ochrany kořenového prostoru stromů v přirozeném prostředí, shrnuté v příručce městského standardu, zdroj: <https://iprpraha.cz/assets/files/files/201b89ebc0e5cb8cc4664649301fae9d.pdf>

V porovnání s celou řadou ostatních evropských měst se i přes značný vliv nadměrných teplot hl. m. Praha řadí mezi citelně zelenější oblasti, připodobňované svou podobou např. rakouské Vídni. Odstrašujícím příkladem v případě pokračující lhostejnosti ke vzrůstajícímu vlivu tepelných ostrovů může být nejrozpálenější evropské hlavní město Athény, které se v současnosti potýká s přímo alarmujícími teplotními extrémy.

2.4 Ukazatele tepelných ostrovů

Nejdůležitějším a nejnázornějším ukazatelem zhoršující se míry tepelných ostrovů je teplotní mapa. Další obdobné evaluační postupy pracují na odlišném principu hodnotícím jiné parametry, kupříkladu zastoupení zelených ploch nebo zranitelnost území vůči nadměrnému horku.

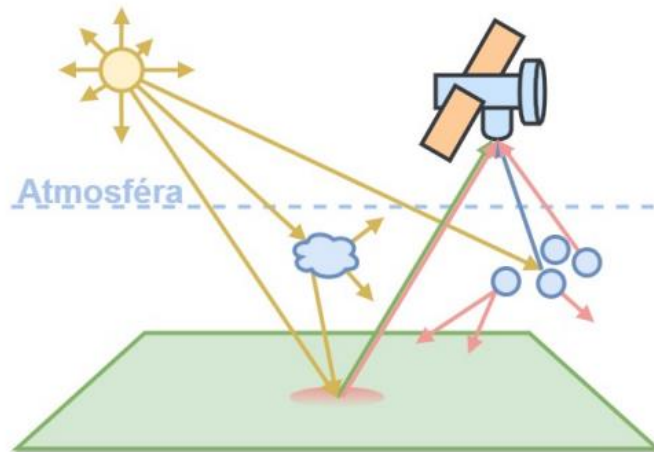
2.4.1 Teplotní mapa

Teplotní mapa, z anglického (heat map), je pojem, který byl poprvé použit Cormacem Kinneym v roce 1991 v souvislosti s marketingem. [8] Svým ikonickým pojmenováním však

tento termín našel své uplatnění v mnoha dalších vědních odvětvích, například právě i při popisu teplotních procesů v rámci rozlehlých území.

Barevné mapy jsou v nejčastějším případě dvourozměrné, není ovšem vyloučeno setkat se i s trojrozměrným vyjádřením. Jedním z nejužitečnějších benefitů, které nám její možnosti v souvislosti s meteorologií a rostoucími teplotami nabízejí, je fakt, že umožňují sledovat oteplování v podstatě celé planety v čase. Intervaly se mohou pohybovat na denní bázi nebo je taktéž možné sledovat i roční období nebo horizont několika desítek let. To nám nabízí velice přesné zachycení a následnou analýzu tvorby tepelných ostrovů a jejich zasazení do širších souvislostí. Díky tomu jsme v současné době schopni s minimální odchylkou určit jejich příčiny i dopady.

Satelitní snímky jsou získávány pomocí senzorů termokamery umístěné na oběžné dráze Země. Jejich princip je založen na zaznamenávání množství infračerveného záření (specifická spektrální část elektromagnetického záření) vyzařovaného ze sledovaného objektu (v případě teplotních map celého území). Sluneční záření dopadá ze Slunce na sledovaný objekt dvojím způsobem v podobě přímého slunečního záření a v atmosféře rozptýleného difuzního záření. Sledovaný objekt posléze v závislosti na svých vlastnostech určitou část záření pohlcuje, propouští a odráží, přičemž v rámci tvorby teplotních map je esenciální právě odražená složka. K záření se poté přičítá záření emitované samotným materiálem objektu, záření odražené na molekulách vzduchu a jejich vlastní tepelné záření. Výsledný součet záření je posléze pomocí senzoru termokamery konvertován z číselné podoby do barevného grafického znázornění. [9]



Obrázek 5 - Princip satelitního snímání povrchové teploty Země, zdroj: Diplomová práce, <https://core.ac.uk/download/pdf/84832216.pdf>

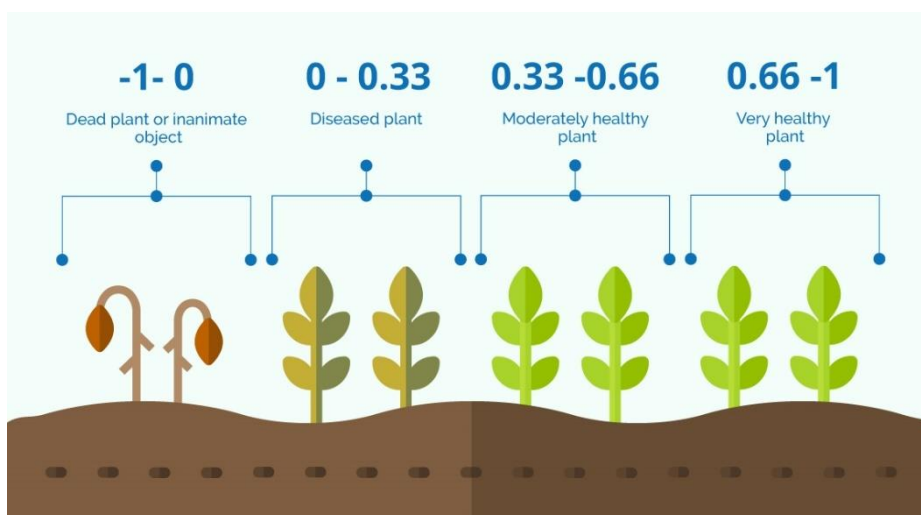
Finální obraz je kompletní a dobře čitelný po podložení geografickou mapou, která přesněji určuje kritické oblasti. Výsledný snímek zobrazuje různé teploty v území pomocí barevného spektra, zpravidla v odstínech od modré do červené barvy, přičemž oblasti spadající do odstínů tmavé až světle modré barvy označují teplotně chladnější území (typicky: vodní plochy, lesy, městská zeleň, atd.), neutrální území spadají do odstínů žluté až téměř bílé barvy (většinou přechodová a dělicí hranice mezi chladnějšími a rozpálenými oblastmi) a červeně až rudě jsou značeny teplá až kriticky přehřátá místa (vozovky, ostatní betonové a asfaltové plochy, dlážděná náměstí, atd.).



Obrázek 6 - Teplotní mapa Prahy, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

2.4.2 NDVI (normalized difference vegetation index)

NDVI index je grafický indikátor získávaný nejčastěji ze satelitních snímků, který hodnotí, zda sledovaný objekt, standardně celé území, obsahuje nebo neobsahuje zastoupení prvků zeleně, a přitom stanovuje její hustotu. Rozmezí, ve kterém se jeho hodnoty nachází se pohybuje od +1 do -1, přičemž čím vyšší kladné hodnoty výsledek nabývá, v tím zdravějším a zelenějším stavu se sledovaná vegetace ocitá (hodnoty 0,2 – 0,3 odpovídají křovinám a loukám, vyšší hodnoty okolo 0,6 – 0,9 poté lesům a deštným pralesům). Naopak záporné hodnoty znamenají bezvegetační území, mezi které je řazeno vše ostatní od vodních ploch, sněhových pokrývek až po urbanizovaná území atp. Hodnoty pohybující se okolo nuly korespondují s povrchem rostlé zeminy a se skalami. [10]



Obrázek 7 - Různé hodnoty NDVI odpovídající kvalitě sledovaných rostlin, zdroj: <https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/>

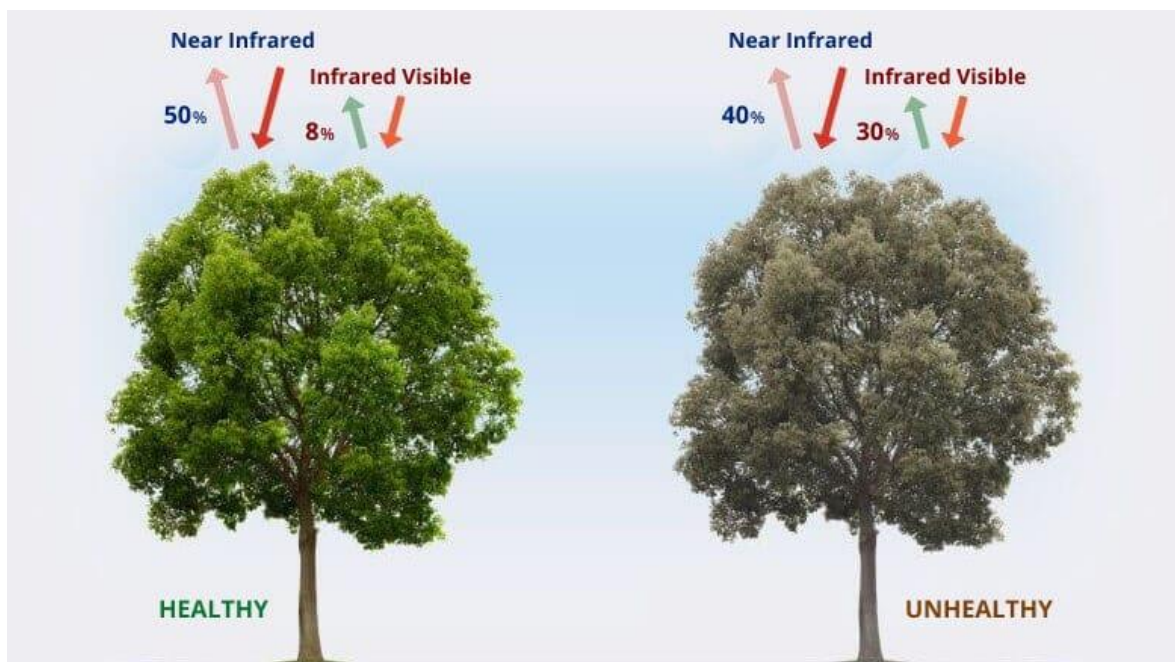
Důvod, kvůli kterému je možné s takovou přesností sledovat veškeré typy rostlin včetně stupně stavu kvality, ve které se nacházejí je možné vysvětlit na principu, na němž pořizování snímků NDVI funguje. Rostliny konkrétně jejich pigmentová zelená složka – „chlorofyl“ se lidskému oku jeví v odstínech zelené kvůli tomu, že právě spektrum vlnových šířek odpovídajících zelené barvě viditelného světla odráží a zbytek naopak pohlcují. Chlorofyl jako indikátor zdravého stavu rostliny má schopnost velice efektivně absorbovat viditelné světlo, zatímco buněčná struktura listů odráží „téměř infračervené světlo – NIR“ (z angl. near-infrared light). Ve chvíli, kdy je buněčná struktura poničena ať už z jakéhokoli důvodu (nedostatkem závlahy, působením škůdců atd.) dochází u rostliny k nadměrnému

pohlcování NIR namísto jeho odrážení. Výsledné hodnocení podílu obsahu chlorofylu je vyhotoveno porovnáním složky NIR světla se složkou červeného světla podle následujícího vzorce: [10]

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NIR světlo odražené v téměř infračerveném spektru

RED světlo odražené v červeném rozsahu spektra



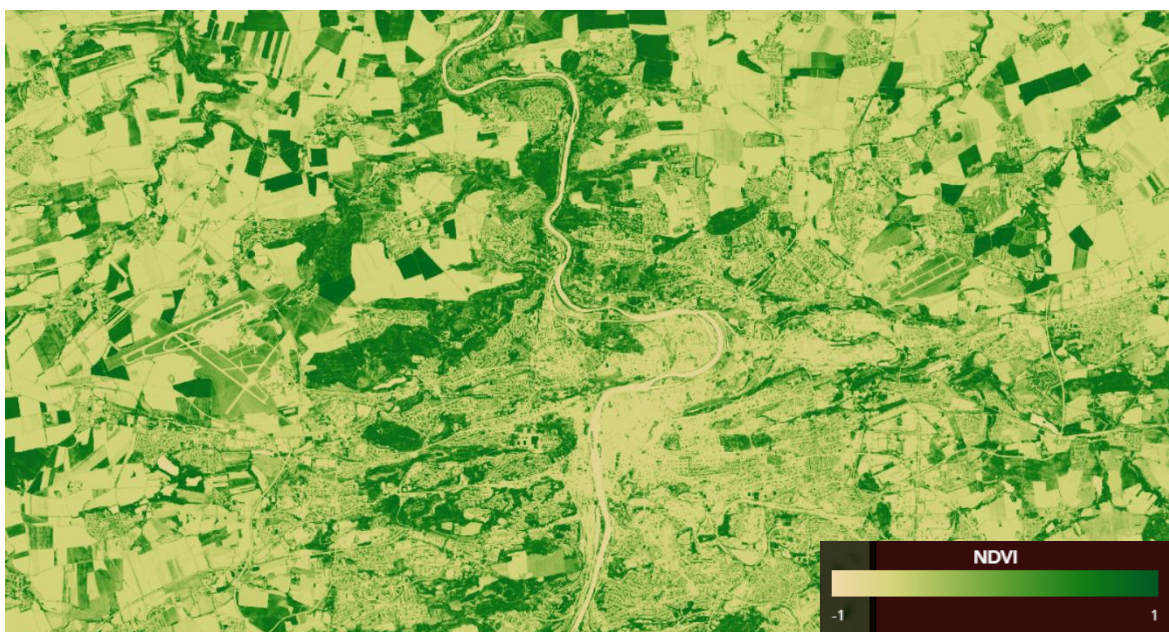
Obrázek 8 - Princip stanovení hodnoty NDVI jakožto ukazatele stavu kvality zeleně, zdroj: <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>

K pořizování snímků dochází uvnitř družic situovaných na oběžné dráze Země, vybavených speciálním senzorem citlivým převážně na spektra blízká červenému světlu a NIR světlu.

Je ale třeba mít na paměti právě fakt, že v případě grafického vyjádření NDVI se např. vodní plochy jeví podobným způsobem jako plochy urbanizované nebo třeba potenciální oblasti tepelných ostrovů. Jejich možnosti jsou proto skloubeny pouze s hodnocením kvality zelených ploch a s nimi spojenými parametry. K lokalizaci kritických území s nadměrnou akumulací tepla tudíž jejich potenciál nesahá.

Sledování hodnot NDVI našlo své uplatnění v mnoha vědních oborech, mezi které patří např. zemědělství. Náhlý pokles těchto hodnot v rámci sledování úrody může pomoci detekovat škůdce nebo jiné problémy spojené s kvalitou úrody. Zároveň je efektivní analýzou poskytnutých dat možné ušetřit značné finanční prostředky vynaložené na pořízení různých pesticidů, účinně zvýšit kvalitu úrody včetně velmi přesného stanovení času sklizně, a celkově tím pádem šetrně přistupovat k životnímu prostředí.

V rámci sledování tepelných ostrovů nachází rozbor dat NDVI své uplatnění zejména v souvislosti se stanovením polohy zelených ploch a v druhé řadě hodnocením jejich samotné kvality. V případě, že by městská zeleň nadměrnou akumulací tepla v rámci zastavěných území trpěla, průzkum tohoto parametru, by takovou skutečnost odborníkům pomohl jednoduše identifikovat. Šlo by především o solitérní stromy strádající např. nedostatkem závlahy, slunečního svitu, prostoru vymezeného kořenovému systému nebo jiného, pro jejich růst esenciálního, parametru.



Obrázek 9 - Podoba satelitního snímku NDVI (zastoupení zeleně) na území Prahy, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

2.4.3 HVI (heat vulnerability index)

Narozdíl od původních dvou ukazatelů je tzv. HVI index³, v případě, že se jedná o urbanizovaná území, zaměřen na stanovení nadměrně se přehřívajících oblastí v souvislosti s člověkem.

Při bližším pohledu na konkrétní situaci v hl. m. Praze data stanovují primárně dvě plus jednu ohroženou skupinu, které vnímají zvýšené teploty nejcitlivěji. V první řadě jde o seniory ve věku nad 65 let a ve druhé o děti do 14 let, pro jejichž nesnáze je metodika primárně zpracována. Nezahrnutou skupinou jsou ovšem taktéž domácí mazlíčci a ostatní divocí živočichové pohybující se zpravidla blíže k rozpáleným povrchům v městských strukturách. Výsledné hodnoty se pohybují na škále od +1 do 0 a graficky jsou většinou znázorněny v barevném spektru od odstínů červené (typicky přehřívající se území), bílé (neutrální oblasti) až po modré odstíny (méně nebo téměř vůbec nepřehřívající se oblasti). Je důležité ovšem zmínit, že nízká nebo téměř nulová teplotní zranitelnost detekovaná v území nutně pro své rezidenty nemusí znamenat nulový risk. Data jsou i v tomto případě získávána ze satelitních snímků, přičemž výsledné hodnoty UHVI jsou kombinací tří různých faktorů, a sice expozičního indexu EI, indexu citlivosti SI a indexu adaptivní kapacity ACI podle vzorce:

$$UHVI = EI + SI - ACI$$

EI určuje míru expozice území

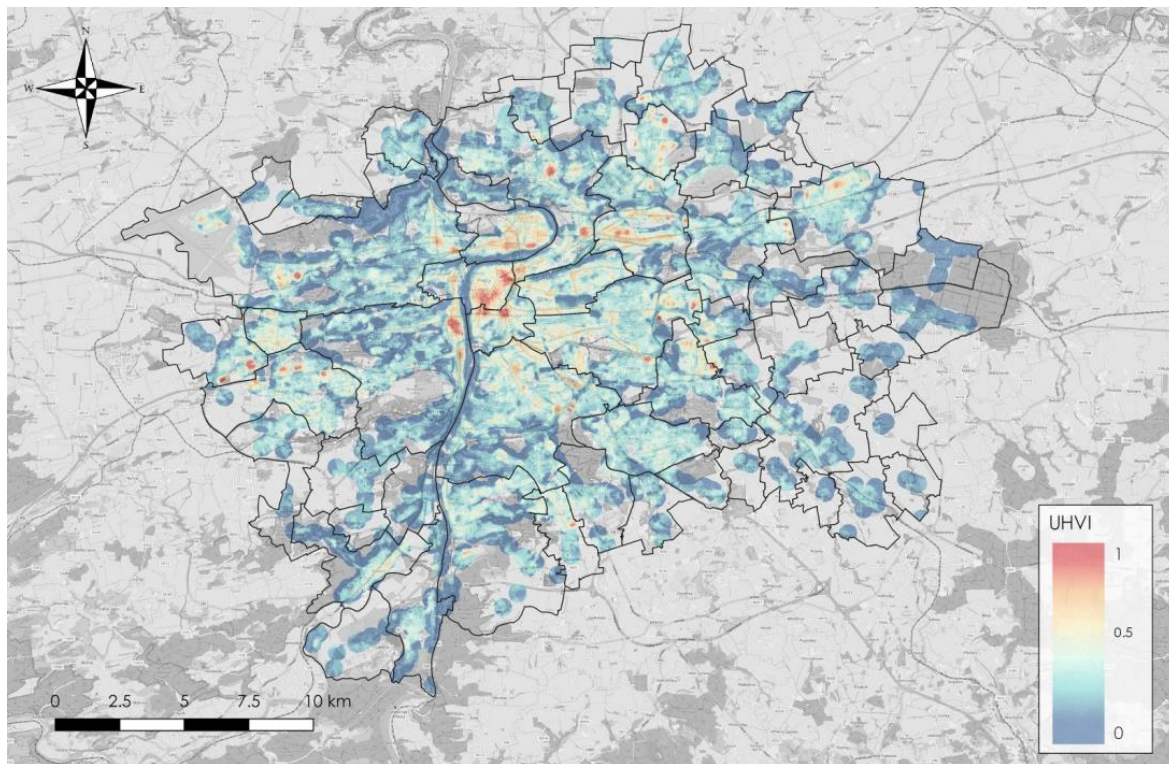
SI určuje četnost využití veřejných prostranství, především zastávek

ACI kombinace pokročilého vegetačního ind. a normalizovaného diferenčního vodního ind. [11]

V globálním měřítku rozlehlých metropolí, kde problematika tepelných ostrovů nabývá podstatnějšího rozměru, vycházejí získaná data zpravidla z komplexních průzkumů závislých na čtyřech základních faktorech. V principu jde o 1) sociálně-ekonomickou zranitelnost, 2) environmentálně-urbánní zranitelnost, 3) zranitelnost postarších izolovaných jedinců a 4) zranitelnost v rámci jazykové bariéry. Po sečtení všech zmíněných parametrů je posléze možné poměrně snadno určit, kde je nutné zřídít např. ochlazovací centra pro domácnosti

³ někdy označovaný také jako UVHI (z angl. urban heat vulnerability index)

s absencí klimatizačních zařízení včetně transportu do jejich blízkosti, lokalizovat, kde je zapotřebí zavést domácí vizity pro imobilní jedince včetně postarších nebo poskytnout sociální pomoc ostatním kriticky ohroženým skupinám a jedincům s nedostatečnou jazykovou vybaveností. [12] Mapové podklady tudíž slouží také jako příručka obsahující i vstupní data pro efektivní návrh ze strany projektantů.



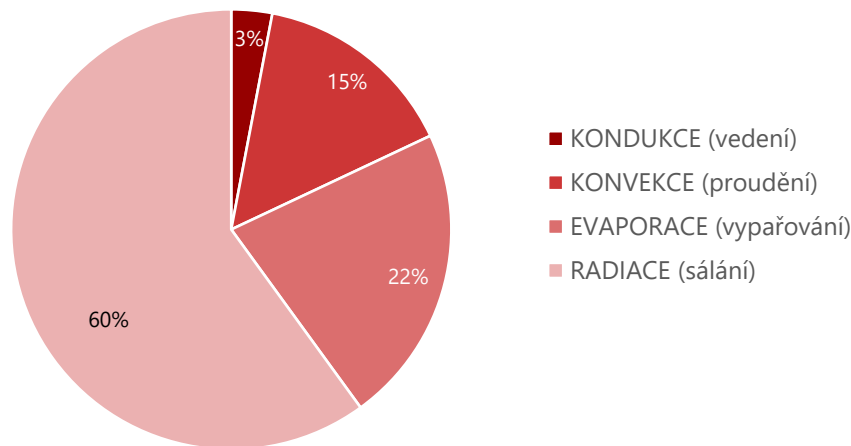
Obrázek 10 – Grafické znázornění indexu urbánní tepelné zranitelnosti (UHVI) na území Prahy, zdroj: <https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2020/04/IPR-Prague-Zprava.pdf>

2.5 Vliv vysokých teplot na organismus

Lidské tělo má na rozdíl od většiny suchozemských živočichů velice vyspělou schopnost termoregulace, což je také důvodem, proč je člověk schopný přizpůsobit se a obývat diametrálně odlišné klimatické podmínky. Tato schopnost je dána především pokročilým nervovým systémem a funkcí krevních cév.

2.5.1 Druhy mechanismů výměny tepla

V rámci přenosů tepla mezi objektem a okolím rozlišujeme několik základních druhů, jak k takovým procesům dochází, přičemž transfer není zastaven do doby, než dojde k tzv. rovnovážnému stavu, tj. vyrovnání vzájemných teplot.



Graf 2 - Procentní znázornění a vyčíslení různého typu výměn tepla v případě lidského organismu, zdroj: MS Excel

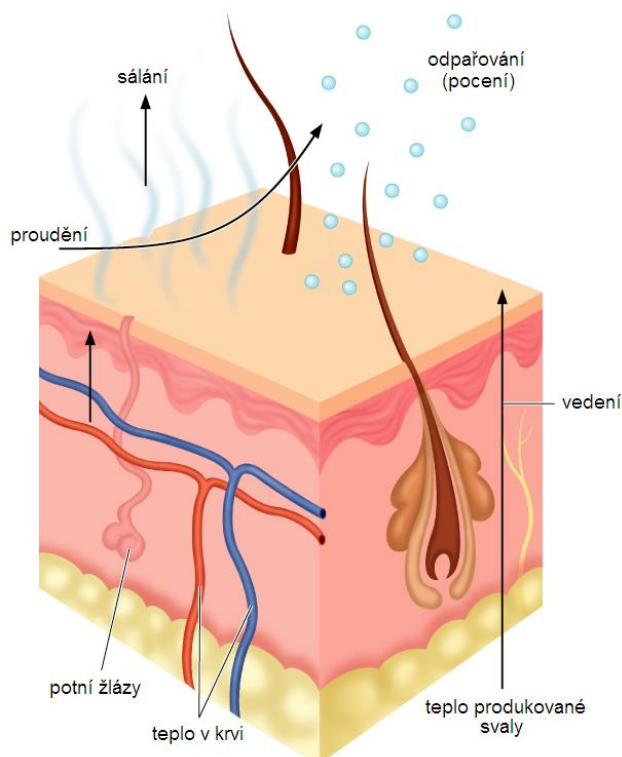
Prvním z nich je **kondukc**e neboli vedení, při které dochází k přenosu tepla dotykem mezi dvěma tělesy o různých teplotách. Jedná se o nejjednodušší formu, která je dána rychlostí pohybu molekul uvnitř těles. Čím vyšší je rychlost molekul, tím razantněji dochází k jejich vzájemné kolizi a distribuce tepla je tudíž citelnější. Teplotní výměna kondukcí může probíhat taktéž mezi objektem a okolním prostředím. V takovém případě bude pro jeho intenzitu esenciální rychlost a vlhkost okolního vzduchu. [13]

Dalším typem je přenos tepla pomocí **konvekce** neboli prouděním, přičemž je tento typ z velké části spojen s předchozí kondukcí. Narozdíl od ní může ale ke konvekci docházet pouze v případě, že se jedná o kapalinu nebo plyn, jelikož pouze tato skupenství disponují ve své homogenní hmotě rozdílnými teplotními gradienty. Pokud dojde k nabytí tepla, ohřátá část látky putuje se svou získanou tepelnou energií směrem vzhůru vlivem své roztažnosti a změny své hustoty. Princip konvekce je esenciálním typem distribuce tepla v rámci oceánů a atmosféry. [14]

Radiace, také označována jako sálání, znamená vyrovnávání diference teplot mezi dvěma tělesy pomocí infračerveného záření, jež spadá do spektra záření elektromagnetického.

Takový typ výměny tepla probíhá ve více či méně citelné podobě mezi každými dvěma tělesy, jejichž teplota je větší než teplota absolutní nuly ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Takový jev se dá jednoduše vysvětlit na příkladu tepelné pohody člověka nacházejícího se v místnosti, který od okolních předmětů tepelnou energii buď povrchem svého těla přijímá nebo ji chladnějším povrchům (předmětům) odevzdává. Radiace je, co do procentuálního vyjádření, nejzastoupenější složkou výměny tepelné energie mezi tělesy a je mimo jiné do značné míry ovlivněna klimatickými podmínkami. [13]

Posledním z teplotně výměnných procesů je tzv. **evaporace** neboli vypařování, což je jediná esenciální reakce, která je schopna efektivně snižovat přehřívání při teplotách vyšších než cca $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ (teplota lidského těla). V potních žlázách dochází k difuzi tekutiny ve formě potu a jejímu následnému vyloučení na povrch těla, odkud je posléze odpařována. Odpařování úzce závisí na vlhkosti okolního vzduchu, neboť vodními parami plně nasycený vzduch není schopen pojmout další vodní páru a evaporace se stává neúčinnou (efekt deštných pralesů). Oproti tomu v podmínkách suchého teplého vzduchu je lidské tělo schopno snést znatelně vyšší teploty, je však důležité průběžné doplňování tekutin (efekt pouště). [15]



Obrázek 11 - Grafické znázornění přenosu různého typu výměny tepla v rámci lidského těla, zdroj: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/11.html>

2.5.2 Princip adaptační funkce lidského těla

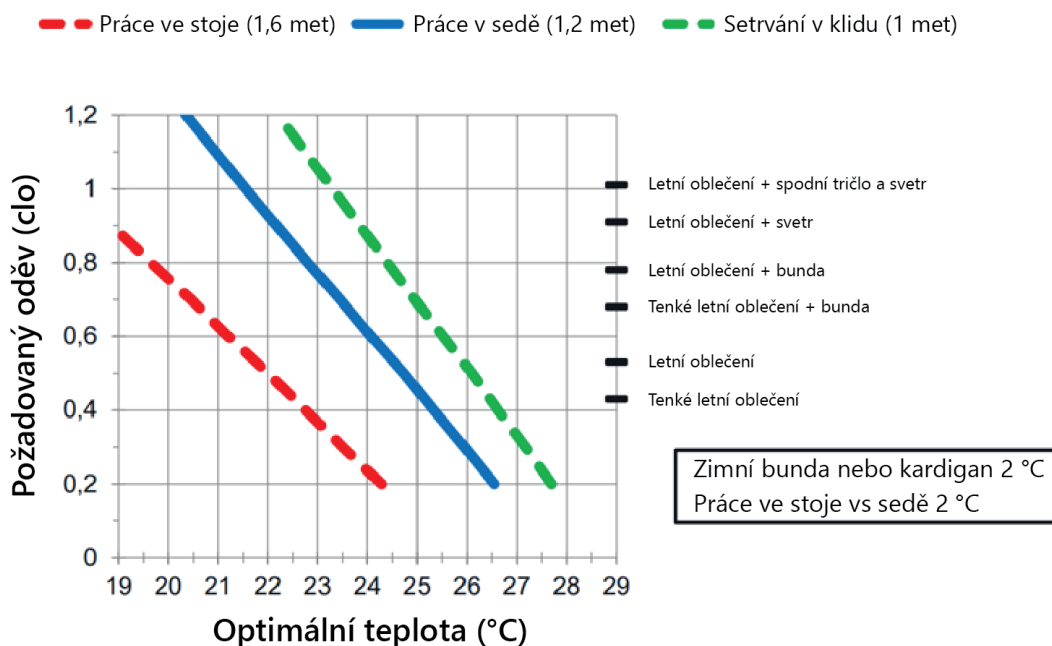
Stálá teplota jádra je v lidském těle udržována regulačním centrem teploty – tzv. hypothalamem (je možné si ho představit v podstatě jako termostat), a to na hodnotě 37 °C s odchylkou max $\pm 0,6$ °C. Princip spočívá v nepřetržitém porovnávání požadované teploty jádra s teplotou aktuální a v případě nesouladu organismus automaticky přistupuje k opatřením za účelem docílení korektních hodnot. Ke správné funkci přispívají periferní termoreceptory situované v různě hustém zastoupení po celé ploše lidského těla, a to převážně v kůži. Rozlišujeme termoreceptory dvojího charakteru, řádově převládající chladové receptory (Krauseho tělíška) a tepelné receptory (Ruffiniho tělíška), přičemž skutečnost početního zastoupení těchto dvou druhů je možné velice snadno objasnit z pohledu přežití, kdy je lidské tělo schopno se lépe přizpůsobit vysokým teplotám, zatímco příliš nízké jsou z hlediska časové expozice na organismus existenčně rozhodující. [14]

V případech, kdy je potřeba efektivně regulovat teplotu se lidské tělo uchýlí k využití tzv. vazokonstrikce a vazodilatace. Vazokonstrikce je jev, při kterém dochází ke stažení cév krevního oběhu a tím pádem k nižší distribuci tepla. Dochází k ní individuálně při přibližných teplotách okolí od 15 – 31 °C, přičemž výrazná může být taktéž i při teplotách pod bodem mrazu. S nárůstem teplot okolí dochází při překročení teploty jádra k opačnému jevu zvanému vazodilatace. Ta svým principem vyjadřuje obrácený efekt, kdy jsou cévy krevního oběhu rozšiřovány a tím dopravují větší množství tepla k povrchu lidského těla, čímž se organismus při nižších teplotách okolí ochlazuje. Jakmile okolní teplota prostředí překročí teplotu lidského jádra, je uvedena v činnost evaporace. [14]

2.5.3 Faktory ovlivňující tepelnou pohodu

Tepelnou pohodu člověka se zaměřením na lidský organismus je ovlivněna řadou následujících faktorů: *teplotou vzduchu*, *efektivní teplotou*, *operativní teplotou*, *vlhkostí vzduchu* (při nízkých hodnotách dochází k vysycháním sliznic, zatímco vysoké indikují růst plísní), *radiační teplotou okolních ploch*, *rychlostí proudění vzduchu* (např. princip adiabatického chlazení), *hodnoty clo* (vyjadřují aktuální stav „oblečenosti“ jedince, viz *Graf 3*) a v další řadě také hodnotami závislými na tělesných vlastnostech člověka jako jsou:

hodnota metabolismu, aktuální fyzická aktivita, věk, pohlaví (ženy typicky volí vyšší teploty než muži), fyzická zdatnost, hodnota podkožního tuku a velikost povrchu těla. [14]



Graf 3 - Vliv stavu oblečenosti a pohybové aktivity člověka na optimální okolní teplotu, zdroj: Chalmers University of Technology, Göteborg, Švédsko

2.5.4 Účinek nadměrné teploty na organismus

Lidské tělo je k teplotním extrémům zpravidla nejnáchylnější v době, kdy k nim dojde náhle, po předešlé citelně studenější vlně teplot, a následně trvají nepřetržitě několik dní po sobě. V takových chvílích je organismus nejzranitelnější, mnohdy je vystaven šoku a mimo jiné není schopen účinné regenerace ve spánkové fázi, neboť k ní podle odborníků dochází z fyziologického hlediska až ve chvíli, kdy se noční teploty ustálí pod 18°C. [16] Za předpokladu, že by přirozené procesy lidského těla kvůli některému z široké škály faktorů nedokázaly účinně snížit teplotu tělesného jádra, by se organismus dostal do stavu tzv. hypertermie neboli přehřátí. [17]

Kromě již objasněných pojmů vazodilatace a evaporace (pocení) patří mezi jevy indikující nadměrný vliv teploty na lidský organismus v první řadě bolesti hlavy, nevolnost, zeslábnost, prázdné lesklé oči, nečinnost či vznětlivost zrychlené dýchání (typicky jde o krátké výdechy a nádechy s vysokou frekvencí opakování), zvýšení permeability kapilár a výrazné zrychlení tepové frekvence až 150 tepů za minutu. Nejzávažnějšími případy jsou tzv. šokové stavy mezi které se řadí úpal (selhání termoregulační schopnosti), úžeh (nadměrné hromadění

krve v mozkových blanách) a kolaps organismu z horka. V takových případech následuje útlum produkce tepla a zastavuje se pocení jedince a při nevhodném zásahu první pomoci nastává kóma a zástava srdeční činnosti. [17]

Vliv nadměrného horka však může nabývat i pozitivních a relaxačních účinků, pokud se jedná o kontrolovaný stav poskytnutý zdravému jedinci, neboť nadměrné zahřívání organismu má v přiměřených mezích za následek snížení svalového napětí. Navíc se jeho aplikace využívá i při termoterapiích (tlumení akutní nebo chronické bolesti) nebo při léčbě řady nádorových onemocnění (mikrovlňná termoterapie). [18]

2.5.5 Vliv zhoršujících se teplotních podmínek na organismus

V rámci historie lidstva není kontinuální kolísání nebo tendence zvyšujících se teplot ničím ojedinělým. Jedná se o přirozený jev v rámci vývoje planety, který je bohužel zejména v posledních dekadách silně ovlivněn činností člověka.

Organismus člověka ovšem disponuje překvapivě vyvinutou adaptivní schopností, a to především co se kladných teplot týče, a v průběhu svého vývoje již zaznamenal postupnou nutnost přizpůsobení se teplotním extrémům. Je tedy více než pravděpodobné, že si lidstvo v rámci teplotních globálních změn s touto problematikou poradí. Tento argument je často spojován i s faktem vývoje čím dál vyspělejších a efektivnějších technologií, které by v krajních situacích měly poskytnout ohroženým jedincům a popř. celé společnosti nezbytnou podporu. [4] Závěrem je tedy možné tvrdit, že v případě potenciálních katastrofických scénářů pravděpodobně nebude adaptace na vysoké teploty okolí v blízké budoucnosti rozhodujícím faktorem pro hromadná úmrtí.

2.6 Tepelné ostrovy nejen jako letní komplikace

Je potřeba chápat problematiku tvorby a rozšiřování tepelných ostrovů v širších souvislostech, neboť se ve všech případech nejedná primárně pouze o letní komplikaci. Stejně jak už bylo zmíněno výše, teplotní rozdíly v rámci tepelných ostrovů jsou logicky výraznější v zimě než v létě. Všeobecný úbytek sněhové pokrývky v posledních desetiletích můžeme sledovat nejnázorněji na případu globálního oteplování. Rozsáhlé sněhové plochy mají v rámci celoplanetárního měřítka esenciální úkol ve formě ochlazování planety. Ten

spočívá ve schopnosti vlastností bílé barvy, která dovede oproti ostatním barevným odstínům veškeré na ni dopadající světlo odrazit. Nedochozí tudíž k akumulaci tepla, neboť je vyzářeno zpět do vesmíru. Sníh ovšem dokáže ochladit prostředí ještě sekundárním způsobem. Je totiž schopen snižovat okolní teplotu v průběhu svého tání, kdy přijímá tepelnou energii ze Slunce a následně ji spotřebuje ke změně svého skupenství.

Je pochopitelné, že nadměrný úbytek sněhu by měl do budoucna v rámci světového měřítká katastrofální následky. Pokud bychom se ale zaměřili na lokální úroveň ve velikostech urbanizovaných celků a jejich tepelných ostrovů, můžeme v podstatě sledovat stejný ale zmenšený model, kdy je neurbanizovaná periferie měst v rámci mrazivých zimních měsíců pokryta sněhem, avšak města zůstávají často nezasněžená, neboť veškerý sníh taje okamžitě po dopadu na povrch ulic. Je pochopitelné, že v současné chvíli nemají chybějící sněhové plochy v rozloze měst postižených tepelnými ostrovy výrazný vliv⁴, ovšem s přihlédnutím k rostoucí populaci a již dříve zmíněné tendenci stále se rozšiřujících měst, by mohl i tento fakt nabýt v blízké budoucnosti závažnější důležitosti a více či méně přispět k obávanému globálnímu oteplování. [4]

⁴ Dle údajů poskytnutých Ministerstvem pro místní rozvoj (mmr.cz) čítá rozloha urbanizovaných oblastí přibližně 4,5 % celkové rozlohy České republiky. V některých vyspělých státech může být hodnota o poznání vyšší, Čína (6,2 %), Spojené království (9,5 %), Japonsko (9,7 %), zdroj: agentura World Urbanization Prospects

3. Hospodaření s dešťovou vodou

Voda, jakožto esenciální zdroj a základní element života na Zemi si bezpochyby zasluhuje šetrné a příkladné zacházení. Na naší planetě se nachází celkem ve třech skupenstvích (led, kapalina a vodní pára rozptýlená v atmosféře), přičemž každé z nich plní v rámci celoplanetárního ekosystému svou nezastupitelnou roli. V souvislosti s globálním oteplováním, čistotou světových řek nebo snižující se hladinou podzemní vody je možné v řadě zemí velice názorně sledovat narušení rovnováhy vodního koloběhu v rámci přírody a její jen těžko zvrátitelné dopady.

Problémem v souvislosti s hospodařením s dešťovou vodou je v rámci naší moderní společnosti už samotná zastaralost některých realizovaných principů jejího koloběhu v městské infrastruktuře, jehož potenciální renovace nebo nahrazení za účinnější řešení bývá mnohdy komplikované a ekonomicky náročné. V několika posledních dekáдах se můžeme snadno přesvědčit o tom, že efektivní návrhy v rámci stále se zvětšujících měst jsou nezbytným elementem, jehož podcenění s sebou přináší řadu komplikací a v krajních situacích může ve velice krátkém čase vyústit v ultimátní kolaps. Takovým příkladem je i množství urbanizovaných území v rámci České republiky, mezi které patří v první řadě také hl. m. Praha. Následné dopady nesprávného zachytávání vod, nedostatečné retence, její nekorektní úpravy, kontaminaci nebo marnotratnosti jejího užívání mohou mít katastrofální konsekvence a mohou vést např. k obdobím sucha, erozi, úhynu úrody nebo nadměrné kontaminaci vodních zdrojů. Je tedy nezbytné ke způsobu jejího využívání přistupovat s maximální péčí a respektem.

3.1 Druhy vod zachytávaných v území

3.1.1 Dešťová voda

Dešťová voda může být z obecného hlediska rozdělena na dvě základní podskupiny a sice dešťovou vodu srážkovou a dešťovou vodu odtokovou. V obou případech se jedná o dešťovou vodu v podobě srážek, sněhu, popř. ledových částic dopadajících na povrch určitého zájmového území. Rozdíl ovšem nastává za předpokladu, kdy bychom se snažili

tyto srážkové zisky použít jako vodní zdroj pro pozdější využití. V takovém případě musíme zvažovat faktor jejich případné kontaminace.

Dešťová voda srážková je uvažována s nízkým stupněm kontaminace nebo blízcím se nule, protože k jejímu zachytávání a následné akumulaci dochází obvykle okamžitě a potenciální zdroj kontaminace se omezuje pouze na vliv kontaktu se střešní krytinou nebo akumulační nádrží včetně všech spojovacích prvků, které v následném znovuvyužití nehrají v podstatě žádnou roli. Materiály, ze kterých jsou takové komponenty produkovány navíc plní obligaci zdravotní nezávadnosti a zachytávaná voda by nadto za žádných okolností neměla přijít do kontaktu s lidským trávicím traktem.

Oproti tomu pojem **dešťová voda odtoková** popisuje dešťovou vodu, která sice je z hlediska vodního hospodaření díky normativům aktivně zachytávána, odváděna a v některých případech i akumulována (eliminace vlivu zaplavení města), ale její odtokové trasy s sebou nesou vliv značného znečištění, tudíž by v rámci jejího zpětného návratu do přírodních zdrojů měla nejprve proběhnout filtrace a alespoň částečná purifikace od nejrizikovějších polutantů. Zdrojem takového znečištění jsou typicky vozovky, zpevněné plochy, čerpací stanice, skládky, průmyslové provozy, ale i zemědělské areály při použití pesticidních prostředků apod.

3.1.2 Splašková voda

V zájmovém území se dále nachází typ vod splaškových odpadních, které se dělí podle typu a míry svého znečištění na vody šedé a černé. Jejich odlišení skýtá velký potenciál v rámci ekonomických ale převážně ekologických úspor a progresivní přístupy v rámci řešení jejich separace a úpravy s sebou přinášejí nespočet benefitů.

Při bližším prozkoumání obou pojmů je na první pohled jasné, že v případě **černé splaškové odpadní vody** se bude jednat o závažnější formu znečištění. Ta je totiž do potrubního systému infrastruktury města, který posléze směřuje do čističky odpadních vod, vypouštěna splachováním WC a pisoárů. Původem znečištění jsou v největším zastoupení organické látky (exkrementy a moč), nutrienty a jiné živiny (jsou zvláště nebezpečné, neboť mohou způsobovat eutrofizaci vod), pevné částice, chemikálie a jiné toxické látky a v neposlední řadě parazité, viry, bakterie a jiné mikroorganismy (původci četných druhů

onemocnění). Některé zdroje uvádějí doplňující rozdělení černé odpadní vody na vodu žlutou (obsahuje výhradně moč) a hnědou (obsahuje výhradně fekálie), jejichž separace je příhodná pro řadu zemědělských provozů, neboť se při použití správných technologií jedná o efektivní přírodní hnojivo. [19]

V případě **šedé splaškové odpadní vody** je situace o poznání přívětivější, jelikož jde o méně znečištěný typ odpadní vody, která je do potrubní sítě vypouštěna z umyvadel, dřezů, sprch, praček a myček a je tudíž oprostěna o vliv mikroorganismů. Mezi polutanty znečištění patří zejména různé druhy chemikálií (pesticidy, herbicidy, léky, kovy), organické látky (oleje, tuky, uhlovodíky, detergenty) nebo nutrienty včetně dalších živin. Předpokládá se však, že šedá voda neobsahuje moč ani fekálie. Její potenciál ve smyslu nízkého stupně kontaminace a poměrně snadného čištění nám nabízí možnost vysokých úspor v rámci spotřeby vody. V případě její úpravy a purifikace totiž vzniká **voda užitková**, někdy také označována jako voda bílá, kterou lze použít pro celou řadu každodenních domácích činností jako je např. splachování WC, zálivka zahrady, mytí automobilů a další.

3.2 Druhy kanalizačních sítí

Stokovou nebo přesněji kanalizační sítí se rozumí komplexní soustava trubních rozvodů, které mají za úkol odvádět splaškové a dešťové odpadní vody do čističky odpadních vod, a zajistit tak zdravou úroveň životního prostředí a předcházet kontaminaci území a celé řadě potenciálních onemocnění.

Z hlediska způsobu odvodu kontaminovaných vod obecně kanalizační sítě dělíme na systémy gravitační typicky o větších dimenzích, kde je předpokládán samovolný spádový pohyb odpadního materiálu, tudíž je profil potrubí vyplněn maximálně v třetinové ploše potrubí, a na systémy tlakové instalované většinou v územích s komplikovanou morfologií, které disponují zpravidla menšími potrubními profily, přičemž je pohyb splašků zajištěn rozdílem tlaků, který je produkován tlakovými stanicemi. V případě návrhu kanalizační sítě je důležité mít na paměti komplikovanost a ekonomickou náročnost jejich případné budoucí renovace a množství dalších nezanedbatelných faktorů, mezi které se řadí například i omezení prostoru pro výsadbu stromů, která v rámci města plní svou nezastupitelnou roli.

Následující podkapitoly se zaměřují na rozdělení kanalizačního systému z hlediska typu odváděných odpadních vod.

3.2.1 Jednotná kanalizace

Pojem jednotné kanalizace odkazuje na poněkud zastaralý způsob společného odvodu splaškových a dešťových odpadních vod. V současné době již takový typ návrhu v drtivé většině není navrhován a typicky se s ním setkáváme pouze v historických centrech měst a starších urbanizovaných územích. Výjimkou mohou být oblasti, které vykazují velmi vysoký srážkový potenciál, a kde by byl návrh separátního řešení ekonomicky nesmyslný.

Jednotná kanalizační síť obvykle disponuje velkými průměry, které musí být mimo odtok splaškových odpadních vod dimenzovány také na odvod přívalové srážky i dlouhodobého deště. Samotný proces čištění vody musí zahrnovat všechny kroky úpravy, které jsou logicky rozdílné pro odpadní vodu dešťovou a splaškovou tím, že každá z nich obsahuje různé druhy polutantů. Výsledná cena čističky odpadních vod je tudíž vyšší a roste i její velikost, protože systém musí pracovat s výrazně naředěnou koncentrací odpadních vod o obrovském objemu.

3.2.2 Oddílná kanalizace

Oddílná kanalizace je modernější a v dnešních dobách využívanější způsob nakládání s odpadními vodami, který typicky disponuje menšími dimenzemi potrubí. Její princip spočívá v separaci dešťových a splaškových odpadních vod, které jsou posléze taktéž odděleně purifikovány. Takové řešení v sobě skrývá řadu benefitů, např. dochází v rámci úpravy vody ke kvalitnějšímu čištění, snižuje se riziko vzniku a případného dopadu povodní, umožňuje jednoduchou identifikaci příčin potenciálních problémů sítě a zefektivnění její údržby apod.

Navíc je možné v rámci jednotlivých území při zachytávání a odtoku odpadní dešťové vody poměrně snadno stanovit stav jejího znečištění a tím pádem i míru potřeby jejího čištění. Při odtoku dešťové vody totiž dochází k splachování nečistot z urbanizovaných ploch a zemědělských a průmyslových areálů, kdy výsledné složení vody mnohdy obsahuje vysoké procento polutantů (typicky jde o pevné látky, těžké kovy, organické sloučeniny,

mikroplasty, pesticidy apod.). Je nemyslitelné, aby byla voda v takovém stavu vypouštěna zpět do recipientů, což by mělo logicky za následek zhoršování kvality vodních toků a neblahé dopady na vodní ekosystém.

V ideálním případě by bylo pochopitelně žádoucí, aby bylo drtivé procento dešťové vody zasakováno nebo schraňováno k budoucímu použití přímo na místě dopadu srážek tak, jak by tomu bylo i v případě, kdy by planeta nebyla ovlivněna činností člověka. Za takového předpokladu, by mohlo teoreticky dojít k úplné eliminaci dešťového trubního systému nebo ho ve zredukované formě využít pouze jako pojistné řešení při nadměrných srážkách a dlouhotrvajících deštích.

3.3 Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody vyjadřuje podpovrchovou úroveň, kde dochází k plnému nasycení (saturaci) zeminy vodou, jejíž problematikou se zabývá hydrogeologie. Voda se může v horninovém prostředí objevovat i nad plně saturovanou rovinou, jde však pouze o výplň půdních pórů.

Hladina podzemní vody je v rámci horniny vázaná různými způsoby pomocí izolátorů (nepropustná hornina) a kolektorů (propustná hornina)⁵, z nichž plyne i její dělení. Za předpokladu, že je tlak hladiny podzemní vody rovný tlaku atmosférickému, nazýváme ji hladinou volnou. Za podmínky, že by byl tlak hladiny podzemní vody vyšší než tlak atmosférický, jednalo by se o napjatou hladinu podzemní vody a znamenalo by to, že je objem vody obklopen horninovým izolátorem, který by ji po případném navrtání uvolnil. V takovém případě by došlo k ustálení na nové úrovni, která se nazývá piezometrickou úroveň a pokud by se podařilo vodu narušenými tlakovými poměry vyhnat až nad úroveň terénu, jednalo by se o tzv. artéskou vodu. [20]

Podzemní voda je pohyblivá a závislá především na sklonu (platí jednoduchá úměra rychlosti proudění rostoucí se zvyšujícím se sklonem), kdy k jejímu pohybu napomáhá gravitace. Je ovšem důležité zmínit, že kolísání včetně pohybu hladiny podzemních vod je

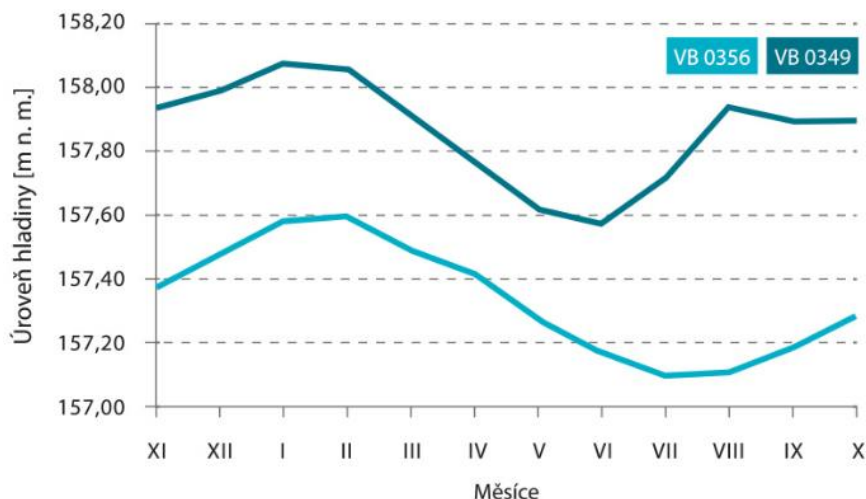
⁵ Pojem propustnosti je nutné chápat jako relativní, neboť každá hornina je alespoň z minimální části více či méně propustná.

velice komplexním jevem, který je ovlivněn celou řadou dalších faktorů, mezi které patří např. proměnnost srážek včetně jejich odpařování, aktivní zásahy člověkem ve formě studničního čerpání podzemních vod, mění se hladina vodních toků apod. Zároveň je potřeba brát v potaz, že se v případě složení půdy nejedná o homogenní prostředí, což do celé problematiky vnáší další nezanedbatelný a nelehce hodnotitelný parametr. V okamžiku, kdy podzemní voda vyvěrá nad zemský povrch stává se vodou povrchovou a takové místo je označováno jako pramen. [20]

3.3.1 Stav hladiny podzemní vody v ČR

Obecně lze říct, že situace ohledně hladiny podzemní vody v rámci České republiky je poměrně rozmanitá. V souvislosti s nížinami se setkáváme s velmi vysokou úrovní, která má v některých případech za následek i stavy povodní, v hustěji urbanizovaných územích je poté hladina podzemní vody zpravidla výrazně až kriticky snížena. [21]

Je nutné mít na paměti, že z hlediska geografického zařazení je náš stát brán jako pomyslná „střecha Evropy“, ze které má veškerá voda tendenci odtékat pryč. Naprosto esenciální pro udržení stálé úrovně hladiny podzemní vody v průběhu dlouholetého intervalu jsou zimní srážky. Začátkem jara se totiž díky nim a tajícím sněhovým pokrývkám hladina podzemní vody zvedá a typicky dosahuje svého maxima. Klesajícího charakteru hladina nabývá opět v průběhu léta, kdy se velké množství vody vypařuje, a díky tomu je počátkem podzimu koncentrace vody pod zemí obvykle nejnižší. K pozvolnému nárůstu dochází znovu až během zimních měsíců. Celý cyklus se poté opakuje, přičemž příklad charakteristického průběhu je vidět na *Obrázek 12*. Rozdíl v úrovni podzemní vody mezi jejím maximem a minimem může čítat od desítek centimetrů až po několik metrů. [22] Kupříkladu rok 2023 byl z hlediska pohybu stupně podpovrchových vod v porovnání s lety 1991 – 2020 hodnocen jako normální i přes vliv velice teplé zimy a nízkého procenta sněhu. V tomto případě byla podstatná především kontribuce vydatných srážek. [21]



Obrázek 12 - Roční průběh hladiny podzemní vody z let 1981 - 2010 vrtu VB0349 Charvatská Nová Ves a vrtu VB0356 Mikulčice, zdroj: <https://www.vtei.cz/2015/08/hydrologicke-sucho-v-podzemnich-vodach/>

Hladina podzemní vody je pravidelně kontrolována a vyhodnocována pomocí soustavy vrtů Státní pozorovací sítě provozované Českým meteorologickým ústavem (ČHMÚ) nízkého i hlubokého charakteru.⁶ Do budoucna je na našem území žádoucí navrhnout takové strategie zachytávání a akumulace vod, které by neměly za následek další snižování úrovně podzemní vody a nepodporovaly by vznik výrazných období sucha.

3.4 Retenční schopnost půdy

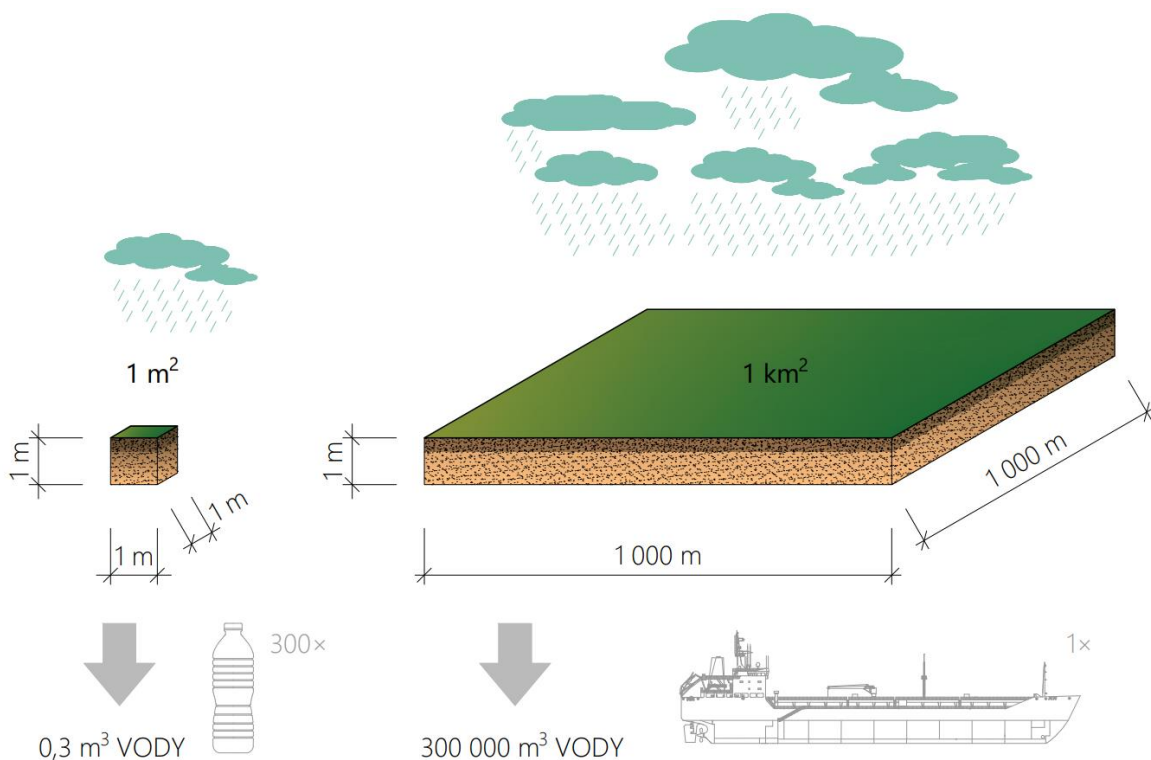
Krajinu je možné si ve vztahu s její schopností retence vody představit jako houbu, která se působením srážek nasává a za méně přívětivějších okolností nabytou vodu vrací zpět do okolního prostředí. Takovému jevu se říká infiltrace a jedná se o jeden z nejdůležitějších parametrů v souvislosti s půdou určujícího většinu jejích vlastností. Pochopitelně není nevyčerpatelná, nicméně její kapacity jsou opravdu obrovské. Dalším důležitým pojmem, se kterým se setkáme v rámci vodního cyklu, kdy voda putuje skrz mocnost zeminy, je termín filtrace. Zemina totiž v podstatě funguje jako přírodní filtr zachycující řadu různých polutantů a ty posléze stabilizuje způsobem, kdy už na rozdíl od vody samotné nemohou proniknout do nižších vrstev. Zde narážíme taktéž na parametr propustnosti zeminy, který je závislý na mnoha faktorech, mezi které patří kupříkladu velikost jejích částic.

⁶ Zvčetně je v rámci nízkého vrtu obvykle dosaženo už několik metrů pod povrchem, což odpovídá např. čerpání podzemní vody z klasické domácí studny, zatímco v případě hlubokého vrtu se jedná většinou o desítky metrů.

Půda je typicky tvořena zvětralými horninami, vodou, vzduchem a organismy (humusem), přičemž její úrodnost je dána právě množstvím těchto parametrů. Nejúrodnější část půdy nacházející se při samotném povrchu se nazývá ornice, je na první pohled výrazně tmavší než hlubší podpovrchové vrstvy a nabývá mocnosti obvykle mezi 15 – 30 cm, kde se typicky nachází kořenový systém nižších rostlin. Na území České republiky je před započítáním stavby vždy a všude nezbytné nejdříve sejmout skryvku ornice, neboť je tak v každém případě uloženo zákonem č. 334/1992 Sb. § 8.

Pokud bychom si chtěli číselně představit schopnost retence půdy na množství vody v ní obsažené, dopomůže nám k tomu jednoduchý příklad. Průměrně je v závislosti na svém typu, struktuře, úrodnosti, ale i klimatických podmínkách nebo způsobu obhospodařování schopen 1 m³ zeminy zadržet až 0,3 m³ (300 l) vody. V případě, že bychom uvažovali plochu o rozloze 1 km² s mocností 1 m, odpovídalo by toto množství 300 000 m³ vody (objem jednoho plně naloženého supertankeru). [23] Dle řady dostupných zdrojů se průměrná spotřeba vody pro obyvatele České republiky pohybuje okolo 100 l vody na osobu za den (pro Prahu je průměr o něco vyšší, je uváděna hodnota 113 l). [24] To by pro srovnání znamenalo, že množství vody obsažené v tomto km² by dokázalo zásobit vodou 100 lidí přes 82 let (možná je tenhle první případ zbytečný), 136 lidí, kteří odpovídají průměrné hustotě obyvatel na 1 km² v České republice by pak z poskytnutého množství ukojili své potřeby po dobu 60,4 let a 2 571 lidí, kteří odpovídají průměrné hustotě zalidnění na 1 km² v Praze by pak dokázali s takovým objemem vody vystačit celých 3,2 let. K zásobování všech obyvatel žijících v našem státu vodou (přibližně 10,53 mil. obyvatel⁷) by tedy bylo potřeba takových km² 3,5. Je tedy nadmíru jasné, jaké obrovské množství vody je půda schopna pojmout při rozloze 78 870 km², která odpovídá celkovému povrchu České republiky.

⁷ hodnota odpovídá k datu 31. 12. 2022



Obrázek 13 - Schematické znázornění retenční schopnosti půdy

To ale ještě není všechno, neboť půda je schopna dalších přibližně 30 – 50 % vody nad toto množství ve své hmotě akumulovat při srážkových událostech a posléze jej v méně vlhkých obdobích uvolňovat zpět do okolí. Navíc je další nezanedbatelný objem vody nad rámec těchto hodnot v území vázán v samotné vegetaci, přičemž pochopitelně závisí na jejím typu a rozměrech. Retenční schopnost půd nacházejících se na území ČR mnohonásobně přesahuje celkový objem povrchových vod nacházejících se ve všech vodních nádržích, přehradách a tocích dohromady. Přibližná retenční schopnost půd na území našeho státu je odhadována na bezmála 8,4 mld. m³ vody. [23] Pro lepší představu je nejobjemnější nádrž umělého původu, přehrada Orlík, schopna při svém maximálním teoretickém naplnění pojmout až 717 mil. m³ vody⁸.

Současná hodnota objemu vody obsažené v půdě na našem území je odhadována na něco málo přes 5 mld m³, což odpovídá přibližně 60 % své kapacity. V případě, kdy by došlo k radikální změně hospodaření s dešťovou vodou, by se tato hodnota zprvu rychle zvýšila a

⁸ zdroj: <https://web.archive.org/web/20120313034138/http://www.pvl.cz/download/Orlik.pdf>

posléze by rostla čím dál pomaleji tendencí dosáhnout svého naprostého maxima nasycení. [23]

V rámci hospodaření s dešťovou vodou je nutné vytvořit v našem státu takové podmínky, které by nevedly k dalším úbytkům vody obsažené v půdě. Retenční schopnosti půd se v současné chvíli nachází v celkovém a značném deficitu, což má negativní vliv na její bonitu a také neblahý dopad na její využívání v zemědělství při pěstování plodin. Situace ohledně průběžného znehodnocování půdy má navíc prokazatelně špatný vliv nejen na stav půd v rámci našeho území, ale také daleko za jeho hranicemi.

3.5 Znečištění vody

3.5.1 Druhy polutantů

Lidské aktivity, jakými jsou např. průmysl, zemědělství, doprava, stavebnictví, odpadní hospodářství nebo procesy v běžných domácnostech, produkují velké množství různých polutantů, které jsou následně uvolňovány do okolního prostředí. Jejich zvýšené koncentrace v rámci vodního hospodářství vedou k řadě fatálních škod a je nutné jejich produkci a pohyb monitorovat a v co největší míře minimalizovat.

V rámci měst jsou do vodních zdrojů transportovány nejčastěji odtokem srážkových vod a výluhem ze skládkových oblastí. Průzkumy demonstrují zvýšené koncentrace ve vzorcích dešťové vody především u nerozpuštěných látek (TSS), nutrientů, některých těžkých kovů (Cu, Zn) a polyaromatických uhlovodíků (PAH). Mimo vodní recipienty a podzemní zdroje vod mohou ovšem znečišťovat taktéž půdu, atmosféru i těla samotných rostlin a organismů. [25], [26]

3.5.1.1 Celkové nerozpuštěné látky

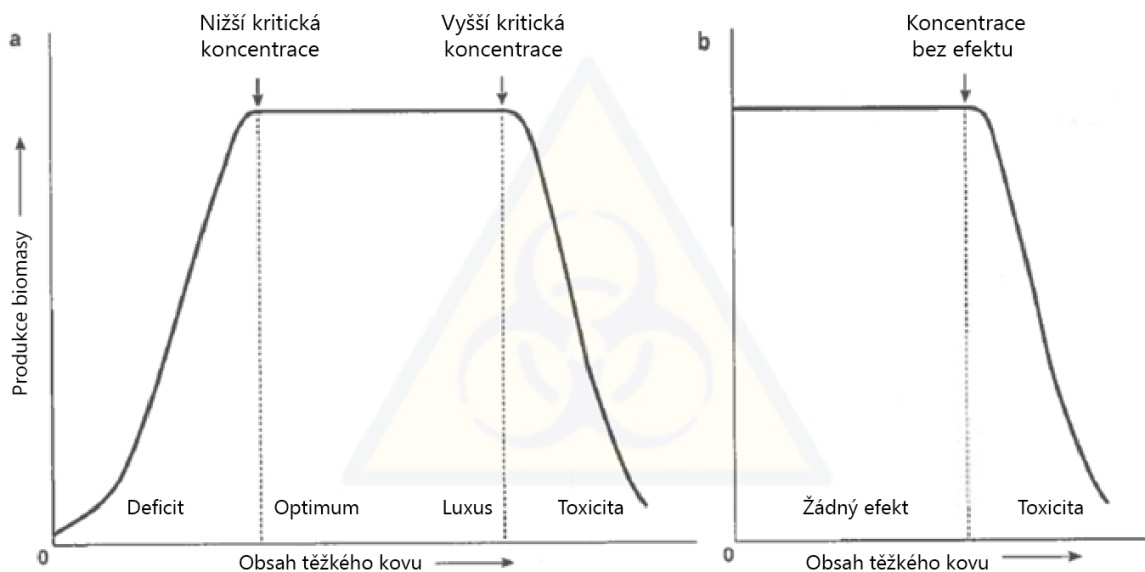
Celkové nerozpuštěné látky (TSS, z angl. total suspended solids) jsou z definice částice větší než 2 μm , které mohou nabývat organického i anorganického charakteru. Většina z nich se ovšem skládá z anorganických složek různých materiálů (jílové částice, písek, šterk, malé organické zbytky vegetace, jemné prachové částice, plankton, řasy, některé bakterie a jiné pevné částice), které jsou rozmělněny ve vodním vzorku, jež často sedimentují a jsou

zachytitelné filtrem. Jejich původci jsou zejména průmyslové, zemědělské a domácích provozy, doprava, odpadní hospodářství nebo stavebnictví. Stanovení koncentrací nerozpuštěných částic je velice důležité, neboť se mohou stát přenašeči jiných polutantů a xenobiotik, mohou snižovat viditelnost (zvyšovat zákal) uvnitř vodních recipientů nebo absorbovat sluneční světlo při povrchu hladiny, což zpravidla vede ke snížení funkce fotosyntézy a následné produkci kyslíku. Zmíněné faktory mají ve většině případů za následek nadměrný úhyn vodní fauny a flóry a snížení kvality vodního zdroje ve vztahu k případné konzumaci. [25], [27]

3.5.1.2 Těžké kovy

Částice těžkých stopových kovů jsou v malých měřitelných koncentracích obsaženy ve vodě, půdě, rostlinách i živých organismech. Některé z nich jsou v nízkých dávkách ve spojení se správnou funkcí organismu esenciální, jejich vyšší obsah má však ve většině případů naopak toxické účinky. Mezi typické zástupce těžkých kovů jsou řazeny např. Cu, Zn, Cr, Co, Ni, Ar, Ag, Pb, Se, Sb, Tl a další. Znečištění těmito prvky je v moderní společnosti velmi běžné, neboť k jejich uvolňování dochází vlivem působení dopravy, strojírenství, stavebnictví, průmyslu informačních technologií, dodatečných nátěrů a barviv nebo instalací střešních krytin. K jejich detailní analýze je možné použít sofistikovanou metodu spektrometru ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem), který je schopen z příslušného vzorku velmi přesně určit výskyt i přesnou koncentraci většiny stopových prvků. K jejich transportu dochází vlivem větru, povrchových toků, podzemní vody, erozí půdy nebo změnou prostředí⁹, které lokálně modifikuje jejich vlastnosti a aktivuje jejich další pohyb. Jejich koncentrace jsou přísně sledovány v rámci biomonitoringu, protože nabývají schopnosti akumulace v živých tkáních organismu. [6], [26]

⁹ Zejména se jedná o pH a elektrodový potenciál, k čemuž je možné využít tzv. Pourbaixův diagram, který dává tyto dva parametry do souvislosti a následně graficky znázorňuje výsledný stav daného stopového kovu. Jeho finální podoba může nabývat charakteru pouhého iontu, popř. komplexu, sraženiny nebo kovu. [78]



Graf 4 - Znárodnění průběhu dodávky a odpovědi organismu na působení a) těžkých esenciálních (vlevo) a b) neesenciálních kovů (vpravo), [26]

3.5.1.3 Celkový (TOC) a rozpuštěný organický uhlík (DOC)

Hodnota TOC (total organic carbon), udává celkové množství organických látek obsažených ve vodním zdroji (v případě DOC se jedná pouze o rozpuštěnou složku) a jsou silně ovlivněny lidskou aktivitou ve formě řady průmyslových procesů, zemědělské činnosti nebo dopravy. V případě zvýšených hodnot TOC je nadměrné množství organického materiálu obsaženého ve vodním zdroji rozkládáno mikroorganismy, které během tohoto procesu spotřebovávají taktěž kyslík, který je esenciální pro ostatní organismy žijící v příslušném vodním ekosystému. Nadměrná spotřeba posléze vyústí ve zvýšenou prosperitu anaerobních mikroorganismů a hromadný úhyn vodních druhů, čímž vznikne tzv. „mrtvá voda“, jejíž potenciál je naprosto nevhodný k lidské konzumaci. Průběžná a podrobná analýza tohoto ukazatele je tudíž nezbytná pro zabránění případné otravy a udržení prosperujícího vodního hospodářství. [6], [25]

3.5.1.4 Celkový dusík a fosfor (TN a TP)

Tzv. nutrienty, z nichž nejzastoupenější jsou dusík a fosfor, se běžně vyskytují ve vodních recipientech. Původci jejich uvolňování do vodního hospodářství jsou z velké části zemědělské procesy hnojení a využívání pesticidů nebo používání čisticích a pracích prostředků v domácnostech. Dalším zdrojem hojně přispívajícím ke zvýšeným koncentracím

těchto látek jsou i splaškové vody, neboť jsou původci jejich tvorby samy organismy. Nadměrné hodnoty těchto polutantů mohou způsobit překyselení a eutrofizaci vod, která se vyznačuje nadměrným růstem mikroorganismů (vodních řas, sinic ale i vyšších rostlin) uvnitř vodních recipientů, což následně vede ke změnám ve vlastnostech vody, narušení jejich kyslíkového režimu a úhynu vodních druhů. [6], [25]

3.5.1.5 Organické polutanty

Jedním z nejkritičtějších a nejnebezpečnějších znečištění v rámci moderní společnosti jsou organické polutanty. Ve velice omezené míře se mohou tyto látky šířit do okolního prostředí vlivem přírodního působení např. při sopečné činnosti, ale jejich hlavním původcem je převážně lidský faktor. Velké množství z nich se navíc vyznačuje termínem persistentních organických polutantů, v jejichž případě se jedná o částice, jež zpravidla disponují vysokou toxicitou a jsou spojovány s pojmy bioakumulace, biodostupnost a biomagnifikace, které popisují usazování xenobiotik v tělech organismů a jejich následné působení na jejich zdraví. U člověka mohou způsobovat různé mutace, srdeční onemocnění nebo rakovinu. [28] Jejich produkce a aplikace je regulována *Stockholmskou úmluvou o persistentních organických polutantech*. [29]

Polyaromatické uhlovodíky (PAH)

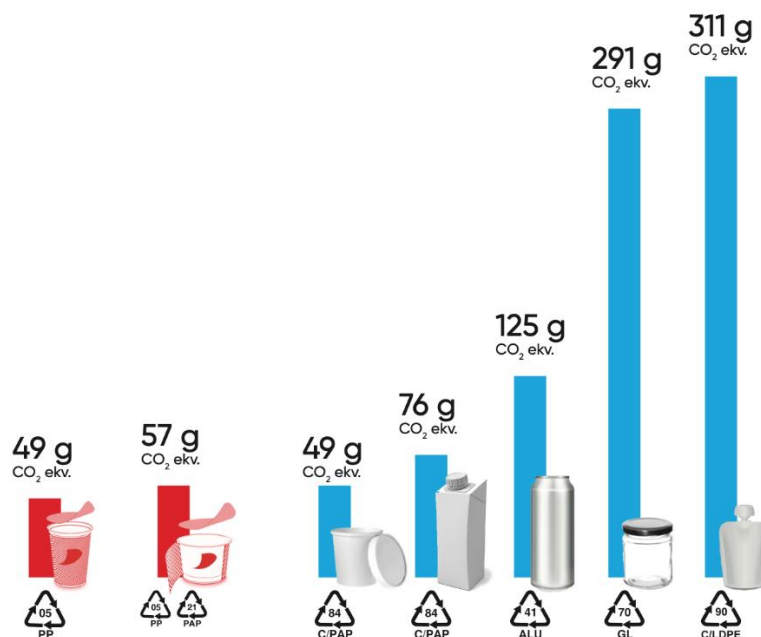
Jedná se o běžné persistentní toxické látky uvolňované do okolního prostředí zejména vlivem nedokonalého spalování organické hmoty v rámci spalovacích motorů nebo řady průmyslových činností, a následným splachem dešťového odtoku z ulic jsou transportovány do různých složek vodního hospodářství. Dalšími původci mohou být např. mazací oleje, opotřebením pneumatik (TRWP) rámci dopravy, pokládka a zahřívání asfaltu nebo bitumenu a další. Jsou vysoce karcinogenní a považované za jednu z hlavních příčin rakoviny plic. [6], [25]

Mikroplasty

Mikroplasty jsou definovány jako stálý syntetický materiál neschopný degradace tvořený tuhými částicemi menšími než 5 mm, navíc nerozpustný ve vodě. Jsou persistentní, vykazují vysokou bioakumulační schopnost a v rámci moderní společnosti znečišťují větší či menší měrou všechny vodní zdroje naší planety. Taktéž se nacházejí v půdě, atmosféře, pitné vodě

i jídle. V ekosystémech oceánů drasticky ovlivňují obrovské množství vodních druhů a jejich působení vede k enormním úhynům. Dosud jsou detailní analýzy dopadu tohoto druhu znečištění neprobádaným územím, odhaduje se ovšem, že může vést ke snížení plodnosti nebo vzniku rakoviny. [25], [30]

V rámci řešení problematiky s nadměrným uvolňováním mikroplastů do ekosystémů naší planety by v první řadě pomohla redukce využívaného sortimentu plastů, což by mělo za následek zvýšení recyklačního potenciálu a postupem času druhořadně jejich úplná eliminace nebo výměna za více udržitelné alternativy. Je ale ovšem nutné dbát na celkový kontext, neboť je situace o poznání složitější. Jiné alternativy mohou být šetrnější tím způsobem, že při jejich působení nedochází k toxikaci životního prostředí, na druhé straně mohou ale vykazovat vyšší míru uhlíkové stopy, což ve výsledku postihuje jiné oblasti této problematiky. Typickým příkladem je porovnání výroby obalu z různých materiálů o stejném objemu, kdy se paradoxně právě plasty umísťují v nejlépe hodnocených příčkách. V každém případě platí, že produkty odpadu by měly být v nejlepším možném případě úplně eliminovány. [31]



Graf 5 - Srovnání uhlíkové stopy (v gramech CO₂ ekv.) potravinových obalů vztažené na 1 liter baleného produktu (hranice systému cradle to grave), zdroj: <https://www.svetbaleni.cz/2021/08/24/nejnizsi-uhlikovou-stopu-maji-prekvapive-plastove-obaly/>

Polychlované bifenyly (PCB)

Do okolního prostředí se rozšířily především v minulém století, neboť díky své stálosti, nehořlavosti a teplotní odolnosti našly uplatnění v řadě výrobních procesů (plasty, pesticidy, lepidla, vosky, barvy, laky atd.) Jejich vznik je taktéž generován při spalování odpadů. Jejich toxicita je zpravidla nižší doprovázena méně závažnými onemocněními. [6]

Olejšové formy znečištění

Velkým problémem je taktéž znečištění různými druhy olejů produkovaných zejména dopravou, domácnostmi a potravinářským nebo těžkým průmyslem. Olejšové formy znečištění vykazují dlouhotrvající stálost, tudíž je jejich odstranění velice obtížné. Obzvláště v rámci vedení kanalizačních sítí působí nepříjemné komplikace a mohou zapříčinit jejich ucpaní a následné vyplavení různých spádových oblastí. [25]

3.5.2 Maximální dovolené koncentrace polutantů

V České republice jsou limitní hodnoty pro přípustnou nezávadnou míru kontaminace pitné vody stanoveny Přílohou č. 1 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb. (mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity), viz *Tabulka 1*.

Dále jsou na území našeho státu v České republice stanoveny limitní hodnoty (normy environmentální kvality) kontaminace různých průmyslově oborových činností pro povrchové vody, a to v nařízení vlády 401/2015 Sb. a limity (normy jakosti a prahové hodnoty). Požadavky pro kontaminaci podzemních vod jsou shrnuty ve vyhlášce 5/2011 Sb. v aktuálním znění ¹⁰.

¹⁰ Hodnoty jsou platné k roku 2023.

DRUH POLUTANTU	ZKRATKA	LIMITNÍ HODNOTA	JEDNOTKA	TYP LIMITU
Intestinální enterokoky		0	KTJ/100 ml	NMH
Mikroskopický obraz - počet organismů		50	jedinci/ml	MH
Amonné ionty	NH ₄ ⁺	0,5	mg/l	MH
Arsen	As	10	μg/l	NMH
Barva		20	mg/l Pt	MH
Benzen		1,0	μg/l	MMH
Bromičnany	BrO ₃ ⁻	10	μg/l	NMH
Celkový fosfor	TP	0,03	mg/l	NMH
Celkový dusík	TN	50	mg/l	NMH
Celkový organický uhlík	TOC	5,0	mg/l	MH
Celkové nerozpuštěné látky	TSS	1,0	mg/l	NMH
Dusičnany	NO ₃ ⁻	50	mg/l	NMH
Dusitany	NO ₂ ⁻	0,5	mg/l	NMH
Fluoridy	F ⁻	1,5	mg/l	NMH
Hliník	Al	0,2	mg/l	MH
Hořčík	Mg	10	mg/l	MH
		20 - 30	mg/l	DH
Chlor volný	Cl ₂	0,3	mg/l	MH
Chlorečnany	ClO ₃ ⁻	200	μg/l	NMH
Chloridy	Cl ⁻	100	mg/l	MH
Chrom	Cr	50	μg/l	NMH
Kadmium	Cd	5,0	μg/l	NMH
Kyanidy celkové	CN ⁻	0,05	mg/l	NMH
Mangan	Mn	0,05	mg/l	MH
Měď	Cu	1000	μg/l	NMH
Nikl	Ni	20	μg/l	NMH
Olovo	Pb	10	μg/l	NMH
Ozon	O ₃	50	μg/l	NMH
Pesticidní látky celkem	PLC	0,5	μg/l	NMH
Ph	pH	6,5 - 9,5		MH
Polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	0,1	μg/l	NMH
Rtuť	Hg	1	μg/l	NMH
Selen	Se	10	Hg/l	NMH
Sířany	SO ₄ ²⁻	250	mg/l	MH
Sodík	Na	200	mg/l	MH
Stříbro	Ag	25	μg/l	NMH
Uran	U	15	μg/l	NMH
Vápník	Ca	30	mg/l	MH
		40 - 80	mg/l	DH
Železo	Fe	0,2	mg/l	MH

Tabulka 1 - Příloha č. 1 k vyhlášce č. 252/2004 Sb., mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity v ČR, zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>



Použité zkratky:

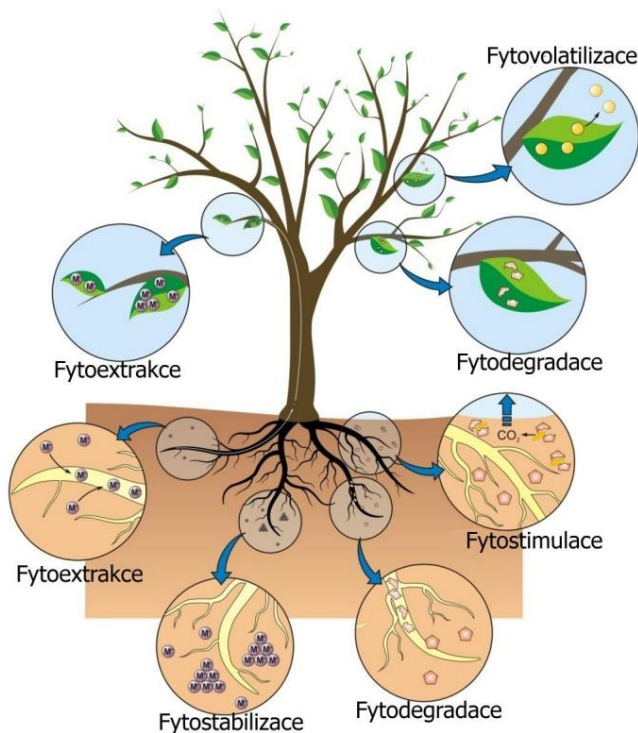
- KTJ** kolonii tvořící jednotka při použití metody stanovení ČSN EN ISO 9308-1
- NMH** nejvyšší mezní hodnota
- MH** mezní hodnota
- DH** doporučená hodnota podle § 3 odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

4. Možnosti řešení tepelných ostrovů, emisního znečištění a hospodaření s dešťovou vodou

4.1 Čištění vody pomocí rostlin (fytoremediace)

V rámci moderní společnosti se s vývojem nových technologií začaly v atmosféře, vodě i půdě postupem času objevovat různé druhy polutantů. Přirozeným vývojem se s jejich zvyšujícími se koncentracemi začaly projevovat jejich negativní účinky na organismus, následně docházelo ke snahám o limitaci jejich produkce a taktéž bylo započato hledání různých cest, jak jejich šíření úplně zabránit.

V rámci přirozených přírodních procesů bylo zjištěno, že rostliny mají na rozdíl od živočichů schopnost přijímat cizorodé látky ve formě xenobiotik a i přes to, že jejich struktura nejsou prospěšné se s jejich přítomností vypořádat, a buď je ve svém těle stabilizovat nebo pomocí různých jevů dosáhnout jejich degradace. Proces, při kterém dochází k čištění vody, půdy nebo atmosféry od určitých znečišťujících látek pomocí rostlin se nazývá fytoremediace.



Obrázek 14 - Schematické znázornění fytoremediačních procesů, zdroj: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/66152/BPTX_2014_1_11310_0_385830_0_161906.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4.1.1 Fytoextrakce

Fytoextrakce, jinak také nazývána jako fytoakumulace nebo fytoabsorpce, nachází své uplatnění především ve vztahu k čištění oblastí s vysokými koncentracemi těžkých kovů, popř. radionuklidů nebo i některých nekovů. V principu jde o příjem polutantu kořenovým systémem a jeho následné akumulaci typicky v nadzemních částech rostliny, které jsou následně sklizeny a finálně zpracovány spálením nebo jinými chemickými procesy. V případě některých druhů rostlin může jít z hlediska rychlosti jejich růstu o tzv. hyperakumulátory, kdy je buněčná struktura zeleně schopna pojmout velké množství znečišťující látky v relativně krátkém čase, neboť v tomto kontextu platí jednoduchá úměra, že s rostoucím rozměrem rostliny se zvětšuje i potenciální akumulací prostor.

Situace je však o něco komplexnější, neboť mimo jiné v rámci růstu flóry záleží i na podnebných podmínkách, které nemusejí být za všech okolností přívětivé a zároveň mohou určité rostliny efektivním způsobem zachytávat pouze některé druhy polutantů, zatímco je jejich vliv na jiné znečišťující látky minimální, což následně logicky vede k nutnosti druhové rozmanitosti. Ekonomicky přívětivá může být ovšem situace, kdy je při konečné úpravě možné těžké kovy z rostlin zpětně extrahovat a znovu použít, tzv. fytomining, viz *Příloha 2*. [32], [33]

4.1.1 Rhizofiltrace

Jak už samotný název napovídá, proces rhizofiltrace pracuje v podstatě na stejném principu jako fytoextrakce s jedním zásadním rozdílem. Polutanty, typicky těžkých kovů nebo radionuklidů obsažených ve zdrojích povrchové, podpovrchové nebo odpadní vodě, jsou totiž akumulovány namísto ve stoncích a listech, jako tomu bylo v předešlém případě, v jejich kořenovém systému (rhizosféře). K čištění je možné využít taktéž vodní rostliny nenáročné na údržbu, ale obvykle se používají vegetační prvky suchozemské, protože je jejich účinnost znatelně vyšší.

Jedním ze zástupců v rámci ošetření radionuklidů je kupříkladu slunečnice nebo rákos, jejichž značná výhoda je v jejich nezpochybnitelné estetické hodnotě. I zde je ovšem nutné kontaminovanou rostlinu v závěrečné fázi jejího nasycení polutantem

sklidit a přistoupit k finální úpravě ve formě termického, chemického nebo mikrobiálního procesu. [32]

4.1.1 Fytostabilizace

V případě fytostabilizace je výrazně omezeno uvolňování, transport (mobilizace, pohyblivost) a rozpustnost kontaminované látky v atmosféře a ve zdrojích podzemní vody, v oblasti, kde dochází k půdní filtraci. Jejich benefitů je využíváno v situacích, kdy je potřeba zabránit šíření kontaminantů zejména v podobě těžkých kovů, ale i organických sloučenin. [32]

Princip procesu je z výrazné části ovlivněn půdními podmínkami v kořenové oblasti, kde v závislosti na jejích vlastnostech dochází k jednomu z následujících jevů. Jde buď o *absorpci* xenobiotika, podobně jako tomu bylo v případě rhizofiltrace, kdy je hromaděno uvnitř kořenového systému nebo o *adsorpci*, kdy je oproti tomu polutant akumulován na povrchu samotných kořenů, v dalších případech také k precipitaci znečišťujících látek v kořenové zóně nebo jejího vázání na humusovou složku nebo lignin¹¹ (pouze za předpokladu, že se jedná o organické látky, takový jev je ale mnohdy nežádoucí, protože při nasycení rostliny kontaminovanou látkou je nutné, aby její výsledné produkty nepřišly do kontaktu s potravním řetězcem). K těmto jevům dochází v závislosti na specifických půdních podmínkách, které jsou ovlivněny hodnotou půdního pH, produkcí CO₂, redoxním potenciálem a dalšími parametry, které mohou mít zásadní vliv na mobilizaci a rozpustnost těžkých kovů.

Erudice v oboru chemických reakcí při hnojení je tedy v tomto případě naprosto nezbytná, neboť může zásadně ovlivnit výslednou podobu a polohu kontaminantu, ze které posléze vychází její schopnost šíření se v rámci potravního řetězce. [32]

Obrovskou výhodou fytostabilizace, je její možnost využití v oblastech s vysokým stupněm znečištění, které vykazují úplnou absenci zelené pokrývky (zelených ploch). Navíc tento princip oprostí kontaminované území od nutnosti zásadních zásahů do

¹¹ Jedná se o základní stavební složku dřeva, která zajišťuje dřevnatění buněčných stěn rostlin. [67]

půdního fondu, neboť k veškerým procesům dochází formou úpravy in-situ¹². Obecně platí, že rostliny napomáhající fytostabilizaci by měly disponovat kořenovým systémem v blízkém kontaktu s čištěným médiem a měly by být vůči danému xenobiotiku odolné. Bohužel se jedná o poměrně pomalý proces, který je možné rychlostně stimulovat jen do určité míry např. hnojením. [32]

4.1.2 Fytodegradace

Fytodegradace se zdá být z hlediska finální podoby řešených xenobiotik o poznání pokročilejším procesem. Dochází při ní k rozkladu kontaminované látky na méně toxické formy vlivem místní mikroflóry a pohybu kontaminantu v rámci těla rostliny. Takové formy polutantů jsou buď úplně degradovány nebo ukládány v buněčné struktuře rostliny. Je důležité zmínit, že tento jev funguje pouze u organických látek jako jsou např. polyaromatické uhlovodíky (PAH), ropné látky (TPH), detergenty, výbušniny, některé pesticidy apod. [32]

V principu nejprve dochází ke vstřebávání znečišťujících látek z kontaminované půdy nebo podzemní vody do kořenů rostlin, přičemž je důležitý dosah konkrétního kořenového systému a mimo jiné ovlivňující faktory (pH, vlhkosti, propustnosti a typu půdy atd.) a také zda se jedná o kontaminant hydrofobního nebo hydrofilního charakteru¹³. Nejsnáze jsou rostlinami absorbovány substance disponující mírně hydrofobním charakterem ($\log K_{ow} = 0,5 - 3,0$), v jiných případech se vstřebávání omezuje na minimum. Posléze vstupuje do hry samotný metabolismus rostliny, kdy je xenobiotikum transportováno tělem rostliny a v rámci něj rozkládáno na organismům snáze stravitelnější formy. Ty mohou být následně z rostliny odpařovány, úplně degradovány nebo dochází k jejich ukládání v buněčných strukturách. [32], [34]

¹² *In-situ* technologie pracuje s úpravou kontaminovaného média přímo na místě, kde ke znečištění došlo. V případě, kdy by bylo nutné médium pro následné čištění z místa, kde ke kontaminaci došlo transportovat jinač, by se jednalo o technologii *ex-situ*.

¹³ Látky jsou z hlediska hydrofilnosti/hydrofobnosti (určující rozpustnost ve vodě), resp. lipofilitu/lipofobitu (určující rozpustnost v tucích) pomocí koeficientu oktanol-voda, K_{ow} (vyjadřující stupeň hydrofilnosti nebo hydrofobnosti látky) děleny na: *hydrofilní látky* ve vodě velmi dobře rozpustné ($\log K_{ow} < 0,5$), *mírně hydrofobní látky* ($\log K_{ow}$ od 0,5 do 3,0) a *hydrofobní látky* ve vodě velmi špatně rozpustné ($\log K_{ow} > 3,0$). [32]

Velkou výhodou je, že rostlinu není nutné při nasycení kontaminantem odstraňovat, naprosto dostačující je její údržba, aby nedošlo k porušení jejích stavebních částí. Je ale potřeba vyhodnotit výsledné formy meziproduktů, protože v krajních případech může v rámci degradačního cyklu polutantu vzniknout jeho ještě toxičtější forma. Za takových okolností je esenciální, aby byla výsledná podoba nezávadná jak pro rostlinu samotnou, tak i pro zbytek živých organismů. [32]

4.1.3 Rhizodegradace

Obdobným typem jako předešlá fytodegradace je i rhizodegradace někdy nazývána též jako fytostimulace, při které dochází k degradaci xenobiotik v rhizosféře vlivem mikrobiální degradace. Jde o jakési symbiotické spolupůsobení kořenů rostlin s mikrobiální populací nacházející se v půdě, kdy rostlina zajišťuje příznivé podmínky vylučováním exudátů¹⁴, které se stávají potravou pro bakterie, rapidně urychlují jejich růst a stimulují jejich aktivitu v podobě degradačních procesů. V rámci vypouštění exudátních látek v oblasti podpůrné kořenové soustavy rostliny dochází dle četných studií k prokazatelnému nárůstu mikrobiálních organismů, které by se za jiných okolností v půdě vyskytovaly pouze v omezeném množství.

Tento proces je opět využitelný pouze v případě organických polutantů jako jsou např. pesticidy, ropné uhlovodíky, polyaromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly, některé typy rozpouštědel aj. K rhizodegradaci dochází pouze v bezprostřední blízkosti kořenového systému tj. 1 – 3 mm od struktury kořene, což výrazně limituje efektivní funkci, která je tudíž závislá na rozvětvenosti a celkovém objemu, který jsou kořeny schopny obejmout. Z tohoto důvodu jsou nejvhodnějšími kandidáty k aplikaci rostliny s výrazným a rychle rostoucím kořenovým systémem. [32]

4.1.4 Fytovolatilizace

Posledním typem je metodika fytovolatilizace, která pracuje na bázi příjmu xenobiotika skrz kořenový systém, jeho degradaci do podoby těkavé látky v rámci

¹⁴ Jedná se o látky vylučované přirozenými procesy rostlin v podobě bílkovin, cukrů, fenolů, enzymů, organických kyselin, nukleotidů, alkoholů, růstových faktorů, sterolů a dalších sloučenin. [32]

následného transportu skrz buněčnou strukturu rostliny do jejích nadzemních částí a finálnímu vypuštění do okolní atmosféry. Pochopitelně je nutné velice pečlivě dbát na stupeň kontaminace výsledného produktu, neboť v případě mobilizace větrem se jedná o nejrychlejší a jednu z nejnebezpečnějších variant, jakými se s příslušným polutantem vypořádat. Tento princip je opět možné využít jak pro organické, tak i pro anorganické látky. [32]

Fytoremediace s sebou tedy přináší celou řadu velice zásadních výhod při čištění odlišných a různě kontaminovaných médií. Celý proces se přitom vyjma občasné nutnosti podpůrné stimulace ve formě hnojení, zalévání, ochrany proti škůdcům a dalších procedur údržby, děje přirozenou přírodní cestou, je ekologický a zcela automatický. Dalším benefitem je i ekonomické hledisko, kdy při použití rostlin k čištění kontaminantů není potřeba do znečištěné půdy nebo podzemního zdroje vody jakýmkoli způsobem zasahovat (in-situ metoda), což výrazně šetří finanční prostředky. Dále jsou rostliny schopny snižovat emise skleníkového plynu CO₂, procento místní prašnosti, a navíc mohou v některých případech sloužit také jako dlouhodobé indikátory stavu zeminy v zájmovém území nebo hladiny jeho podzemní vody.

Bohužel s sebou fytoremediace přináší také několik nevýhod, neboť se v první řadě jedná se o poměrně pomalý proces, který nelze příliš urychlit a její vliv je často znatelný až při dostatečné velikosti použitých rostlin (v závislosti na jejím druhu se jedná i o několik desítek let). Dalším zadrhem je samotná kontaminace území, protože čím více je daná oblast znečištěná, tím se objevuje větší pravděpodobnost poruchového růstu rostlin. Řešením může být v takovém případě použití rostlin s velkou snášenlivostí vůči příslušnému převažujícímu xenobiotiku nebo prvotní částečná dekontaminace oblasti jinými invazivnějšími způsoby (exkavace a odvoz části znečištěné půdy, injektáž remediačních látek atd.) a až posléze použití některé z fytoremediačních strategií k finálnímu dočištění.

Dále je nutné zmínit, že v případě pohybu polutantů jde vždy o cyklický proces, pokaždé je tedy nutné vědět, co se s danými xenobiotiky děje a kam jsou ukládány, neboť právě to následně z drtivé části ovlivňuje výslednou podobu životního prostředí. V případě, kdy dochází k ukládání polutantů v nadzemních částech rostlin je nutná velká ostražitost a je

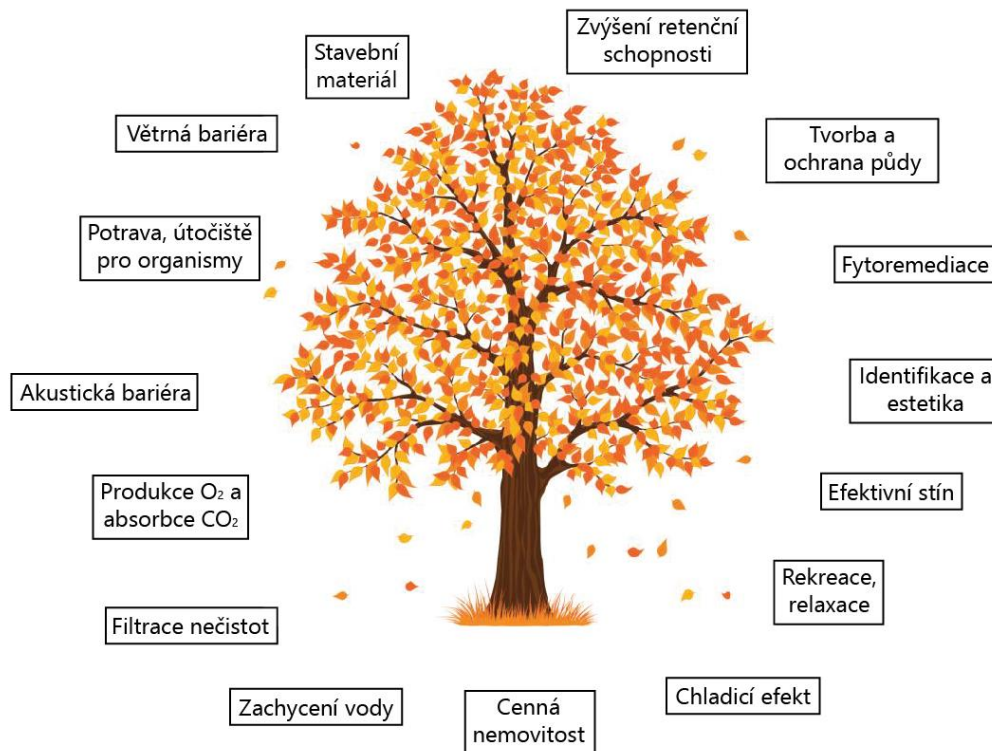
nezbytné zabránit případnému pozření ze strany lidí nebo zvířat. V rámci bioakumulace¹⁵ totiž může docházet k hromadění toxinů v těle organismu, což může v rámci dalšího soustředěného sledování indikovat závažnost stavu kontaminace místního i světového charakteru. [35]

V rámci zefektivnění celého procesu probíhá snaha o modifikaci rostlin různými podpůrnými látkami za účelem stimulace jejich růstu, který následně zvyšuje množství kontaminantu, který je rostlina schopna naakumulovat ve své struktuře nebo ke zvýšení imunity vůči xenobiotikům. Závěrem lze tedy konstatovat, že v případě fytořemediace se jedná o poměrně mladý vědní obor, který v sobě nese řadu proměnných faktorů, které nelze ignorovat. Jde o metodiku, která při dostatečné údržbě a trpělivosti přináší kýžené ovoce, nicméně je nutné jí dlouhodobě monitorovat a respektovat stále nové objevující se studie. [32], [35]

4.2 Prvek zelené infrastruktury jako multifunkční element

Vegetační prvky, a to především stromy, ve své podstatě dokonale spojují a interpretují několik základních principů, které mají potenciál efektivně řešit lidským faktorem způsobené klimatické změny. V rámci naší planety mají nevyčíslitelnou hodnotu, za správných podmínek fungují zcela automaticky a jejich ekonomické hledisko v ideálním prostředí nabývá takřka nulových nákladů. Lesy přitom pokrývají přibližně třetinu povrchu souše a jsou domovem pro více než polovinu suchozemských organismů, z čehož vyplývá, jak neuvěřitelně důležitá je jejich ochrana a zachování.

¹⁵ Bioakumulace popisuje pojem, kdy v průběhu času stoupá množství toxinu v těle organismu, typicky se v nejvyšších koncentracích objevuje v tělech predátorů nacházejících se na vrcholu potravní pyramidy. [68]

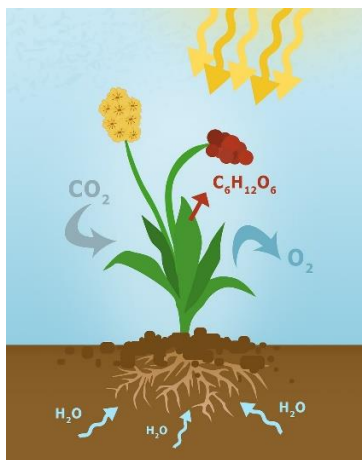
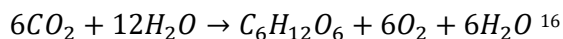


Obrázek 15 - Grafické znázornění výčtu vybraných benefitů prvků vzrostlé zeleně

4.2.1 Stromy ve vztahu k fotosyntéze

Bezpochyby nejdůležitější funkcí vegetačních prvků je jejich schopnost fotosyntézy, bez které by nebyl život na Zemi vůbec možný. Je třeba si uvědomit, že vegetace s akcentem na samotné stromy, jakožto nejvýraznější funkční prvek zeleně, je perfektně navržený a ideálně vybalancovaný element v rámci přírodního ekosystému. Dle dostupných zdrojů se stromy na naší planetě začaly objevovat již před přibližně 370 mil. let, a v rámci této doby se vyvinuly v nenahraditelný subjekt, jehož nadměrné potlačování a hromadné odstraňování bude mít v nadcházejících dekádách dozajista fatální následky. [36]

Proces fotosyntézy, jak již samotný název napovídá, využívá působení slunečního světla k syntéze látek, kterého jsou schopny rostliny, řasy, sinice a některé bakterie. V principu rostlina přijímá pomocí průduchů situovaných na spodní straně listů oxid uhličitý (CO₂), kořenovým systémem vodu (H₂O) a vlivem světelného záření (nejčastěji slunečního) tyto složky ve své struktuře přeměňuje na cukr (glukózu) a dýchatelný kyslík (O₂). Děj je z chemického hlediska popsán následující rovnicí:



Obrázek 16 - Schematické znázornění procesu vstupních a výsledných produktů fotosyntézy, zdroj: <https://pixabay.com/cs/illustrations/fotosynt%C3%A9za-sch%C3%A9ma-fotosynt%C3%A9zy-3498260/>

Děj je rozdělen do dvou základních fází. Primární světelné fáze, při které je nezbytná přítomnost světelného záření, kdy vlivem něj dochází k rozkladu vody a následnému uvolnění molekul kyslíku, jež jsou naprosto esenciální pro dýchání živých organismů. Sekundární označovaná jako temnostní fáze již pro svou funkci přítomnost světelného záření nevyžaduje, a pouze využívá jeho nahromaděnou energii. Dochází během ní k produkci molekul cukru (nejčastěji glukózy), jež jsou následně v rámci rostliny využity jako základní stavební složky komplexnějších organických molekul nebo jako zdroj energie pro vlastní růst, popř. jako rezervní zásobárna energie, pro jejíž splnění je nezbytné zabudovat organický uhlík v buněčné struktuře pletiv rostliny. A právě to, je ve vztahu k problematice tepelných ostrovů naprosto nezbytným procesem, neboť k takové implementaci je využíváno právě rozkladu skleníkového plynu oxidu uhličitého (CO_2), jenž v současnosti přesahuje limit své zdravé a přípustné koncentrace v atmosféře. Uhlík je v rostlině vázán v rámci jejího růstu po celé její aktivní období života, což samo sebou akcentuje letité vzrostlé stromy a podtrhuje jejich nevyčísitelnou hodnotu, neboť disponují obrovskou masou organického materiálu tvořeného právě molekulami uhlíku extrahovaných z oxidu uhličitého. V podstatě je možné konstatovat, že obrovská část objemu takového stromu je jen zabudovaný skrytý skleníkový plyn.

¹⁶ Molekula H_2O vznikající jako produkt v pravé části rovnice bývá často pro zjednodušení vypouštěna.

V případě číselného vyhodnocení se hodnoty CO₂ obsažené ve vzduchu v roce 1960 pohybovaly okolo 315 ppm, což přibližně odpovídá právě dobře známé hodnotě 0,03% zastoupení tohoto skleníkového plynu v zemské atmosféře. V roce 2020 se jeho podíl však zvýšil na 420 ppm odpovídajících třetinovému nárůstu během 80 let (0,04 % celkového objemu zemské atmosféry). Pro zajímavost, vystavení organismu koncentracím mezi 1000 – 5000 ppm (0,1 – 0,5 %) způsobuje únavu, bolest hlavy a nesoustředěnost, v krajních případech nevolnost. K akutní otravě a případné smrti poté dochází při koncentracích nad 40 000 ppm (4 %). [16], [37], [38], [39]

CYKLY KONCENTRACÍ CO₂ A O₂ V ATMOSFÉŘE

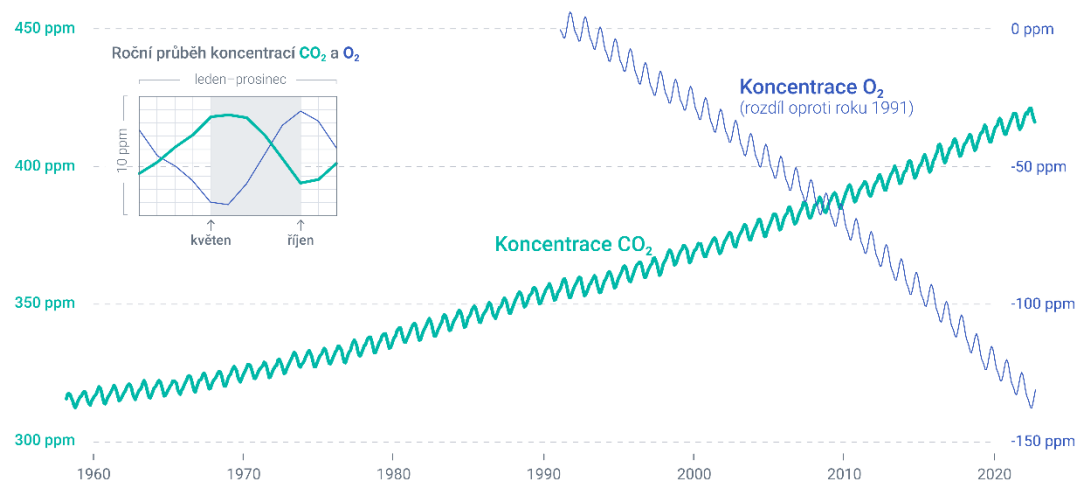


Časový průběh koncentrací CO₂ a kyslíku ukazuje roční cykly dýchání a fotosyntézy i dlouhodobé důsledky spalování fosilních paliv.

Vzduch obsahuje 78,1 % dusíku, 20,9 % kyslíku, 0,9 % argonu a přibližně 0,04 % CO₂.

U koncentrací kyslíku graf zobrazuje pouze jejich pokles, který je od roku 1991 okolo 140 ppm, tedy asi 0,014 %.

ppm (parts per milion) je jednotka koncentrace. Koncentrace 400 ppm CO₂ v atmosféře znamená, že v jednom milionu molekul vzduchu je 400 molekul CO₂, což odpovídá koncentraci 0,04 % CO₂ v atmosféře.



VERZE 2022-11-22 LICENCE CC BY 4.0

více info na faktaoklimatu.cz/cykly-koncentrace-co2

zdroj dat: NOAA – Národní úřad pro oceán a atmosféru Ministerstva obchodu Spojených států amerických

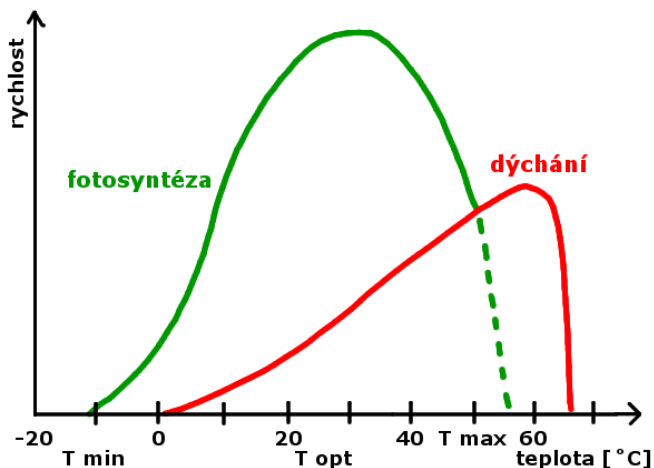
Graf 6 - Vyobrazení tzv. Keelingovy křivky, tj. souvislého záznamu vývoje koncentrací CO₂ v atmosféře, v letech 1960-2020, zdroj: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/cykly-koncentrace-co2>

Obrovským ekologickým problémem jsou ve vztahu s touto problematikou rozsáhlé požáry postihující každoročně obrovské lesní plochy po celém světě, neboť platí, že veškerý organický uhlík, který je v rostlině navázán po dobu jejího života je v případě zpopelnění vegetačního prvku opět uvolněn do ovzduší. Požáry nejsou v rámci planety ničím

neobvyklým, jejich výskyt je přirozený, dokonce nezbytný¹⁷, a docházelo k nim už dlouho předtím, než začal mít lidský faktor v rámci produkce škodlivých skleníkových plynů zásadní vliv. V posledních několika dekádách je ale vlivem zvyšujících se globálních teplot jejich vznik výrazně podpořen a exponenciálně tak nabývají na intenzitě a ničivosti. Pro zajímavost bylo podle údajů Světového programu pro výzkum lesů (FAO) a Světové meteorologické organizace (WMO) každý rok v letech 2003 až 2019 průměrně spáleno asi 12,7 milionu hektarů lesních ploch, což odpovídá téměř dvojnásobné rozloze celé České republiky.

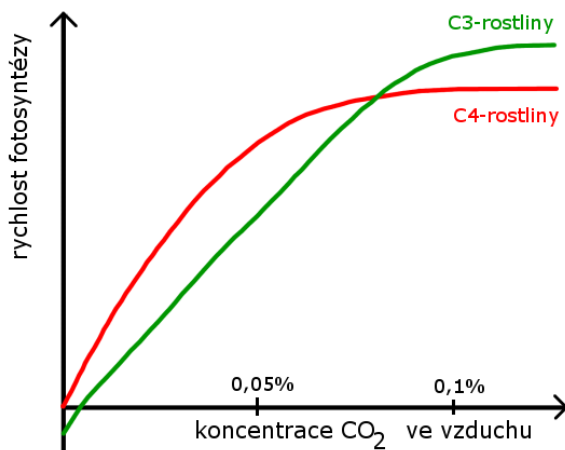
Je nezbytné podotknout, že rostlina generuje molekuly kyslíku (O₂) jako druhotný produkt při vlastním buněčném dýchání (metabolickém procesu) a následně ho z nezanedbatelné části sama spotřebovává pro svůj zdravý růst v nočních hodinách a v období zimy. Novější zdroje uvádějí taktéž vztah fotosyntézy, resp. buněčného dýchání k teplotě okolního prostředí, který může být pro efektivní funkci rostlin ve vztahu k řešení problému s tepelnými ostrovy rozhodující. Obecně platí, že vyšší teplota výrazně urychluje průběh většiny reakcí až do doby dosažení limitní hodnoty, kdy naopak dochází k útlumu. Nelze ovšem tvrdit, že čím vyšší teplota, tím více organického uhlíku bude v rostlině pojata, jde spíše o nalezení kompromisu (ideální teploty) mezi příjmem CO₂ během dne v rámci fotosyntetického děje a jeho následného zpracování a zabudování v nočních hodinách při buněčném dýchání. Optimální teplotu pro správnou funkci vegetačních prvků je možné v případě mírného podnebného pásu nalézt v rozmezí 25 – 30 °C, a je tedy možné konstatovat, že současné teplotní extrém, které se vyskytují v rámci tepelných ostrovů na našem území, stále spadají do rozmezí korektní a účinné funkce rostlin, viz *Graf 7*. Velice důležitý je pochopitelně stálý příjem tekutin a omezení případných období sucha na možné minimum. [37], [39]

¹⁷ Uhlíkový cyklus je esenciální pro správnou funkci ekosystému, spalováním dochází k jeho znovu-zprostředkování vegetaci a produkci organických látek.



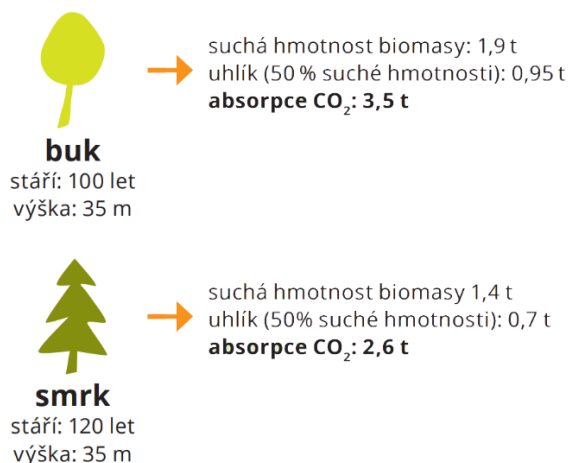
Graf 7 - Znárodnění závislosti rychlosti fotosyntézy a buněčného dýchání na teplotě okolního prostředí, zdroj: <https://enviroexperiment.zcu.cz/biologie-2-stupen-zs/uzasne-rostliny-fotosynteza-v-zavislosti-na-teplote>

Z dostupných experimentů je možné vysledovat taktěž jeden zásadně pozitivní poznatek, a sice, že v případě rostoucích koncentrací CO₂, který naši společnost v budoucnu jistě nemine současně poroste i rychlost efektivy fotosyntézy, čímž by mělo být dosaženo i rychlejší spotřeby tohoto problematického skleníkového plynu. Přesnější vyjádření je zobrazeno v Graf 8. [40]



Graf 8 - Znárodnění závislosti rychlosti fotosyntézy na koncentraci CO₂ v atmosféře, zdroj: <http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Fotosynt%C3%A9za>

V současnosti se míra produkce oxidu uhličitého vlivem člověka odhaduje na více než 25 mld. tun za rok. Podle dat poskytnutých klimatickou zprávou panelu IPCC navíc dojde v rámci budoucích desetiletí až staletí ke stáletrvajícímu nárůstu jeho koncentrace v atmosféře i za předpokladu, že by došlo k okamžitému zastavení jeho vypouštění. Vzrostlý stoletý strom je přitom schopen nashromáždit ve své struktuře až několik tun CO₂. [16]



Obrázek 17 - Grafické znázornění rozdílu v akumulaci CO₂ pro různé druhy stromů, zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>

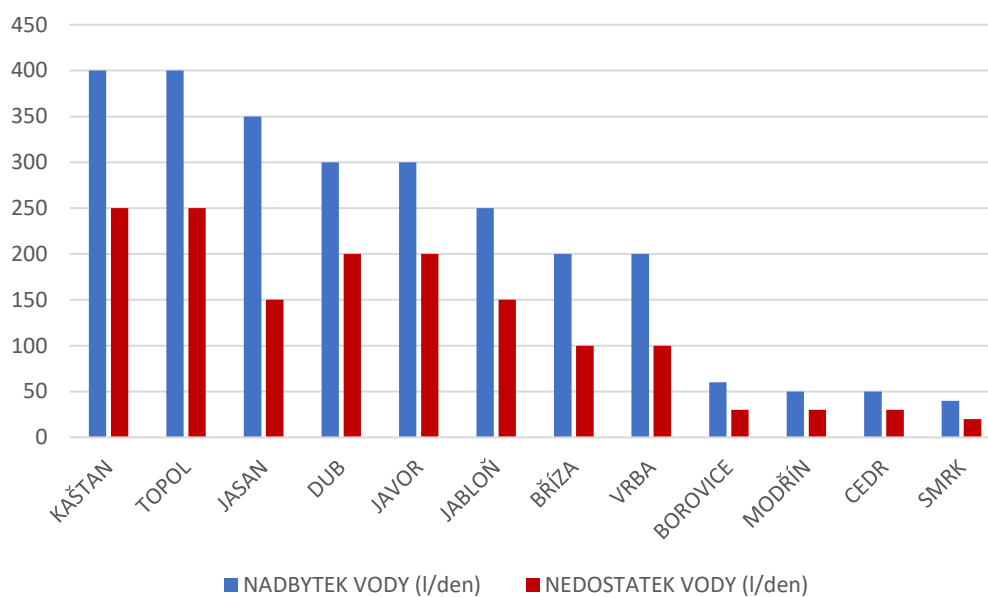
4.2.2 Ochlazovací schopnost stromů

To, že stromy disponují vyvinutou a velice efektivní ochlazovací funkcí, není vůbec žádná novinka. V rámci přehřátých urbanizovaných celků fungují jako účinná klimatizace a souběžně vytvářejí příjemné stinné podmínky, které jsou obyvateli měst hojně vyhledávány pro svůj klidný a relaxační charakter. Princip, kterým je těchto podmínek dosaženo je z vědeckého hlediska popsán jako proces evapotranspirace.

Jak už pojmenování napovídá, pojem evapotranspirace je složen z názvu dvou esenciálních procesů týkajících se schopnosti rostliny vypořádat se s nadměrnou tepelnou zátěží, a sice termínů transpirace a evaporace. V případě transpirace rostlin se jedná o již dříve zmíněné rostlinné dýchání, které představuje řízený fyziologický výpar vody a dochází k němu při vylučování vody směrem z rostliny pomocí průduchů situovaných na spodní straně listů, popř. stonků nebo dalších vegetačních částí. Evaporace poté označuje odpar vody ze samotného povrchu listů jako samostatný proces nezávislý na fyziologii rostliny. V každém případě jde v podstatě o totožný princip jako u lidského pocení, kdy je rostlina schopna regulovat svou teplotu a souběžně tak navíc ještě ochlazovat i své bezprostřední okolí. Různé zdroje udávají průměrný chladičí výkon jednoho vzrostlého stromu jako hodnotu pohybující se v rozmezí od 20 – 30 kW¹⁸. Takový výkon by byl pro představu schopen uchladiť např. menší restauraci o rozloze 200 m² nebo i tři malé rodinné domy.

¹⁸ Pochopitelně je tato hodnota závislá na množství ovlivňujících faktorů jako jsou např. druh stromu, velikost koruny, stáří stromu, aktuální zdravotní stav stromu, klimatické podmínky, lokalita, aj.

Naměřená teplota na povrchu listů může být v porovnání s okolními zastavěnými plochami o přibližně 11 – 30 °C chladnější, a navíc při výsadbě stromu v prostoru s travinami namísto solitérního usazení v holé neporostlé zemině je nízká vegetace schopna ve stínu znásobit chladicí účinek. [16] V závislosti na okolních podmínkách a vlastnostech dané rostliny (v tomto případě stromu) se na každém mm² plochy listu nachází v průměru něco mezi 50 – 300 průduchy, které jsou schopny podle disponibilních rezerv vody obsažených v rostlině účinně regulovat její teplotu. [41] Odparem vody navíc vegetace ovlivňuje místní klimatické podmínky a její rozsáhlé odstraňování může ve větším měřítku vyústit v redukci srážkových událostí a následnými obdobími sucha.



Graf 9 - Orientační grafické znázornění množství odpařitelné vody v době jejího nadbytku a nedostatku u různých typů stromů, zdroj: [38]

Pomocí promyšleného a vhodného zasazení stromů do hustě urbanizovaných celků je možné do značné míry ovlivnit i proudění vzduchu a jeho přirozenou výměnu, neboť v oblastech s výrazně vyšším podílem zeleně oproti přilehlému území s absencí zeleně (typicky se jedná o parky v rámci měst) je v zelené zóně chladicím efektem produkován studený vzduch, jenž posléze vlivem rozdílu teplot a tlaku vytlačuje teplý vzduch kumulovaný v městské zástavbě, což evokuje zmenšené měřítko tzv. „městské brízy“, viz kapitola 2.3.3 *Městská bríza*.

V případě zastínění, které především stromy ale i jiná nižší vegetace vytvářejí, se jedná o nezaměnitelný prvek vytvářející tzv. efektivní stín¹⁹, jenž je neporovnatelný s ostatními umělými alternativami. Sluneční záření dopadající na povrch listů je absorbováno nebo odraženo zpět do atmosféry, přičemž v tomto případě opět závisí na typu listů, a především na tloušťce jejich kutikuly²⁰, včetně zastoupení a případné podobě chloupků nacházejících se při povrchu listů, které jsou schopny do značné míry zpomalit proudění vzduchu a následný výdej vody rostlinou. Mezi další benefity tohoto přírodního zastíňovacího prvku se řadí mimo jiné také aktivní zachytávání pro člověka škodlivého UV záření. [16]

Jedním z důležitých parametrů vyjadřujícího celkovou plochu koruny jednoho stromu nebo jejich uskupení, ze kterého se dá posléze přibližně odvodit jejich ochlazovací schopnost je tzv. hodnota LAI (Leaf area index). Ta určuje poměr listové plochy k jednotkové ploše půdy vyskytující se pod ní:

$$LAI = \frac{S_{leaf}}{S_{ground}}$$

LAI index listové plochy [–]

S_{leaf} plocha listů [m²]

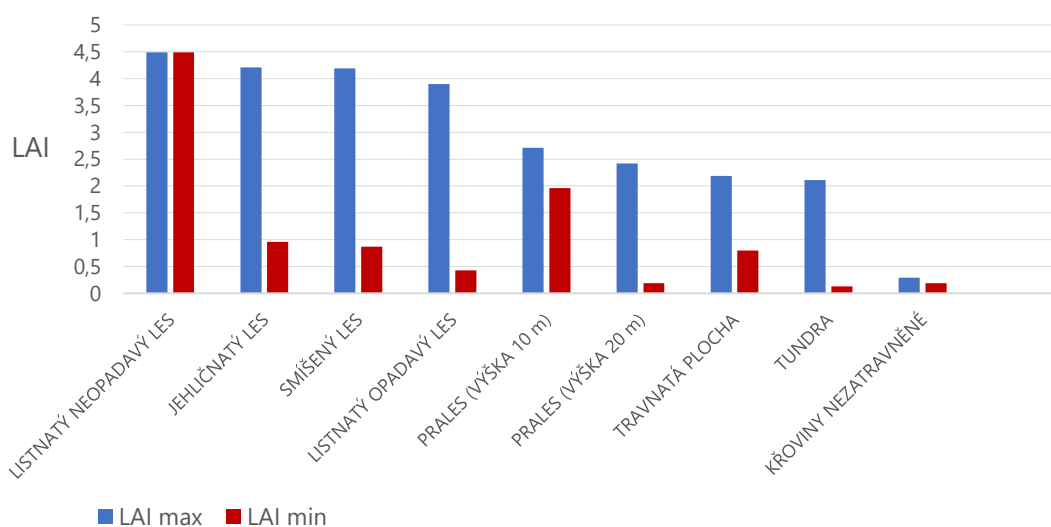
S_{ground} plocha země [m²]

Vzhledem k povaze a různorodosti vegetačních prvků je stanovení tohoto indexu poměrně složité, méně přesné a k jeho vyčíslení je využíváno různě komplexních strategií

¹⁹ Pojem tzv. **efektivního stínu** lze názorně vysvětlit na rozdílu v pocitovém vnímání stínu poskytnutého tmavším slunečníkem a vzrostlým stromem. V prvním případě se jedná o plochu, která v okamžiku vlastního rozpálení začne sálat tepelnou energii na jedince nacházejícího se v jeho zastíněném prostoru a v podstatě funguje jako radiátor. Člověk sice není přímo exponován slunečnímu svitu, nezanedbatelnou část jeho tepelného účinku ovšem pociťuje. Stín vzrostlého stromu oproti tomu na jedince působí příjemným chladicím účinkem, neboť v rámci zachytávání slunečních paprsků při povrchu listů dochází k mnohvrstevnatému odbourávání tepelné energie směrem do boků stromové koruny a zároveň k transpiračnímu jevu (násobný chladicí účinek). Taková skutečnost ve výsledku vede k blahodárnému typu zastínění, které naopak snižuje pocitovou teplotu svého zastíňovaného prostoru. V průběhu horkého letního dne se může dle dostupných měření jednat o snížení teploty povrchu dosahujícího při přímém vstavení slunečnímu záření 50 °C až o polovinu na hodnotu 25 °C v zastíněném prostoru, který je zprostředkován vzrostlým vegetačním prvkem.

²⁰ Jedná se o nebuněčnou vrstvu nacházející se na povrchu rostlin (zejména listů), která se vyznačuje ochrannou funkcí z hlediska obrany proti ztrátám vody vlivem vysokých teplot, nadměrného slunečního záření nebo jako defenzivní bariéra proti potenciálním škůdcům. Nabývá voskovité konsistence, a je hydrofobní.

v závislosti na přesnosti požadovaného výstupu. Získané hodnoty jsou pochopitelně ovlivněny celou řadou faktorů (např. tvar, velikost, stáří, stav stromu, místní klima i mimo jiné i tím, jestli se jedná o soliterní prvek nebo shluk vegetace) a ve výsledku je možné je využít pro stanovení míry fotosyntézy, vázání uhlíku, zachycování srážek aj. Některé zdroje hovoří o přibližném snížení povrchové teploty půdy, resp. listu za horkého letního dne až o 1 °C na každou jednotku LAI. Důležitou roli ovšem v takovém případě hraje velikost koruny stromu, která nabývá u soliterních stromů zpravidla vyšších hodnot LAI v porovnání se stromovým uskupením, uvedeným v *Graf 10*. Výsledná hodnota je každopádně silně teoretická a měla by sloužit pouze pro hrubou orientační představu. [16]



Graf 10 - Orientační grafické znázornění průměrných hodnot maximálních a minimálních hodnot LAI (leaf area index) různých typů biomů, zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Maximum-and-minimum-values-of-the-leaf-area-index-LAI-and-soil-albedo-values-for_tbl2_252207204

4.2.3 Ochrana před větrem

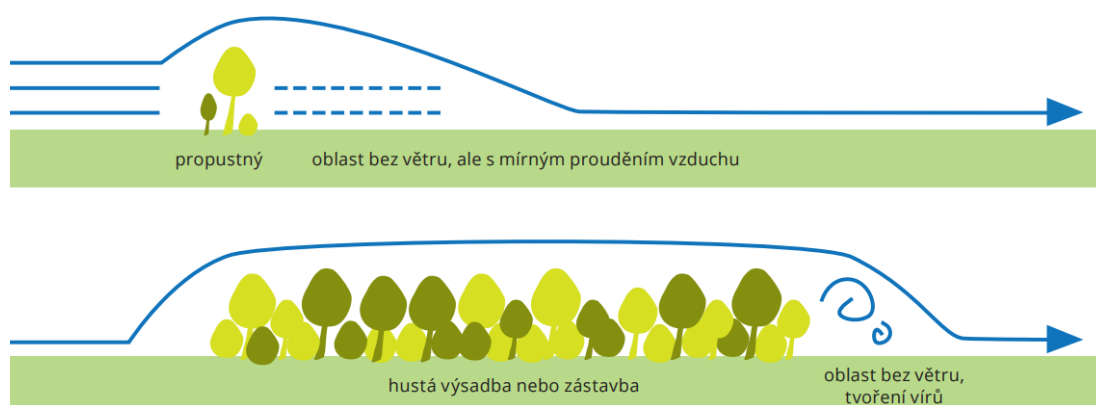
Ne až tak markantních benefitů jako v předchozích případech, avšak stále značných, mohou vegetační prvky nabývat i ve vztahu k městskému plánování, neboť jsou schopny vytvořit přirozené překážky ve formě větrných bariér a účinně tak potlačovat vliv nadměrného působení nepříznivých, atmosférických, tlakových výměn.

Vítr ve formě „městské brízy“ nebo třeba jen klasického vánku může v letních dnech nabývat příjemného a pozitivního charakteru. Naopak ve chvíli přílišné expozice území

nedisponujícího žádnými bariérami nadměrným větrným vlivům (vichřice, bouřka atd.) může v případě zemědělské krajiny docházet k erozi cenného půdního fondu a odfuku bonitního materiálu, uvnitř měst posléze zejména k nadměrnému víření a transportu atmosférických polutantů.

Obecně rozlišujeme dva základní typy větrolamů ve formě vegetačních prvků, a sice výsadbu solitérních prvků a dále jejich shluků. Jednou z jejich nejvýraznějších vzájemných odlišností je prostor, který daný typ dokáže chránit. V případě solitérního prvku vystaveného působení větru je logické, že nedojde k uchránění tak rozsáhlého území ve vztahu k šířce, na druhou stranu je ale prostor nacházející se bezprostředně za daným prvkem chráněn v délce až do 10 – 25 násobku výšky tohoto prvku. V okolnostech týkajících se shluků zeleně je situace opačná, tedy ve prospěch šířky nad délkou chráněného prostoru.

V každém případě je podle charakteru území, pokud se předpokládá jeho značné ovlivnění, nutné pečlivě zvážit dráhy a následné působení větru na okolní zástavbu, neboť případnými změnami je zpravidla ovlivněna jiná část území, která může být k podobným vlivům citlivá. Typicky se jedná např. o tzv. tryskový efekt vznikající vlivem neúměrného zúžení profilu ulic, který může vyústit ve snížení atraktivity postihnuté oblasti a vážnému narušení místní rovnováhy a spokojenosti obyvatel. [16] Ověření vyhovujícího stavu je možné provést na zmenšeném urbanistickém modelu území, podobně jako se přistupuje k výstavbě výškových budov v zahraničí, jejichž vliv v území je značný, ne-li rozhodující, přičemž výsledná tlaková síla větru má zpravidla velký vliv na statiku objektu, popř. stromu.



Obrázek 18 - Schematické znázornění rozdílu v chráněném prostoru za solitérním stromem (nahore) a shlukem stromů (dole), zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>

4.2.4 Stromy jako filtry nečistot

Posledním benefitem, který je v souvislosti s vegetací nutné zmínit je její schopnost efektivně zachytávat škodlivé látky rozptýlené ve vzduchu. Mezi nejzastoupenější druhy takového znečištění patří především sirné sloučeniny (SO_x), oxidy dusíku (NO_x), ozon (O_3) a prachové částice (PM – z angl. particulate matter). [16]

Ze sirných sloučenin je bezesporu nutné zmínit oxid siřičitý (SO_2), jehož zvýšené koncentrace v atmosféře nachází svůj původ převážně ve spalování fosilních paliv a jeho reakce s dalšími látkami jsou zodpovědné za vznik tzv. kyselých dešťů. Oxidy dusíku (NO_x) pocházejí převážně z dopravního odvětví a spalovacích procesů. V případě ozonu (O_3) je poté řeč o silně reaktivním toxickém plynu (oxidační činidlo) poškozujícím pletiva rostlin a při vdechnutí také plíce organismů, který navíc v atmosféře působí i jako plyn skleníkový.

Poslední zmiňovanou a nejvýznamnější skupinou jsou prachové částice, které mohou svým charakterem nabývat organické formy (pyl, bakterie, spory, popílek, saze z dieselových motorů, rostlinná vlákna, těkavé organické látky apod.) nebo anorganické formy (písek, jílové částice, mořská sůl, cement, azbest, kovy a další). Zdrojem takového znečištění mohou být mimo výše zmíněných z velké části také výstavbové procesy, průmysl, doprava, zemědělství aj. Z hlediska jejich působení na organismus je možné rozlišit několik jejich typů v závislosti na toxicitě. Rozměrově větší částice ($\geq 2,5 \mu\text{m}$) zpravidla napadají dýchací cesty a menší (cca $0,1 \mu\text{m}$) jsou schopny postihnout přes plicní sklípky i krevní oběh a způsobit tak o poznání závažnější onemocnění. Vlivem nadměrných teplot a značného pohybu dopravních prostředků v urbanizovaných územích je šíření i produkce těchto polutantů umocněna a riziko tím logicky stoupá. [16]

Vegetace je i v tomto případě schopna problematiku týkající se atmosférického znečištění aktivně řešit, ovšem pouze v omezené míře. Listy, větve a kmeny stromů mohou v závislosti na svém počtu, struktuře, ploše, tvaru, členitosti, povrchu, ochlupení apod. účinně zachytávat nečistoty rozptýlené ve vzduchu. Opět se v tomto případě potvrzuje pravidlo, kdy nabývá letitý vzrostlý strom nejcennějšího charakteru, neboť je ve vztahu k zachytávání nečistot nejefektivnější, protože disponuje zpravidla největším objemem koruny, a tudíž největší plochou listů.



Obrázek 19 - Filtrační účinek atmosférického znečištění vzrostlého stromu javoru mléče v číslech, zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>

Správný návrh vegetačních prvků pro efektivní zachytávání atmosférických nečistot je velice složitý. Obecně platí, že odolnější a účinnější jsou v lapání nečistot listnaté stromy, jejich listí ovšem ve většině případů v zimních měsících opadává, tudíž je využíváno i méně výhodných jehličnanů se sníženou odolností. Mezi některé vysazované zástupce jsou řazeny např. jasan, jeřáb, borovice nebo cypřiš. Nejedná se však pouze o stromy, protože je v tomto případě důležitá i funkce travnatých ploch. Stejně jako v případě koloběhu půdních a vodních polutantů je i zde třeba brát ohled na cyklus atmosférického znečištění a na místo jeho finální fixace. Pokud by došlo v rámci srážkové události ke splachu tohoto znečištění na povrchy okolního urbanizovaného území, po jejich vyschnutí by byly znečišťující složky uvolněny zpět do ovzduší a celý proces by tak v delším časovém horizontu postrádal smysl. Je tedy důležité opatřit tyto lapače znečištění podpurnými travnatými plochami, které jsou schopny nečistoty stabilizovat v půdě a výrazně omezit jejich následné šíření. Každá frekventovanější komunikace nebo průmyslový areál uvnitř obydlených území by tak měl logicky disponovat zeleným dobře provětratelným stromořadím pro zlepšení životní úrovně uvnitř měst a redukci problémů obyvatelstva v rámci dýchacích obtíží. [16], [42] Odhadem je míra každoročního odběru prachu a plynů z atmosféry stanovena pro jediný hektar stromové plochy přibližně na 32 tun. [36]

ŠKODLIVÁ LÁTKA	OZNAČENÍ	ZNAKY TYPU ÚČINNÉHO LISTU
Ozon, oxidy dusíku	O ₃ , NO _x	Ploché široké listy listnatých stromů
Těkavé organické sloučeniny	VOC	Vrstva vosku na listu, především jehličnaté stromy
Prachové částice	PM	Ostré tvary (jehličnany), drsné lepkavé listy s chloupky

Tabulka 2 - Vhodnost různých typů listů na efektivní zachytávání různých typů atmosférických polutantů, zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>

Další užitečné informace v rámci implementace stromů a jejich vlivu na aktivní odbourávání atmosférického znečištění je možné nelézt v „*Metodice pro realizaci výsadeb dřevin pohlcujících prachové částice podél silničních komunikací i u tzv. plošných zdrojů prašnosti*“ poskytnuté na stránkách Ministerstva životního prostředí. [43]

4.3 Možnosti využití přebytků tepla v průběhu letních měsíců

4.3.1 Solární fototermický kolektor

Solární kolektor je zařízení pracující na nepříliš složitém principu pohlcování slunečního záření, z něž extrahuje tepelnou energii, kterou posléze pomocí teplotnosné látky (voda, nemrznoucí směs²¹, popř. vzduch) využívá k ohřevu teplé vody nebo k vytápění.

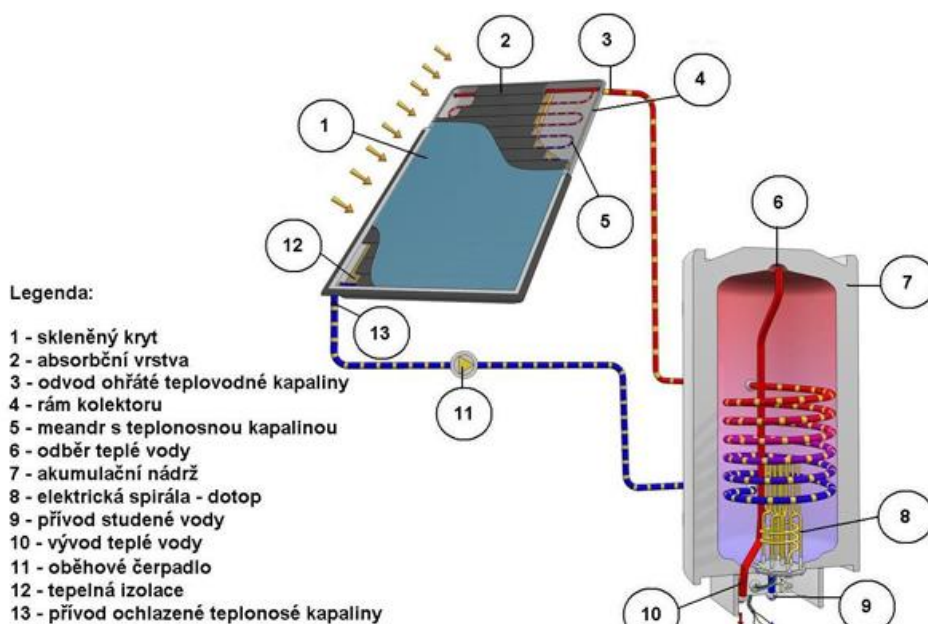
Jeho konstrukce se v nejrozšířenějším domácím typu, kterým je plochý atmosférický selektivní kolektor, skládá z dobře izolovaného obalu, absorbéru a krycího skla. Primitivnější formy pracují většinou s deskovým provedením a chybějícím či méně efektivním krycím sklem a jsou díky velkým tepelným ztrátám vyžity zejména sezónně na ohřev bazénové vody nebo předehřev teplé vody. Absorbéry některých sofistikovanějších deskových a dále taktéž trubicových a vakuových kolektorů jsou vybaveny povrchem se selektivní vrstvou, která je schopna pohltit až 96 % slunečního záření a výrazně tak zvýšit efektivitu prvku. Dobrá izolační schopnost spolu s prosklením zabraňujícím únikům tepla následně zapříčiňují vznik skleníkového efektu uvnitř kolektoru, čímž účinnost dále roste. Při technicky náročnější úpravě jsou přitom některé speciální typy schopny zachytit i difuzní (rozptýlené) solární záření, což zejména v rámci podnebných poměrů České republiky dává možnost jejich celoročnímu využití za snížených tepelných zisků. [44], [45], [46]

Vzhledem k proměnné pozici slunce na obloze v průběhu roku je pro instalaci výhodný sklon 35 – 45° jižní, jihovýchodní až jihozápadní světové strany. Konkrétní výsledné usazení je posléze voleno s ohledem na odběrové špičky, jež by měla produkce co možná nejvěrněji kopírovat, aby bylo dosaženo minimalizace tepelných ztrát (tzn. pro obytné budovy platí

²¹ Tyto směsi jsou většinou na bázi glykolu nebo propylenglykolu, přičemž k výměně kapaliny by mělo dojít zpravidla každých 5 až 6 let, aby nedocházelo ke snížení efektivity oběhového systému nebo jeho případné degradaci. [79]

odběrová špička v pozdním odpoledni, kdy je předpokládán návrat osob ze zaměstnaní a jejich pobyt v domácím prostředí, u administrativních budov by byla odběrová špička stanovena na ranní až odpolední hodiny). [44], [45], [46]

V případě intenzivního a nadměrného vystavení slunečnímu svitu spolu s nedostatečným odběrem tepla ze zásobníku je nutné dbát zvýšené opatrnosti, neboť může dojít k tzv. stagnaci solárního kolektoru. Tepelná energie, která nemá žádnou možnost úniku je pak v podstatě uvězněna v oběhové soustavě, cirkulace je zastavena a zdejší teplota nebezpečně stoupá, což může vyústit až k porouchání nebo úplné zničení systému. [44], [45], [46]



Obrázek 20 - Grafické znázornění principu funkce solárního fototermického kolektoru, zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody>

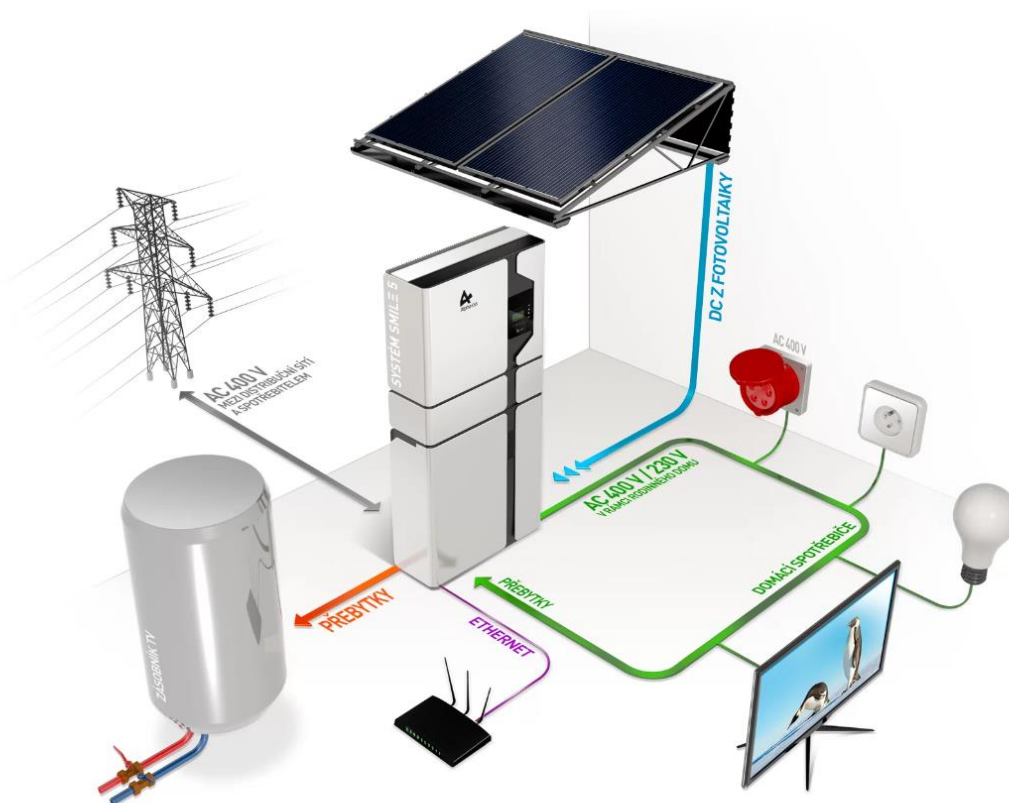
4.3.2 Solární fotovoltaický kolektor

Narozdíl od předešlých solárních panelů pracují solární fotovoltaické kolektory na principu pohlcování sluneční energie za účelem následné generace elektřiny. Celý systém je přitom téměř automatický, nevyžaduje žádnou obsluhu a pracuje s minimálními požadavky na údržbu. Navíc se jedná o ekologický a obnovitelný zdroj energie, dostupný v závislosti na podnebných podmínkách všem obyvatelům daného území zcela zdarma.

Fotovoltaické panely (popř. pole v souvislosti panelových seskupení) tvořené z několika elementárních fotovoltaických článků zpravidla disponují ve svém provedení díky

nesoučasnosti odběru energie z domácí sítě určitým úložištěm, nejčastěji v podobě baterie, která je schopna nadbytky energie akumulovat pro pozdější využití. Nerovnoměrnost odběru je přitom v praxi v rámci samotného návrhu řešena obdobně jako v případě solárních termický kolektorů, kdy je instalace jímavých ploch orientována k nejvýhodnějším světovým stranám podle předpokládaného poptávkového diagramu. Z hlediska typu fotovoltaických systémů je poté možné rozlišit primitivní systémy, využitelné v nejjednodušších zařízeních s minimálními obslužnými požadavky, autonomní systémy vybavené akumulátorem s možností ukládání záložní energie a typ systému připojeného k síti, jenž funguje v závislosti na přízních okolích oboustranně (je schopen v případě přebytků dodávat elektrickou energii do sítě a zároveň ji v době jejího nedostatku ze sítě čerpat) a je typický pro klasické obytné objekty. [47]

Některými nedostatky těchto jinak velice výhodných systémů jsou například nízká průměrná roční intenzita slunečního záření na našem území, potřeba velkých aktivních ploch a v neposlední řadě nutnost zřízení primárního zdroje energie, kterému fotovoltaika pouze ulevuje od množství aktuálního potřebného výkonu. Dalším diskutabilním faktorem je bezpochyby životnost samotných panelů, která se pohybuje okolo 20 - 25 lety (návratnost pak okolo 10 let), což při vyšších pořizovacích nákladech může pochopitelně odradit řadu potenciálních kupců. Řešením tohoto problému by však mohla být současná světová situace a probíhající válka na Ukrajině, což již výrazně povzbudilo velké procento běžných evropských obyvatel hledat alternativní, levné, a hlavně nezávislé zdroje energie, zvýšit tímto způsobem jejich poptávku, se kterou by se měla logicky ve výsledku postupem času snížit i pořizovací cena. [47]



Obrázek 21 - Schematické znázornění funkce fotovoltaického kolektoru, zdroj: <https://bytoverekonstrukce.cz/zajem-o-fotovoltaiku-stale-rose-duvodem-je-vysoka-cena-elektriny-i-klimaticke-cile/>

4.3.3 Trombeho stěna (francouzská sluneční stěna)

Edwardem Morsem vinutý a Felixem Trombem následně proslavený koncept tzv. Trombeho stěny se do dnešní podoby využití rozšířil z jižní Francie. Ve své podstatě jde o velice jednoduchý a téměř automatický princip, jenž je schopen ušetřit značné náklady na vytápění. V případě lokality slunných francouzských břehů, odkud se tento fenomén rozšířil, mohou úspory běžně dosahovat až poloviny spotřeby nákladů na palivo potřebných k vytápění. [48] V našich podnebných podmínkách by úspory byly díky menšímu potenciálu solárních zisků pochopitelně nižší, avšak stále značné.

Její konstrukce vychází z instalace stěny (absorbéru) z materiálu²² o vysoké schopnosti tepelné akumulace s jižní orientací, která je vybavena matným černým nátěrem. Tato stěna

²² Typicky nejlepší volbou je v tomto případě pálená cihla, vápenopísková cihla nebo beton.

je kryta prosklenou plochou²³ vytvářející v jejich vzájemném odstupu vzduchovou mezeru, která může svou podobou připomínat skleník, k jehož efektu mimo jiné v principu také dochází. Posledním prvkem je osazení stěny otevíratelnými klapkami, nejlépe automatickými, jež mají za úkol dle teplotních okolností buď podpořit nebo zamezit cirkulaci vnitřního vzduchu.

V průběhu zimních měsíců, kdy jsou solární zisky žádoucí a slunce se příhodně nachází v nižší poloze nad horizontem, je tepelná energie ze slunečních paprsků přibližně z poloviny zachytávána černým povrchem stěny a akumulována v její mase a zbytek jejího tepelného potenciálu ohřívá vzduch nacházející se ve vzduchové mezeře. Ten posléze vlivem rozdílných teplot a tlaků stoupá a otevřenou přívodní klapkou vstupuje do místnosti situované za Trombeho stěnou, kde svou tepelnou energii odevzdává vnitřnímu prostředí. Vlivem ochlazení následně klesá a otevřenou odvodní klapkou proudí zpět do vzduchové mezery. Poté se celý cyklus opakuje do té doby, dokud je stěna stále schopna akumulovat teplo, tj. při solárním ozáření. V nočních hodinách nebo při absenci slunečního svitu, kdy stěna již ve své hmotě nemůže shromažďovat tepelnou sluneční energii, dochází vlivem teplotní setrvačnosti k jejímu pozvolnému uvolňování a přitápění vnitřního prostředí. Tímto způsobem dovede konstrukce stěny v závislosti na použitém materiálu po dlouhou dobu snižovat potřebu tepla na vytápění a pomoci tak vytvářet požadované vnitřní klima. [48]

V letních měsících může Trombeho stěna využít výhodné pozice slunce nacházejícího se vysoko nad horizontem a efektivním návrhem budovy tak velice účinně mírnit solární zisky střešní nebo jinou předsazenou konstrukcí. Druhou možností, např. při absenci podobné konstrukce, je její schopnost vyhřívat vzduch v dutině, který následně, při otevření odvodní klapky v rámci skleněné stěny, svou nadměrnou teplotou vysává vzduch interiérový, jenž je nahrazován vzduchem čerstvým a výrazně studenějším, přiváděným z klapky situované příhodně v severní fasádě nebo ve sklepě.

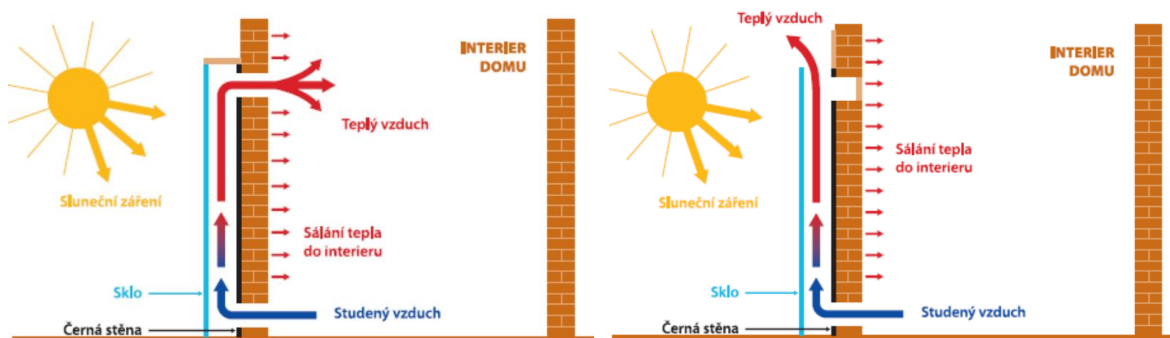
Nejvýhodnější uplatnění nachází Trombeho stěna v průběhu jara a podzimu, kdy její efektivita nabývá zpravidla maxima. Mimo jiné její princip však napomáhá také klimatizaci, neboť severní neosluněná fasáda, kde je situována přívodní klapka dodává do místnosti

²³ V případě instalace Trombeho stěny je nutné použít izolační dvojskla se součinitelem prostupu tepla přibližně $U = 1,2$ ($W/m^2.K$), přičemž taková hodnota odpovídá běžným oknům, doporučených normou (platné pro rok 2023). [48]

čerstvý vzduch²⁴. Další formou úspory je i alternativa, kdy v případě instalace černě natřených trubek pro dodávku teplé vody mezi stěnu a sklo dochází k jejímu podpůrnému předehřevu a následnému dohřevu na požadované hodnoty v základním zařízení, což taktéž do značné míry limituje plýtvání výdaji na energie. Její pořizovací náklady jsou zpravidla až řádově nižší v porovnání s ostatními eventualitami fungujícími na podobném principu, a navíc je možné jejich instalaci zvládnout svépomocí bez nutnosti osazení dalšími podpůrnými systémy navyšujícími cenu.

Příhodné je především její využití v rámci rekreačních objektů, u kterých může výrazně zvýšit trvanlivost stavby, neboť v průběhu zimy zajišťuje stálejší vnitřní podmínky, přičemž teplota interiéru ve většině případů neklesá pod nulu a tím je zabráněno promrzání. Zajímavé je i zvážení možnosti její instalace na střechy objektů, což by mohlo vést ke zvýšení účinnosti solárních kolektorů nebo klimatizačních systémů.

Mezi nevýhody je řazena zejména nemožnost využití jižní fasády, která je z hlediska solárního ozáření nejatraktivnější, s čímž je do značné míry spojena také celková podoba objektu a její architektonické hledisko. K návrhu je nutné přistupovat s velkou mírou citu, aby nedošlo k vytvoření sice značně efektivní, ale velice nevzhledné budovy. Dále Trombeho stěna není kupříkladu schopna zadržet naakumulované teplo v delším časovém horizontu a disponuje nižší účinností např. v porovnání s fotovoltaickými systémy.



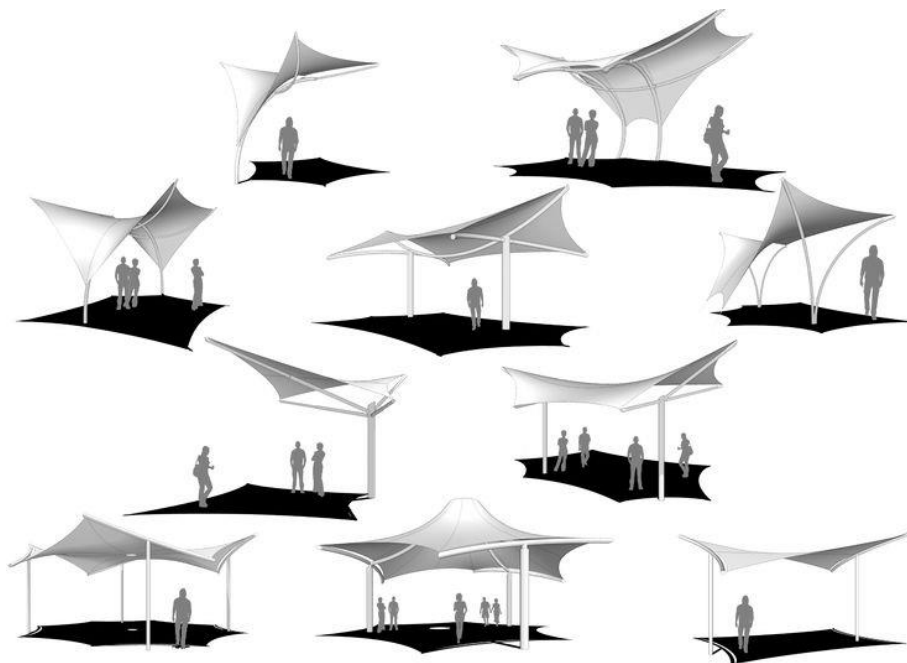
Obrázek 22 - Grafické znázornění principu Trombeho stěny, podzim – jaro (nalevo), léto (napravo), zdroj: <https://adoc.pub/uvod-historie-princip-trombeho-stny-funkce-trombeho-stny-v-o.html>

²⁴ Pochopitelně je uvnitř velice znečištěných měst nutné použít v nejlepším případě předčističující filtr nebo jiný princip purifikující přivodní vzduch.

4.4 Pasivní možnosti řešení

4.4.1 Stínění

V případě použitelných druhů stínících prvků na území měst rozlišujeme typy velice primitivního rázu ale i komplexnějšího charakteru fungující na principu vnitřní nebo vnější možnosti instalace. V případě budov je nejjednodušším řešením osazení oken, skrz která mimochodem dochází k největšímu podílu přenosu tepla, vnitřními či vnějšími žaluziemi. Náročnější formou řešení může být instalace automatického systému stahovacích rolet, markýz nebo předsazených stínících elementů. V rámci veřejných prostranství se pak mohou objevovat pergoly, membránové zastíňovací prvky, vegetací porostlé montované sestavy a samozřejmě nejcennější stín vznikající instalací stromů.



Obrázek 23 - Schematická podoba membránové konstrukce, zdroj:
<http://www.maihienhoanggia.com/tintuc/content/Mai-Che-Resort-405>

Zajímavým konceptem by byl případ vytvoření prostorové konstrukce s implementací popínavých zelených prvků, která by v rámci změny ročních období měnila svůj vzhled a tím i svou funkci. Odlišností její účelnosti v rámci roku by spočívala ve výběru takového druhu zeleně, který by v průběhu letních měsíců aktivně stínil slunečnímu svitu a současně by díky fotosyntéze zprostředkoval evapotranspirační proces, který by snižoval teplotu okolí. V zimě

by naopak listí vegetace samovolně opadlo a v tomto případě žádané sluneční paprsky by se do ulic opět navrátily. Skvělým adeptem by mohl být např. Břečťan popínavý (*Hedera helix*), který disponuje velkou plochou kožovitých listů, ze kterých je voda odpařována, v porovnání s jinými zástupci o poznání pomaleji. Jeho nasazení v rámci měst by mělo taktéž za následek snížení prašnosti, limitaci pohybu alergenů v atmosféře a zvýšení vlhkostních poměrů²⁵. [49] Navíc v rámci města nabývá jeho podoba s měnicími se klimatickými podmínky jednotlivých ročních období velice atraktivního rozměru.

Ideálním případem takového použití by byla místa s problémovým umístěním klasického vzrostlé vegetace ať už z hlediska nedostatečného prostoru, přítomnosti podzemních vedení nebo jiných byrokratických aspektů. Z hlediska nevýhod použití takového prvku by pak byla nutnost údržby a úklidu listů po spadu.



Obrázek 24 - Instalace popínavých rostlin v rámci urbanizovaných území, zdroj: <https://www.lamag.com/driver/downtown-getting-park-middle-hope-street/>

V budoucnu by se nacházel s rostoucí intenzitou rozšiřujícího se trendu ohledně elektromobilů potenciál ve využití stínících konstrukcí s implementací fotovoltaických panelů namísto střešní krytiny. V průběhu slunných letních měsíců by tak docházelo

²⁵ Břečťan bývá často neprávem spojován s negativními aspekty v případě použití v těsném kontaktu s fasádou domů, kde může vlivem zahušťování vzduchu a velkým potenciálem krytí docházet k vlhkostním problémům jako je např. růst plísní. Je tedy nutné zajistit správné zacházení v rámci jeho výsadby.

ke stínicímu efektu společně s produkcí elektřiny, která by se následně využila pro nabíjení aut přívětivou formou in-situ, a jejíž generování by souběžně vedlo ke snížení tepelné zátěže okolí.



Obrázek 25 - Koncept chytrého nabíjení elektromobilů formou in-situ, zdroj: <http://88designbox.com/architecture/ultra-fast-charging-stations-for-vehicles-designed-by-cobe-3409.html>

4.4.2 Noční větrání

Princip nočního větrání funguje na již předem zmíněné schopnosti materiálu akumulovat teplo ve své hmotě v kapitole 2.3.2. *Akumulační schopnost materiálů*. Hmota s potenciálem pojmát velké množství tepelné energie, jež je v letních měsících v průběhu dne zahřívána, většinou, v závislosti na daných okolnostech, dosahuje své maximální kapacity v pozdním odpoledni. Od té chvíle po dlouhou dobu a efektně zásobuje okolní prostor nashromážděnou tepelnou energií. Takový jev je pojmenován termínem tzv. „tepelné setrvačnosti“, který popisuje pozvolné uvolnění tepla nastřádaného v materiálu směrem do okolního prostředí o nižší teplotě. Tepelná setrvačnost může podle kontextu nabývat pozitivního ale i negativního charakteru podle toho, jestli je akumulované teplo žádané či nikoliv. V zimě jsou tyto zisky zpravidla nižší, avšak žádoucí, v létě naopak velmi vysoké a často neúnosné.

Noční větrání funguje na opačném principu než dříve zmíněná Trombeho stěna a v podstatě jednoduchým způsobem využívá efektu, kdy jsou přes noc zpřístupněny vnitřní prostory chladnějšímu venkovnímu vzduchu za účelem intenzivního provětrávání a zbavení se nadměrných tepelných zisků z předchozího dne a zároveň předpřípravení vnitřních podmínek pro den následující. Pro správnou funkci je nutných několik předpokladů, jako

správná teplota nočního venkovního větracího vzduchu (max. 15 °C)²⁶, dostatečná akumulární kapacita výstavbového materiálu a samozřejmě efektivní přístupnost všech částí dané budovy větracímu vzduchu. V průběhu dne je tady budova rozpálena vlivem slunečního záření, ale v závislosti na typu použitého materiálu ještě nedochází tak silnou měrou k výraznému ovlivnění tepelné pohody interiéru, neboť je teplo ukládáno v mase konstrukcí. Po vyčerpání jejich kapacity zpravidla v pozdním odpoledni, kdy slunce zapadá je posléze budova pasivně (samovolně) či aktivně (pomocí ventilátorů) chlazena a nashromážděné teplo je odváděno pomocí cirkulace vzduchu ven z objektu. Tímto způsobem vyčerpává svůj tepelný potenciál a cyklus se s východem slunce opakuje.

Výhodná je především možnost využití nočního větrání pro rozsáhlé administrativní budovy, u kterých je předpokládáno, že již v pozdním odpoledni nebudou obsazené pracovníky, tudíž teploty v interiéru nabývají svého maxima příhodně právě v době, kdy je objekt prázdný. Při využití nuceného nočního větrání pomocí ventilátorů je žádoucí v předstihu přesně stanovit jejich potřebu pro odběr elektrické energie, která by v některých případech mohla paradoxně nabývat větších hodnot než potřeba na chlazení, popř. dochlazení budovy. [50]

4.4.3 Barva fasády, střechy a povrchu vozovky

Otázka barvy povrchů byla již nastíněna v kapitole 2.6 *Tepelné ostrovy nejen jako letní komplikace*, kdy byly vyzdviženy vlastnosti bílé barvy v podobě jejího nižšího tepelně-akumulačního potenciálu v porovnání s ostatními barevnými odstíny a její schopnosti ochlazovat okolní prostředí odrazem celého spektra dopadajícího světla.

Situace popisující tuto skutečnost v případě sněhových ploch je poněkud zkreslená a velmi dobře znázorňuje, jak vyvinutým a sofistikovaným způsobem fungují přírodní zákony a jaký nepředstavitelný cit pro rovnováhu ve své podstatě skrývají. V rámci správné funkce výše zmíněného principu je důležitá nejen dopadající složka slunečního záření, ale i její úhel dopadu, resp. odrazu a následně složka odražená. To, že je barva povrchu schopna část záření a tím i část tepelné energie na ni vyzařované odrazit, znamená, že jiný povrch o jiných, v tomto případě méně příznivých barevných vlastnostech, je schopen tento podíl záření

²⁶ V případě klimatických podmínek ČR hovoříme o ideálním shodě s doporučenými hodnotami.

z odražené složky naopak pohltit společně s její tepelnou energií. Dvojího násobného²⁷ charakteru ohřátí tato okolnost nabývá ve chvíli, kdy je tentýž povrch kromě odražené složky vystaven taktéž přímému slunečnímu svitu, což v případě extrémních teplot vede k enormnímu zahřátí.

Kupříkladu sníh v přírodním prostředí disponuje stejným odstínem ve všech rovinách své plochy a vytváří při své dostatečné tloušťce souvislou bílou pokrývku, kvůli čemuž je jeho ochlazovací efekt účinný, neboť nedochází ke vstřebání energie ani v případě odražené složky (stále se jedná o dopad na čistě bílý povrch a tepelná energie získaná ze slunce je nakonec odražena zpět do vesmíru).

V souvislosti s městskou zástavbou je situace o poznání komplexnější. Je takřka nepředstavitelné uvažovat o alternativě obarvení veškerých povrchů v rámci města na čistě bílý odstín, neboť by nepochybně docházelo k řadě komplikací a finální podoba by logicky nevyústila v udržitelný celek. V případě některých povrchů jako jsou skleněné plochy je to úplně vyloučené (pravděpodobně by totiž docházelo k extrémnímu přehřívání vnitřních prostorů díky nadměrným solárním ziskům skrz prosklení). Častý by byl i výskyt oslnění, což by vyústilo v souvislosti s rychlostní dopravou bez diskuse ve fatální následky, a navíc by tak jako tak postupem času docházelo vlivem nečistot obsažených v atmosféře k degradaci povrchů a jejímu pozvolnému černání.

Při volbě odstínu povrchů je tedy nutná zvýšená ostražitost, neboť opět z velké části záleží na okolnostech jeho aplikace a zejména na tom, kam je v daných klimatických podmínkách odražená složka záření v průběhu dne vyzařována. Barevné provedení vozovek v hustěji urbanizovaných územích zpravidla nehraje velkou roli, neboť dochází buď k rozpálení samotného silničního povrchu nebo k oteplování povrchů fasád domů, je tedy na individuálním zvážení, co je pro danou situaci příhodnější. Tento efekt byl potvrzen a podrobněji zkoumán v rámci experimentu „Cool Pavement Pilot Program“ ve Phoenixu, Arizoně, kdy byla rozsáhlá uliční síť natřena bílou barvou za účelem zjištění, zda tato modifikace povede k ochlazení okolního prostředí. Paradoxním zjištěním byl ale fakt, že

²⁷ O takový případ by šlo v situaci expozice povrchu přímému slunečnímu svitu v součtu s více odraženými složkami světla (takový efekt si lze představit jako vystavení několika zdrojům slunečního svitu).

reflektovaná složka záření měla namísto toho negativní vliv na tepelnou pohodu místního obyvatelstva, neboť zvýšila podíl tepelné energie dopadající na povrch jejich těl. [51]



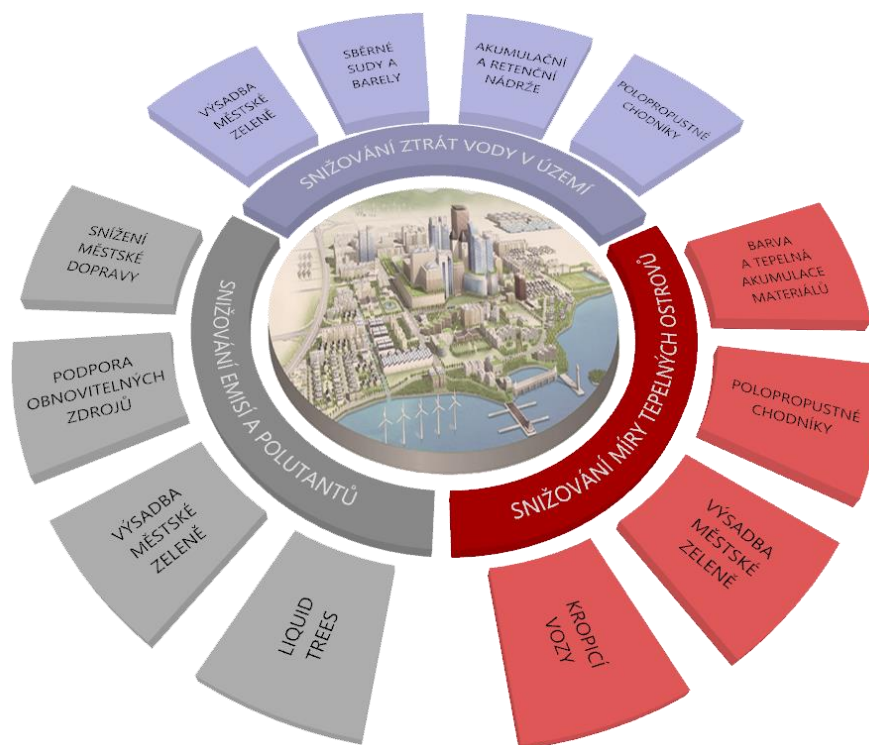
Obrázek 26 - Princip snahy o snížení teploty povrchu v rámci strategie "Cool Pavement Pilot Program", zdroj: https://www.phoenix.gov/streetsite/Documents/Phoenix%20Cool%20Pavement%20Exec%20Summary_09142013.pdf

Částečným, avšak nezpochybnitelným benefitem by mohla být ovšem situace, kdy by byly natřeny na bílo pouze povrchy finální střešní vrstvy. V jejich případě by většinou došlo k vyzáření sluneční energie zpět do vesmíru, což by tudíž nepřispívalo k oteplování okolních povrchů odraženou složkou světla. V porovnání se intenzivní zelenou vegetační střechou by efekt nabýval menší účinnosti, ale na druhou stranu by nevyžadoval závlahu. Implementace by navíc byla mimo jiné taktéž oproti střechám vegetačním možná i na místech, kde je použití zelených střech neuskutečnitelné (rekonstrukce, historická zástavba vyjma památkově chráněných objektů nebo haly s nadměrnými rozpony, které nedovolují další přitížení střešní konstrukce atd.²⁸).

²⁸ Pozornost by si zasloužila i zmínka, kdy by bílý povrch v případě hydroizolačních fólií při správném a kvalitním provedení chránil její funkčnost a přispíval k její delší trvanlivosti.

4.5 Aktivní možnosti řešení

V rámci naší planety je většina případů různých obtíží komplexními jevy, které jsou ovlivněny řadou dalších faktorů a v případě snahy o snižování míry tepelných ostrovů, redukci úbytků vody v území a pokles množství emisí a polutantů v prostředí kolem nás, to platí dvojnásob. Tyto tři hlavní pilíře, které v současnosti z velké míry sužují novodobou společnost jsou úzce provázány a v momentě, kdy je jedna z nich zanedbána nebo opomenuta, nemůže být vliv ostatních nikdy účinně odstraněn. Při uvážení aktivních možností řešení těchto problémů se nabízí široká škála více či méně efektivních eventualit, které mají v souvislosti s předchozím postřehem tu výhodu, že často minimalizují dva nebo rovnou všechny tři ze zmíněných problematik. Výčet těch nejdůležitějších a nejefektivnějších z nich společně s některými inovacemi je znázorněn na *Obrázek 27*.



Obrázek 27 - Schematické znázornění některých základních aktivních možností řešení problematiky tepelných ostrovů, hospodaření s dešťovou vodou a emisního znečištění

4.5.1 Sběrné sudy a barely

V průběhu roku rozlišujeme období, kdy jsou zásoby vody v půdě vyšší (typicky zimní měsíce) a také dobu, kdy v rámci okolních podmínek pocítujeme výraznější i kritický nedostatek vody (typicky horké letní měsíce). To je dáno mnoha faktory, z nichž jeden

z nejvýraznějších představuje vysoká teplota okolního vzduchu, která je schopna pojmout značné množství vodní páry a dochází tak k výraznému úbytku vody vypařováním.

V průběhu letních měsíců jsou srážky v porovnání se zbytkem roku poměrně časté a mnohdy velice intenzivní (tzv. přívalové srážky, které bývají hlavním zdrojem vody pro veškerou flóru), nicméně i přesto se krajina mnohdy nachází v závlahovém deficitu, který je navíc umocněn zbytečným odvodem dešťové vody z rozsáhlých ploch nepropustných povrchů urbanizovaných lokalit. V krajních případech může být obcí vydán i zákaz používání pitné vody v případech jiných než určených pro konzumaci, osobní hygienu a pro zbylé esenciální potřeby. V rámci hospodaření s dešťovou vodou, jejíž případné zachycení a následného využití je velice užitečné, neboť se jedná o vodu měkkou neobsahující téměř žádné soli, je tudíž nutná aplikace různých technologií za účelem snižování lokálního nedostatku a zlepšení kvality naší krajiny.

Nejprimitivnějším ze způsobů zachytávání dešťové vody je uskutečněno pomocí jednoduché instalace nádoby s vodou pod dešťový svod, který posléze při srážce odvádí veškerou vodu ze střechy právě do objemu této nádrže. Jde o zachytávání dešťové vody pomocí tzv. sudů, barelů nebo cisteren.

V rámci nepřízně počasí ve smyslu vodního deficitu, pak nashromážděná voda slouží jako zásoba využitelná v delším časovém horizontu, který je závislý na podmínkách jejího skladování. Ideálními podmínkami, z nichž vychází i doba možného uskladnění a případná škála možností jejího využití²⁹, jsou umístění ve stínu a výrazně se neměnicí teplota dosahující maximálních hodnot 16 °C. Samotná nádoba by pak měla disponovat alespoň dvojicí filtrů, které by ji měly chránit proti pronikání nečistot pevných částic, ptactva, zvířectva a hmyzu a v její nejspodnější části by se měl nacházet výpustný kohout. Dalším důležitým aspektem je i případ jejího přeplnění, kdy je nežádoucí, aby nastala situace vyplavení části pozemku, proto by měla být konstrukce nádrže osazena přepadem ústícím do podružné nádrže, popřípadě napojeném do pojistného vsaku³⁰ nebo disponovat automatickým přečerpávacím zařízením. Je také možné osadit dešťový svod sběračem

²⁹ Většinou se jedná o zálivku zahrady, mytí automobilu a čištění zpevněných ploch, v ojedinělých případech je po částečném dočištění vodu možné použít i pro sprchování nebo napouštění bazénu.

³⁰ Je nutné dbát zvýšené opatrnosti v případě, kdy se jedná o jílovité či skalnaté půdy, neboť za takových podmínek je použití vsaku nevhodné a může přivodit nepříjemné následky. [52]

dešťové vody, který je ve většině případů osazen filtrem předčištění hrubých částic a ve svém principu přináší řadu výhod jako např. jednoduché přepínání letního (plnění po okraj) a zimního provozu (zamezení zamrznutí vody v nádrži), snadnou údržbu apod.



Obrázek 28 - Schéma možného principu funkce sběrače dešťové vody, zdroj: https://katalog.ambra.cz/sberac-destove-vody-graf-s-filtrem-hnedy-d92409.htm?gclid=CjwKCAjwrJ-hBhB7EiwAuyBVXf_3Bsuff5Uk-J-Y2BSOIYaAEtt4RlfH6EQoG3Jt37p_NudSk5eTjRoCJE8QAvD_BwE&cook=set

Tento typ řešení s sebou oproti řadě výhod ovšem přináší zásadní nedostatek v podobě neestetického vzhledu a záboru nemalé části pozemku, neboť objem nádrže je v závislosti na obsahu plochy střechy zpravidla značný.

4.5.2 Retenční a akumulční nádrže

Nevzhledná podoba a zábor nadměrného prostoru předešlého případu cisteren, sudů a barelů může být s přiměřenými náklady vyřešen při zabudování nádrže pod zem. V takovém případě se jedná o retenční a akumulční nádrže, které by ve svém základním provedení měly disponovat v podstatě všemi parametry jako předešlá varianta, a navíc přináší výhodu, kdy je voda uskladněna v ideálním temném prostředí se stálou nižší teplotou, což výrazně prodlužuje její trvanlivost. Oproti tomu je nutné dopředu počítat s tím, že eventuální rozšíření nádrže je ekonomicky nákladné a v případě čerpání vody z nádrže je většinou

nutné použít automatický systém napojený na zdroj elektřiny. Přepad ústící do pojistného vsaku je pochopitelně samozřejmostí³¹.

V případě retenční nádrže se jedná o princip funkce, kdy je zachycená voda filtrována a posléze regulovaným odtokem vypouštěna do půdy. [52] To má do určité míry za následek zvýšenou odolnost zeminy vůči obdobím sucha, neboť se kapacita nádrže v průběhu srážky doplní a posléze nepřetržitě zásobuje své okolí vodou až do svého vyčerpání.

Akumulační nádrže oproti tomu vodu zachytávají, filtrují a následně akumulují pro její pozdější využití budovou. K tomu je zpravidla nutné osadit celý systém čerpadlem, jehož parametry jsou závislé na způsobu využití vodního objemu. Voda se standardně využívá na splachování WC v objektu, mytí automobilů nebo závlivku zahrady, přičemž je možné systém i plně automatizovat a napojit na bezúdržbový závlahový systém. V případě osazení soustavy řídicí jednotkou jsou senzory schopny indikovat vyčerpání objemu nádrže a samočinně přepnout zdroj vody pro čerpání z vodovodního řadu. [52] V současné době v České republice existuje v případě splnění obecných technických a kvalitativních kritérií dotace pro instalaci akumulční nádrže v rámci programu „Zelená úsporám“ vydaným Ministerstvem životního prostředí. [53]



Obrázek 29 - Schéma funkce akumulční nádrže, zdroj: <https://www.dek.cz/akce/detail/372-porovnani-retencnich-nadrzi-na-destovou-vodu-a-vybrane-sestavy>

³¹ V současné době se můžeme setkat i s přepadem ústícím do dešťové či v horším případě jednotné kanalizace. Takové řešení ovšem není v souvislosti se zaměřením této diplomové práce zdůrazňováno, neboť se jedná o jednu z nejhorších možností, jak při tomto způsobu zachytávání s dešťovou vodou nakládat.

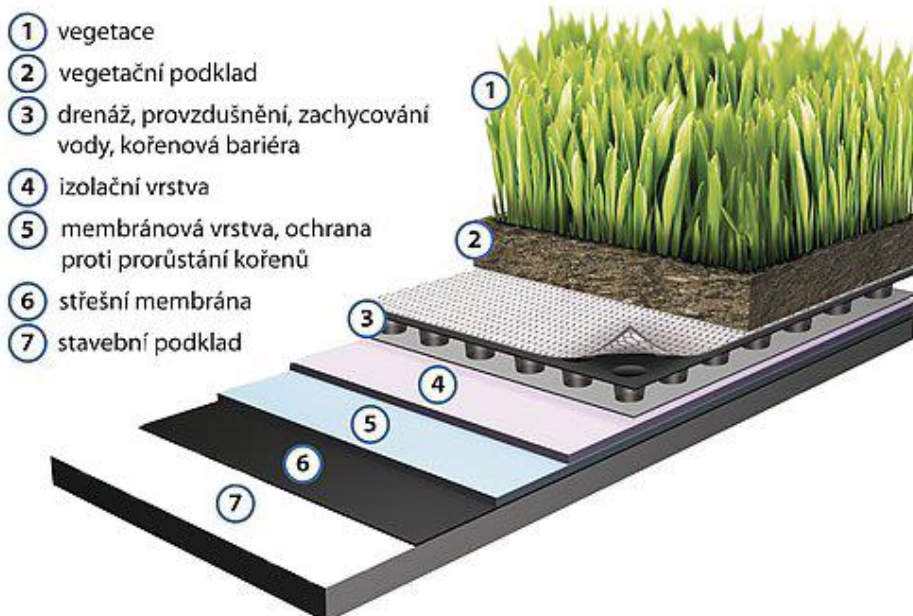
4.5.3 Výsadba prvků zelené infrastruktury

Už v případě fytořemediace jsme se přesvědčili o tom, že rostliny jsou v rámci našeho ekosystému schopné téměř zázračných procesů. Během snah týkajících se minimalizace vlivu tepelných ostrovů, zadržování vody v území a redukce množství emisí tomu není jinak. Právě díky svým schopnostem a vysoké estetické hodnotě si prorazily cestu v rámci moderního pojetí stavebnictví a široká škála jejich možných variant se stala nezbytnou a vyhledávanou součástí každého ekologického a zdařilého návrhu.

4.5.3.1 Zelené vegetační střechy

Namísto použití klasických střech s finální vrstvou ve formě keramických pálených tašek, kačírků nebo hydroizolačních fólií je možné vytvoření konečné vrstvy ve formě substrátu následně osázeného prvky zeleně. V pojetí moderní společnosti si po celém světě nacházejí své uplatnění u menších i rozsáhlých staveb a dopomáhají zlepšovat podmínky v rámci města narušeném ekosystému.

Schéma průřezu zelenou střechou



Obrázek 30 - Schéma průřezu typické podoby zelené střechy, zdroj: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/anglicky-travnicek-na-ceske-strese> -

Tento typ střech lze rozlišit mnoha různými způsoby např. podle (sklonu, typu použité zeleně atd.), z nichž patrně nejzásadnějším je s největší pravděpodobností rozdělení podle

mocnosti substrátu, který umožňuje osázet střechu vegetací extenzivní nebo intenzivní. V prvním případě se jedná o poměrně tenké tloušťky zeminy (do 15 cm), které disponují nižší retenční schopností, jsou realizovány na rozsahově menších objektech a jejich pochozí funkce nabývá výhradně údržbového charakteru. Pojem extenzivní znamená výsadbu nižších typů rostlin, zpravidla odolných vůči závlahovému deficitu, jejichž kořenový systém nedorůstá výrazných hloubkových délek jako např. většina typů *travin*, *mechů*, *sukulentů*, *rozhodníků* (*bílý*, *šestiřadý*, *španělský*, *skalní*, *květonosný*, *pochybný*), *netřesků* (*pavučinatý*, *horský*, *výběžkatý*), *česnek fialový*, *pažitka pobřežní*, *kostřava živorodá*, *šrucha velkokvětá*, *zběhovec plazivý*, *mochnička trojčetná*, *tolita lékařská*, *sasanka* a další³². [54]

Za předpokladu aplikace výraznějších tloušťek substrátu (od 30 cm a výše) výrazně roste její retenční schopnost a taktéž jsou s postupně vzrůstající mocností zeminy hranice typu potenciálně použitelných rostlin, téměř neomezené. Typicky se však z nižších zástupců vysazují *kopretina bílá*, *rmen barvířský*, *hvězdnice zlatovlásek*, *chrpa čekánek*, *kosatec podivný*, *divizna černá*, *sveřep střešní*, *kostřava (ametystová, popelavá)*, *strdivka brvitá*, z dřevin a křovin posléze dominují spíše přizemnější zástupci jako např. *jalovec polehlý*, *borovice kleč*, *malé břízky*, *vrby*, *kručinky* a mnoho dalších. [54] Tím střecha zpravidla nabývá širšího rekreačního charakteru a žádá si pečlivější obhospodařování ve formě závlahy a případného hnojení.

V rámci výčtu nevyvratitelných benefitů, které jejich použití přináší, je v souvislosti s řešením tepelných ostrovů a očisty životního prostředí bezpochyby jejich schopnost výrazně snížit náklady na chlazení budovy během období horka, což má posléze za následek pasivní redukci emisí skleníkových plynů produkovaných objektem. Účinek navíc nabývá dvojího efektu, neboť k dalšímu odbourávání emisí dochází také aktivně při procesu fotosyntézy v rámci samotných rostlin. Vrstva substrátu navíc funguje i jako dodatečná izolační vrstva a může tak snižovat vliv extrémních teplot i v průběhu zimních měsíců a v souvislosti s tím, tak efektivně dopomáhá zvýšení trvanlivosti finálních hydroizolačních vrstev, které díky ní nejsou tolik exponované slunečnímu svitu, povětrnosti a mrazu. Zeleň

³² V případě volby konkrétního typu rostliny je nutné se řídit i dalšími faktory jako jsou povětrnostní podmínky, stupeň expozice Slunci, vlhkostní poměry a další. [54]

je navíc schopna zachytávat různé typy polutantů rozptýlených v atmosféře a omezit tím jejich další šíření. [25]

V případě snahy o minimalizaci úbytků vody v území pak svou retenční schopností aktivně zadržují vodu v závislosti na mocnosti aplikovaného substrátu a použitých vegetačních prvcích, což následně redukuje objem odtoku dešťové vody. Nepřímo tím v podstatě ve snížené míře nahrazuje původní krajinu.

Vegetační střechy navíc přináší velkou výhodu i při použití v kombinaci s fotovoltaickými panely. Třebaže může být jejich instalace v tomto případě oříškem, je dle dostupných studií prokázáno, že vlivem rostlin, které snižují teplotu v okolí panelů, je schopen fotovoltaický systém, pracovat s vyšší účinností. Mezi další výhody je řazen jejich atraktivní vzhled a jimi zprostředkované příjemné, vzdušné a na pohled relaxační prostředí. Dopomáhají k navracení hmyzu a ptactva do urbanizovaných oblastí a v rámci budovy fungují i jako zvukotěsná akustická bariéra. [25]

Hlavní nevýhody vegetačních souvrství přináší jejich nevyhnutelný faktor aditivního zatížení, kterým působí na nosnou konstrukci objektu, což má za následek zvýšení pořizovacích nákladů v rámci nutnosti nárůstu profilů nosných prvků nebo použití únosnějších materiálů. Navíc může být jejich aplikace omezena v případě instalace na šikmé střechy i když v současné době je v souvislosti s jejich výrazným rozšířením a novými technologiemi uchycování substrátu tento faktor obecně řešitelný. V rámci jejich realizace je nutná zvýšená důslednost provedení, neboť případný průsak dešťové vody skrz hydroizolační vrstvy je v tomto případě velice nepříjemný, často vede k fatálním škodám na majetku a jeho oprava je komplikovaná a finančně náročná, a to především proto, že voda zpravidla zůstává vázána v konstrukci. V poslední řadě je pochopitelně nutná její častější údržba (zálivka, hnojení), její řešení je nutné provést jako pochozí (další navýšení únosnosti konstrukce) a rostliny na ní vysázené mohou produkovat značné procento sezónního pylu, dráždivého pro alergiky. [25]

Zelené vegetační střechy nejsou v rámci naší společnosti žádnou novinkou³³ i přesto však na území našeho státu jejich nezpochybnitelné výhody ekologického charakteru ve spoustě

³³ Ve skutečnosti jde o jeden z nejstarších typů zastřešení používaný např. už ve starověkém Římě nebo v oblastech s omezenou půdní rozlohou, typicky horských oblastí, za účelem pěstování různých plodin.

případů nedokážou převážit pomyslné vahadlo, které je na druhé straně obtěžkáno zpravidla vyššími pořizovacími náklady nosné konstrukce nebo nutnou údržbou. Tendence vývoje společnosti ovšem indikují jejich zvyšující se příhodný potenciál využití, což by mohlo v budoucnu pomoci aktivně řešit řadu problémů.

4.5.3.2 Zelené fasády

Instalace zeleně si s rozvojem nových technologií postupem času našla svou cestu i v souvislosti s fasádními systémy budov. Za předpokladu, že funguje efekt ochlazovací schopnosti rostlin v rámci vegetačních střech, musela být dalším logickým krokem jejich implementace na fasádu objektu za účelem ještě výraznějšího snižování teploty obálky budovy.

V případě zelených fasád je pochopitelně schopnost retence nižší, neboť nejsou srážkám přímo exponované, nicméně jejich uplatnění může nabývat jiného charakteru např. při vytvoření kořenové čističky, která se vypořádává s čištěním odpadní vody z objektu. Dále je nezbytné respektovat umístění různých typů rostlin na odlišně orientované fasády objektu dle jejich potřeb. Severní světová strana typicky disponuje stinnými podmínkami a nulovému vystavení slunečnímu záření, západní je ovlivněna výraznějšími povětrnostními vlivy a jižní logicky musí snášet vysoké teploty a přímý sluneční svit. Tomu všemu musí odpovídat druh aplikované zeleně, jinak by docházelo k jejímu úhynu.

Příkladem jednoho z pilotních projektů, kdy bylo toto řešení použito ve větším měřítku, může být projekt administrativní budovy pro vývojové oddělení LIKO-S, a.s. ve Slavkově u Brna nebo o poznání rozsáhlejší objekt výrobní haly identické společnosti, vybavený zelenou vegetační střechou a fasádou, který byl příhodně vybudován hned vedle původní výrobní haly, která zelenými prvky nedisponuje. Vzhledem k minimálním odlišnostem těchto dvou stavebních objektů můžeme tedy názorně sledovat rozdíly v chování a jejich vnitřních podmínkách a následně je mezi sebou porovnávat. Např. bylo zjištěno, že evapotranspirační efekt funguje dokonce ještě lépe při rozsáhlejší ploše, což je nadmíru příznivé, neboť právě obrovské logistické haly situované v periferiích měst přispívají ke zhoršující se situaci ohledně tvorby a rozšiřování tepelných ostrovů nejvýrazněji. Ze vzájemného porovnání také vyplynulo, že v případě nezelené haly byla teplota vzduchu v těsné blízkosti nad střechou schopna během léta vzrůst až na neuvěřitelných 80 °C, zatímco u zelené varianty se její

teplota pohybovala v mezích o až 50 °C nižších V době příznivějších teplot se pak rozdíl pohyboval okolo 10 °C. Dalším povzbuzujícím faktorem byla i spokojenost samotných pracovníků, kteří v rámci ozeleněné varianty pociťovali při práci silnou úlevu, zažívali relaxační dojmy a čisté a pohodové prostředí pozitivně povzbuzovalo jejich výslednou produktivitu. [55]



Obrázek 31 - Příklad provedení zelené fasády v Basileji, Švýcarsko, zdroj:
<https://rmaarchitects.com/architecture/lab-in-a-courtyard/>

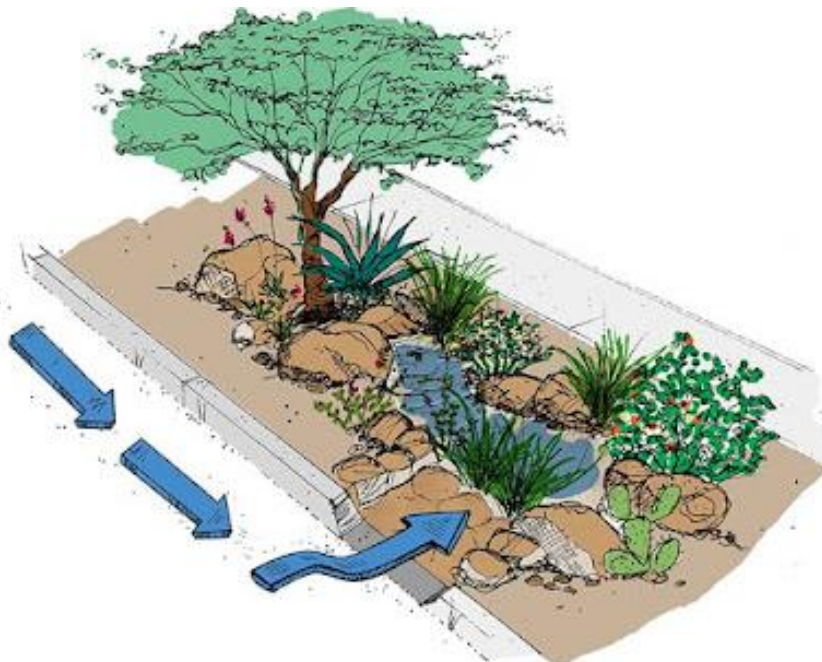
4.5.3.3 Dešťové zahrady (*rain gardens*)

Podobně jako v předchozím případě jsou i dešťové zahrady (z angl. rain gardens) navrženy ke zlepšení situace týkající se minimalizace úbytků vody pomocí zpomalené retence do podloží, která zároveň v případě většího měřítka může sloužit i jako varianta protipovodňového opatření. Oproti tomu jsou ale taktéž plnohodnotně projektovány pro její čištění pomocí fytořemediace, které probíhá filtrací a následným přispěním vlivu vysazených rostlin.

Dešťové zahrady se typicky umísťují do nejnižšího bodu v území, kam je posléze svedena všechna voda ze spádové oblasti (např. pomocí průlehu nebo příkopů), kterou může být pouhá jedna parcela nebo třeba celá rozsáhlejší část města. Je nutné předem znát výšku,

kde se pohybuje hladina podzemní vody, neboť v případě, kdy by byla tato úroveň nižší než 1 m pod povrchem, by nedocházelo ke správné funkci navrženého systému. To samé platí za předpokladu umístění v rámci jílovitých půd, kde se vytváření dešťových zahrad nedoporučuje, neboť by mělo dojít ke vsaku objemu vody zásobujícího zahradu nejpozději do 48 hodin od naplnění. Podmínkou správné funkce je osazení nádrže dobře propustným typem podloží (píscitohlinitá zemina nebo šterková drenáž), na kterou je posléze aplikována vrstva substrátu. Použitým typem zeleně jsou většinou rostliny odolné vůči polutantům pramenících ze spádového území, a které dobře snášejí nepříznivé podmínky zahrnující období sucha i nadměrné vlhkosti, často svým vzhledem ovšem plní i okrasně-estetickou funkci. [56]

Při použití dešťových zahrad dochází vlivem evapotranspirace k lokálnímu snížení okolní teploty (až o 2 °C), déle se v přilehlé oblasti snižuje procento prašnosti a v neposlední řadě je omezováno šíření alergenů v podobě pylů. [56] Navíc může být její tvarová podoba v podstatě volitelná a je závislá především na spádovosti, hladině podzemní vody, druhu půdy a dostupné ploše v oblasti, tudíž se dá perfektním způsobem zakomponovat do zastavěných a již urbanizovaných území.

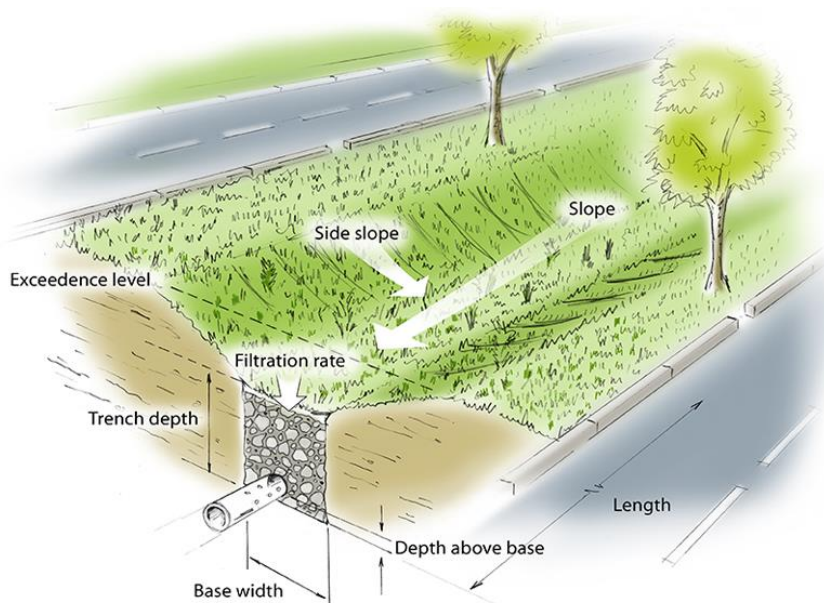


Obrázek 32 - Schematické znázornění funkce dešťové zahrady, zdroj:
<https://www.sustainablelivingtucson.com/2019/09/support-tucsons-green-stormwater.html?spref=pi>

4.5.3.1 Průlehy (swales)

Další formou, která pomocí svého reliéfu a designu napomáhá ke zlepšení situace týkající se minimalizace úbytků vody v území a jejího částečného čištění³⁴ jsou tzv. průlehy (z angl. swales³⁵). Jedná se o protierozní opatření, které má za úkol zadržet vodu v území pomocí jejího zpomalení, stabilizace a následného lokálního vsaku. Použití nachází v řadě případů svažitéch území, erozí postižených ploch a podél silničních tratí. Typicky je veden po vrstevnici a v rámci jeho návrhu je nutné znát řadu faktorů ovlivňující jeho velikost (množství zachytávané dešťové vody, koeficient vsakování, intenzitu srážek atd.). [57]

Jejich nevýhodou jsou mnohdy značné zásahy do krajiny, jedná se ovšem o bariéru, která by v území pro jeho pozvednutí měla v každém případě vzniknout. Po druhé světové válce v rámci kolektivizace došlo nejen na území České republiky k rozorání mezí, které představovaly kromě hranic pozemků také přirozené přírodní inhibitory odtoku. S jejich odstraněním začala půda postupem času na některých převážně strmějších oblastech vykazovat nadměrné erozní příznaky, jež v dnešní době nacházejí řešení právě při použití průlehu.



Obrázek 33 - Příklad možného provedení průlehu podél silniční komunikace, zdroj: <https://help.innovyze.com/space/infodrainage2021v1/16548415/Swale>

³⁴ Vliv fytořemídiace je v tomto případě velice omezený a závislý na přítomnosti, popř. druhu rostliny, která se v průlehu nachází. Při jejich návrhu se ovšem nejedná o jejich hlavní funkci.

³⁵ Někdy se můžeme setkat s označením bio-průlehu (z angl. bio-swale), který zdůrazňuje podobu průlehu disponujícího travnatou pokrývkou, popř. přítomností i nižších vegetačních prvků.

4.5.4 Sedimentační rybníky

Dalším méně náročným principem, který ve své podstatě spojuje hrubou purifikaci vody spolu s jejím zadržováním v území je tzv. sedimentační rybník. Jeho funkce je založena na sedimentaci pevných částic (zejména štěrku, písek, kal nebo jílu) obsažených v čišťené vodě, jejichž rychlost usazení závisí dle Stokesova zákona zejména na jejich velikosti a hustotě a dále pak také na odporu prostředí tekutiny a vlivu samotného proudění. Nejdůležitější roli v celém procesu přitom hraje doba, po kterou je znečištěná voda v sedimentačním rybníku či nádrži zadržována, neboť při dostatku času dojde i u nejjemnějších nečistot ke stabilizaci při povrchu dna. Díky těmto nutným okrajovým podmínkám, bez nichž by nebyla zajištěna správná funkce, se zpravidla jedná o uměle vytvořené rozsáhlé vodní plochy často neatraktivního vzhledu, jejichž zřizování je ovšem v rámci ochrany vodních recipientů velmi výhodné. Po přítoku kalové vody je proud zpomalen a ponechán pozvolnému oddělení pevných nečistot od objemu vody až do chvíle, kdy její kvalita splňuje stanovené požadavky a pomocí přepadu opouští nádrž. [25]

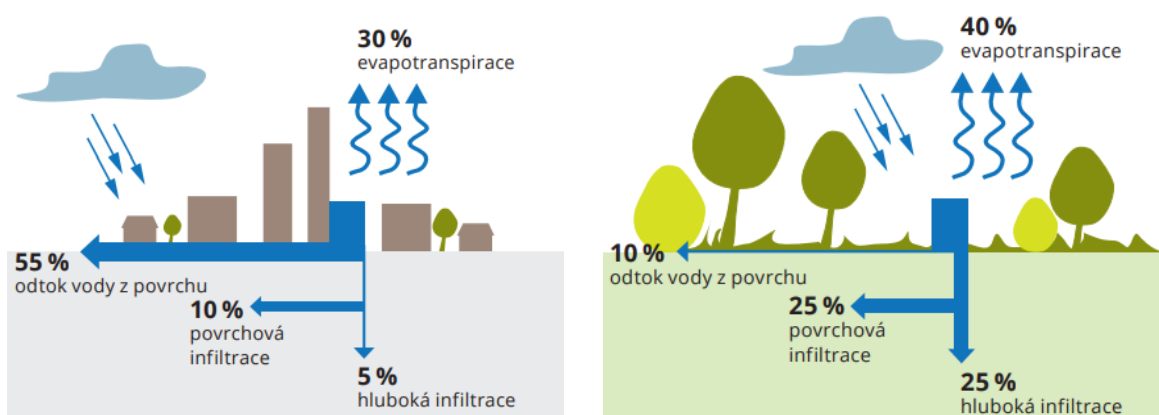
Z hlediska doby působení a časové diference je můžeme rozdělit na dočasné, jež se stávají např. nezbytnou součástí výstavby nových rozsáhlých staveb a permanentní, které jsou navrhovány v rámci volné krajiny, k čištění některých průmyslových provozů a jsou též nutným předčišťujícím krokem v souvislosti s čištěním stokových odpadních vod. Postupem času je dno nádrže pochopitelně zanášeno a musí logicky dojít k odstranění kalu, který je posléze z hlediska typu znečištění pramenícího z daného území buď deponován na speciální skládce nebo je možné jej v některých případech dále využít, jako např. hnojivo. [25]



Obrázek 34 - Princip sedimentačního rybníku, zdroj: <https://www.hamilton.ca/home-neighbourhood/water-wastewater-stormwater/stormwater-management/stormwater-management-ponds>

4.5.5 Polopropustné chodníky

S největší pravděpodobností nejdůležitějším parametrem ovlivňujícím retenci dešťové vody v území je otázka propustnosti použitého povrchu. Obecně platí, že v případě odtoku vody z území je krajina ochuzena okamžitým odtokem přibližně o 10 % srážkových vod, přibližně 50 % dešťového objemu je zasakováno, z čehož polovina odpovídá hloubkové retenci a u zbylých 40 % dochází k evapotranspiračnímu jevu. Za předpokladu, že se jedná o vysoce urbanizované území, okamžitý odtok se zvyšuje až na 55 % a u celkové infiltrace dochází k alarmující redukci na pouhých 15 %, z čehož jen přibližně 5 % připadá na podíl hloubkového vsaku. (zbylých 30 % se z území vypařuje). [25] Taková hodnota výrazně a poměrně rychle snižuje hladinu zásob podzemní vody, zhoršuje hydrogeologické vlastnosti krajiny, zhoršuje kvalitu vody a formuje potenciální podmínky pro vznik povodní.

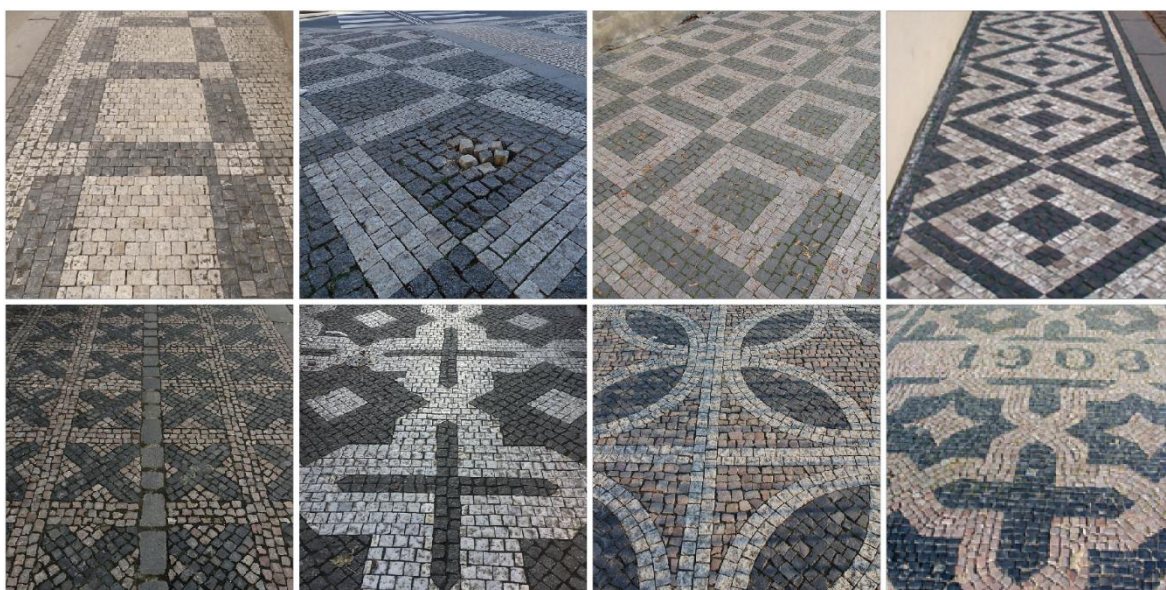


Obrázek 35 - Schematické znázornění pohybu vody v různě urbanizovaných územích, zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>

V rámci řešení otázky typu zpevněných ploch v urbanizovaných oblastech spolu přichází do konfliktu dva protichůdné parametry, jejichž vzájemný vztah lze znázornit jako poměr propustné (zpravidla vegetační) a nepropustné (zpravidla dlážděné/betonové) části povrchu vyjádřeného v procentech, který je aplikovatelný téměř na všechny možné varianty. Při chůzi nebo jízdě na území města je navíc vždy důležitá plynulost, které je přikládána velká důležitost, neboť pohyb v rámci města je zpravidla rychlý a případné rušivé jevy jako jsou např. nerovnosti, boule, klopýtání, drncání, skluz, výmoly apod. mohou rušit soustředění řidičů nebo chodců a vést k nežádoucím kolizím. Z tohoto předpokladu vyplývá, že čím je povrch celistvější a stabilnější, k tím nerušenějšímu pohybu dochází. To ovšem stojí v naprostém kontrastu k problematice zabývající se retenční schopností území, a tím i

ovlivnění snižování míry telených ostrovů a úbytků vody, neboť v těchto případech je žádoucí, aby byly povrchy co nejpodobnější přirozené krajině, tudíž často snadně tvárné zemině, která nemá šanci ustát pohyb zástupů lidí natož pojezdu menších či větších automobilů. Je tedy žádoucí povrchy pečlivě rozdělit podle způsobu jejich využití a stanovit u nich takový poměr propustnosti, který najde ideální rovnovážný bod v pohodlnosti jejich využívání (pohybu-zprostředkování) a minimalizace odtoku dešťových vod z území, k čemuž nám může dopomoci *Příloha 1 na str. 99* znázorňující parametry různých typů městských dlažeb.

Uvnitř historických center může do hry nad rámec zmíněného vstupovat ještě další omezující faktor, neboť napříč dějinami došlo v mnoha městech ke standardizaci postupů, které musí odpovídat jasně stanoveným vzorům, jak má dláždění ulic vypadat. Dobrým příkladem může být tzv. „pražská mozaika“, typická pro řadu pražských ulic a náměstí. Za takových okolností je nutné návrh podpořit jinými eventualitami.



Obrázek 36 - Některé typy "pražské mozaiky", popořadě: 1) „Sedmdesátka“, 2) Negativní „sedmdesátka“, 3) „Sedmdesátka“ s dámou, 4) Rámy s draky, 5) Kříže, 6) Hvězdy a kříže, 7) Atypický obloukový vzor s použitím štípaných kostek, 8) Složitá kombinace s datem 1903, zdroj: https://www.zastarouprahu.cz/webdata/87AD4DB3-AC95-4844-BB56-42FC8CE0C555_02.pdf


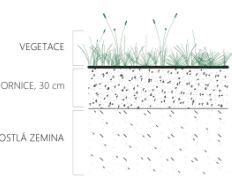
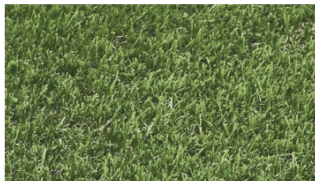
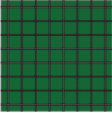
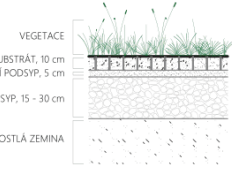

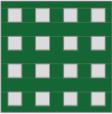
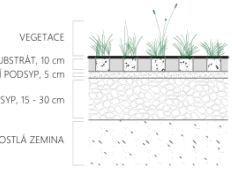
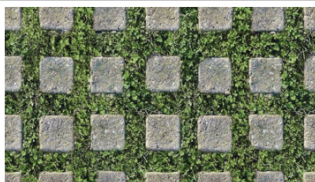
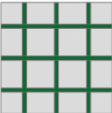
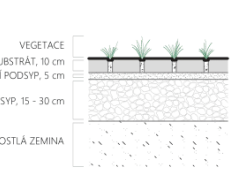

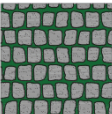
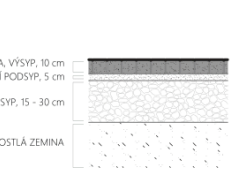

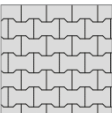
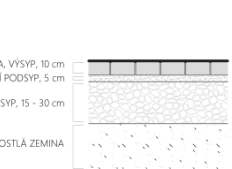

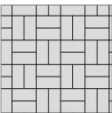
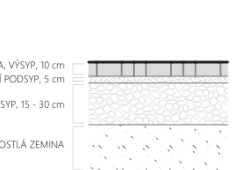

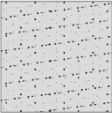
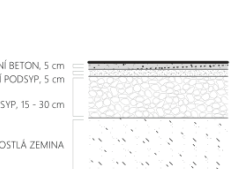
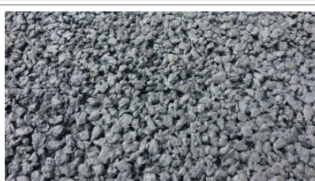

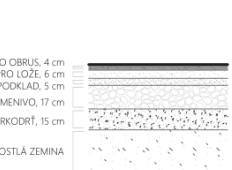
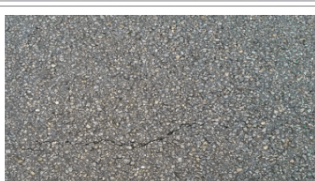
Samozřejmě v rámci vývoje a testování nových alternativ existují výjimky, které do jisté míry obcházejí hlavní komplikaci této problematiky (např. drenážní beton), ale je pochopitelné, že ideální řešení prozatím neexistuje, a proto je vždy kladen důraz na kontext typu území, ve kterém je zpevněná plocha použita. Je tedy třeba aktivně vyhledávat

progresivní metody, kterými lze maximalizovat procento zelených ploch, které jsou v rámci městské zástavby ve vztahu k retenci nejhodnotnější. Dobrým příkladem může být zatravnovací systém realizovaný v rámci vedení tramvajových jízdních drah, s jejichž použitím je možné dosáhnout vzniku aditivních a velice rozsáhlých retenčních ploch (viz Obrázek 37), které zároveň v omezené míře pomocí fytoimediačního jevu stabilizují šíření polutantů těžkých kovů vznikajících obrusem kolejové trati. V případě jejich implementace do kompozice města je pochopitelně nutná její údržba ve formě zastřihávání, hnojení a závlivky.



Obrázek 37 - Vzhled zatravněné kolejové trati, Praha, Vršovická, vznik 8 637 m² zelených ploch, zdroj: <https://www.alstap.cz/reference-dopravni-infrastruktura/>

TYPY ZPEVNĚNÝCH PLOCH

POPIS	POMĚR OZELENĚNÍ	SOUVRSTVÍ	VZHLED
<p>ROSTLÝ TERÉN</p> <p>TYP: POCHOZÍ</p> <p>POUŽITÍ: NEZPEVNĚNÉ CHODNÍKY, PARKY</p> <p>ORIENT. CENA: ZDARMA, (popř. DO ± 100 Kč/m²)</p> <p>ŽIVOTNOST: STŘEDNÍ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 95 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VELMI NÍZKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>100 % VEGETACE</p> <p>0 % DLAŽBA</p> 	<p>VEGETACE</p> <p>ORNICE, 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>PLASTOVÉ VÝTZUŽE (ECORASTER)</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKOVIŠTĚ, CYKLOTRASY, NÁJEZDY</p> <p>ORIENT. CENA: ± 400 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: NÍZKÁ (20 - 25 let)</p> <p>PROPUSTNOST: ± 90 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VELMI NÍZKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>85 % VEGETACE</p> <p>15 % DLAŽBA</p> 	<p>VEGETACE</p> <p>DLAŽBA, SUBSTRÁT, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>KOSTKY JEMNĚ</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKOVIŠTĚ, PARKY</p> <p>ORIENT. CENA: ± 500 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: STŘEDNÍ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 75 %</p> <p>TEP. KAPACITA: STŘEDNÍ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>75 % VEGETACE</p> <p>25 % DLAŽBA</p> 	<p>VEGETACE</p> <p>DLAŽBA, SUBSTRÁT, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>KOSTKY HUSTĚ</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKOVIŠTĚ, VOZOVKY NIŽŠÍCH TRÍD, PARKY</p> <p>ORIENT. CENA: ± 710 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 20 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>20 % VEGETACE</p> <p>80 % DLAŽBA</p> 	<p>VEGETACE</p> <p>DLAŽBA, SUBSTRÁT, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>KOČÍČÍ HLAVY (10 × 10 cm)</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKY, VOZOVKY NIŽŠÍCH TRÍD</p> <p>ORIENT. CENA: ± 850 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VELMI VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 10 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VELMI VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>15 % VÝSYP</p> <p>85 % DLAŽBA</p> 	<p>DLAŽBA, VÝSYP, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>ZÁMKOVÁ DLAŽBA</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKOVIŠTĚ, VOZOVKY NIŽŠÍCH TRÍD</p> <p>ORIENT. CENA: ± 500 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 5 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>5 % VÝSYP</p> <p>95 % DLAŽBA</p> 	<p>DLAŽBA, VÝSYP, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>ZÁMKOVÁ DLAŽBA</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKOVIŠTĚ, VOZOVKY NIŽŠÍCH TRÍD</p> <p>ORIENT. CENA: ± 450 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 5 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>5 % VÝSYP</p> <p>95 % DLAŽBA</p> 	<p>DLAŽBA, VÝSYP, 10 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>DRENÁŽNÍ BETON</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, PARKY, VOZOVKY NIŽŠÍCH TRÍD</p> <p>ORIENT. CENA: ± 400 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 95 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>0 % VEGETACE</p> <p>100 % BETON</p> 	<p>DRENÁŽNÍ BETON, 5 cm</p> <p>VYROVNÁVACÍ PODSYP, 5 cm</p> <p>ŠTĚRKOVÝ PODSYP, 15 - 30 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	
<p>ASFALT</p> <p>TYP: POCHOZÍ, POJÍZDNÉ (VOZIDLA NAD 3,5 t)</p> <p>POUŽITÍ: CHODNÍKY, VOZOVKY NIŽŠÍCH A VYSŠÍCH TRÍD</p> <p>ORIENT. CENA: ± 560 Kč/m²</p> <p>ŽIVOTNOST: VYSOKÁ</p> <p>PROPUSTNOST: ± 1 %</p> <p>TEP. KAPACITA: VELMI VYSOKÁ</p> <p>POZNÁMKA:</p>	<p>0 % VEGETACE</p> <p>100 % ASFALT</p> 	<p>ASFALT PRO OBRUS, 4 cm</p> <p>ASFALT PRO LOŽE, 6 cm</p> <p>ASFALT PRO PODKLAD, 5 cm</p> <p>ZPEVNĚNÉ KAMENIVO, 17 cm</p> <p>ŠTĚRKODRŮT, 15 cm</p> <p>ROSTLÁ ZEMINA</p> 	

4.5.6 Prvky modré infrastruktury

Další formou ochrany proti extrémům letních teplot může být i použití vodních prvků, jinak také nazývaných jako tzv. „prvků modré infrastruktury“, které mají v rámci kompozice urbanizovaných území obrovskou hodnotu. Díky svému atraktivnímu vzhledu a relaxačnímu dojmu, který v člověku probouzí, jsou v průběhu letních měsíců široce vyhledávané veřejností a často se jejich blízkost pojí se zdrojem zábavy a trávením volného času³⁶. Třebaže je jejich vliv na obyvatelstvo přínosný, v rámci poměrů České republiky stále panuje až neoprávněná obava z jejich aktivního využívání z důvodu vysokých pořizovacích nákladů a náročnosti systémů. Nicméně při pohledu na řadu jiných zemí, zejména těch skandinávských, můžeme sledovat neutuchající trend jejich rozsáhlé implementace v rámci sídelních struktur.

Mezi vodní prvky **přírodního netechnického typu** jsou řazeny řeky, potoky, jezera, mokřady, jezírka, rybníky, kanály, nádrže a jiné vodní útvary, které svou přítomností v urbanizovaných územích plní řadu nenahraditelných rolí. V první řadě nabývají jejich benefity ochlazovací funkce, která je přímo závislá na rozloze hladiny, mimo to působí v městské struktuře i jako částečné protipovodňové opatření, neboť jsou schopné zadržet obrovské objemy odtoku dešťových vod z území, které do jeho prostor posléze opět pozvolna navracejí. Disponují taktéž čisticí funkcí, která je založena především na sedimentaci a podpoře množství biologických rozkladů, taktéž poskytují prostor pro biodiverzitu v rámci svého ekosystému, a jsou tudíž důležitými biotopy pro různé druhy ryb, ptáků, obojživelníků a celé řady dalších vodních organismů.

Vodní prvky **artifiziálního technického typu** zpravidla dělíme na soustavy s průtočnou a uzavřenou cirkulací vody. V prvním případě může být zdrojem napájení studna nebo vodoteč většího nebo menšího rozsahu, přičemž se funkční vodní objem neustále mění, tudíž je jeho kontaminace náročnější ve smyslu zamezení šíření polutantů a je tedy v momentě zájmu o jeho purifikaci nutné přistupovat přímo k čištění vodního zdroje. V druhém využívanějším případě se o zásobování vodou stará v drtivé většině veřejný nebo soukromý vodovodní řad a funkční objem vody protékající soustavou je jeden a ten samý,

³⁶ Dobrým příkladem jsou Hořejší a Rašínovo nábřeží, kde dochází při příznivém počasí k intenzivnímu střetávání velkého množství lidí.

pouze dochází k případnému doplnění úbytků v rámci evaporace do okolí nebo vsaku do přilehlých ploch. Vodu je nutné čistit a dezinfikovat (chlorace), neboť především v průběhu letních měsíců velmi často dochází k jejímu kontaktu s obyvatelstvem. Purifikaci z velké části komplikuje vandalství, zásahy psů a bezdomovců nebo výkaly holubů. Vodní prvky v rámci své podpůrné technologie zpravidla obsahují akumulární nádrž, lapače splavenin, filtrační zařízení, dávkovače chemikálií a čerpadla, tudíž se nejedná o levnou ani jednoduchou technologii. Jejich provoz začíná koncem dubna a je ukončen v září, přičemž v zimě je systém dodávky vody vypuštěn, aby nedošlo k zamrznutí, zůstává však v pohotovosti. [58]

Nejvyužívanějšími vodními prvky v urbanizovaných oblastech jsou pítka, mlžítka, kašny a fontány. Mezi jejich výhody se bezpochyby řadí napomáhání snižovat extrémní teploty, v případě tryskajících variant a alternativy s padající vodou (fontány) docilují redukce atmosférického znečištění, dále se starají o zvyšování vzdušné vlhkosti a v neposlední řadě zajišťují doplnění tekutin pro obyvatele i zvířectvo. [58]



Obrázek 38 - Druhy vodní prvků v rámci měst, zleva 1) Pítka, 2) Mlžítka, 3) Kašna, 4) Fontána, zdroj: Google.com

4.5.7 Kropicí a zametací vozy

Otázka týkající se využívání kropicích vozů pro potřeby urbanizovaných území je bez pochyby rozporuplná. Ať už jde o názor ekologů, technicky znalých jedinců nebo obyvatelstva výrazně nepoučeného v tomto oboru, argumenty jsou v podstatě totožné. V rámci této problematiky jde zejména o otázku plýtvání pitnou vodou, která je při jejich nasazení nezbytnou součástí, neboť v rámci kropení vzniká aerosol a odstříkující kapalina téměř zpravidla přichází do kontaktu s obyvatelstvem.

Kropicí vozy disponují kapacitou nádrže od 5 – 8 m³ a v rámci hlavního města Prahy se jich může ve stejnou chvíli pohybovat až 20 najednou. Vedení města zaplatí za jejich provoz

v rámci jediného dne, kdy jsou schopny rozptýlit až 660 m³ vody, 860 tis. korun³⁷. [59] Hlavní úlohou samotného kropení není ochlazení okolního prostředí, jak se většina laické veřejnosti domnívá, nýbrž primárně nárazové snížení teploty povrchu rozpálené vozovky z důvodu celé řadě faktorů (ochrana před popálením, podpora trvanlivosti povrchu, omezení množství sálavé energie atd.) a sekundárně také snižování množství polutantů a prašnosti v oblastech městského prostředí, které jsou zejména v průběhu zvýšených letních teplot výrazně ovlivněny i velkou koncentrací alergenů a karcinogenních látek. Taktéž dopomáhají k podstatnému omezení problému s tvorbou přízemního ozonu a s trochou nadsázky v rámci města vytváří taktéž jakousi atrakci.



Obrázek 39 - Podoba kropicího vozu v hl. m. Praha, zdroj: <https://www.hodonin.eu/do-rozpalenych-ulic-vyjel-kropici-vuz-pomahaji-i-vodni-prvky/d-1102222>

V případě redukce množství polutantů se toto řešení ovšem střetává se svým nejzásadnějším nedostatkem, neboť kropicí vůz v takové situaci funguje podobně jako srážková událost³⁸. Pitná voda se samozřejmě vlivem vysokých teplot z velké části vypařuje,

³⁷ Částka je relevantní k datu 1. 8. 2018, s rostoucími cenami v rámci inflace od roku 2021 můžeme tedy předpokládat, že je současná suma ještě o něco vyšší.

³⁸ Některé kropicí vozy vyrážejí čistit ulice záměrně po dešti a argumentuje se tím, že se předpokládá předčištění srážkou a následné dočištění pomocí tlakového proudu vody, který je výrazně účinnější než přirozené dešťové kapky. Takový případ je ovšem velmi snadno napadnutelný.

ale obrovské procento z jejího množství putuje společně s xenobiotiky směrem do kanalizace a zpravidla do jejího nejhoršího možného druhu v podobě té jednotné. Taková situace v podstatě znamená, že je nejprve načerpáno velké množství nezávadné vody o pitných parametrech, jejíž úprava je technologicky i finančně velmi náročná, následně je rozprášena v uličních sítích silně kontaminovaných řadou polutantů, posléze v rámci kanalizačního vedení smíšena se splaškovou černou vodou, a nakonec naprosto paradoxně svedena k finálnímu čištění v podobě čističky odpadních vod, aby se celý cyklus mohl znovu opakovat.

Kropicí vozy ovšem nejsou jedinou technikou, která je schopna zbavovat komunikace znečišťujících látek, neboť v rámci našich uličních sítí se můžeme poměrně často setkat také s vozy čistícími (tzv. street sweeping). Podle dat získaných v roce 2018 v rámci experimentu ve druhém největším švédském městě Göteborg ze tří silně kontaminovaných oblastí nedaleko vodního toku Vitsippsbäcken (nemocniční komplexu Sahlgrenska), části města Gullbergsvass a v blízkosti řeky Göta älv, který sestával z frekventovaného zametání ulic pomocí čistících vozů na týdenní bázi, bylo zjištěno, že proces dosáhl efektivního zachycení významného procenta xenobiotik, konkrétně nanočástic, mikroplastů, částic asfaltu a gumy (TRWP³⁹), většiny organických polutantů včetně těžkých kovů. Čištění probíhalo taktéž s použitím splachující vody, která byla posléze z povrchu extrahována zpět pro následnou purifikaci před vypuštěním do okolí. Takový proces je ovšem méně účinný, závislý na řadě ovlivňujících faktorů (struktura vozovky, aktuální počasí, typu technologie atd.), nedochází při něm k důkladnému získávání celého objemu splachové vody zpět do zachytávací nádrže, a proces navíc vyžaduje použití speciálních technologií.

V rámci překvapivě pozitivních výsledků byly do budoucna projeveny snahy o častější zametání ulic za účelem výrazného snížení vlivu polutantů na kvalitu zachytávané dešťové vody, vývinu efektivnějšího typu zametání pro sběr většího množství nečistot včetně nových typů filtrů, které by byly schopny pojmout rozměrově ještě menší částice a zavedení metání ulic taktéž v případě stavby nových budov, kde je logicky předpokládáno zvýšené procento kontaminace prachovými částicemi. [25]

³⁹ z angl. Tyre and Road Wear Particles



Obrázek 40 - Podoba zametacího stroje v hl. m. Praha, zdroj: https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/uklizeno-a-bez-emisi-v-centru-prahy-radi-elektricke-zametaci-stroje-20191025.html

Situace, při sečtení všech výše zmíněných informací ohledně čištění a ochlazování ulic, vyloženě žadoní po možnosti kombinace těchto dvou strategií. V principu by nejprve došlo k předčištění vozovky metacími vozy a efektivnímu zachycení nečistot a následně k ohlazení jejího povrchu kropicím vozem, který by snížil procento prašnosti a ochránil silnici před nadměrným zahřátím, přičemž by odváděné odtoky vody v rámci kanalizace disponovaly výrazně menším procentem xenobiotik. Objevují se i informace, kdy jsou údajně kropicí vozy doprovázeny vozy čistícími již v dnešní době, ale z hlediska vlastních zkušeností se jedná pouze o ojedinělý případ. Eventualitou by taktéž bylo spojení obou principů v rámci jednoho motorového vozidla, což by mohlo zčásti vést i k úspoře produkce emisí⁴⁰.

4.5.8 Snížování emisí ve vysoce urbanizovaných oblastech

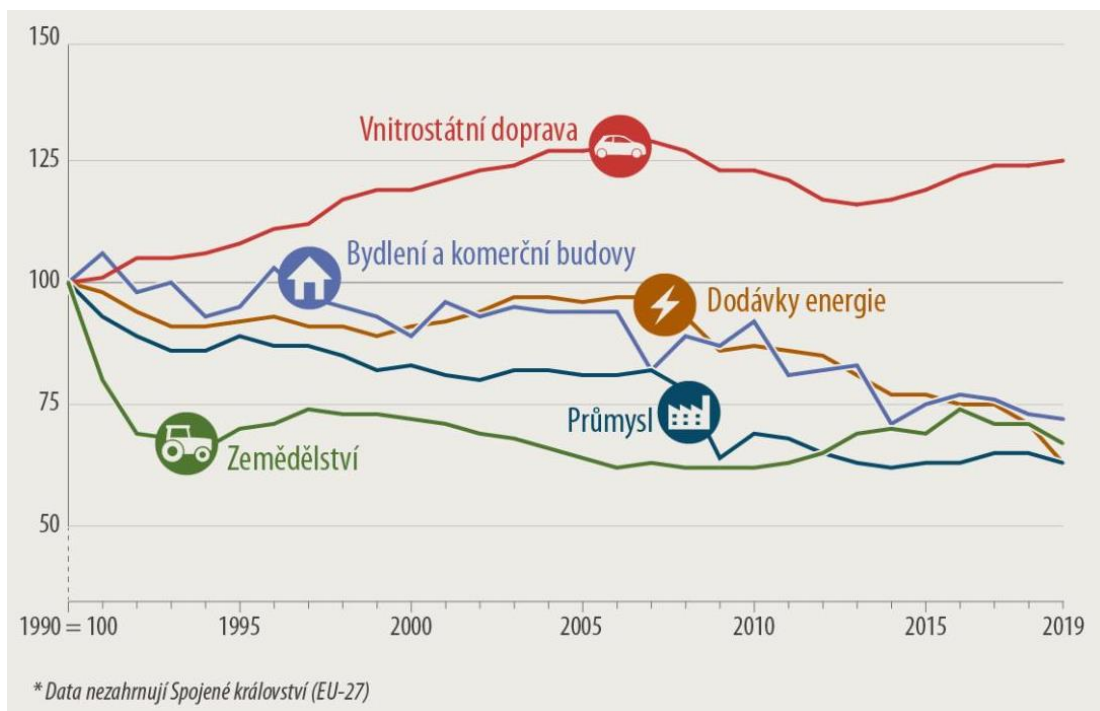
Produkce skleníkových plynů (převážně CO₂ a NO_x popř. prachových částic) se stává ve vysoce urbanizovaných územích obrovským problémem, k jehož intenzivnímu řešení

⁴⁰ Limitujícím parametrem by v tomto případě byl objem nádrže na vodu, neboť je zpravidla největší, musí se vměstnat do nákladového prostoru auta společně s nádobou na kontaminovaný prach/písek/štetěr a zároveň tvoří největší podíl zatížení vůči zbytku vozidla, který je vyvozován na konstrukci karoserie a ovlivňuje tak výslednou spotřebu nafty/benzínu.

nabádá čím dál více alarmujících skutečností objevujících se v rámci soudobé moderní společnosti. K alternativám nápravy může dopomoci např. částečné snížení míry osobní automobilové dopravy, podpora energeticky nenáročných budov a valné využívání obnovitelných zdrojů energií.

V rámci studie publikované v časopise *Nature Climate Change* v roce 2014 ve městě New York byl detailně zkoumán potenciální dopad snížení emisí skleníkových plynů na výslednou teplotu v tomto hustě osídleném území. Experimentální měření bylo zaměřeno na emise oxidu uhličitého (CO₂), oxidu dusnatého (NO) a malých prachových částic (PM 2,5) v období mezi lety 2000 – 2050, přičemž byly pro simulace využity místní klimatické modely a statistiky popisující dosavadní kvalitu ovzduší. Výsledkem by v případě, kdy by došlo k redukci těchto znečišťujících látek o 40 % do roku 2030 a o 80 % do roku 2050, bylo teoretické snížení lokální teploty v rozmezí od 1 – 3 °C pochopitelně taktéž společně s celkovým ozdravením ovzduší. Vzhledem k tomu, že se v současnosti město New York potýká s velice podobnými problémy spojenými s kvalitou ovzduší jako i ostatní městské struktury vykazující vysoké hodnoty hustoty zalidnění, je tento koncept využitelný taktéž v globálním měřítku. [60]

Výrazné snížení emisního znečištění by v delším časovém horizontu znamenalo úsporu značných finančních prostředků, neboť je potřeba se na celou problematiku podívat z v obecnější perspektivy. V dnešní době je indikováno stále větší množství lidí trpících problémy s dýcháním, které jsou vyjma životního stylu z obrovské části ovlivněny prostředím, ve kterém žijí. Zlepšení emisních poměrů by tedy s časovým odstupem znamenalo zdravější a spokojenější populaci, redukci finančních prostředků vynaložených v budoucnu na zdravotní péči a z ekonomického hlediska taktéž produktivnější společnost. Z těchto důvodů je možné vnímat finanční prostředky aktuálně aktivně vynaložené na redukci emisí jako investici do budoucna.



Obrázek 41 – Vývoj úrovně emisí jednotlivých odvětví v rámci EU v letech 1990 – 2019 (v ekvivalentu CO₂, zdroj: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>)

4.5.8.1 Snížení osobní dopravy

Velice efektivním řešením pro snížení emisí skleníkových plynů (převážně CO₂ a NO₂) v rámci měst, které tak nepřímo ovlivňují rozšiřující se míru vlivu tepelných ostrovů je snížení osobní automobilové dopravy. Toho může být jednoduše docíleno v případě, kdy je podpořena a vyzdvižena veřejná doprava převážně ve formě tramvajové dopravy, jež je ekologicky šetrnější a přijatelnější.

Taková skutečnost je zejména v historických centrech měst velice žádoucí, neboť osobní automobily jsou naopak důvodem četných kolizí a působí rušivým dojmem. Většina uličních sítí na jejich kapacity není dimenzována, nedokáže si efektivně poradit s množstvím znečišťujících látek, které produkují a s jistotou je tedy možné konstatovat, že se bez jejich přítomnosti obejde. Ulice by byly v ideálním případě zpřístupněny jen v nezbytných situacích pro zásobování na dobu určitou a pro rezidenty, tím pádem by byly snáz přístupné potenciálnímu zásahu záchranných složek a pohyb v rámci města by se tím pro chodce zjednodušil, zpříjemnil a zbezpečnil.

Dalšími možnými řešeními by bylo zřízení úlev na dani pro elektromobily, jejichž zdroj energie pramení z obnovitelné energie, zavedení poplatků pro vjezd na území některých částí města nebo podpora tzv. „carsharingu“. Tato náprava by taktéž poskytla podnět k vybudování většího počtu bezpečnějších a pohodlnějších cyklostezek.

4.5.8.2 Tekuté stromy (liquid tree³)

Jako eventualita k pasivnímu snižování vlivu tepelných ostrovů pomocí aktivní redukce množství emisí v rámci urbanizovaných území by mohl v budoucnu posloužit i inovativní pilotní projekt tekutého stromu (dále označovaného jako liquid tree), vyvinutého srbskými vědci na univerzitě v Bělehradu v čele s prof. Ivanem Spasjovičem.

Liquid tree ve svém konceptu pracuje s mikroskopickými řasami, které mají podobně jako rostliny schopnost přeměňovat emise CO₂ na dýchatelný kyslík pomocí fotosyntézy a zároveň díky poskytnuté energii ze slunečního záření produkovat organickou hmotu. Jejich účinnost je v případě odbourávání emisí ovšem až 10 – 50× vyšší než v případě běžné vegetace, což je také důvodem jejich nasazení. Toto rozhodnutí podporuje i fakt jejich výrazné odolnosti vůči silně znečištěným lokalitám, kterou je především v zimních měsících i kolébka, kde došlo ke zrození tohoto projektu, samotný Bělehrad. [61]

Samotná konstrukce je vyhotovena z odolné, ocelové a těžko-poničitelné výztuhy a velkoobjemové nádrže disponující kapacitou 600 litrů, ve které je situována tekutina s rozpuštěnými mikroskopickými řasami. Toto množství odpovídá přibližně jednomu vzrostlému dospělému stromu nebo 200 m² travnatých ploch. [61]

Hlavní autor projektu jasně konstatuje svůj názor, že se v případě projektu Liquid tree nejedná o snahu nahradit skutečné stromy efektivnější technologií, nýbrž o vytvoření jejich alternativy pro místa, kde je výsadba stromů komplikovaná a často nemožná (centra měst, vysoce kontaminované oblasti atd.). Města jsou dle odhadů zdrojem okolo 75 % z celkových globálních emisí produkovaných v rámci naší planety, a je tudíž příhodné využívat in-situ metody, pracující na jejich odbourávání přímo u zdroje znečištění. [61] Z hlediska vzhledu se na první pohled jedná o poutavou atrakci připomínající lávovou lampu, jejíž následná modifikace v rámci výsledného designu by mohla pozvednout atraktivitu měst.



Obrázek 42 - Podoba pilotního projektu Liquid tree³, zdroj: <https://yupthatexists.com/scientists-create-liquid-trees-a-tank-full-of-water-and-micro-algae-that-could-be-an-alternative-to-trees-in-urban-areas/>

5. Praktická aplikační část

5.1 Přístupy v hledání zlepšujících opatření

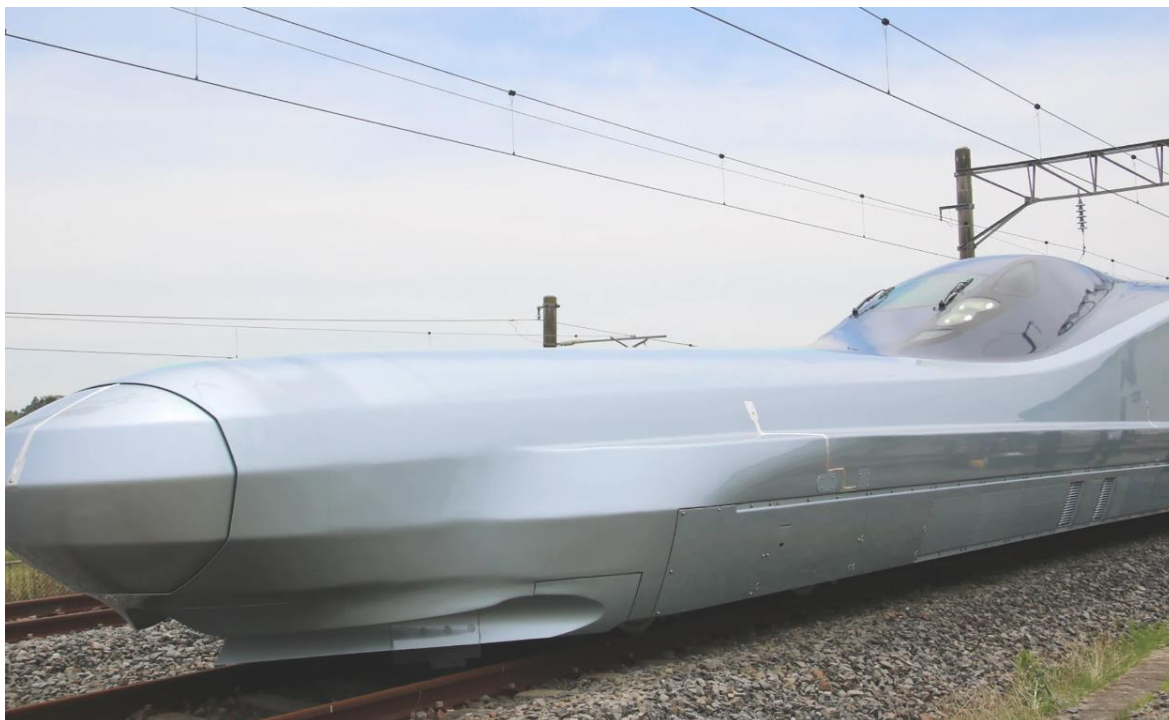
Podobně jako prosazoval americký urbanista a teoretik Kevin Lynch ve svém díle *Obraz města (The Image of the City)* z roku 1960 důležitost edukace společnosti o celkovém dění problematiky měst v globálním měřítku, i zde platí totožná myšlenka podtrhující významnou roli obyvatel při utváření sídelní struktury. [62] Zpátečnické názory, pochybnosti a kognitivní disonance v rámci vnímání moderního pojetí světa z pohledu dnešní společnosti vede prokazatelně ve výsledku k neefektivnímu návrhu a nedostatečnému využití potenciálu nabízejících se řešení. Náprava obyvatelstva je tudíž v tomto ohledu více než žádoucí, a to již od brzkého věku jedince.

Dalším velice efektivním hledáním inovativních řešení je bezpochyby přístup definovaný termínem tzv. „mimicry“, který popisuje napodobování a přejímání přírodních a přírodě blízkých prvků a jejich implementaci v rámci stavebnictví, architektury, strojírenství a jiných sférách moderní společnosti. Jejich dnes již téměř dokonalá funkce a podoba byla totiž logicky evolučním vývojem přirozeně přetvořena k naprosté dokonalosti a rovnováze.



Obrázek 43 - Příklad možného utopického pojetí přístupu „mimicry“, zdroj:
<https://www.adsoftheworld.com/campaigns/desert-f37f7fbc-6d99-471c-94c3-7a4c3403ca4d>

Příkladem může být situace, kdy inženýři při návrhu vysokorychlostního vlaku zaznamenali pozoruhodný fakt, kdy jsou ledňáčci během lovu své kořisti schopni svištět vzduchem a po nárazu do vodní hladiny téměř nevytvořit efekt odcáknutí vody, což indikovalo naprosto minimální odpor. Proto modifikovali kabinu tzv. „Bullet trainu“ do podoby blízké právě zobáku tohoto drobného ptáka za účelem dosažení ještě větších rychlostí s minimální vzduchovou rezistencí.



Obrázek 44 - Podoba kabiny tzv. „Bullet trainu“, zdroj: <https://www.wired.co.uk/article/japan-bullet-train-alfa-x-nose>

5.2 Charakteristika a návrh možností řešení jednotlivých typů tepelných ostrovů

Tato kapitola pojednává o výčtu typických vlastností jednotlivých typů tepelných ostrovů včetně praktického příkladu z území hl. m. Prahy podloženého teplotní mapou (konkrétně ze dne 6. 8. 2020 – typický letní den) a zároveň navrhuje alternativy zlepšujících řešení a možnosti postupu ve snaze eliminovat nebo alespoň minimalizovat vliv příslušného tepelného ostrova, zlepšit situaci vodohospodářských poměrů a efektivně snížit prašnost a produkci skleníkových plynů (převážně CO₂) v daném území.

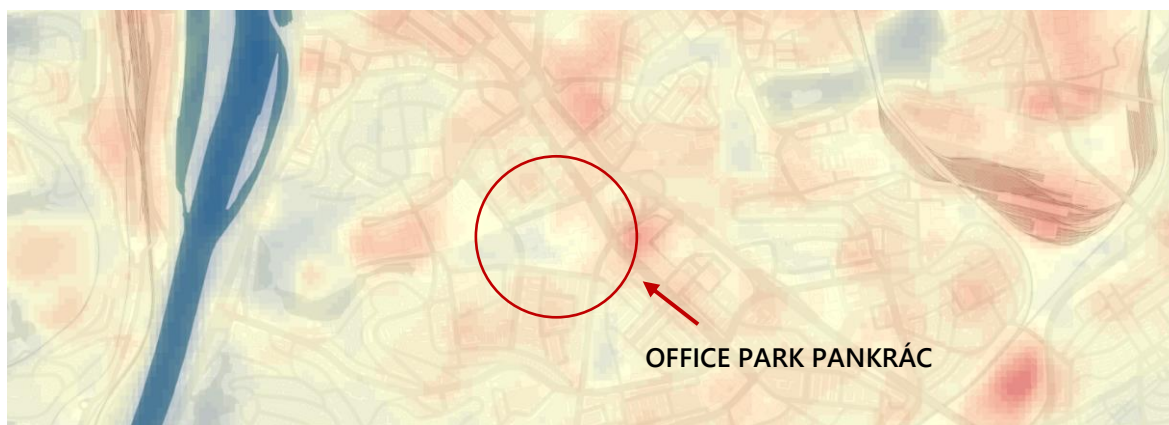
5.2.1 Administrativní areály

Popis městského biotopu

V rámci urbanizovaných území působí administrativní celky svým charakterem jako rozsáhlé areály se zpravidla vysokopodlažní zástavbou často vytvářející dominantu v panoramatu města. Jejich poloha je příhodně zasazena do dobře dostupné a vyhledávané lokality poblíž hlavních komunikací a tras veřejné dopravy, nicméně akusticky izolované pro zamezení hlukového znečištění.

Režim jejich využití nabývá denního charakteru, přičemž k vyliďnění obvykle dochází v pozdějších odpoledních hodinách. Někdy tedy bývají jejich území spojena s obráceným režimem divadel nebo jiných převážně večerních provozů, které v ideálním případě substituují jejich absenci tak, aby nedocházelo ke vzniku efektu tzv. „města duchů“. Jako příklad administrativního areálu v rámci hl. m. Prahy byl vybrán office park Pankrác se svou charakteristickou zástavbou kancelářského typu, který se svou podobou řadí do moderního pojetí těchto areálů.

Praktický příklad (Office park Pankrác)



Obrázek 45 - Termokamerový snímek se zaměřením na administrativní areál Pankrác, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Mělo by dojít k podpoření veřejné dopravy, četnosti spojů, pohodlnosti a zkrácení docházkové vzdálenosti na minimum, neboť ne všechny pracovní pozice

v administrativní sféře musí nutně dojíždět do zaměstnání osobním automobilem. Takové řešení by výrazně snížilo emisní a prachové znečištění v zájmové lokalitě.

- V ideálním případě by měl být navrhnout v rámci výstavby nebo dodatečného řešení systém velkoobjemových podzemních akumulčních nádrží na dešťovou vodu, které by se v období sucha postaraly o nárazové nedostatky vody. Byly by určeny zejména pro zavlažování zelených střech a zásobování vodou dalších činností, které nejsou spojeny s přímým kontaktem s lidskou pokožkou.
- U novostaveb a možných rekonstrukcí by mělo být prosazeno přidání dalšího stoupacího potrubí napojeného na akumulční nádrž dešťové vody zachytávané střechou budovy, které by následně obstaralo splachování WC včetně dalších obdobných procesů nevyžadujících důkladnou úpravu vody (zálivka, mytí automobilů atd.)
- Je žádoucí aplikovat u budov zelenou střechu, která podpoří zachytávání dešťových vod, tím zmírnit dopad tepelných ostrovů a z velké míry taktéž snížit teplotu okolí a náročnost budovy na chlazení v letních měsících, což taktéž vede k nižší produkci CO₂.
- Je možné aplikovat taktéž zelené fasády, neboť se administrativní budovy typicky vyznačují velkým podílem prosklených ploch na celkové obálce budovy.
- Esenciální je i dozajista využití prvků stínění v rámci jižní, jihovýchodní a jihozápadní fasády ať už jakéhokoli charakteru (předsazené elementy, žaluzie externí, interní, markýzy, vegetační stínění), v kombinaci se zelení se navíc efekt násobí a ke stínicímu faktoru se přidává faktor chladicí. Nutná je však následná údržba.
- Je žádoucí podpořit využití obnovitelných zdrojů energie a eventuálně zřídit v rámci střešní konstrukce solární fototermitické kolektory pro ohřev vody nebo fotovoltaické kolektory pro produkci elektřiny následně využitelné např. pro osvětlení nebo pohon interiérových zařízení.
- Ve veřejných prostranstvích lze aplikovat vodní prvky, které nejenže v celkové kompozici působí atraktivním dojmem, ale zároveň snižují prašnost a taktéž ochlazují okolní prostředí.
- V území by se měla nacházet lokální čistička dešťových vod (se zaměřením na TRWP a těžké kovy, popř. maziva, oleje a organické sloučeniny), a to zejména v případě, kdy je poblíž situované parkoviště, což je bráno jako potenciální zdroj těchto

polutantů. K čištění by mělo docházet v době pozdních odpoledních hodin, kdy je v území předpokládáno nižší procento obsazenosti. Zápach v tomto případě nehraje významnou roli.

- Pokud je budova administrativy navržena příkladně, efektivně a korektně (tvar, orientace a obálka budovy, řízené větrání, výplně otvorů, prvky stínění atd.), lze dosáhnout situace, kdy již není nutné zřizovat konvekční systém vytápění.
- Přirozené větrání je často nahrazováno větráním nuceným zajištěným ventilátory, což může být při celkové kubatuře budovy energeticky velice náročné. V krajních případech je takové řešení možné, obecně ovšem platí, že při správném a efektivním návrhu budovy je objekt zpravidla schopný obejít se bez těchto technologických opatření, popř. jsou navržena pouze jako podpůrná v obdobích teplotních extrémů nebo nadměrné koncentrace lidí.
- V rámci příslušného zasazení administrativního komplexu do území zpravidla obklopeného rychlostními komunikacemi je žádoucí v této oblasti zřídit sedimentační rybník nebo dešťovou zahradu, která by akumulovala srážkový odtok, taktéž by výrazně dopomohla čištění dešťové vody a zároveň by omezila její ztráty a stabilizovala by polutanty (nutné využít odolných typů rostlin).
- Ideální situací je využití možnosti potenciálu nočního větrání, tudíž zpřístupnění vnitřních prostor studenému vzduchu v nočních hodinách. Je ovšem třeba dbát na frekvenci okolní dopravy a dobu větrání nejlépe přizpůsobit tak, aby se v oblasti pohybovalo co nejnížší procento dopravních prostředků. Obvykle je tento předpoklad naplněn, neboť je doprava v průběhu noci řidší než v denní době.
- Taktéž je možné využít i benefitu městské brízy, ale pouze za předpokladu, že to povětrnostní poměry ve městě a v jeho přilehlých oblastech dovolují. Zvýšené opatrnosti je třeba dbát také v souvislosti s šířením atmosférických polutantů.
- V rámci zpevněných pěších i parkovacích ploch je nutné v co největší míře pracovat s polopropustnými chodníky, neboť v podobných územích zpravidla není vždy třeba zřizovat rozsáhlé celistvé nepropustné plochy. Implementace takového zlepšujícího řešení ve výsledku dopomůže zlepšení celkových hydrogeologických poměrů území.
- Rychlostní komunikace by měly být osazeny prvky nebo pásy zeleně, která je schopna území chránit před prašností i hlukovým znečištěním, navíc dopomůže výraznému ochlazení okolního prostředí a zvýšení zdejší atraktivity.

- Barvy povrchů je nutné volit tak, aby nedocházelo k nadměrným tepelným ziskům, přičemž ideálními jsou světlé odstíny.
- To samé platí o tepelné akumulaci materiálů, které je třeba volit s ohledem na kontext, v území, které skýtá potenciál nezávadného vlivu městské brízy a efektivního nočního větrání objektu, je možné použít materiály o vyšších tepelných akumulacích, u kterých dojde posléze v průběhu noci k aktivnímu předchlazení. V opačném případě je příznivější se takovým materiálům vyvarovat a docílit snížení teploty jiným způsobem, např. využitím vegetačních střech a fasád nebo stínících prvků, popř. kombinací obou zmíněných.
- Čištění a chlazení ulic pomocí speciálních vozů je žádoucí v rámci přidružených komunikací.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	ADMINISTRATIVNÍ AREÁLY	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	✓	31,3 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	46,3 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	✓	24,8 %
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	✗	
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	30,7 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	✓	23,5 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	✓	25,6 %
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	✓	44,3 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	✓	57,3 %
PRŮLEHY	∅	13,7 %
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	✓	20,2 %
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	✗	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	✓	33,7 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	✓	51,1 %
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	✓	26,6 %
STÍNICÍ PRVKY	✓	33,5 %
TEKUTÉ STROMY	∅	26,9 %
TROMBEHO STĚNA	✓	15,0 %
VÝSADBA STROMŮ		
FYTOREMEDIACE	∅	
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	✓	100,0 %
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	∅	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	∅	
VODNÍ PRVKY	✓	27,4 %
ZELENÉ FASÁDY	✓	42,5 %
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	✓	53,1 %
CELKEM		89,7 %

Tabulka 3 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci administrativního městského biotopu, zdroj: MS Excel

5.2.2 Vysokorychlostní silnice

Popis městského biotopu

Jedním z městských biotopů vykazujících velkou náchylnost zejména k produkci xenobiotik je pochopitelně vysokorychlostní silnice. Škodliviny vypouštěné do okolního prostředí jsou spojeny s fricí a vzájemnému oděru mezi vozovkou a samotnými dopravními prostředky a jedná se zpravidla o těžké kovy, TRWP, mikroplasty, oleje, maziva a organické

polutanty. Dalšími problémy jsou taktéž zvýšená produkce emisí skleníkových plynů a nadměrná prašnost v území umocněná vlivem rychlého pohybu vozidel.

Reálný příklad (začátek dálnice D1, Praha – Brno)



Obrázek 46 - Termokamerový snímek se zaměřením na začátek vysokorychlostní silnice D1, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Ideální je zasadit jejich trasy do zářezu terénu, což evokuje vizuálně přívětivější, atraktivnější a méně rušivé řešení, a to alespoň v blízkosti měst a vesnic kvůli aspektu hlukového znečištění. V případě menších zásahů do přírody je také možné vybavit vysokorychlostní silnici protihlukovou clonou v podobě zdi, kterou je pro maximalizaci efektivity možné nechat porůst vegetací např. břečťanem (v takovém případě je důležitá i přítomnost travnaté plochy pod ní pro stabilizaci prachových částic v případě splachu srážkovou událostí), což působí velice působivým dojmem a zároveň je tím aktivně řešena otázka prašnosti, jejíž víření je v blízkosti frekventovaných vysokorychlostních silnic pochopitelně mnohonásobně zvýšené oproti normálu. Další možností může být i vytvoření pásu zeleně, ten je obvykle účinnější v případě okresních silnic, kde vozidla nedosahují takových rychlostí.
- Předpokládané znečištění ulic v podobě těžkých kovů, mikroplastů, organických polutantů a jiných potenciálně toxických látek by mělo být efektivně sváděno ke krajnici, která by měla být v ideálním případě osázena zelenými prvky, které zajistí pomocí fytoimediačního jevu stabilizaci těchto xenobiotik. Vzhledem k délce v poměru k minimální šířce kontaminovaného prostoru je totiž případná úprava vody

velice složitá až nemyslitelná, zeleň se tudíž jeví jako ideální řešení, je ovšem nutné volit takové rostliny, které jsou velmi odolné a vykazují velký potenciál ke stabilizaci znečišťujících látek, taktéž je nutné dbát na celkový cyklus polutantů a fakt, že je vlivem znečištění nutné k takové vegetaci posléze přistupovat jako k vysoce kontaminované.

- Velice důležité je zamezení šíření xenobiotik do povrchových vod v případě, že se vysokorychlostní komunikace nachází v blízkosti vodních zdrojů.
- Stejně tak je např. ideálně ve spádových oblastech možné zřízení sedimentačních rybníků nebo menších dešťových zahrad. Jde o ekologicky šetrnou variantu určenou k zachytávání dešťové vody a v ní obsažených polutantů, pokud možno, z co nejrozsáhlejší spádové oblasti. Tyto prvky jsou navíc schopny pozitivně podpořit místní ekosystém (drobní živočichové, hmyz atd.).
- V případě nadměrných odtokových proudů při přívalových nebo déle trvajících deštích je možné z hlediska vodní erozní ochrany stabilizovat vodu v území též pomocí průlehů, ve kterých se může stejně tak nacházet odolnější typ zeleně.
- V rámci kapitoly 4.4.3 *Barva fasády, střechy a povrchu vozovky* je dokázáno, že v případě městských silnic je barva absorpčních povrchů komplexní záležitostí s mnoha proměnnými, a ne vždy může světlejší povrch vozovky teplotní situaci v území zlepšit. V kontextu meziměstských a vysokorychlostních silničních komunikací je ovšem odražená složka světelného slunečního záření vyzářena zpravidla směrem do okolní vegetace nebo zpět do vesmíru, což nevede k výraznému ovlivnění tepelné pohody okolního prostředí. Zvolení světlejšího odstínu by v tomto případě vedlo k prodloužení trvanlivosti povrchu vozovky a k potlačení míry vlivu tepelných ostrovů tohoto typu, přičemž jde nezpochybnitelně zejména o hledání rovnovážného bodu mezi faktorem oslnění příslušným odstínem vozovky spojeného s aspektem bezpečnosti, v kontrastu s její samotnou, co možná nejsvětlejší barvou.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	VYSOKORYCHLOSTNÍ SILNICE	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	✓	30,6 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	46,3 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	x	
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	∅	
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	x	
MĚSTSKÁ BRÍZA	x	
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	x	
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	x	
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	x	
PRŮLEHY	✓	13,7 %
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NADRŽE	x	
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	x	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	✓	33,7 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	x	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	x	
STÍNÍCÍ PRVKY	x	
TEKUTÉ STROMY	x	
TROMBEHO STĚNA	x	
SCHOPNOST FYTOREMEDIACE	✓	100,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	∅	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	✓	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	✓	
VODNÍ PRVKY	x	
ZELENÉ FASÁDY	x	
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘEchy	x	
CELKEM		26,2 %

Tabulka 4 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci vysokorychlostního silničního městského biotopu, zdroj: MS Excel

Praktický (demonstrativní) příklad:

Názornou ukázkou z praxe může být velmi hrubý odhad znečištění, které je produkováno na silnicích celého světa v rámci jedné USD automobilové firmy ceněné na přibližně 13 mld dolarů, která ročně vyrobí 2,5 mil tun brzdných destiček. Ty jsou následně uvolněné do oběhu, přičemž je z hlediska zákonu trhu logické, jakým způsobem reflektuje nabídka poptávku. Díky tomu je tedy možné předpokládat že se každoročně toto množství brzdných destiček na površích komunikací spotřebuje. Pokud je dále uvažováno, že se průměrně opotřebuje přibližně 80 % materiálu destičky, z čehož 6 % připadá na měď (Cu), můžeme konstatovat, že se do okolního prostředí každým rokem uvolní na světových silnicích přibližně 120 tun xenobiotik tohoto těžkého kovu, a to pouze v rámci, ač obrovské, tak jen jedné světové firmy. [26]

5.2.3 Historické centrum města

Popis městského biotopu

V drtivé většině případů se s nejvýraznějšími problémy v souvislosti s mírou tepelných ostrovů, špatným a neefektivním hospodařením s dešťovou vodou i nadměrnými emisemi a produkcí prašnosti potýká samotné historické centrum města. V podstatě se jedná o část území s nejstarší zástavbou, povětšinou velké historické hodnoty a nepozměnitelného

charakteru, se svým jedinečným architektonickým vyjádřením i dějinnými souvislostmi, jež je dotvořena do jasného obrazu a často postrádá účinné návrhové prvky (prvky a plochy vegetace, oddílná kanalizace, materiály se sníženou akumulací schopností, stínící elementy apod.).

Různé instituce zejména v rámci hl. m. Prahy, kde je brána situace ohledně narušení historické hodnoty velmi vážně, argumentují tak, že v minulosti rozsáhlá náměstí a staré uliční sítě nedisponovaly zelení a jejich implementace prý z tohoto důvodu není korektní. Takový názor je však s přihlédnutím k rozsáhlým informacím shrnutým v rámci teoretického rozboru prvků zeleně v kapitole 4.2 *Prvek zelené infrastruktury jako multifunkční element*, které zcela legitimně popisují strom jako naprosto dokonale a automaticky fungující element, ke kterému je potřeba přistupovat s úctou, respektem a maximální péčí, zcela banální. Pochopitelně není použití vzrostlých stromů vždy z různých důvodů možné, v případě, kdy tomu tak ale není, by mělo z hlediska nadřazeného zájmu dojít k podpoření snah o výsadbu a aktivní hledání cest, jak jí docílit, neboť jsou prvky zeleně prokazatelně tím nejlepším, nejúčinnějším a nejekonomičtějším možným řešením. Památková péče spolu s legislativou se dále nezanedbatelnou měrou angažují taktéž v ovlivňování i řady dalších faktorů a možností návrhu a výrazně limitují využitelný potenciál jejich efektivity. V praxi tudíž k řešení tohoto typového tepelného mostu nevede vůbec snadná cesta.

Praktický příklad (Staroměstské náměstí)



Obrázek 47 - Termokamerový snímek se zaměřením na historické centrum Prahy a Staroměstské náměstí, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Vzhledem k tomu že příslušné památkové instituce zabývající se estetickými a historickými hodnotami městských částí výrazně limitují počet aplikovatelných řešení, nabývá problematika v tomto případě na komplexnosti. Mnohá řešení není možné využít z důvodu jejich výrazného nebo neatraktivního charakteru (FV systémy, solární kolektory, Trombeho stěna) a je tedy nutné hledat možná řešení v přírodě blízkých, popř méně invazivních variantách.
- Pokud se oblast nadměrně přehřívá, k čemuž zpravidla ve většině případů dochází, je nevhodné zřizovat v takových částech města základní školy, školky, domovy důchodců a jiné obdobné instituce, kde se koncentrují osoby vykazující sníženou odolnost vůči horku. Taková zařízení by měla být zasazena spíše do okrajových částí měst, kde je z velké míry potlačeno hlukové znečištění, a kde se nachází dostatek zelených ploch evokujících klid, čistotu, relaxaci a podnícení regenerace.
- Účinný efekt ochlazení, je schopna do historického centra přivést městská bríza, která může při správném návrhu efektivně redukovat míru tohoto typu tepelného ostrova. Správným přístupem je např. přivádění chladného čerstvého vzduchu z rozsáhlejších parků situovaných právě v blízkosti historických center, které nejenom chladí přehřáté území, ale snižují i podíl prašnosti a vliv dalších škodlivin nacházejících se v ovzduší.
- Dalším z části již zmíněným a s určitostí taktéž nejdůležitějším možným řešením je výsadba vzrostlé zeleně, která by měla být na území přehřátých historických center aktivně implementována v co možná největší míře. Její efekt nabývá ochlazovacího, emise snižujícího a vodu čistícího charakteru. Je ovšem nutné dbát na průjezdnost ulic, typ použitého vegetačního prvku a jeho odolnost. Návrh by se měl také vyvarovat květináčové výsadbě, která stromům nezprostředkovává příznivé podmínky k růstu a vzrostlý vegetační prvek by měl být vždy doplněn alespoň o malou travnatou plochu při svém kontaktu s úrovní terénu, jež násobí efekt ochlazení, zadržuje větší množství vody a zároveň je po srážkové události schopna stabilizovat splachovou prašnost v půdě. V rámci města je vysazován spíše soliterní nebo alejový typ zeleně, který výrazně neblokuje vliv případného efektu městské brízy.

- Ovlivnění tepelné akumulace většinou není možné, neboť se dláždění chodníků v historickém centru Prahy řídí standardy tzv. „pražské mozaiky“, barva ostatních povrchů je poté ovlivnitelná pouze částečně a individuálně.
- Účinnou redukci teploty přináší v tomto případě také stínící prvky, obzvláště pak ty, které jsou případně porostlé zelení, jež napomáhají taktéž čištění ovzduší a nabízí benefity sezónních režimů (blokace slunečního svitu v létě, propustnost v zimě), nutná je však údržba ve formě zalévání a odklizení spadu listů.
- V době snížené prašnosti v nočních hodinách je možné zprostředkovat vnitřní prostory budov exteriérovému vzduchu, který pomůže snížit tepelnou zátěž interiéru v průběhu extrémních letních teplot.
- Jedním z neefektivnějších možností pro snížení prašnosti a emisí skleníkových plynů je redukce osobní dopravy, která je v případě historických center přímo žádoucí. Ve spoustě případů není vyjma rezidentů a zásobování osobní doprava nutná a naštěstí v dnešní době již dochází k postupnému vytlačování automobilů z center zřízováním příslušných omezení, parkovacích a pěších zón atp.
- Je žádoucí snažit se vybavit tramvajové pruhy zeleným vegetačním pásem stabilizujícím znečištění těžkými kovy pramenící z obrusu kolejových tratí.
- Vzhledem k vyšším koncentracím škodlivých látek v ovzduší je možná implementace tekutých stromů, které jsou schopny v rámci minimálního plošného prostoru maximálně zefektivnit odbourávání množství skleníkových plynů (až 10 - 50× více než vzrostlý strom).
- Částečně je možné situaci zlepšit i zasazením vodních prvků do kritického území, neboť jsou právě historická centra měst ideálním místem pro fontánu či kašnu, která dokáže výrazně snížit prašnost v závislosti na velikosti své hladiny a taktéž míru tepelného ostrova. Zároveň působí v celkové kompozici atraktivním a relaxačním dojmem.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	HISTORICKÉ CENTRUM MĚSTA	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	Ø	
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	X	
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	X	
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	✓	30,2 %
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	30,7 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	✓	23,5 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	X	
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	✓	44,3 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	Ø	
PRŮLEHY	X	
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	X	
SĚBNÉ SUDY A BARELY	X	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	X	
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	✓	51,1 %
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	X	
STÍNÍCÍ PRVKY	✓	32,8 %
TEKUTÉ STROMY	✓	26,9 %
TROMBEHO STĚNA	X	
SCHOPNOST FYTOREMEDIACE	✓	100,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	✓	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	✓	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	✓	
VÝSADBA STROMŮ	✓	27,4 %
VODNÍ PRVKY	✓	
ZELENÉ FASÁDY	X	
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	X	
CELKEM		48,1 %

Tabulka 5 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu historického centra města, zdroj: MS Excel

Praktický (demonstrativní) příklad:

Jeden kropicí vůz denně spotřebuje přibližně 32 500 litrů vody, přičemž při své činnosti produkuje emise CO₂, víří prach, zpomaluje dopravu, kontaminuje spotřebovanou pitnou vodu a cena jeho nasazení se pohybuje okolo 43 000 Kč. [59] Průměrný listnatý strom vysazený v Praze si oproti tomu denně vystačí s 200 litry nepitné vody (jehličnatý se 30 litry), funguje automaticky, zdarma, a přitom dokáže účinně snižovat emise CO₂, zachytit až 2 kg atmosférického znečištění, z toho 20 % hmotnosti připadá na prachové částice, chladit výkonem okolo 25 kW, poskytovat efektivní stín, a ještě čistit vodní srážky pomocí fyto-remediálního jevu. Pro srovnání by voda vynaložená na kropení vozovek v rámci jediného dne, jejíž práci může srovnatelně a efektivně odvést taktéž vzrostlá zeď, vystačila na zalévání jednoho stromu po dobu téměř půl roku nebo k zalití více než 160 stromů denně! Podrobnější porovnání je zřejmé z Tabulka 6.

FAKTOR	LISTNATÝ STROM	JEHLIČNATÝ STROM	KROPICÍ VŮZ
Průměrná maximální potřeba vody	300 l/den	50 l/den	33 000 l/den
Průměrná minimální potřeba vody	175 l/den	27,5 l/den	33 000 l/den
Typ použité vody	Nepitná (dešťová)	Nepitná (dešťová)	Pitná
Vztah ke skleníkovým plynům	Odbourává emise CO ₂	Odbourává emise CO ₂	Produkuje emise CO ₂
Vztah k zadržení vody v území	Zadržuje vodu	Zadržuje vodu	Zbavuje území vody
Vztah k prašnosti v území	Zachytává vysoké procento prašnosti	Zachytává nižší procento prašnosti	Produkuje a víří prašnost
Vztah k ochlazení území	Permanentní aktivní ochlazení	Permanentní aktivní ochlazení	Nízké nárazové ochlazení
Vztah k ochraně trvanlivosti vozovky	Efektivní permanentní ochrana povrchu	Méně efektivní permanentní ochrana povrchu	Efektivní nárazová ochrana povrchu
Vztah ke stínicímu efektu	Velice efektivní stín	Středně efektivní stín	Žádný
Potenciální doba využití	Snížený celoroční, opadavý	Celoroční	Celoroční
Charakter efektivity	Lokální	Lokální	Volitelný
Údržba	Zálivka, spad listů a plodů	Zálivka, spad plodů	Olej, výměna částí, opotřebení, revize
Charakter ceny	Jednorázový poté zálivka	Jednorázový poté zálivka	Cyklický
Přibližná cena	13 000 – 27 000 Kč / kus ⁴¹	15 000 – 30 000 Kč / kus ⁴¹	43 000 Kč / den

Tabulka 6 - Podrobný výčet odlišných vlastností listnaté a jehličnaté zeleně a kropicích vozů

5.2.4 Obchodní centra

Popis městského biotopu

Městský biotop v podobě obchodního centra je taktéž složitým oříškem, neboť se nejčastěji objevuje právě v husté sídelní zástavbě (okraje a centra měst) zpravidla dobře přístupné veřejné i privátní složce dopravy, což se obvykle vyznačuje přítomností určité, frekventované, rychlostní silnice. Objekty samotných obchodních center často vykazují

⁴¹ Zdroje udávají, že pro správnou funkci stromu v rámci urbanizovaných území je zapotřebí na každou korunu vynaloženou na výsadbu stromu kalkulovat s přibližně další jednou korunou potřebnou pro její kvalitní údržbu.

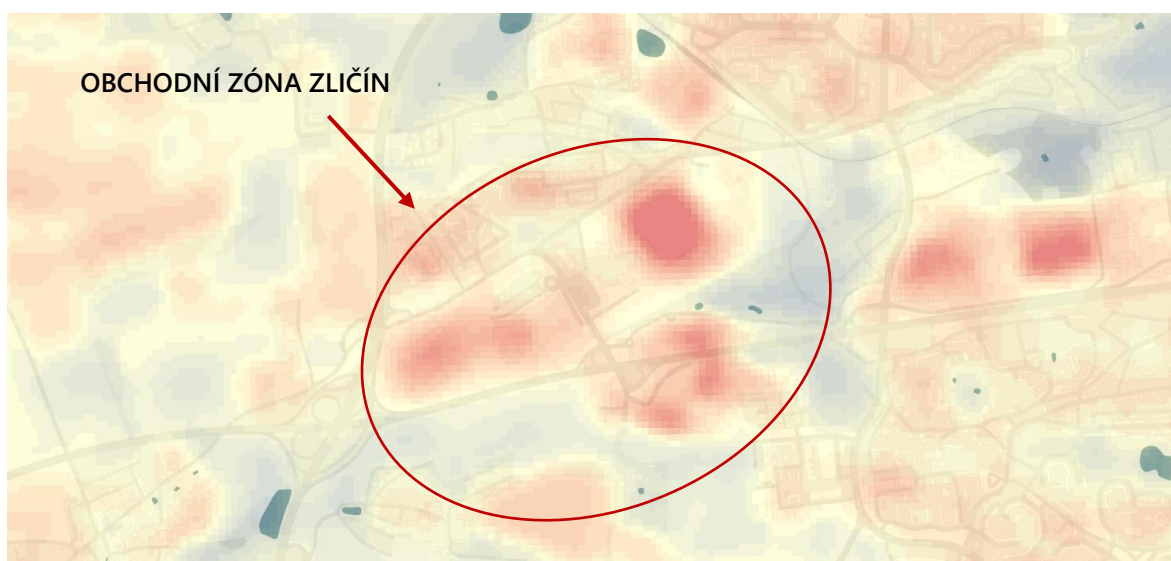
obrovskou vnitřní tepelnou zátěž, která je produkována přítomností velkého množství lidí a zařízení koncentrovaných ve stejný okamžik na stejném místě. Jejich prostory je tudíž nutné v průběhu letních měsíců výrazně chladit, při čemž vzniká vysoké procento emisí skleníkových plynů. Dalším výrazovým prvkem jsou i rozsáhlé parkovací plochy, na jejichž površích je spolu s přilehlými komunikacemi shromažďována celá řada xenobiotik.

Obchodní centra jsou navštěvována v celodenním režimu obvykle od 8:00 do 21:00, přičemž některé provozy situované v jejich interiéru vyžadují přítomnost pracovníků i v dřívějších ranních hodinách. V noci jsou pak veřejnosti obvykle nepřístupná.

Praktický příklad (OC Nový Smíchov, Obchodní zóna Zličín)



Obrázek 48 - Termokamerový snímek se zaměřením na OC Nový Smíchov, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/



Obrázek 49 - Termokamerový snímek se zaměřením na obchodní zónu Zličín, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Snížení emisí skleníkových plynů, redukce množství polutantů i míry hlukového znečištění může být dosaženo podpořením veřejného ekologičtějšího typu dopravy.
- Potenciální venkovní parkovací plochy by měly být v každém případě provedeny z některého typu zatravnovací dlažby, nejlépe ECORASTER, viz *Příloha 1 na str. 99*. Ze satelitních snímků na *Obrázek 49* je patrná zvýšená teplota v rámci rozsáhlých exteriérových parkovacích ploch. Použití asfaltu je v takovém případě paradoxní a úplně zbytečné, neboť se jedná o oblast s vysokým procentem chodců, kde osobní automobily dosahují minimálních rychlostí, při kterých je pohodlnost jízdy povrchem výrazně méně ovlivněna. I přes nižší trvanlivost povrchu patří mezi výhody využití zatravnovacího systému jeho cena, množství zadržené vody v území, snížení celkové okolní teploty, stabilizace polutantů pramenících ze zdejší silniční dopravy i atraktivnější vzhled.
- Dešťová voda zachycená v území by měla být v každém případě svedena do lokální čističky odpadních vod, purifikována a následně za ideální situace akumulována pro pozdější využití v rámci jejího nedostatku nebo pro činnosti, které nezahrnují přímý kontakt s lidskou pokožkou. Nádrže mohou být díky velikosti objektu situovány v podzemním či nadzemním podlaží nebo vně objektu, přičemž jednotlivé varianty mají své benefity i větší či menší nedostatky. V případě usazení nádrže uvnitř objektu bývají často akcentována rizika zahrnující vyplavení objektu, voda je však lépe přístupná, snadněji kontrolovatelná z hlediska své kvality a je možné ušetřit určité množství finančních prostředků za energie spojené se zbytečným přečerpáváním.
- Samotná budova obchodního centra by měla být v každém případě vybavena buď střechou s bílou finální vrstvou nebo střechou vegetační. V této souvislosti závisí především na celkovém využití střechy a místních podmínkách. Pokud se jedná o lokalitu s nízkým ročním úhrnem srážek a nepředpokládá se jakékoli využití střešní plochy vyjma údržbového, efektivnějším se jeví aplikace světlého nátěru. V opačném případě, kdy je uvažováno s komerčním využitím je volba zelené střechy opodstatněná a v průběhu letních měsíců je díky její přítomnosti výrazně redukována potřeba energie na chlazení budovy, což pasivním způsobem vede i ke snížení emisí skleníkových plynů. Praktickým příkladem může být rozdíl mezi

obchodním centrem Nový Smíchov a obchodním areálem Zličín, kdy je ze satelitních snímků termokamer jasně zřejmý rozdíl mezi objektem vybaveným tímto vegetačním zastřešením a objektem zastřešeným klasickým souvrstvím s absencí vegetační pokrývky, který vzhledem k tmavšímu barevnému provedení působí jako jeden z nejkritičtějších bodů v tomto území. Zelené střechy, vyjma jiných již mnohokrát zmíněných benefitů, navíc dále posouvají potenciál chlazení v případě zachycení a akumulace srážkových vod. Taktéž odlehčují atmosférickému znečištění v okolí a dopomáhají k podpoře ptactva a hmyzu.

- Tyto střechy jsou také svou zpravidla vyšší polohou v rámci území i svým plochým charakterem ideální pro instalaci solárních kolektorů či fotovoltaického systému.
- Pro znásobení chladicího efektu je možné využít taktéž možnosti implementace zelených fasád, které mohou aktivně stínit případné prosklené fasádní plochy.
- V případě ozelenění celého objektu je navíc vytvořeno velice příjemné vnitřní prostředí, které pozitivním způsobem povzbuzuje návštěvníky i pracovníky nacházející se v těsné blízkosti nebo uvnitř objektu jako je tomu z evidentních výpovědí první živé výrobní haly na světě společnosti LIKO-Vo v areálu rodinné firmy ve Slavkově u Brna. [55]
- S ohledem na kontext území je možné využít vliv městské brízy, která může z velkého procenta ovlivnit předchlazení objektu a výměnu znečištěného vzduchu.
- Možné je taktéž i využití konceptu nočního větrání, kdy je rozhodující návrh samotné budovy a podíl jejích otevíratelných okenních výplní, resp. zpřístupnitelnost vnitřních prostor čerstvému větracímu vzduchu. Přirozené větrání je často nahrazováno větráním nuceným zajištěným pomocí ventilátorů, což může být při celkové kubatuře budovy energeticky velice náročné. Takové řešení je vzhledem k nadměrným vnitřním ziskům a případným teplotním extrémům možné, doporučuje se však maximálně využít potenciál předvětrání a případného využití nuceného větrání pouze v krajních případech jako typ podpůrné alternativy. Každopádně je však potřeba brát ohled na vyšší koncentrace atmosférických polutantů v okolí budovy vznikajících převážně vlivem frekventované dopravy. Ideálním scénářem by v tomto případě byla kombinace s prvotní aktivací vlivu městské brízy v hodinách minimálního zatížení území dopravou a následného větrání samotné budovy.

- V blízkosti rozsáhlých objektů obchodních center by se měly nacházet vegetační plochy vybavené nejlépe vzrostlou zelení, které mohou působit vyjma ochlazovacích vlivů i jako hluková a prachová bariéra oddělující objekt od silničních komunikací navíc schopna stabilizace množství produkovaných polutantů.
- Pro konsekventní zlepšení emisních poměrů, popř. za předpokladu nedostatku ploch pro výsadbu vegetačních prvků je možné využít konceptu tekutých stromů, které jsou ve zvýšených koncentracích škodlivin díky své účinnosti i odolnosti ideálním řešením.
- Dešťové srážky z území by měly být svedeny do jedné či více dešťových zahrad, popř. sedimentačního rybníku, ten svým výrazem stabilizuje velké procento splachových polutantů a zároveň ochladí a ozvláštří okolní prostředí.
- Barvy povrchů a jejich propustnosti je žádoucí volit s ohledem na kontext budovy, možnosti jejich vychladnutí, orientaci a směru, kterým se z nich odražená složka slunečního záření ubírá apod.

EFektivITA	OBCHODNÍ CENTRA	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
30,6 %	✓	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
46,3 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY
24,8 %	✓	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
30,2 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
30,7 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD
23,5 %	✓	MĚSTSKÁ BRÍZA
25,6 %	✓	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
44,3 %	✓	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
56,5 %	✓	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY
	✗	PRŮLEHY
20,2 %	✓	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
	✗	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
33,7 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
51,1 %	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
26,6 %	✓	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
32,8 %	✓	STÍNÍCÍ PRVKY
26,9 %	✓	TEKUTÉ STROMY
14,3 %	∅	TROMBEHO STĚNA
100,0 %	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓	VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ
	✓	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
27,4 %	✓	VODNÍ PRVKY
42,5 %	✓	ZELENÉ FASÁDY
53,1 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
95,4 %		CELKEM

Tabulka 7 - Znárodnění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivita různých možností řešení v rámci biotopu obchodního centra, zdroj: MS Excel

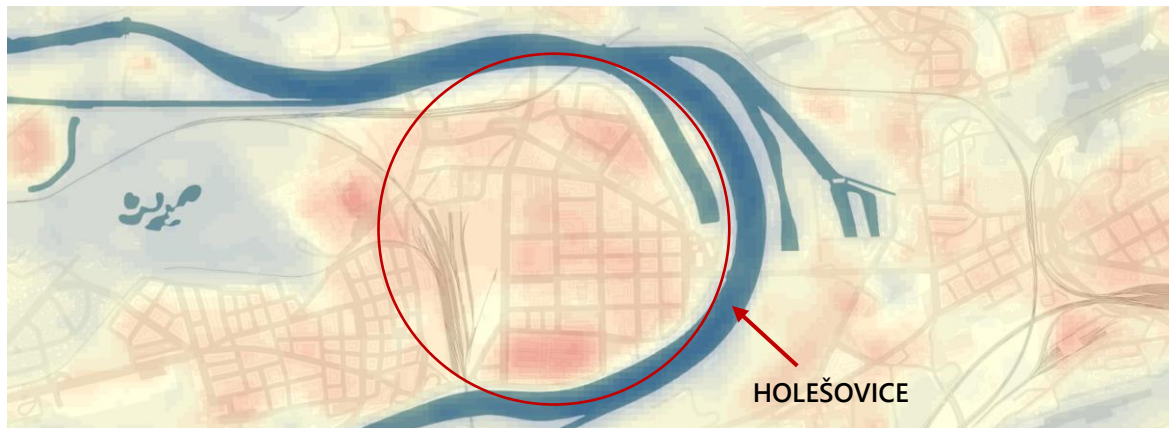
5.2.5 Obytné centrum města

Popis městského biotopu

Biotop obytného centra města je úzce připodobňován ke vzhledu a vlastnostem historického centra města s tím rozdílem, že se typicky jedná o legislativně méně

kontrolované urbanistické soubory nabízející širší míru modifikace, viz kapitola 5.2.3 *Historické centrum města*.

Praktický příklad (zástavba Holešovice)



Obrázek 50 - Termokamerový snímek se zaměřením na obytnou část centra města v Holešovicích, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Pro obytný biotop městského centra platí přibližně stejné návrhy zlepšujících opatření jako pro případ historických center měst, často ovšem nabízí širší škálu využitelných možností řešení.
- Určitá benevolence je v rámci tohoto městského biotopu individuálně projevna v instalaci fotovoltaických a fototermických kolektorů, polopropustných zpevněných ploch, zelených střech a fasád a popř. pokud to okolní prostředí z hlediska dostatku prostoru dovolí i implementaci dešťových zahrad, popř. sedimentačních rybníků.
- Vnitrobloky obytné zástavby zpravidla vykazují nižší kontrolu z hlediska úřadů a často spadají přímo do vlastnictví zdejších nájemníků, proto by měly být v každém případě ozeleněny, aby dokázaly místním obyvatelům poskytnout v průběhu horkých letních měsíců alespoň částečné ochlazení.
- Dle místních poměrů, pokud je to často komplikovanými okolnostmi umožněno, by měly být potenciální volné plochy nacházející se v předprostoru obytných budov upřednostněny pro výsadbu vzrostlé zeleně namísto parkovacích stání, což by mělo být taktéž podpořeno postupným vytlačováním zbytečné osobní dopravy z měst. V souvislosti v tím by měla vzniknout určitá obdoba koeficientu určujícího minimální

podíl zeleně např. v případech rekonstrukce místní podzemní infrastruktury, která bývá často ohrožena kořenovým systémem a tím brání výsadbě stromů. V případě, kdy by se její trasy podařilo v rámci revitalizace odklonit, by mělo být závazné zřízení určitého podílu ploch pro implementaci vzrostlých vegetačních prvků.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	OBYTNÉ CENTRUM MĚSTA	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	✓	30,6 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	46,3 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	✓	24,8 %
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	✓	30,2 %
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	30,7 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	✓	23,5 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	✓	25,6 %
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	✓	44,3 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	✓	56,5 %
PRŮLEHY	✗	
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	✓	20,2 %
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	✗	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	∅	
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	✓	51,1 %
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	✓	26,6 %
STÍNÍCÍ PRVKY	✓	32,8 %
TEKUTÉ STROMY	✓	26,9 %
TROMBEHO STĚNA	✗	
SCHOPNOST FYTOMEDIACE	✓	100,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	✓	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	✓	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	✓	
VODNÍ PRVKY	✓	27,4 %
ZELENÉ FASÁDY	✓	42,5 %
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	✓	53,1 %
CELKEM		90,9 %

Tabulka 8 - Znárodnění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu obytného centra města, zdroj: MS Excel

5.2.6 Letiště

Popis městského biotopu

Efektivní návrh letištních areálů je z hlediska bezpečnosti i hladkého průběhu zdejšího provozu z velké části ovlivněn přísnými regulativy. Je téměř vyloučená implementace vzrostlé zeleně spolu s použitím polopropustných typů částečně zpevněných ploch na ranvejkách. Samotná letadla pak produkují obrovské množství emisí skleníkových plynů a dalších polutantů, a to především při vzletu, kdy je jejich procento zvýšené, neboť musí letadlo nejprve nabrat značnou rychlost a výšku, což je ke vztažené spotřebě paliva mnohem náročnější než případ udržení již stanovené rychlosti samotného letu, principiálně podobně jako je tomu např. při obsluze automobilu. [63]

Důležité je zmínit i hlukové znečištění, které navíc v případě vzdušných dopravních prostředků nenabývá pouze přízemního charakteru, tudíž je v podstatě nemožné ho blokovat pomocí pasivních prvků. Z tohoto i dalších již zmíněných či nezmíněných důvodů jsou letištní areály zpravidla situovány při okrajích metropolí, hlavních i menších měst. Hl. m.

Praha například disponuje ve své periférii celkem čtyřmi letišti (letišťe Václava Havla⁴², letišťe Kbely, letišťe Točná, letišťe Vodochody), přičemž snímky z termokamer v případě těch větších z nich disponujících logicky rozsáhlejšími zpevněnými ranvejemi, naprosto zjevně demonstrují nadměrné hromadění tepelné energie v masách a površích o vysokém akumulačním potenciálu.

Dalším problémem je samotná letišťní hala, která může být svým výrazem připodobněna např. k obchodnímu nebo sportovnímu centru, popř. logistické hale. Její obrovská kubatura vyžaduje chlazení především díky nadměrným vnitřním ziskům a v průběhu zvýšených teplot v letních měsících a je využívána v různých zastoupení koncentrace lidí v podstatě v nepřetržitém režimu.

Praktický příklad (letišťe Václava Havla)



Obrázek 51 - Termokamerový snímek se zaměřením na Letišťe Václava Havla, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Odvod dešťové vody z rozsáhlých zpevněných ploch by měl být alespoň minimální měrou směřován do drobnějších nebo rozsáhlejších dešťových zahrad, popř. sedimentačních rybníků, které mohou efektivním způsobem stabilizovat celou řadu kumulujících se polutantů.
- V tomto případě je možná implementace tzv. liquid trees, jejichž nasazení by znamenalo zachycení značné části produkovaných skleníkových plynů.

⁴² V rámci letišťe Václava Havla se nachází nejrozsáhlejší zpevněná plocha v České republice.

- Efektivní redukci polutantů hromaděných při povrchích vzletových a přistávacích drah by napomohlo jejich frekventované čištění metacími vozy (popř. v kombinaci s méně účinnými kropicími vozy v průběhu letních teplotních extrémů).
- Vzhledem k plochému charakteru území obklopeného zpravidla zelení je ke zvážení i varianta volby světlejších povrchů zpevněných ploch a ranvejí, které ovšem v žádném případě nesmí ohrozit bezpečnost a vizuální pohodu letců, nesmí tudíž dojít k oslnění, odleskům nebo zapříčinění slzení očí.
- Okrajová poloha význačná dostatkem prostoru zároveň umožňuje zřízení určitého typu podzemních retenčních nádrží, které by schraňovaly vodu po její předchozí purifikaci v lokální čističce dešťových vod. Nashromážděné objemy by byly posléze využity k zásobování splachování WC, mytí letounů nebo závlaze okolní zeleně obzvláště v průběhu teplotních extrémů a v době nedostatečných srážek. Letištní hala by měla disponovat vlastní oddílnou kanalizační sítí ústící do lokální separátní čističky dešťových a splaškových vod, neboť se zpravidla jedná o částečně odříznuté území zpravidla v rámci periferie města, tudíž by případné kanalizační vedení na dlouhé vzdálenosti nebylo ekonomicky efektivní. Případné objemy vody nezachycené zelenými plochami v okolí vzletových drah by pak měly být taktéž dočištěny v lokální čističce dešťových vod, neboť se jedná o výrazně kontaminovanou vodu.
- Letištní hala by měla disponovat vlastní oddílnou kanalizační sítí ústící do lokální separátní čističky dešťových a splaškových vod, neboť se zpravidla jedná o částečně odříznuté území situované v rámci periferie města, tudíž by případné kanalizační vedení na dlouhé vzdálenosti nebylo ekonomicky efektivní. Případné objemy vody nezachycené zelenými plochami v okolí vzletových drah by pak měly být taktéž dočištěny v lokální čističce dešťových vod, neboť se jedná o výrazně kontaminovanou vodu.
- Budova letištní haly by měla disponovat buď střechou s bílou finální vrstvou nebo zelenou vegetační střechou. Ta by spolu se zelenou fasádou výrazně snížila náročnost budovy na chlazení, zároveň by toto řešení dopomohlo aktivnímu zachytávání určitého množství vodních srážek a polutantů rozptýlených v atmosféře.
- Rozsáhlé plochy letištní haly nebo přilehlé plochy mohou být osazeny solárními kolektory pro přípravu teplé vody nebo fotovoltaickými systémy pro produkci

elektrické energie. Ta posléze skýtá možnost lokálního využití v celé řadě procesů od osvětlení a činnosti elektroniky až po zásobování elektrobusů energií, které by mohly nahradit klasické autobusy fungující na principu spalovacího motoru produkujícího emise CO₂. Takový koncept by aktivně a zároveň lokálně řešil redukci těchto skleníkových plynů.

- Rozsáhlé jižní prosklené fasády je nutné aktivně ochránit proti nadměrným solárním ziskům s možností využití řady stínících prvků, z nichž se zeLENĚ jeví nejefektivnějším a nejatraktivnějším způsobem.
- Příhodnou polohu blízko rozsáhlých lesních a vegetačních oblastí je možné využít taktě k nočnímu větrání.

EFektivITA	LETIŠTĚ	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
30,6 %	✓	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
47,0 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY
24,8 %	✓	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
30,2 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
30,7 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD
	X	MĚSTSKÁ BRIZA
	X	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
44,3 %	✓	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
	X	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY
	X	PRŮLEHY
20,2 %	✓	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
	X	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
33,7 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
51,1 %	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
26,6 %	✓	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
32,8 %	✓	STÍNÍCÍ PRVKY
26,9 %	✓	TEKUTÉ STROMY
	Ø	TROMBEHO STĚNA
	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓	VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ
	✓	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
27,4 %	✓	VODNÍ PRVKY
42,5 %	✓	ZELENÉ FASÁDY
53,1 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
		CELKEM
		81,6 %

Tabulka 9 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu letiště, zdroj: MS Excel

5.2.7 Logistické haly

Popis městského biotopu

Pravděpodobně jeden z nejzávažnějších biotopů spojených s nadměrným přehříváním, které doslova křičí z každého snímku teplotní mapy pořízeného během horkého letního dne vykazují obrovské objekty logistických hal situovaných nejčastěji v periferiích měst. Tato skutečnost je do jisté míry podpořena právě tím, že okolní prostředí takových objektů velmi často nabývá čistě přírodního prostředí, které by ve své podstatě mělo vliv takové budovy minimalizovat. Oproti tomu ovšem paradoxně v území vytváří závažný problém a až alarmující nerovnováhu v rámci teplotních poměrů. Nadměrné zahřívání je výsledkem

barevného řešení, nepropustnosti a celistvosti svrchní vrstvy povrchu, jež zaujímá obrovskou plochu vykazující vysoký tepelně akumulací potenciál.

Problémy nabývají ještě kritičtějších rozměrů ve chvíli, kdy jsou dešťové vody zachytávaných na obrovských plochách střech svedeny do dešťové kanalizace, což zpravidla nebývá standardním řešením, na druhou stranu je možné se s ním i v dnešní době poměrně běžně setkat.

Pochopitelně není tento „městský“ biotop ušetřen ani vlivu zvýšených koncentrací skleníkových plynů a prašnosti, neboť se zpravidla jedná o dopravně vytíženou oblast v území, do které proudí velké množství nákladních vozidel navíc ve většině případů plně naložených. Logistické haly mohou být taktéž spojeny s výrobou, která může ve výsledku znásobit efekt znečištění.

Praktický příklad (logistické centrum Modletice nedaleko Prahy)



Obrázek 52 - Termokamerový snímek se zaměřením na areál logistických hal Modletice, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Z hlediska typické příměstské lokality je většinou žádoucí využít vliv městské brízy, která často díky své poloze v případě areálů logistických hal působí zcela automaticky a jejímu vlivu obvykle nebrání žádná výraznější překážka. Příhodné je též využití potenciálu nočního předvětrání samotných objektů logistických hal.
- Samozřejmým benefitem je přítomnost a další podpoření výsadby vzrostlých vegetačních prvků, které zvyšují chladičí účinek v území, snižují procento emisí skleníkových plynů i prašnosti a stabilizují množství polutantů.

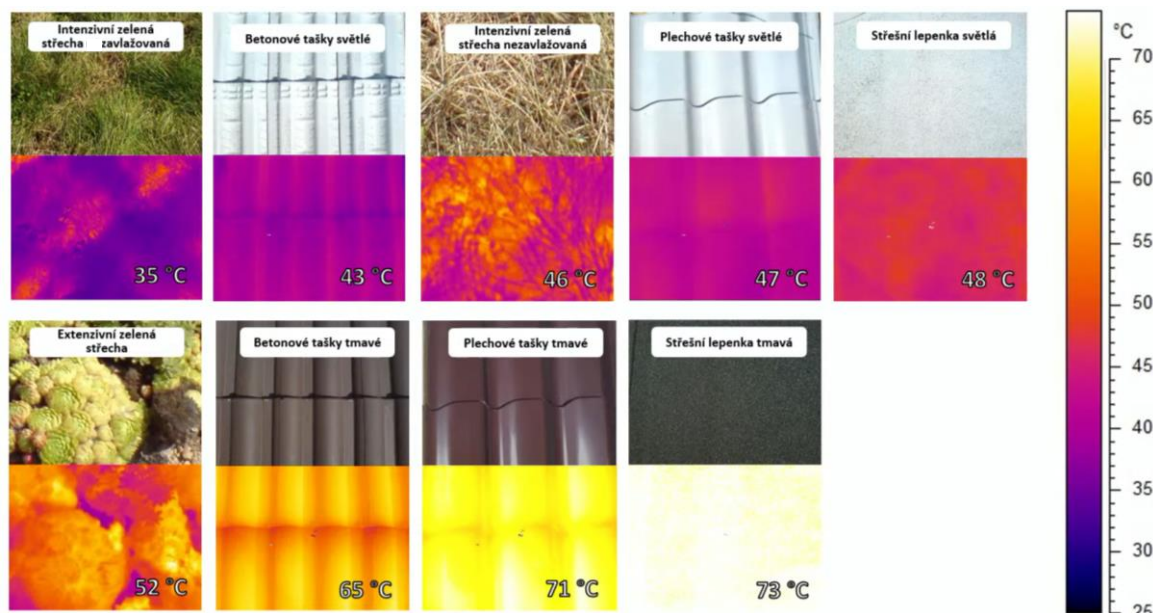
- Střecha objektu by měla být nejlépe tvořena finální vrstvou v bílém barevném provedení, vzhledem k charakteru využití, jenž v drtivé většině případů nabývá pouze údržbové podoby a taktéž faktu, že tyto haly většinou ve svém interiéru nevyžadují v souvislosti s nižší obsazeností výrazné nároky na chlazení. Bílé provedení je tudíž ideálním přístupem, jak minimalizovat vliv tepelného záření.
- V opačných odůvodněných případech je možné zřídít i střechu vegetační taktéž v kombinaci se zelenou fasádou, která přináší ve své podstatě další nezpochybnitelné benefity, kterými je například akumulace velkého množství vody, zamezení šíření atmosférických polutantů, filtrace srážkových vod nebo podpoření místního ekosystému.
- Rozsáhlé střešní konstrukce je možné taktéž osadit značně velkými plochami fotovoltaických, popř. fototermických kolektorů, jež by posléze výhodným způsobem umožnily ušetření půdního fondu v jiných oblastech, kde jsou tyto elektrárny zasazeny čistě na terén. Výhodného charakteru by nabývala tato skutečnost i v souvislosti s ostrahou samotných panelů, neboť v rámci logistických areálů by bylo případné zcizení o poznání komplikovanější.
- Je žádoucí vyvarovat se příliš rozměrným zpevněným plochám a pokud možno využít některého z typu polopropustných zatravnovacích systémů, neboť ne vždy je potřeba stoprocentně celistvého povrchu.
- Naprostou samozřejmostí by měla být implementace hned několika akumulačních nebo retenčních nádrží kapacitně navržených na maximální dešťové zatížení. Případné odtoky tak obrovských objemů dešťové vody z území směrem do kanalizace jsou totiž nemyslitelné.
- V rámci střešní krytiny by se mělo uvažovat s nezávadnými nátěry, po jejichž kontaktu s vodou by nemělo dojít ke kontaminaci, neboť by takové řešení výrazně snížilo nároky na dočištění objemů těchto vod. V případě splachu dešťové vody z přilehlých zpevněných ploch by měl být odtok zaústěn do lokální čističky dešťových vod, neboť místní doprava je zpravidla zdrojem značného znečištění. Eventualitou ještě o poznání efektivnějšího návrhu by mohlo být svedení tohoto množství vody do sedimentačního rybníku či dešťových zahrad.
- Případně je možné využít i benefity zametacích vozů, které taktéž uleví této zájmové oblasti od značného procenta polutantů.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	LOGISTICKÉ HALY	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	✓	30,6 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	47,0 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	✓	24,8 %
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	✓	30,2 %
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	30,7 %
MĚSTSKÁ BRIZA	✓	23,5 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	✓	25,6 %
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	✓	44,3 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	✓	56,5 %
PRŮLEHY	X	
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	✓	20,2 %
SĚBNÉ SUDY A BARELY	X	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	✓	33,7 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	X	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	✓	26,6 %
STÍNÍCÍ PRVKY	X	
TEKUTÉ STROMY	X	
TROMBEHO STĚNA	X	
VÝSADBA STROMŮ		
SCHOPNOST FYTOREMEDIACE	✓	100,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	✓	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	✓	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	✓	
VODNÍ PRVKY	✓	27,4 %
ZELENÉ FASÁDY	✓	42,5 %
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	✓	53,1 %
CELKEM		80,9 %

Tabulka 10 - - Znárodnění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu logistických hal, zdroj: MS Excel

Praktický (demonstrativní) příklad:

V souvislosti s charakterem, kterého nabývá nejzávažnější problém spojený s biotopem logistických hal v podobě obrovských střešních ploch je příhodné zmínit, jakým způsobem je možné ovlivnit výslednou teplotu takové střechy při použití různých materiálů o různých barevných provedeních, popř. uplatněním vegetačních souvrství.



Obrázek 53 - Průměrný tepelný vliv vybraných typů střešních krytin, zdroj: [64]

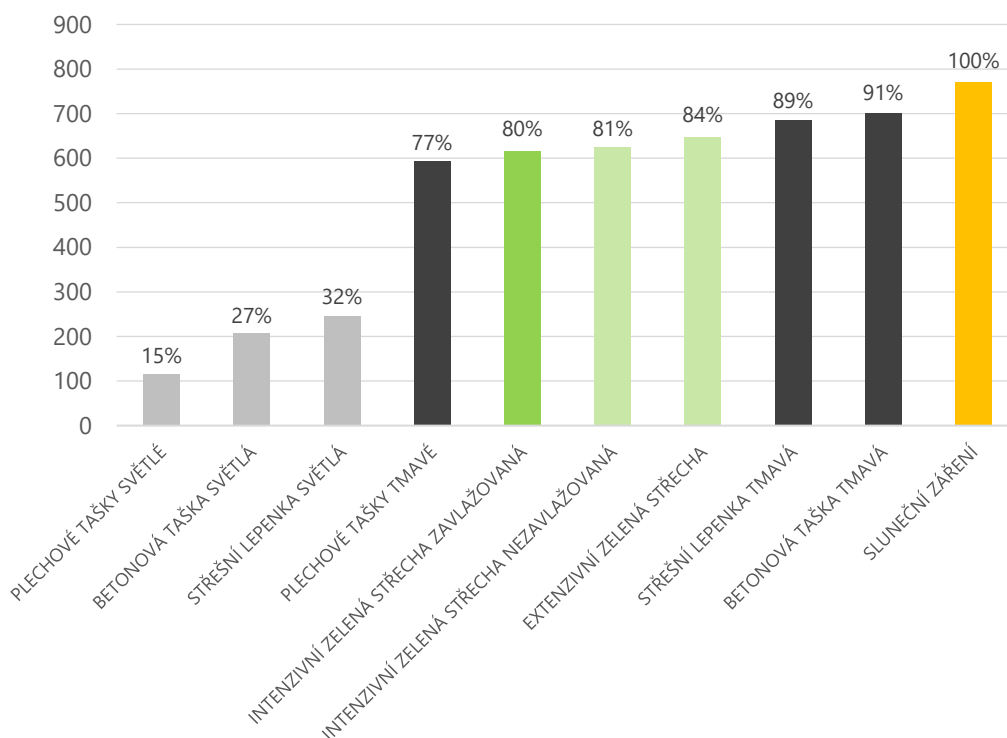
V případě aplikace různých barevných provedení je už dle shrnutých informací logické, že střechy světlejších odstínů obsadí příhodnější přičky ve finálním měření teploty povrchu ve

vztahu k problematice tepelných ostrovů. V souvislosti s experimentálním měřením v průběhu typického letního dne roku 2022, jehož maxima teplot vzduchu dosahovaly hodnot přibližně 32 °C, bylo podrobena zkoušce několik záměrně diametrálně odlišných barev a typů materiálů, jež jsou v rámci České republiky hojně využívány. Nejlépe se umístily betonové bílé tašky, a to na hodnotě povrchu 43 °C, přičemž rozdíl mezi jejich světlým a tmavým provedením bylo celých 22 °C. Plechové tašky se v porovnání prokázaly jako mírně rozpálenější s teplotou světlého povrchu 47 °C, jejich tmavá podoba pak nabývala 71 °C. Vůbec nejhůře se umístil střešní systém s finální vrstvou tmavé lepenky, který oproti své světlé variantě dosahující 48 °C vyšplhal na alarmujících 73 °C!

S trochou nadsázky je možné konstatovat, že světlé odstíny střešních krytin mohou v globálním měřítku působit obdobně jako sněhová pokrývka a aktivně odrážet značnou část tepelného záření zpět do vesmíru. Oproti tomu tmavé provedení odstínu střechy vykazuje opačný efekt, kdy je tepelné záření nadměrně akumulováno v rámci povrchů a již nedochází k jeho aktivnímu odbourávání. Nynější trendy trhu jasně demonstrují tmavé povrchy jako o poznání atraktivnější, jejich použití ovšem v současnosti z globálního hlediska velice nevhodné. [64]

Z hlediska implementace zelené vegetační střechy je důležité akcentovat rozdíl ve využití extenzivního a intenzivního typu zeleně. Obecně platí, že intenzivní zelené střechy jsou z hlediska chladicí funkce nejpříznivější a dosahují v porovnání s druhou nejefektivnější variantou světlých betonových tašek až o 8 °C nižších teplot. Tento rozdíl je ovšem podmíněn výměnou za nutnost aktivního zalévání, která je průměrně stanovena zhruba okolo 3,5 l/m²/den. [64] Pokud by byla taková střecha ponechána bez zálivky, dosáhla by teploty přibližně 46 °C, čímž se dostáváme k poslednímu typu extenzivních vegetačních střech dosahujících poměrně paradoxních výsledných hodnot. Rostliny na nich vysazované jsou zpravidla uzpůsobeny pro přežití v rámci nadměrných teplot a nepříznivých podnebných podmínek. Typicky se jedná např. o rozchodníky, které v průběhu horkých letních dnů⁴³ zavírají své průduchy, čímž aktivně blokují výpar vody ze svých povrchů, a tím pádem nedochází k chladicímu účinku. Jejich celkové umístění dosahující teploty přibližně 52 °C se tedy jeví negativněji než všechny světlé zmíněné povrchy s absencí vegetačních prvků.

⁴³ Jejich funkce je připodobňována např. ke kaktusům.



Graf 11 - Grafické znázornění absorpce slunečního záření pro vybrané materiály (W/m^2), zdroj: [64]

5.2.8 Předměstí

Popis městského biotopu

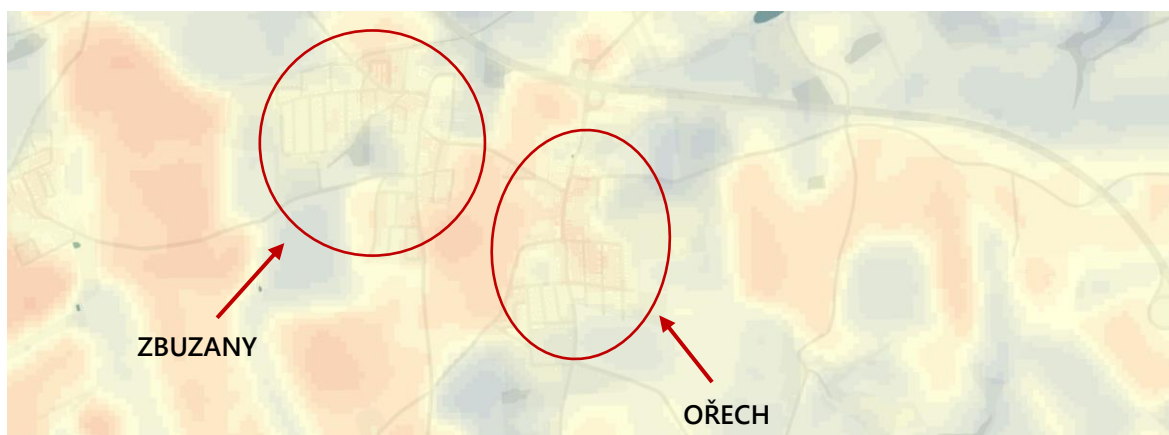
Předměstí a periferie velkých měst jsou velice důležitým územím, který skýtá obrovský potenciál budoucích úspor takřka ve všech bodech zájmu této diplomové práce. Svým charakterem se jedná o částečně nebo naprosto minimálně urbanizovaná území, která se dle predikcí stanou v blízkém časovém horizontu dějištěm masivního rozmachu měst.

Dle nejpravděpodobnějšího podloženého scénáře v rámci informací shrnutých v kapitole 2.2 *Tepelný ostrov v souvislosti s globálním oteplováním* se do roku 2030 předpokládá 30% nárůst obyvatel měst v rámci vyspělých států. V případě zemí třetího světa nabývá hodnota přibližně 10 %. Je důležité si uvědomit hodnotu této alarmující skutečnosti, která může být zcela či ve větší nebo menší míře pravdivá, v kontextu s globálními změnami a chopit se tudíž jedinečné příležitosti ke značnému potlačení vlivu rozmáhajících se tepelných ostrovů, nesprávného hospodaření s dešťovou vodou a nadměrné produkci emisí a množství skleníkových plynů, neboť právě tyto faktory určují v lokálním i globálním měřítku výslednou životní úroveň současné i dalších budoucích generací. Příkladem, promyšleným a

efektivním návrhem lze dosáhnout obrovských úspor energií, vodních zdrojů i finančních prostředků vynaložených na provoz.

Charakter předměstských částí může nabývat podoby zahrnující bydlení v rodinných i bytových domech, přičemž návrh zlepšujících opatření popsany v následujících odstavcích je v obou případech do určité míry totožný a zabývá se výčtem použití možných strategií v již vzniklém biotopu předměstského typu zahrnujícího bydlení v rodinných domech. V případě návrhu zcela nového příměstského území je zapotřebí se snažit maximálně využít veškeré informace shrnuté v celém obsahu této diplomové práce.

Praktický příklad (Jihozápadní město – Ořech, Zbuzany)



Obrázek 54 - Termokamerový snímek se zaměřením na předměstskou část Zbuzany a Ořech, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- V územích předměstských částí je v dnešní době zcela běžné vlastnit jeden či více automobilů pro pohodlný transport mezi jednotlivými obytnými body zájmu. Taková skutečnost může být ovšem do určité míry minimalizována výrazným podpořením frekvence i objemu veřejné hromadné dopravy, její prioritizace v rámci silničních komunikací a zvýhodnění cenového faktoru.
- Určitých, v porovnání např. se sportovními halami, obchodními centry nebo administrativními komplexy, ovšem ne až tak výrazných, úspor lze taktéž dosáhnout i při použití zelených vegetačních střech, kdy výsledné benefity nabývají převážně hydrogeologického charakteru. Při současné implementaci zelených fasád je navíc možné dosáhnout velmi příjemného a zdravého vnitřního prostředí.

- V rámci zachování zdravé úrovně hladiny podzemní vody je žádoucí maximálně potlačit procento nepropustných zpevněných ploch (např. systémem zpevněné plochy ECORASTER, viz *Příloha 1 na str. 99*) a případný nezachycený odtok dešťových srážek akumulovat ve sběrných barelech či sudech nebo lépe v retenčních či akumulačních nádržích. V rámci zástavby rodinných domů vedou nashromážděné nadbytky vody k výrazným úsporám v rámci její spotřeby.
- Výrazně pozitivní vliv na řešení problému s nadměrným odtokem srážek z území a znečištěním pramenícím z převážně ze silniční dopravy může mít i implementace dešťových zahrad, sedimentačních rybníků, popř. průlehub s vegetačními prvky, čemuž napomáhá přírodní prostředí a dostatek prostoru včetně místního reliéfu krajiny.
- Objekty pro bydlení vykazují taktéž možnost osazení jejich střech solárními kolektory a fotovoltaickými systémy, čímž se výrazně snižuje poptávka po energii dodávané ze sítě.
- Volbou vhodného tepelně akumulačního materiálu a správné barvy střešních krytin může dojít k výraznému snížení míry vlivu tepelného ostrova. Při pohledu na celkovou plochu střech v globálním měřítku je jasné, že by vybavení jejich finální vrstvy světlým nátěrem jistě nabylo výrazného vlivu v celkové problematice globálního oteplování. S trochou nadsázky je možné tvrdit, že by do jisté míry, co se jejich odrazivé funkce v souvislosti se slunečním zářením týká, mohly substituovat i rozsáhlé tající ledové plochy ochlazující naši planetu. Černé střechy naopak podporují globální oteplování tím, jak pohlcují většinu tepelného záření a zvyšují tak teplotu celé planety, tudíž je jejich návrh nežádoucí.
- Některé novější realizace, které je zatím v současné době možné na území České republiky spočítat na prstech jedné ruky, pracují s konceptem tzv. Trombeho stěny. V principu by mělo toto řešení uspořit až polovinu nákladů na energie potřebných k vytápění, alespoň je tomu tak u exemplářů situovaných na jihu Francie. Na našem území ovšem zatím přesnější dlouhodobé statistiky chybí, proto nabývá tento bod spíše informativního charakteru.

EFektivITA	PŘEDMĚSTÍ	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
	0	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
47,0 %	✓	DĚŠŤOVÉ ZAHRADY
24,8 %	✓	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
	0	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
32,2 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DĚŠŤOVÝCH VOD
	x	MĚSTSKÁ BRÍZA
25,6 %	✓	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
	0	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
56,5 %	✓	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY
13,7 %	✓	PRŮLEHY
20,2 %	✓	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
7,4 %	✓	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
33,7 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
51,1 %	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
26,6 %	✓	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
31,3 %	✓	STÍNÍCÍ PRVKY
	x	TEKUTÉ STROMY
12,0 %	✓	TROMBEHO STĚNA
	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	0	VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ
100,0 %	✓	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
	✓	VODNÍ PRVKY
27,4 %	✓	ZELENÉ FASÁDY
42,5 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
53,1 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
79,4%		CELKEM

Tabulka 11 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu předměstí, zdroj: MS Excel

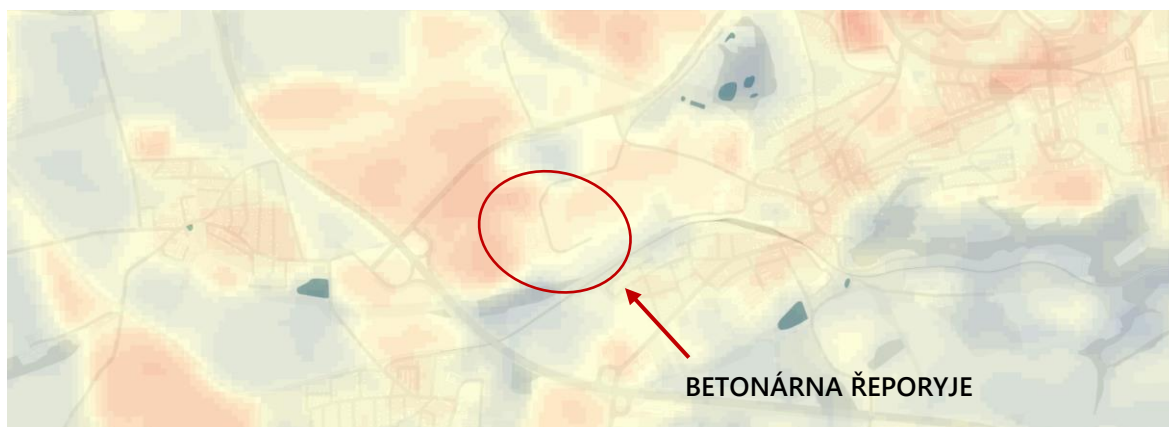
5.2.9 Průmyslové provozy

Popis městského biotopu

Základní průmyslové provozy obecně rozdělujeme na typ strojírenství, stavebnictví, zpracovatelský průmysl, energetiku, těžbu a recyklaci a skladování odpadů. Návrh možných řešení je v tomto případě ve vztahu k problematice tepelných ostrovů úzce spjat s konkrétním typem průmyslu a požadavky na okolní vybavenost (zpevněné plochy, velikost a provedení odbytové haly apod.) a pro nalezení nejefektivnější možné varianty pro nápravu území je tedy v porovnání s ostatními městskými biotopy nutný individuální přístup a bližší detailnější analýza.

Situace je na druhé straně o poznání jasnější, pokud jde o hydrogeologické a emisní poměry v území, neboť jsou průmyslové provozy zpravidla velkými producenty různých typů polutantů, skleníkových plynů a prašnosti.

Praktický příklad (Betonárna Řeporyje)



Obrázek 55 - Termokamerový snímek se zaměřením na průmyslový provoz betonárny Řeporyje, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Z hlediska typu průmyslového areálu je nutné dbát převážně na minimalizaci produkce a šíření škodlivin uvolňovaných z aplikovaných technologických procesů v rámci příslušného průmyslového provozu.
 - **Potravinářský průmysl** může být kupříkladu velkým producentem olejů a tuků, jejichž případný únik může způsobit obrovské problémy, jež mají za následek ucpání kanalizační sítě nebo znehodnocení kvality vodních recipientů. Další nebezpečnou složkou jsou organické (zbytky potravin) nebo různé chemické látky (pesticidy, herbicidy, hnojiva, konzervanty).
 - **Strojírenský průmysl** obvykle produkuje zvýšená množství oxidů dusíku, oxidů síry, které jsou spojeny se vznikem kyselých dešťů, těžkých kovů (převážně Pb, Hg, Cd a další) a různé emise uvolňované do ovzduší (prach, popílek a další nečistoty). Důležité je tedy dbát mimo snah o minimalizaci produkce taktéž na účinné filtry a řádnou očistu před vypuštěním do okolního prostředí.
 - **Stavební průmysl** je jedním z hlavních zdrojů znečištění prachovými částicemi, jehož produkce je úzce spjata s řadou nevyhnutelných procesů v rámci výroby a zpracování stavebních materiálů. Dalšími příklady jsou atmosférické škodliviny (oxidy dusíku NO_x, oxidy uhlíku CO_x a další), sedimenty, kovy, nebo organické sloučeniny vypouštěné v rámci produkovaných odpadních vod a

v neposlední řadě je nutné zmínit i hlukové zatížení, jež zpravidla vyčleňuje tento typ průmyslu směrem ven z urbanizovaných území.

- Průmysl zahrnující **recyklaci a skladování odpadů** je řazen mezi jeden z nejnebezpečnějších zdrojů znečištění, neboť svou podobou může obsahovat v podstatě všechny typy xenobiotik. Spadá sem znečištění oxidy dusíku (NO_x), oxidy síry (SO_x) z hoření paliv, výfukovými plyny, výpary z chemických procesů taktéž těžkými kovy, aromatickými uhlovodíky (PAH) organickými rozpouštědly, pesticidy a dalšími nebezpečnými látkami uvolňovanými při zpracování odpadů. Výjimkou není ani zápach a hlukové znečištění.
- V každém případě by měla být výpusťka kanalizační sítě z každého takového jednotlivého provozu napojena na lokální čističku průmyslových vod s filtry a purifikačními technologiemi účinnými pro daný typ produkovaného znečištění, přičemž by výsledná kvalita vody vypouštěná do vodních recipientů měla být několikrát přísně kontrolována. Tokikace vod může totiž vést z fatálním škodám na příslušném ekosystému a masivnímu úhynu jeho organismů.

EFEKTIVITA	PRŮMYSLOVÉ PROVOZY	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
30,6 %	✓	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
47,0 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY
24,8 %	✓	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
30,2 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
32,2 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD
	x	MĚSTSKÁ BRÍZA
	∅	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
	∅	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
56,5 %	✓	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY
13,7 %	✓	PRŮLEHY
20,2 %	✓	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
	x	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
33,7 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
	x	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
26,6 %	✓	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
	∅	STÍNÍCÍ PRVKY
26,9 %	✓	TEKUTÉ STROMY
	x	TROMBEHO STĚNA
100,0 %	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓	VEGETAČNÍ OCHLazenÍ
	✓	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
27,4 %	✓	VODNÍ PRVKY
42,5 %	✓	ZELENÉ FASÁDY
53,1 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
	74,2 %	CELKEM

Tabulka 12 - Znáznornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu průmyslových provozů, zdroj: MS Excel

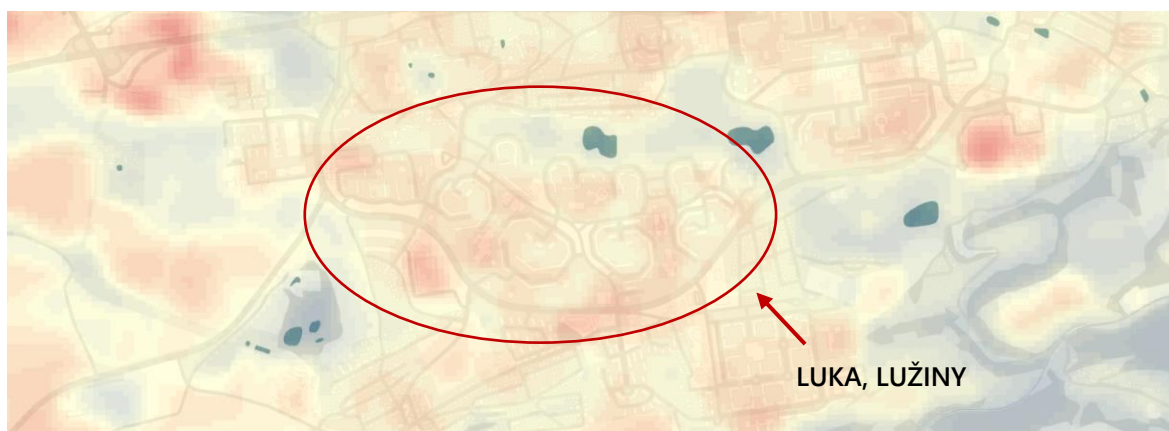
5.2.10 Sídlištní zástavba

Popis městského biotopu

Sídlištní zástavba závažností svého vlivu zpravidla spadá mezi biotopy centra města a předměstí, přičemž se v případě hl. m. Prahy většinou jedná o jednoduché objekty situované v rámci panelových sídlišť. Obvykle jsou jejich struktury doplněny značnými plochami parků a zeleně, popř. i solitérními či celými soubory vodních ploch, tudíž zde nedochází ke kritickému přehřívání. Jednoduchost a zpátečnické způsoby řešení založené na co nejnižších pořizovacích nákladech a rychlosti výstavby z minulosti ovšem nabízí velký prostor pro zdokonalení.

V současnosti je možné sledovat rozmach v souvislosti s masivním zateplováním těchto obytných souborů, za účelem snížení potřeby na vytápění, resp. chlazení, který je dotován ze státního rozpočtu.

Praktický příklad (Jihozápadní město – Luka, Lužiny)



Obrázek 56 – Termokamerový snímek se zaměřením na sídlištní oblast Luka, Lužiny, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Střecha objektu by měla disponovat finální vrstvou v bílém barevném provedení, vzhledem k charakteru využití, jenž v drtivé většině případů nabývá pouze údržbové podoby a taktéž faktu, že panelové bytové domy většinou ve svém interiéru nevyžadují v souvislosti s nižší obsazeností až tak výrazné nároky na chlazení. Bílé provedení je tudíž ideálním přístupem, jak minimalizovat vliv tepelného záření.

- V opačných odůvodněných případech je možné zřídít i střechu vegetační taktéž v kombinaci se zelenou fasádou, která přináší ve své podstatě další nezpochybnitelné benefity, kterými je například akumulace velkého množství vody, zamezení šíření atmosférických polutantů, filtrace srážkových vod nebo podpoření místního ekosystému.
- Střechy objektů taktéž často nabízí možnost implementace fotovoltaických či fototermických kolektorů, které vedou ke značným úsporám v rámci spotřeby. Především v souvislosti se stále se zdražujícími energiemi se jedná o jeden z potenciálně možných přístupů do budoucna.
- Obvyklým řešením je okamžitý odvod dešťové vody do stokové kanalizační sítě, čímž je krajina připravena o významné procento vodního objemu. Instalaci akumulačních či retenčních nádrží je přitom s vynaložením určitých finančních prostředků zpravidla možné provést bez velkých obtíží a skýtá velký potenciál jak finančních, tak hydrogeologických úspor.
- Dalšímu znásobení úspor vody by dopomohlo využití polopropustných vegetačních chodníků v širší míře všude tam, kde je pohyb obyvatelstva snížený.
- Implementace vodních prvků v podobě vodních ploch je příhodná zejména pro stabilizaci prašnosti a zatraktivnění území. Obdobnou možností řešení dalších typů polutantů zachytávaných v rámci rozsáhlejších zpevněných oblastí je i vybudování sedimentačního rybníku nebo dešťové zahrady.

EFEKTIVITA	SÍDLIŠTNÍ ZÁSTAVBA	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	
30,6 %	✓	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	
47,0 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY	
24,8 %	✓	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	
30,2 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	
	∅	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	
	∅	MĚSTSKÁ BRÍZA	
25,6 %	✓	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	
45,0 %	✓	NOČNÍ VĚTRÁNÍ	
56,5 %	✓	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	
13,7 %	✓	PRŮLEHY	
20,2 %	✓	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	
	∅	SBĚRNÉ SUDY A BARELY	
33,7 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	
51,1 %	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	
26,6 %	✓	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	
30,5 %	✓	STÍNÍCÍ PRVKY	
	∅	TEKUTÉ STROMY	
10,6 %	✓	TROMBEHO STĚNA	
	✓	VÝSADBA STROMŮ	
	✓		SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓		VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ
100,0 %	∅		SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	
27,4 %	✓	VODNÍ PRVKY	
42,5 %	✓	ZELENÉ FASÁDY	
53,1 %	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	
		CELKEM	
		84,3 %	

Tabulka 13 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu sídlíštní zástavby, zdroj: MS Excel

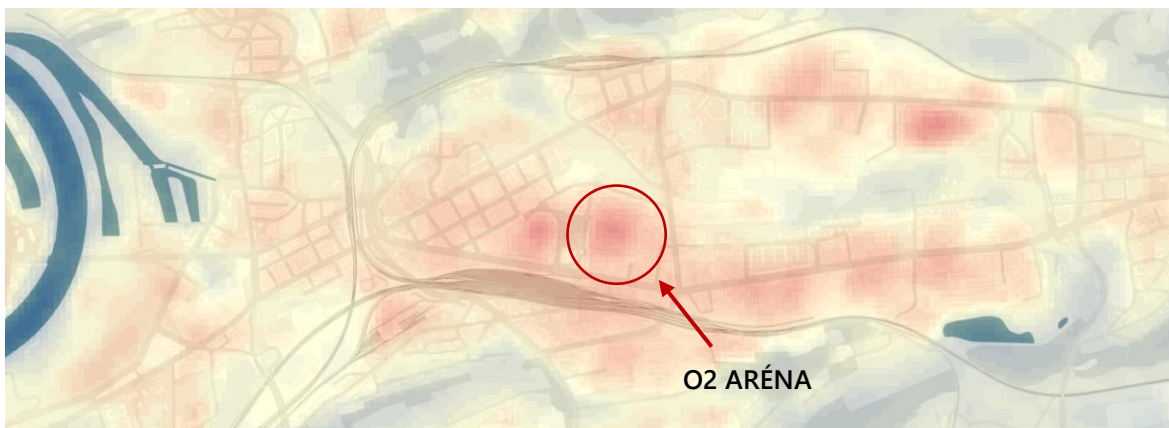
5.2.11 Sportovní centra

Popis městského biotopu

Biotop sportovního centra je ve své podstatě nepříliš rozmanitý prostor disponující zejména dominantou v podobě sportovního objektu, dostatečně rozsáhlé rozptylové plochy a případnými přidruženými parkovišti.

Pro správné naplnění účelnosti je nezbytné, aby byla lokalita velmi dobře přístupná, což indikuje mimo osobní dopravu přítomnost i několika dalších typů městské hromadné dopravy a tím i velkou zatíženost škodlivinami. Samotná hala sportovního objektu je využívána nárazově obvykle v průběhu odpoledních až večerních hodin a při své plně obsazenosti je přilehlá oblast postihnuta značným hlukovým zatížením.

Praktický příklad (O2 aréna)



Obrázek 57 - Termokamerový snímek se zaměřením na sportovní centrum O2 arény, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teploata/

Návrh zlepšujících opatření

- V případě sportovních center je často problém s rozsáhlou rozptylovou plochou situovanou v předprostoru hlavního vchodu do objektu, jejíž charakter by mohl být do určité míry připodobněn k plochám náměstí. Její plocha vychází z dimenzí popsaných požadavky pro extrémní nárazové využití z hlediska koncentrace návštěvníků. Její povrch by vzhledem k zpravidla pěšímu využití neměl nabývat celistvého nepropustného charakteru, naopak by mělo v jeho rámci dojít k provzdušnění a ozelenění za účelem výrazného snížení míry tepelného ostrova a

tím i okolní teploty. Do hry ovšem v takovém případě vstupuje i faktor následného čištění, který může být vzhledem k nečistotnosti povrchu obtížný.

- Je žádoucí ozelenit okolí sportovního objektu a vybavit jeho plochy prvky vzrostlé zeleně, jež mohou působit vyjma ochlazovacího efektu i jako hluková a prachová bariéra oddělující objekt od silničních komunikací, navíc stabilizující množství produkovaných polutantů.
- Snížení emisí skleníkových plynů, množství polutantů i míry hlukového znečištění může být dosaženo podpořením veřejného ekologičtějšího typu dopravy, neboť využití osobní dopravy v souvislosti s dosažením sportovních center není esenciální a s přihlédnutím k emisní problematice ani žádoucí.
- Samotný objekt sportovního centra by měl být v každém případě vybaven buď střechou s bílou finální vrstvou nebo střechou vegetační. V této souvislosti závisí především na celkovém využití střechy a místních podmínkách. Pokud se jedná o lokalitu s nízkým ročním úhrnem srážek a nepředpokládá se jakékoli využití střešní plochy vyjma údržbového, efektivnější se jeví aplikace světlého nátěru. V opačném případě, kdy je uvažováno s komerčním využitím střechy je volba zelené střechy opodstatněná v průběhu letních měsíců je díky její funkci výrazně redukována potřeba energie na chlazení budovy, což pasivním způsobem vede i ke snížení emisí skleníkových plynů. Zelené střechy, vyjma jiných již mnohokrát zmíněných benefitů, navíc dále posouvají potenciál chlazení v případě zachycení a akumulace srážkových vod. Taktéž odlehčují atmosférickému znečištění v okolí a dopomáhají k podpoře ptactva a hmyzu
- Tyto střechy jsou také svou zpravidla vyšší polohou v rámci území i svým plochým charakterem ideální pro instalaci solárních kolektorů či fotovoltaického systému, je ovšem nutné dbát aspektu zvýšených požadavků v souvislosti s aditivním zatížením nosné konstrukce.
- Dešťová voda zachycená v rámci střechy objektu by neměla být finální obarvenou vrstvou kontaminována a tím pádem je předpokládáno nižšího objemu vody nutné k purifikaci. Dešťová voda svedená z přilehlých ploch území by měla být oproti tomu v každém případě svedena do lokální čističky odpadních vod, purifikována a následně za ideální situace akumulována pro pozdější využití při jejím nedostatku nebo při činnostech, které nezahrnují přímý kontakt s lidskou pokožkou. Nádrže

mohou být díky velikosti objektu situovány v podzemním či nadzemním podlaží nebo vně objektu, přičemž jednotlivé varianty mají své benefity i větší či menší nedostatky. V případě usazení nádrže uvnitř objektu bývají často akcentována rizika zahrnující vyplavení objektu, voda je však lépe přístupná, snadněji kontrolovatelná z hlediska své kvality a je možné ušetřit určité množství finančních prostředků za energie spojené se zbytečným přečerpáváním.

- Obdobnou eventualitou je svedení dešťových srážek z území do jedné či více dešťových zahrad, popř. sedimentačního rybníku, které svým principem funkce stabilizují velké procento splachových polutantů a zároveň ochladí a ozvláštní okolní prostředí. Rozhodujícím faktorem implementace takového řešení je pochopitelně dostatek místa.
- Pro znásobení chladicího efektu je možné využít taktéž možnosti implementace zelených fasád, které mohou aktivně stínit případné prosklené fasádní plochy a zároveň zatraktivnit vzhled budovy a dopomoci snížení prašnosti i emisí skleníkových plynů.
- S ohledem na kontext území je možné využít vliv městské brízy, která může z velkého procenta ovlivnit předchlazení objektu a výměnu znečištěného vzduchu v nočních hodinách.
- U tepelně uzavřených sportovních center je stejně tak možné využití nočního větrání, kdy je rozhodující návrh samotné budovy a podíl jejích otevíratelných okenních výplní, resp. zpřístupnitelnost vnitřních prostor čerstvému větracímu vzduchu. Přirozené větrání je často nahrazováno větráním nuceným zajištěným pomocí ventilátorů, což může být při celkové kubatuře budovy energeticky velice náročné. Takové řešení je vzhledem k nadměrným vnitřním ziskům a případným teplotním extrémům možné, doporučuje se však maximálně využít potenciál předvětrání a případného využití nuceného větrání pouze v krajních případech jako typ podpůrné alternativy. Každopádně je však potřeba brát ohled na vyšší koncentrace atmosférických polutantů v okolí budovy vznikajících převážně vlivem frekventované dopravy. Ideálním scénářem by v tomto případě byla kombinace s prvotní aktivací vlivu městské brízy v hodinách minimálního zatížení území dopravou a následného větrání samotné budovy.

- Pro konsekvantní zlepšení emisních poměrů, popř. za předpokladu nedostatku ploch pro výsadbu vegetačních prvků je možné využít konceptu tekutých stromů, které jsou ve zvýšených koncentracích škodlivin díky své účinnosti i odolnosti ideálním řešením.
- Barvy povrchů a jejich propustnosti je žádoucí volit s ohledem na kontext budovy, možnosti jejich vychladnutí, orientaci a směru, kterým se z nich odražená složka slunečního záření ubírá apod.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	SPORTOVNÍ CENTRA	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	✓	30,6 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	47,0 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	✓	24,8 %
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	✓	30,2 %
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	31,4 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	✓	23,5 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	✓	25,6 %
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	✓	45,0 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	✓	56,5 %
PRŮLEHY	✗	
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	✓	20,2 %
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	✗	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	✓	33,7 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	✓	51,1 %
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	✓	26,6 %
STÍNÍCÍ PRVKY	✓	30,5 %
TEKUTÉ STROMY	✓	28,4 %
TROMBEHO STĚNA	✗	
SCHOPNOST FYTOREMEDIACE	✓	100,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	✓	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	∅	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	✓	
VODNÍ PRVKY	✓	27,4 %
ZELENÉ FASÁDY	✓	42,5 %
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	✓	53,1 %
CELKEM		92,3 %

Tabulka 14 - Znárodnění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu sportovních center, zdroj: MS Excel

5.2.12 Stavební procesy nových budov

Popis městského prvku

V případě výstavby nových objektů v rámci urbanizovaného území se nejedná o biotop, nýbrž o pouhý prvek spojený s výrazným ovlivněním daného biotopu. Jeho ovlivnitelná složka je ale z velké části spojena se stejnou problematikou, proto je mu věnována krátká pasáž v této diplomové práci.

Obecně platí, že jsou výstavbové procesy spojeny s produkcí velkého procenta prašnosti, kontaminaci objemů zachytávaných dešťových vod řadou nejrůznějších polutantů a velkým hlukovým zatížením.

Návrh zlepšujících opatření

- Jedním z nejlepších způsobů, kterými lze snížit lokální množství prašnosti a kumulace dalších škodlivin je frekventované zametání vozovek a zpevněných ploch v rámci výstavbového areálu a na přilehlých komunikacích.
- O aditivním znásobení čisticí funkce se v případě hydrogeologických poměrů taktéž postará implementace dočasných dešťových zahrad nebo prozatímních sedimentačních rybníků. Jejich vodní plochy i sedimentační princip jsou schopny aktivně snížit a stabilizovat některé polutanty a atmosférickou prašnost.
- V případě rozmanité morfologie terénu je žádoucí vybudovat permanentní či dočasné průlehy, které se postarají o záchyt případných nadbytků odtokových dešťových vod z území.
- Své uplatnění spojené s purifikačními procesy i ochlazením zde najdou i prvky vzrostlé zeleně.
- Veškeré vody opouštějící území by měly být v ideálním případě lokálně čištěny, aby se zamezilo šíření znečištění do vodních recipientů.
- Vliv městské brízy je taktéž schopen v průběhu nočních hodin výrazně pročistit výstavbový areál.

EFEKTIVITA	VÝSTAVBA NOÝCH BUDOV	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
	X	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
48,5 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY
	X	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
30,2 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
32,9 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD
24,9 %	✓	MĚSTSKÁ BRÍZA
	X	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
	X	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
	X	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY
15,2 %	✓	PRŮLEHY
	X	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
	X	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
35,2 %	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
	X	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
	X	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
	X	STÍNÍCÍ PRVKY
	X	TEKUTÉ STROMY
	X	TROMBEHO STĚNA
	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓	VEGETAČNÍ OCHLazenÍ
100,0 %	✓	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
	X	VODNÍ PRVKY
	X	ZELENÉ FASÁDY
	X	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
		CELKEM
		37,6 %

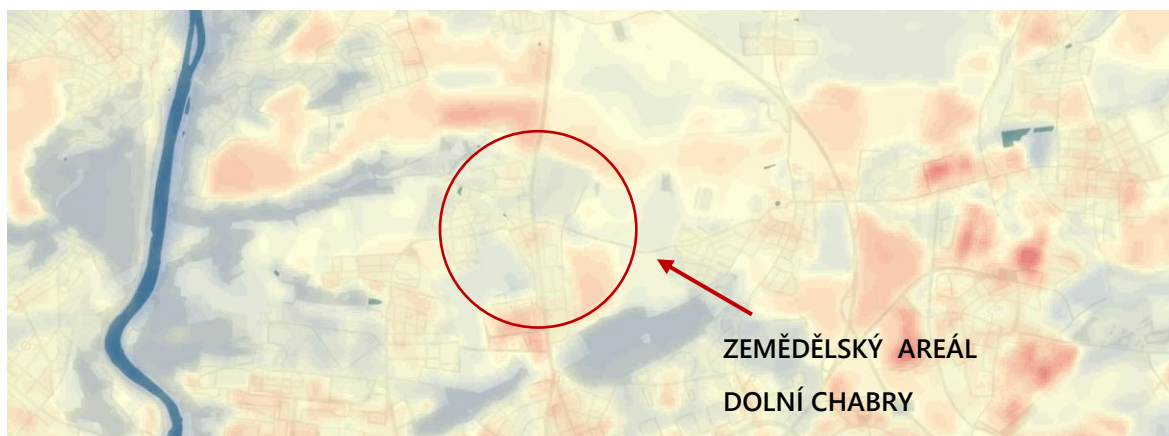
Tabulka 15 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci výstavby nových budov, zdroj: MS Excel

5.2.13 Zemědělské areály

Popis městského biotopu

Biotop zemědělského areálu zpravidla není spojen s nadměrným přehříváním, neboť se typicky jedná o vegetační plochy, pastviny, plantáže nebo sady apod. Obdělávaná pole naopak trpí na nedostatečnou biodiverzitu či vodní nebo větrnou erozi. Postřiky a hnojení, s nimiž je v současnosti spojen téměř každý zemědělský areál, by v žádném případě neměly přijít do kontaktu s lidmi, živočichy nebo vodními zdroji.

Praktický příklad (Zemědělský areál v Dolních Chabrech)



Obrázek 58 - Termokamerový snímek se zaměřením na zemědělský areál Dolní Chabry, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Je nutné dbát na ochranu vodních toků, které se v okolí nacházejí, neboť jejich případná kontaminace pesticidy, herbicidy a hnojivy může být devastující, popř. způsobit eutrofizaci vod.
- Zvýšenou pozornost je taktéž nutné věnovat vodní erozi, která může v závislosti na svažitosti terénu způsobit vymílání cenného půdního fondu. Možností řešení může být v tomto případě zřízení průlehů, které jsou v území schopny aktivně zadržet velké objemy dešťových srážek.
- Větrné erozi je schopna z velké části zabránit výsadba vzrostlé zeleně v dělicích mezích.

TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	ZEMĚDĚLSKÉ AREÁLY	EFEKTIVITA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	X	
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	✓	47,0 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	X	
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	X	
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	✓	31,4 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	X	
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	X	
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	X	
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	X	
PRŮLEHY	✓	13,7 %
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	✓	20,2 %
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	✓	7,4 %
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	✓	33,7 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	X	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	X	
STÍNICÍ PRVKY	X	
TEKUTÉ STROMY	X	
TROMBEHO STĚNA	X	
SCHOPNOST FYTOREMEDIACE	✓	25,0 %
VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	X	
SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	X	
SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	X	
VODNÍ PRVKY	X	
ZELENÉ FASÁDY	X	
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	X	
CELKEM		23,4 %

Tabulka 16 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu zemědělských areálů, zdroj: MS Excel

5.2.14 Rozsáhlé zpevněné plochy a náměstí

Popis městského biotopu

Posledními městskými biotopy vykazujícími obrovské teplotní nadbytky jsou rozsáhlé zpevněné plochy, nejčastěji v podobě náměstí nebo rozptylových ploch situovaných mezi nebo v předprostoru budov. Jejich největší problém v rámci problematiky tepelných ostrovů je jejich nízká propustnost, vysoká tepelná kapacita použitého materiálu a nedostatečné procento aplikované vegetační pokrývky.

Z hlediska hydrogeologické situace se absence zelených prvků pochopitelně podepisuje na příliš rychlém odtoku obrovského množství zachytávaných dešťových vod, které jsou navíc větší nebo menší měrou kontaminovány splachovými nečistotami různorodého typu. V případě přítomnosti okolní dopravy mohou být taktéž ovlivněny zvýšenými koncentracemi emisí CO₂ a procentu prašnosti obsaženého v ovzduší.

Praktický příklad (Václavské náměstí)



Obrázek 59 - Termokamerový snímek se zaměřením na rozsáhlou zpevněnou plochu Václavského náměstí, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

Návrh zlepšujících opatření

- Nadměrné zahřívání může být řešeno např. konceptem stínících prvků v lepším případě porostlých zelení.
- V případě, kdy zpevněná plocha nabývá převážně pochozího charakteru nebo pojízdného se sníženou rychlostí pohybu, je žádoucí zajistit v rámci celkové plochy co největší propustnost. Takové řešení výrazně napomůže zadržení vody v území a zajistí citelné ochlazení v rámci teplotních extrémů, nutná je ovšem údržba. Je možné tuto plochu „ozelenění“ realizovat způsobem, kdy se v území nejlépe experimentálně stanoví pohybové trasy obyvatel města, přičemž se zpravidla jedná o nejkratší možné vzdálenosti mezi jednotlivými body zájmu v území. Tyto plochy je následně příhodné zřídit jako nepropustné pro plynulejší a pohodlnější pohyb obyvatel. Se snižující se pochozí vytížeností by se taktéž zvyšovalo procento vegetace, ze kterého by zpevněná plocha byla realizována. Taktéž by bylo využito fytoimediačního procesu, který by výrazně ulevil prostředí od celé řady kontaminantů.



Obrázek 60 - Maximalizace propustnosti povrchu v souvislosti s jeho pochozím vytížením, zdroj: http://landezine-award.com/roche-campus-kaiseraugst/?mc_cid=d0b993ccf1&mc_eid=3b73b8ca46

- Dešťové vody zachytávané v území by měly být při odtoku z území svedeny alespoň do některého z typu čističek určených pro purifikaci výhradně dešťové vody. Pozitivního, avšak méně obvyklého charakteru by nabýval i případ jejich akumulace v retenčních nebo akumulačních nádržích a následné využití či zasakování.
- Efektivním se jeví i frekventované využití zametacích vozů, které jsou schopny pojmout výrazné procento produkovaných polutantů a zvýšit tak kvalitu splachové vody.
- Za předpokladu, kdy to okolnosti návrhu a místní legislativa dovolí, může být volba správného barevného odstínu a vhodné tepelné akumulace použitého materiálu rozhodující.

EFektivITA	ZPEVNĚNÉ PLOCHY A NÁMĚSTÍ	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ
30,6 %	✓	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ
48,5 %	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY
30,2 %	✗	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY
32,9 %	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY
24,9 %	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD
25,6 %	✓	MĚSTSKÁ BRIZA
	∅	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU
56,5 %	✓	NOČNÍ VĚTRÁNÍ
	✗	POLOPROPUSNÉ CHODNÍKY
20,2 %	✓	PRŮLEHY
	✗	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE
	✗	SBĚRNÉ SUDY A BARELY
	✗	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY
51,1 %	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY
	✗	SOLÁRNÍ KOLEKTORY
30,5 %	✓	STÍNÍCÍ PRVKY
28,4 %	✓	TEKUTÉ STROMY
	✗	TROMBEHO STĚNA
	✓	SCHOPNOST FYTOREMEDIACE
	✓	VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ
75,0 %	∅	SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY
	✓	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI
27,4 %	✓	VODNÍ PRVKY
	✗	ZELENÉ FASÁDY
	✗	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY
	63,2 %	CELKEM

Tabulka 17 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu rozsáhlých zpevněných ploch a náměstí, zdroj: MS Excel

5.1 Metodika

Za účelem přenesení velkého množství nabytých znalostí shrnutých v teoretické části této diplomové práce do využitelné praxe byla vytvořena obecná metodika hodnocení tří základních pilířů řešené problematiky, kterými jsou tepelné ostrovy, hospodaření s dešťovou vodou a emisní zatížení v rámci měst. Metodika byla vypracována s pomocí programu MS Excel a slouží pro orientační představu uživatele o místních podmínkách v území. Základním předpokladem, pro její správnou funkci je dostatečné množství vstupních dat, s jejichž objemem se pochopitelně zvyšuje výsledná přesnost. V souvislosti s nimi poskytuje z velké míry variabilní volbu mezi řadou potenciálních situací, zaměřuje se především na evaluaci různých typů povrchů s odlišnými vlastnostmi, k čemuž byla využita taktéž vypracovaná *Příloha 1 na str. 99* a je v závěru schopna číselně i graficky znázornit rozdíly v řešených problematických poměrech mezi stávajícím a novým stavem.

5.1.1 Efektivita jednotlivých řešení

Informace poskytnuté v kapitole 5.2 *Charakteristika a návrh možností řešení jednotlivých typů tepelných ostrovů* byly v první řadě použity pro stanovení výsledné efektivity jednotlivých možností řešení, čehož bylo dosaženo následujícím způsobem:

- 1) Nejprve byla vytvořena komplexní tabulka, ve které byl navzájem posouzen výčet jednotlivých možností řešení v souvislosti se třemi hlavními pilíři celé problematiky (tepelných ostrovů, kvality a úbytků vody spolu s emisemi a prašností), jež odpovídaly na šest základních otázek:
 - Dokáže dané řešení snížit míru tepelného ostrova?
 - Dokáže dané řešení snížit teplotu v území?
 - Dokáže dané řešení zadržet vodu v území?
 - Dokáže dané řešení aktivně čistit nebo pomoci čistit vodu?
 - Dokáže dané řešení snížit množství a šíření prachových částic v území?
 - Dokáže dané řešení snížit množství emisí skleníkových plynů?

Následně bylo pomocí bodovacího systému vyhodnoceno celkové umístění jednotlivých návrhů. V případě kladné odpovědi byl řešení přičten 1 bod, záporná odpověď byla hodnocena 0 body a při nejednoznačném stanovení nebo v situaci,

kdy řešení nemělo zásadní vliv, byla odpověď hodnocena 0,5 body. Výsledky je možné vidět ve sloupci „Celková dílčí efektivita“ v *Tabulka 18*.

		TEPELNÉ OSTROVY		KVALITA A ÚBYTKY VODY		EMISE A PRAŠNOST			
		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MÍRU TEPELNÉHO OSTROVA?	DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT TEPLITU V ÚZEMÍ?	DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ ZADRŽET VODU V ÚZEMÍ?	DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ AKTIVNĚ ČISTIT NEBO POMOCI ČISTIT VODU?	DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MNOŽSTVÍ A ŠÍŘENÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC V ÚZEMÍ?	DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MNOŽSTVÍ EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ?	DÍLČÍ EFEKTIVITA	CELKOVÁ DÍLČÍ EFEKTIVITA
MĚSTSKÁ BRÍZA		ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO		4
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	3	10,5
	FOTOSYNTÉZA, EMISE	NE	NE	Ø	NE	NE	ANO	1,5	
	OCHLAZOVACÍ SCHOPNOST	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	4	
	SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	2	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO		3
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO		3
TROMBEHO STĚNA		ANO	NE	NE	NE	NE	ANO		2
STÍNICÍ PRVKY		ANO	ANO	Ø	NE	NE	NE		2,5
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO		3
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		ANO	ANO	NE	NE	NE	NE		2
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		ANO	ANO	NE	NE	NE	NE		2
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		NE	NE	ANO	NE	NE	NE		1
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		NE	NE	ANO	NE	NE	NE		1
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO		6
ZELENÉ FASÁDY		ANO	ANO	Ø	ANO	ANO	ANO		5,5
PRŮLEHY		Ø	NE	ANO	NE	NE	NE		1,5
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		Ø	ANO	ANO	ANO	ANO	NE		4,5
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		Ø	ANO	ANO	ANO	ANO	NE		4,5
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		ANO	ANO	ANO	Ø	ANO	Ø		5
VODNÍ PRVKY		ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE		3
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		Ø	Ø	NE	ANO	ANO	NE		3
SNIŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		Ø	Ø	NE	ANO	ANO	ANO		4
TEKUTÉ STROMY		Ø	NE	NE	NE	ANO	ANO		2,5
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		Ø	NE	ANO	ANO	ANO	NE		3,5

Tabulka 18 - Stanovení celkové dílčí efektivity jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 2) Následně bylo ve výpočtu uvažováno s vlivem ekonomického hodnocení jednotlivých řešení. Byla vytvořena okrajová tabulka stanovující faktor ekonomické náročnosti, která rozdělila výsledky podle výše pořizovacích nákladů pohybujících se v rozmezí od 1 (téměř nulových pořizovacích nákladů) po 0,5 (extrémní ekonomická náročnost).

FAKTOR EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI	
1	TÉMĚŘ NULOVÁ
0,9	LEVNÁ
0,8	STŘEDNÍ
0,7	DRAHÁ
0,6	VELMI DRAHÁ
0,5	EXTRÉMNĚ DRAHÉ

Tabulka 19 - Hodnoty faktoru ekonomické náročnosti

Tímto koeficientem byla předešlá „Celková dílčí efektivita“ vynásobena.

		FAKTOR EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI	POZNÁMKA K FAKTORU EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI
MĚSTSKÁ BRÍZA		1	
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	0,8	
	FOTOSYNTÉZA, EMISE		
	OCHLAZOVAČÍ SCHOPNOST		
	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI		
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		0,7	
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		0,6	
TROMBEHO STĚNA		0,6	
STÍNICÍ PRVKY		0,7	
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		1	ZA PŘEDPOKLADU ŽE JE PŘIROZENÉ
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		0,8	
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		0,7	
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		0,7	
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		0,5	
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		0,5	
ZELENÉ FASÁDY		0,5	
PRŮLEHY		0,6	
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		0,7	
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		0,6	
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		0,8	
VODNÍ PRVKY		0,7	
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		0,6	
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		1	
TEKUTÉ STROMY		0,5	PILOTNÍ PROJEKT
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		0,5	

Tabulka 20 - Stanovení faktoru ekonomické náročnosti jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 3) Dalším elementem ovlivňujícím výpočet byl tzv. „faktor komplexního posouzení nežádoucích vlivů“, který vyhodnotil pouze negativní jevy jednotlivých řešení, mezi které může být kupříkladu zařazena např. údržba, ovlivnění akustické, popř. zrakové pohody, neatraktivita, zápach, sezónní nečinnost nebo podnícení vandalismu. Škála byla vytvořena osobně, pocitově, obdobným způsobem jako v předchozím případě s hodnotami pohybujícími se od 1 (nulový vliv) – 0,5 (extrémní vliv).

FAKTOR NEŽÁDOUCÍCH VLVŮ	
1	TÉMĚŘ NULOVÝ VLV
0,9	NÍZKÝ VLV
0,8	STŘEDNÍ VLV
0,7	DRAHÁ
0,6	VELKÝ VLV
0,5	EXTRÉMNÍ VLV

Tabulka 21 - Hodnoty faktoru nežádoucích vlivů

Výsledků bylo opět dosaženo vzájemným vynásobením.

		FAKTOR KOMPLEXNÍHO POSOUZENÍ NEŽÁDOUCÍCH VLVŮ	POZNÁMKA K FAKTORU KOMPLEXNÍHO POSOUZENÍ NEŽÁDOUCÍCH VLVŮ
MĚSTSKÁ BRÍZA		0,6	POLUTANTY, PRACH, NUTNÉDETAILNÍ PLÁNOVÁNÍ
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	0,8	PYLY, SPAD LISTÍ, ZÁLIVKA
	FOTOSYNTÉZA, EMISE		
	OCHLAZOVAČÍ SCHOPNOST		
	SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI		
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		0,9	VANDALISMUS, NEATRAKTIVITA
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		0,9	VANDALISMUS, NEATRAKTIVITA
TROMBEHO STĚNA		0,6	NEATRAKTIVITA, ABSENCE JIŽNÍ FASÁDY
STÍNICÍ PRVKY		0,8	ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		0,7	NEČISTOTY, OBSLUHA
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		0,9	OSLNNĚNÍ, VIZUÁLNÍ POHODA
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		0,7	SNIŽENÍ STATICKÝCH POMĚRŮ
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		0,8	NEATRAKTIVITA, MENŠÍ OBJEM
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		0,9	ZÁBOR VELKÉHO PODZEMNÍHO PROSTORU
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		1	VLHKOSTNÍ RIZIKA, ZÁLIVKA
ZELENÉ FASÁDY		0,9	VLHKOSTNÍ RIZIKA, ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI, ZÁLIVKA
PRŮLEHY		0,8	BARIÉRY V ÚZEMÍ
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		0,9	ZÁBOR PŮDY
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		0,7	ZÁBOR VELKÉ PLOCHY, ZÁPACH, NEPŘÍJEMNÝ HMYZ
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		0,9	SNIŽENÍ POCHOZÍ A POJÍZDNÉ POHODLNOSTI
VODNÍ PRVKY		0,8	ZIMNÍ NEČINNOST
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		0,7	ZPOMALENÍ DOPRAVY, PLYTVÁNÍ PITNÉ VODY
SNIŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		0,8	BYROKRACIE, POHODLNOST DOSTUPNOSTI
TEKUTÉ STROMY		0,9	VANDALISMUS
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		0,8	ZÁPACH

Tabulka 22 - Stanovení faktoru nežádoucích vlivů jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 4) Další okrajovou podmínkou ovlivňující výpočet byl faktor tzv. „zasaditelnosti do území“, který měl za úkol evaluovat osobním pocitovým hodnocením velikost daného řešení a jeho následnou možnost implementace v území. Škála taktéž nabývala hodnot od 1 (příhodné) – 0,5 (extrémně nevhodné).

FAKTOR ZASADITELNOSTI DO ÚZEMÍ	
1	PŘÍHODNÉ
0,9	VHODNÉ
0,8	STŘEDNÍ
0,7	MÉNĚ VHODNÉ
0,6	VELMI NEVHODNÉ
0,5	EXTRÉMNĚ NEVHODNÉ

Tabulka 23 - Hodnoty faktoru zasaditelnosti do území

Výsledků bylo znovu dosaženo vynásobením tímto faktorem.

		FAKTOR ZASADITELNOSTI DO ÚZEMÍ
MĚSTSKÁ BRÍZA		0,7
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	0,8
	FOTOSYNTÉZA, EMISE	
	OCHLAZOVACÍ SCHOPNOST	
	SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		0,9
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		0,9
TROMBEHO STĚNA		0,6
STÍNÍCÍ PRVKY		0,8
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		1
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		0,9
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		0,9
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		0,6
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		0,6
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		0,9
ZELENÉ FASÁDY		0,8
PRŮLEHY		0,7
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		0,7
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		0,6
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		0,8
VODNÍ PRVKY		0,9
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		1
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		0,8
TEKUTÉ STROMY		1
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		0,7

Tabulka 24 - Stanovení faktoru zasaditelnosti do území jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 5) Dalším elementem ovlivňujícím výpočet byl faktor tzv. „celkového vlivu“, který osobně obdobným pocitovým způsobem hodnotil míru celkového působení daného řešení v území, tudíž zda se jedná o řešení s velkým potenciálem ke zlepšení poměrů v území nebo nižším. Škála byla v tomto případě stanovena pouze třemi hodnotami, a sice 1 (velký vliv), 0,75 (střední vliv) a 0,5 (nízký vliv).

CELKOVÝ VLIV	
1	VYSOKÝ
0,8	STŘEDNÍ
0,5	NÍZKÝ

Tabulka 25 - Hodnoty celkového vlivu v území

Započtení faktoru bylo opět dosaženo vzájemným vynásobením.

		CELKOVÝ VÝ VLIV
MĚSTSKÁ BRÍZA		0,5
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	1
	FOTOSYNTÉZA, EMISE	
	OCHLAZOVACÍ SCHOPNOST	
	SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		0,5
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		0,5
TROMBEHO STĚNA		0,5
STÍNÍCÍ PRVKY		1
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		1
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		0,75
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		1
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		0,75
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		1
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		1
ZELENÉ FASÁDY		1
PRŮLEHY		0,75
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		1
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		1
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		1
VODNÍ PRVKY		0,5
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		0,75
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		1
TEKUTÉ STROMY		1
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		1

Tabulka 26 - Stanovení faktoru celkového vlivu v území jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 6) Posledním posuzovaným faktorem byl celkový počet implementace v městských biotopech, k jehož stanovení bylo potřeba vytvořit komplexní statistiku a vyhodnotit, ve kterých městských oblastech by byla možná aplikace daného řešení. Následně bylo pomocí bodovacího systému evaluováno celkové umístění. V případě kladné odpovědi byl řešení přičten 1 bod, záporná odpověď byla hodnocena 0 body a při nejednoznačném stanovení nebo v situaci, kdy řešení nemělo zásadní vliv, byla odpověď hodnocena 0,5 body.

			OTÁZKA: JE DANÉ ŘEŠENÍ EFEKTIVNĚ POUŽITELNÉ PRO TENTO TYP MĚSTSKÉHO BIOTOPU?														
			TYP ÚZEMÍ POSTIŽENÉHO EMISEMI, VZNIKEM TEPELNÉHO OSTROVA NEBO ZHORŠENÝMI VODOHOSPODÁŘSKÝMI PODMÍNKAMI														
VVUŽITELNOST PRO ŘEŠENÍ KATEGORIE TEPELNÝCH OSTROVŮ	VVUŽITELNOST PRO ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ	VVUŽITELNOST PRO ŘEŠENÍ KATEGORIE EMISÍ A PRAŠNOSTI	TYP MOŽNÉHO ŘEŠENÍ	ADMINISTRATIVNÍ AREÁLY	VYSOKORYCHLOSTNÍ SILNICE	HISTORICKÉ CENTRUM MĚSTA	OBCHODNÍ CENTRA	OBYTNÉ CENTRUM MĚSTA	LETIŠTĚ	LOGISTICKÉ HALY	PŘEDMĚSTÍ	PRŮMYSLOVÉ PROVOZY	SÍDLIŠTNÍ ZÁSTAVBA	SPORTOVNÍ CENTRA	STAVEBNÍ PROCESY NOVÝCH BUDOV	ZEMĚDĚLSKÉ AREÁLY	ROZSAHLÉ ZPEVNĚNÉ PLOCHY A NÁMĚSTÍ
✓	X	✓	MĚSTSKÁ BRÍZA	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	NE	0	ANO	ANO	NE	ANO
X	✓	X	FYTOREMEDIACE	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
0	X	✓	VEGETAČNÍ SCHOPNOST FOTOSYNTÉZY	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	0	ANO	0	0	ANO	NE	0
✓	X	0	VEGETAČNÍ OCHLAZENÍ	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
0	✓	✓	VEGETAČNÍ SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
✓	X	X	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
✓	X	X	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
✓	X	✓	TROMBEHO STĚNA	ANO	NE	NE	0	NE	0	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE	NE
✓	X	X	STÍNICÍ PRVKY	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	0	ANO	ANO	NE	NE	ANO
✓	X	✓	NOČNÍ VĚTRÁNÍ	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	0	0	ANO	ANO	NE	NE	0
✓	X	X	BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	ANO	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO	0	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO
✓	X	X	TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	0	ANO	ANO	NE	NE	ANO
X	✓	X	SBĚRNÉ SUDY A BARELY	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	NE	0	NE	NE	ANO	NE
X	✓	X	RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO
✓	✓	✓	ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
✓	✓	✓	ZELENÉ FASÁDY	ANO	NE	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE
0	✓	X	PRŮLEHY	0	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	NE
✓	✓	✓	DEŠŤOVÉ ZAHRADY	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
✓	✓	✓	SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	ANO	ANO	NE	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
✓	✓	✓	POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	ANO	NE	0	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO
✓	X	✓	VODNÍ PRVKY	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO
0	✓	✓	KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	NE	0	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
0	✓	✓	SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO
0	X	✓	TEKUTÉ STROMY	0	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE	ANO	0	ANO	NE	NE	ANO
X	✓	✓	LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	0	ANO	ANO	ANO	ANO

Tabulka 27 – Komplexní statistika celkové implementace jednotlivých řešení v městských biotopech, zdroj: MS Excel

Výsledků bylo opět dosaženo vynásobením tímto faktorem.

		DÍLČÍ POČET IMPLEMENTACE V MĚSTSKÝCH BIOTOPECH	DÍLČÍ VÝ VLIV	CELKOVÝ POČET IMPLEMENTACE V MĚSTSKÝCH BIOTOPECH
MĚSTSKÁ BRÍZA			8,5	0,85
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	13	0,75	1,4
	FOTOSYNTÉZA, EMISE	7	1	
	OCHLAZOVAČÍ SCHOPNOST	10	1	
	SNÍŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	12	0,75	
SOLÁRNÍ KOLEKTORY			9	0,9
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY			9	0,9
TROMBEHO STĚNA			4	0,4
STÍNÍCÍ PRVKY			9,5	0,95
NOČNÍ VĚTRÁNÍ			9,5	0,95
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ			11	1,1
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU			8,5	0,85
SBĚRNÉ SUDY A BARELY			2,5	0,25
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE			11	1,1
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY			9	0,9
ZELENÉ FASÁDY			9	0,9
PRŮLEHY			6,5	0,65
DEŠŤOVÉ ZAHRADY			13	1,3
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY			11,5	1,15
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY			9,5	0,95
VODNÍ PRVKY			11	1,1
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY			11	1,1
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY			9	0,9
TEKUTÉ STROMY			8	0,8
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD			12,5	1,25

Tabulka 28 - Stanovení faktoru implementace jednotlivých řešení v městských biotopech, zdroj: MS Excel

- 7) Tabulka celkového komplexního posouzení poté stanovila výslednou hodnotu pro každé jedno řešení a s využitím následného procentuálního hodnocení bylo možné určit výslednou efektivitu. Výsledky je možné vidět ve sloupci „Celková výsledná efektivita“ v Tabulka 29.

		TEPELNÉ OSTROVY		KVALITA A ÚBYTKY VODY			EMISE A PRAŠNOST																														
		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MÍRU TEPELNÉHO OSTROVA?		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT TEPLITU V ÚZEMÍ?		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ ZADRŽET VODU V ÚZEMÍ?		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ AKTIVNĚ ČISTIT NEBO POMOCI ČISTIT VODU?		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MNOŽSTVÍ A ŠÍŘENÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC V ÚZEMÍ?		DOKÁŽE DANÉ ŘEŠENÍ SNIŽIT MNOŽSTVÍ EMISÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ?		DÍLČÍ EFEKTIVITA		CELKOVÁ DÍLČÍ EFEKTIVITA		FAKTOR EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI		POZNÁMKA K FAKTORU EKONOMICKÉ NÁROČNOSTI		FAKTOR KOMPLEXNÍHO POSOUZENÍ NEŽÁDUCÍCH VLIVŮ		POZNÁMKA K FAKTORU KOMPLEXNÍHO POSOUZENÍ NEŽÁDUCÍCH VLIVŮ		FAKTOR ZASADITELNOSTI DO ÚZEMÍ		CELKOVÝ VÝ VLIV		DÍLČÍ POČET IMPLEMENTACE V MĚSTSKÝCH BIOTOPECH		CELKOVÝ POČET IMPLEMENTACE V MĚSTSKÝCH BIOTOPECH		CELKOVÁ VÝSLEDNÁ EFEKTIVITA			
MĚSTSKÁ BRÍZA		ANO	ANO	NE	NE	ANO	ANO			4	1			0,6	POLUTANTY, PRACH, NUTNĚDETAILNÍ PLÁNOVÁNÍ	0,7	0,5			8,5	0,85			1,69													
VÝSADBA VEGETAČNÍCH PRVKŮ (STROMŮ)	FYTOREMEDIACE	NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	3																													
	FOTOSYNTÉZA, EMISE	NE	NE	Ø	NE	NE	ANO	1,5																													
	OCHLAZOVACÍ SCHOPNOST	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	4																													
	SNIŽOVÁNÍ PRAŠNOSTI	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE	2																													
SOLÁRNÍ KOLEKTORY		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO			3	0,7			0,9	VANDALISMUS, NEATRAKTIVITA	0,9	0,5			9	0,9			1,75													
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO			3	0,6			0,9	VANDALISMUS, NEATRAKTIVITA	0,9	0,5			9	0,9			1,63													
TROMBEHO STĚNA		ANO	NE	NE	NE	NE	ANO			2	0,6			0,6	NEATRAKTIVITA, ABSENCE JIŽNÍ FASÁDY	0,6	0,5			4	0,4			0,62													
STÍNICÍ PRVKY		ANO	ANO	Ø	NE	NE	NE			2,5	0,7			0,8	ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI	0,8	1			9,5	0,95			2,07													
NOČNÍ VĚTRÁNÍ		ANO	ANO	NE	NE	NE	ANO			3	1	ZA PŘEDPOKLADU ŽE JE PŘIROZENÉ		0,7	NEČISTOTY, OBSLUHA	1	1			9,5	0,95			3,05													
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ		ANO	ANO	NE	NE	NE	NE			2	0,8			0,9	OSLNĚNÍ, VIZUÁLNÍ POHODA	0,9	0,75			11	1,1			2,07													
NÍZKÁ TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU		ANO	ANO	NE	NE	NE	NE			2	0,7			0,7	SNIŽENÍ STATICKÝCH POMĚRŮ	0,9	1			8,5	0,85			1,73													
SBĚRNÉ SUDY A BARELY		NE	NE	ANO	NE	NE	NE			1	0,7			0,8	NEATRAKTIVITA, MENŠÍ OBJEM	0,6	0,75			2,5	0,25			0,50													
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE		NE	NE	ANO	NE	NE	NE			1	0,5			0,9	ZÁBOR VELKÉHO PODZEMNÍHO PROSTORU	0,6	1			11	1,1			1,37													
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO			6	0,5			1	VLHKOSTNÍ RIZIKA, ZÁLVKA	0,9	1			9	0,9			3,60													
ZELENÉ FASÁDY		ANO	ANO	Ø	ANO	ANO	ANO			5,5	0,5			0,9	VLHKOSTNÍ RIZIKA, ČINITEL DENNÍ OSVĚTLENOSTI, ZÁLVKA	0,8	1			9	0,9			2,88													
PRŮLEHY		Ø	NE	ANO	NE	NE	NE			1,5	0,6			0,8	BARIÉRY V ÚZEMÍ	0,7	0,75			6,5	0,65			1,03													
DEŠŤOVÉ ZAHRADY		Ø	ANO	ANO	ANO	ANO	NE			4,5	0,7			0,9	ZÁBOR PŮDY	0,7	1			13	1,3			3,28													
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY		Ø	ANO	ANO	ANO	ANO	NE			4,5	0,6			0,7	ZÁBOR VELKÉ PLOCHY, ZÁPACH, NEPŘÍJEMNÝ HMYZ	0,6	1			11,5	1,15			2,28													
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY		ANO	ANO	ANO	Ø	ANO	Ø			5	0,8			0,9	SNIŽENÍ POCHOZÍ A POJIŽDNÉ POHODLNOSTI	0,8	1			9,5	0,95			3,83													
VODNÍ PRVKY		ANO	ANO	NE	NE	ANO	NE			3	0,7			0,8	ZIMNÍ NEČINNOST	0,9	0,5			11	1,1			1,86													
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY		Ø	Ø	NE	ANO	ANO	NE			3	0,6			0,7	ZPOMALENÍ DOPRAVY, PLYTVÁNÍ PÍTNÉ VODY	1	0,75			11	1,1			2,05													
SNIŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY		Ø	Ø	NE	ANO	ANO	ANO			4	1			0,8	BYROKRACIE, POHODLNOST DOSTUPNOSTI	0,8	1			9	0,9			3,46													
TEKUTÉ STROMY		Ø	NE	NE	NE	ANO	ANO			2,5	0,5	PILOTNÍ PROJEKT		0,9	VANDALISMUS	1	1			8	0,8			1,93													
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD		Ø	NE	ANO	ANO	ANO	NE			3,5	0,5			0,8	ZÁPACH	0,7	1			12,5	1,25			2,23													

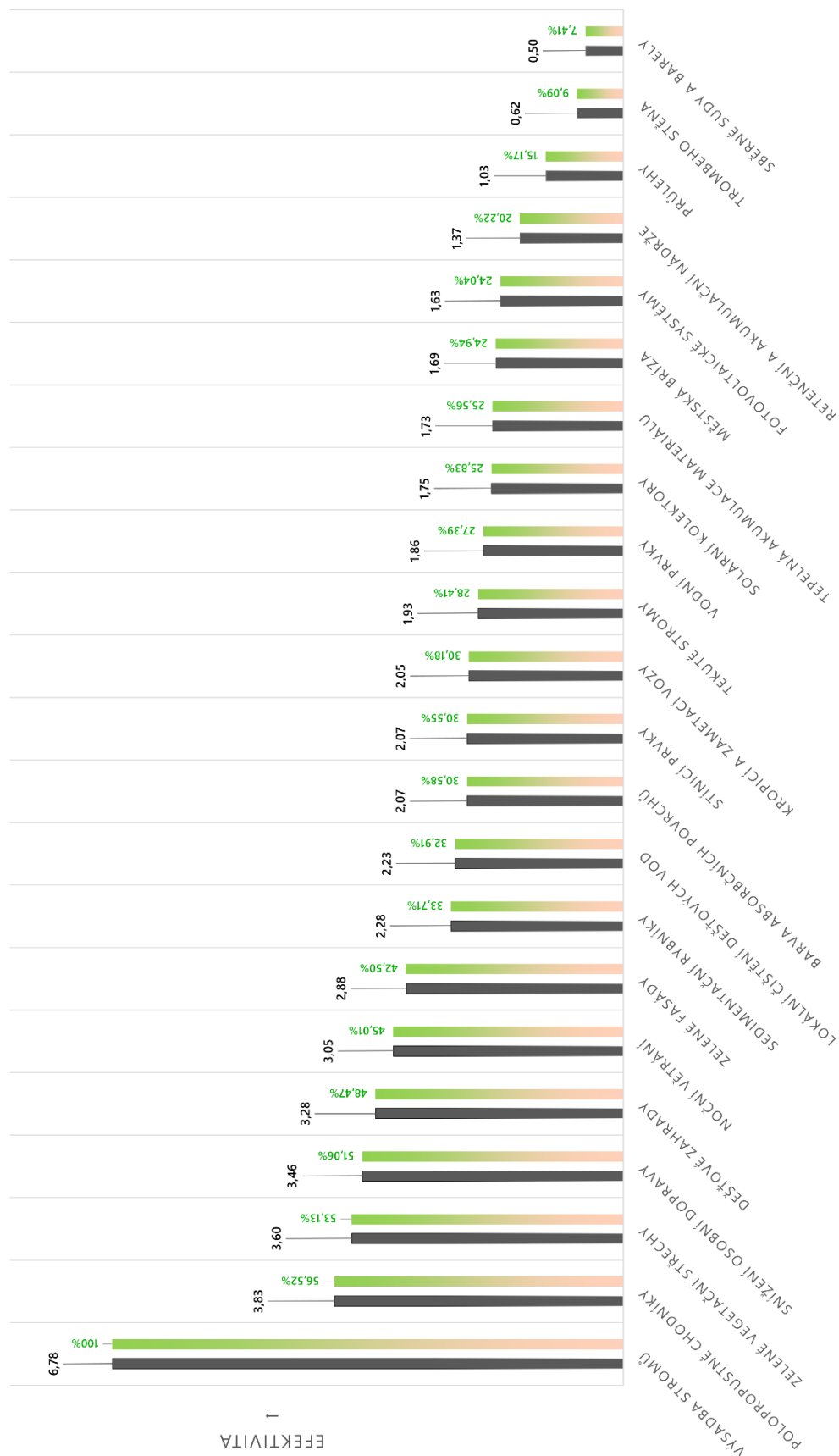
Tabulka 29 - Komplexní hodnocení stanovující celkovou výslednou efektivitu jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel

- 8) Grafické znázornění výsledné efektivit je možné vidět v *Graf 12, popř. v Tabulka 30*. Výsadba vzrostlé zeleně (stromů) dosáhla svými vlastnostmi nejsignifikantnějšího umístění téměř dvojnásobně přesahujícího druhou nejúčinnější a potenciálně

použitelnou alternativu. Mimo jiné nezpochybnitelné argumenty patří právě i tento mezi jeden z důkazů o nenahraditelných a neuvěřitelně vybalancovaných benefitech implementace vegetace nejen v rámci sídelních struktur.

TYP OPATŘENÍ	KOEFICIENT EFEKTIVITY	CEKOVÁ EFEKTIVITA
VÝSADBA STROMŮ	1,00	100 %
POLOPROPUSTNÉ CHODNÍKY	0,57	57,26 %
ZELENÉ VEGETAČNÍ STŘECHY	0,53	53,13 %
SNÍŽENÍ OSOBNÍ DOPRAVY	0,51	51,06 %
DEŠŤOVÉ ZAHRADY	0,46	46,26 %
NOČNÍ VĚTRÁNÍ	0,44	44,27 %
ZELENÉ FASÁDY	0,42	42,50 %
SEDIMENTAČNÍ RYBNÍKY	0,34	33,71 %
STÍNÍCÍ PRVKY	0,33	33,50 %
BARVA ABSORBČNÍCH POVRCHŮ	0,31	31,32 %
LOKÁLNÍ ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	0,31	30,70 %
KROPICÍ A ZAMETACÍ VOZY	0,29	29,44 %
VODNÍ PRVKY	0,27	27,39 %
TEKUTÉ STROMY	0,27	26,93 %
SOLÁRNÍ KOLEKTORY	0,27	26,57 %
TEPELNÁ AKUMULACE MATERIÁLU	0,26	25,56 %
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	0,25	24,78 %
MĚSTSKÁ BRÍZA	0,23	23,47 %
RETENČNÍ A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	0,20	20,22 %
TROMBEHO STĚNA	0,15	14,99 %
PRŮLEHY	0,14	13,70 %
SBĚRNÉ SUDY A BARELY	0,07	7,41 %

Tabulka 30 - Vyčíslení celkové efektivity jednotlivých řešení



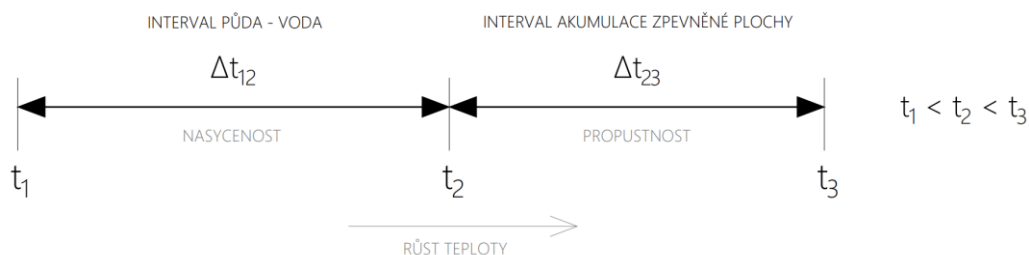
Graf 12 - Grafické znázornění komplexní výsledné efektivity jednotlivých možností řešení, zdroj: MS Excel

5.1.2 Stanovení teploty v území

Jedním z nejsignifikantnějších prvků celé metodiky byla snaha o co nejpřesnější stanovení teploty okolí, a tím docílit posouzení vlivu tepelných ostrovů. Základní myšlenka výpočtu pracuje na porovnávacím principu s předpokladem, že pokud je metodika při dostatku vstupních dat schopna vyčíslit teplotu různých povrchů a posléze jejich kombinaci ve stávajícím stavu pouze s drobnou odchylkou, bude schopna stanovit taktéž teplotu ve stavu navrhovaném. Pokud je známa teplota různých povrchů pro třeba jen jeden horký letní den v roce, je možné tyto hodnoty využít jako referenční zdroj teplot k porovnávací analýze. Se zvyšujícím se objemem takových dat se pak výsledek zpřesňuje a je možné do jisté míry eliminovat nebo alespoň lépe pochopit ojedinělé situace, které nenásledují trendy stanovené výpočtem nebo jiné výkyvy.

V případě vegetační/zpevněné plochy, tj. kombinace půdní a zpravidla vysoce-akumulační hmoty je teplota povrchu závislá především na měrné tepelné kapacitě akumulačního materiálu, obsahu vody v půdě (stupeň nasycení), podílu nasýtitelné půdy (propustnosti) a barvě povrchu. Porovnávací princip tedy pracuje s extrakcí již existujících dat z teplotních map území, ze kterých jsou získány příslušné referenční teploty pro různé typy povrchů (zámková dlažba, zelená střecha) spolu s teplotami pro různé typy vegetačních povrchů (povrchy nasycené vodou, nenasycené, vzrostlá zeleň, nízka, trávník). V tomto případě platí jednoduchá úměra, že čím více informací je při vstupu shromážděno, tím přesnějšího výsledku je ve finále dosaženo. Následně je stanovena dvojice intervalů. První z nich, týkající se půdy, odpovídá rozmezí teplot mezi plným nasycením vodou (ideální případ, největší ochlazující efekt) a absolutně nulovým nasycením. V tomto rozmezí se teplota povrchu (hmoty) snižuje spolu s úbytkem vody v něm obsažené. Druhý interval, jenž se týká zpevňující zpravidla vysoce-akumulační hmoty, reprezentuje rozmezí mezi hodnotami maximální propustnosti, tudíž žádného podílu zpevňující hmoty (odpovídá v podstatě absolutně nulově nasycené půdě) a minimální propustností, tudíž maximálnímu podílu zpevňující hmoty (odpovídá asfaltu). Výsledná teplota v rámci tohoto intervalu je ještě aditivně ovlivněna již zmíněnou měrnou tepelnou kapacitou zvoleného materiálu a jeho použitou barvou. Hodnoty propustností jsou dostupné v *Příloha 1 na str. 99*. Pro referenční hodnotu měrné tepelné kapacity je použit materiál s nejvyšším a nejnáchylnějším sklonem

k tepelné akumulaci (odpovídá asfaltu). S přihlédnutím ke shrnutým poznatkům tedy pro výpočet teploty vegetační/zpevněné plochy platí následující rovnice:



Obrázek 61 - Grafické znázornění dvou základních intervalů mající vliv na výslednou teplotu povrchu

$$T = t_1 \cdot \left(\frac{1 - N_n}{1} \right) \cdot \Delta t_{12} + \left(\frac{1 - P_n}{1} \right) \cdot \Delta t_{23} \cdot \left(\frac{c_n}{1,1} \right) \cdot B_{km}$$

T výsledná teplota

t_1 minimální teplota půdy při jejím maximálním nasycení vodou (nejpříznivější scénář) [°C]

t_2 maximální teplota půdy při jejím minimálním nasycení vodou [°C]

t_3 maximální teplota akumulární plochy, která odpovídá asfaltu (nejhorší scénář) [°C]

N_n návrhové nasycení [%]

P_n návrhová propustnost [%], hodnoty jsou uvedeny v Příloha 1 na str. 99

Δt_{12} změna teploty v intervalu 12 (půda – voda) [°C]

Δt_{23} změna teploty v intervalu 12 (akumulace v mase zpevněné plochy) [°C]

c_n návrhová měrná tepelná kapacita zvoleného materiálu [kJ/kg · K]

B_{km} barevná korekce materiálu [-] ⁴⁴

V případě čistě vegetačních ploch, vodních ploch, popř. zelených a nepropustných střeš je využita pouze porovnávací metoda ze zjištěných dat. Pokud jde o stanovení průměrné teploty v zájmové lokalitě je nezbytné znát rozlohy jednotlivých typů povrchů, při jejichž podílovém uplatnění je posléze možné vyhodnotit celkovou výslednou orientační teplotu

⁴⁴ Hodnoty pro barevnou korekci materiálu jsou stanoveny v rozmezí od 1 (absolutně černý povrch, který pohltí veškerou tepelnou energii dopadající na její povrch) do 0 (absolutně bílý povrch, který odrazí veškerou tepelnou energii dopadající na její povrch). Stanovení hodnot barevné korekce materiálu bylo realizováno pomocí odchylky mezi skutečnou naměřenou hodnotou ze zdrojů teplotní mapy a hodnoty vypočtené ze vzorce.

území a při následném porovnání hodnot stávajícího a návrhového stavu taktéž orientační rozdíl teplot, tj. celkové ochlazení, popř. oteplení zájmového území.

5.1.3 Stanovení úbytků vody v území

Úplným počátkem metodiky v rámci snahy o minimalizaci úbytků vody byl prvotní předpoklad o průměrném procentuálním osudu dešťové vody shrnutým v rámci kapitoly 4.5.5 *Polopropustné chodníky*. „Obecně platí, že v případě odtoku vody z území je krajina ochuzena okamžitým odtokem přibližně o 10 % srážkových vod, přibližně 50 % dešťového objemu je zasakováno, z čehož polovina odpovídá hloubkové retenci a u zbylých 40 % dochází k evapotranspiračnímu jevu. Za předpokladu, že se jedná o vysoce urbanizované území, okamžitý odtok se zvyšuje až na 55 % a u celkové infiltrace dochází k alarmující redukci na pouhých 15 %, z čehož jen přibližně 5 % připadá na podíl hloubkového vsaku. (zbylých 30 % se z území vypařuje).“ [25]

Průměrný roční úhrn srážek je tedy nutné z tohoto důvodu v případě hustších městských struktur snížit na hodnotu 45 %, která odpovídá rozdílu v hodnotách odtoku z povrchu krajiny a města. Je potřeba dbát i na fakt, že pokud se jedná o zachycení dešťových vod střechami objektů, hodnota nabývá 55 %, protože je pojat veškerý objem vody, jenž je posléze lokálně řešen některým z obvyklých způsobů.

Dalším krokem je logicky stanovení druhu a následné propustnosti jednotlivých typů zpevněných povrchů. K tomu bylo vytvořeno komplexní hodnocení zpevněných ploch, viz *Příloha 1 na str. 99*, které mimo jiné faktory, graficky i číselně znázorňuje schopnost infiltrace vody pro nejběžněji používané typy plných ploch i zatravnovacích dlažeb. V případě střech jsou rozeznávány dvě různé situace, a sice zachytávání vod střešními krytinami s nepropustnou horní vrstvou a zelenou vegetační střechou s uživatelsky nastavitelnou mocností substrátu, přičemž následný scénář v obou případech může rozlišit buď okamžité svedení dešťové vody do kanalizační sítě nebo její hromadění v akumulární, popř. retenční nádrži (v případě zelené střechy pochopitelně až po naplnění retenční kapacity substrátu). Při odeslání objemu vody do kanalizace předpokládá výpočet ztrátu celého objemu, retenční nádrž oproti tomu dle modelu celý objem zasakuje. Akumulační nádrž počítá ve svém principu s ušetřením pouze 50 % objemu vody, neboť je předpokládáno, že polovina vody

bude využita v objektu pro splachování a další domácí procesy, které nezahrnují kontakt s lidskou pokožkou, a které ve výsledku svedou tuto vodu do kanalizační sítě k následné purifikaci. Zbylých 50 % zajistí závlahu okolních parcel spolu s dalšími činnostmi.

V poslední řadě metodika zohledňuje taktéž vliv vodních a vegetačních ploch, které jsou pochopitelně pro příjem vody nejpřívětivější a nejhodnotnější. I když metodika přímo nestanovuje množství vody, které je v rámci města nutné hloubkově čistit, je možné předpokládat, že objem vody v zájmovém území, který je pomocí modelu vypočítaný jako ušetřený se teoreticky rovná objemu vody, který byl taktéž ušetřen v souvislosti s množstvím vody určeného k nevyhnutelné purifikaci v čističce odpadních vod (splach znečištění z ulic apod.).

5.1.4 Stanovení množství emisí v území

Metodika byla v souvislosti s emisním znečištěním zaměřena pouze na produkci skleníkového plynu oxidu uhličitého v rámci dopravy, neboť právě ta je dle dostupných zdrojů původcem více než 25 % celkových emisí CO₂ v zemích Evropské unie. Doprava navíc zatěžuje místní ovzduší zejména lokálním charakterem a výsledné znečištění je tedy možné poměrně jasně vyčíslit. Oproti zbylým sektorům, jež jsou hlavními příčinami nadměrného znečištění a které v časovém horizontu vykazují tendence jeho postupného snižování je oproti tomu doprava jedinou sférou, kde je do budoucna očekáván naopak emisní nárůst zejména v případě letecké dopravy. [65], [66]

Druhou nejvýznamnější příčku v produkci CO₂ obsazuje energetika, která je taktéž úzce spjata s výslednou čistotou měst. Polutanty pramenící ze zbylých sfér, konkrétně průmyslu, zemědělství nebo odpadového hospodářství nabývají zpravidla lokálního charakteru a pro jejich stanovení by bylo potřeba získat velké množství vstupních dat. [66]

Metodika v rámci této diplomové práce má za úkol hodnotit lokální měřítko dopravy s jasně vymezenými hranicemi. Zohledňuje ve své podstatě dopravu silniční, vlakovou, leteckou a kolejovou podzemní (metro). Vstupními daty se v tomto případě stávají délky jednotlivých komunikačních úseků a počty poměrně široké a popř. dále rozšiřitelné škály dopravních prostředků. Při známých hodnotách průměrné produkce skleníkového plynu CO₂ daného typu dopravního prostředku na jeden kilometr je pak přibližné stanovení míry

znečištění jednoduchým násobkem těchto údajů. Závěrečný výsledek určuje grafickým i číselným způsobem rozdíl v množství emisí v kg CO₂ za den při porovnání stávajícího a navrhovaného stavu. [65]

Metodika nabývá pouze informativního charakteru, který má uživateli poskytnout hrubou představu o lokálním znečištění území. Výpočet např. nikterak detailně nezohledňuje vliv rychlosti vozidla na území měst, kde se vozidla zpravidla často rozjíždějí, což vede k vyšší spotřebě paliva, a tudíž k vyšším emisím. Ve svém principu je ovšem aplikovaný model z velké části doplňitelný, a tím pádem by při dostatku poskytnutých počátečních informací došlo u jeho výpočetního principu k výraznému zpřesnění.

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V EU PODLE SEKTORŮ DETAILNĚ

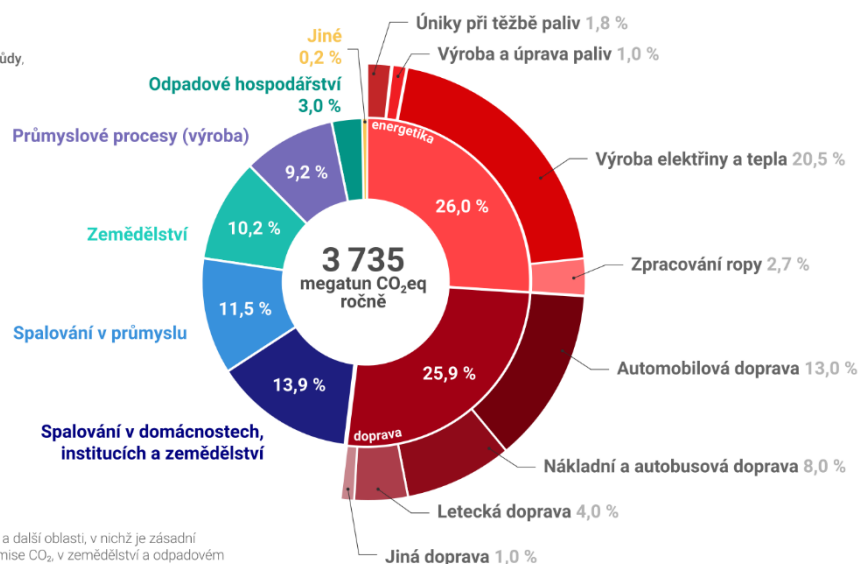
Celkové emise EU* za rok 2019

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.

Co znamená CO₂eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO₂, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH₄) a oxidu dusného (N₂O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO₂).

VERZE 2022-07-14 LICENCE CC BY 4.0
více info na faktaoklimatu.cz/emise-eu-detail



* Jde o emise EU-27, tj. zemí, které byly k roku 2021 členy EU.
zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

Obrázek 62 - Rozložení celkových emisí skleníkových plynů (v tunách CO_{2,eq}) v EU za rok 2019 v jednotlivých sektorech lidské činnosti, zdroj: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-eu-detail>

5.2 Aplikace metodiky

5.2.1 Výběr řešené lokality

V rámci výběru ideální lokality pro demonstraci funkčnosti vytvořené metodiky byl kladen důraz na nalezení takového území, které by vykazovalo přítomnost závažných problémů zahrnujících nadměrné zatížení tepelnými ostrovy, nesprávné hospodaření s dešťovou vodou a nadměrnou produkci emisí CO₂. Dostatečně reprezentativní se při bližším průzkumu nakonec projevila oblast v okolí sportovní haly O2 arena, která zaujímá signifikantní část katastrálního území Libeň na Praze 9.

5.2.2 Popis lokality



Obrázek 63 - Situace širších vztahů zájmové lokality

Zvolené území disponuje rozlohou necelých 320 tis. m² a ve své ploše z hlediska zástavby zahrnuje ikonickou velkoplošnou sportovní halou O2 areny spolu s přidruženou budovou Universa, obchodním centrem Harfa (ve všech případech se jedná o rozsáhlé objekty s nepropustnou střešní konstrukcí), jednou administrativní budovou disponující zelenou střechou a převažujícím množstvím obytných blokových budov nabývajících charakteru obytného centra města s typickými šikmými střechami.

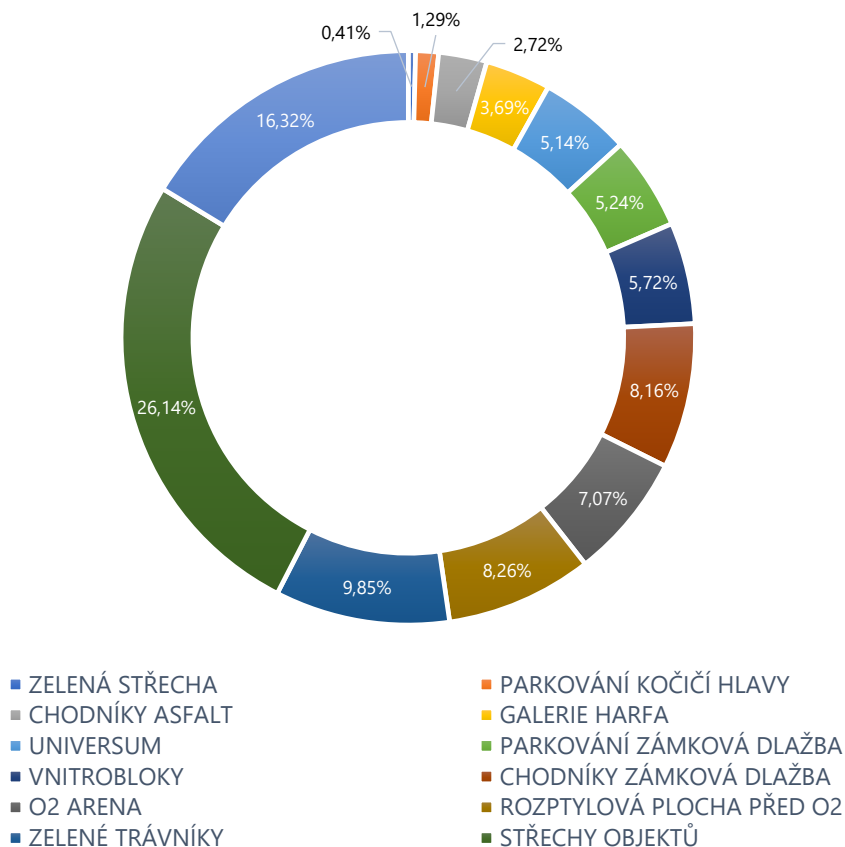
Lokalita je ohraničena dvěma frekventovanými, rychlostními, asfaltovými komunikacemi disponujícími tramvajovými tratěmi s částečným ozeleněním pruhů. Silniční komunikace mezi jednotlivými bloky jsou řešeny jako obslužné asfaltové a vyplňují v podstatě většinu prostoru mezi bytovými domy. Parkování je v daném území značné, čítající přibližně 1500 míst a je uskutečněno na asfaltových površích nebo kočičích hlavách. Při jižním okraji se nachází železniční trať, která není přímo zahrnuta v území, její vliv znečištění je ovšem z hlediska frekventovanosti vlakových spojů značný, a tudíž je zahrnuta do výpočtu emisního vlivu.

Na první pohled je zřejmý velký problém spojený s absencí vegetace v území. Její vzrostlá forma v podobě solitérních stromů nebo stromořadí se nachází v minimální míře při některých komunikacích a ve vnitroblocích. V řešené lokalitě se nenachází žádná vodní plocha ani jiné prvky modré infrastruktury.

Z hlediska pěší využitelnosti je území z obrovské části vyplněno zpevněnými plochami v podobě různých typů zámkové dlažby, jejíž většina je tvořena rozptylovou plochou před O2 arenou, zbytek pak připadá pěším komunikacím.

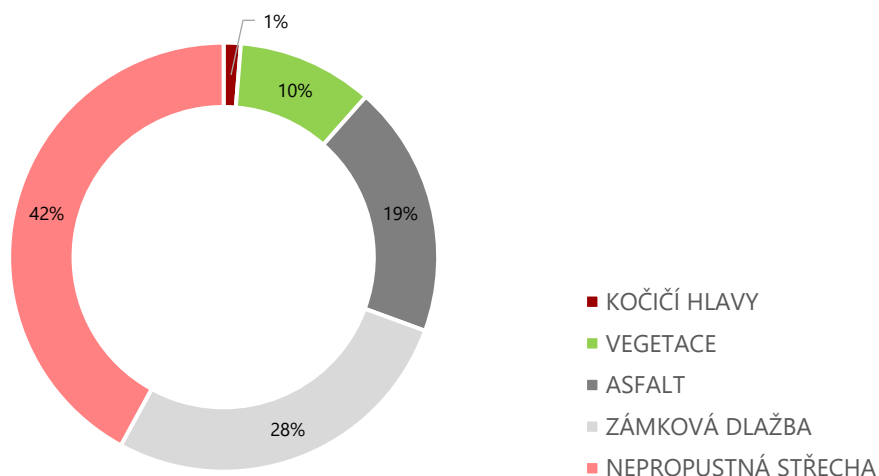
OBJEKT	MATERIÁL	PLOCHA (m ²)
ZELENÁ STŘECHA	VEGETACE	1 300
PARKOVÁNÍ KOČIČÍ HLAVY	KOČIČÍ HLAVY	4 100
CHODNÍKY ASFALT	ASFALT	8 659
GALERIE HARFA	NEPROPUSTNÁ STŘECHA	11 750
UNIVERSUM	NEPROPUSTNÁ STŘECHA	16 380
PARKOVÁNÍ ZÁMKOVÁ DLAŽBA	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	16 700
VNITROBLOKY	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	18 200
CHODNÍKY ZÁMKOVÁ DLAŽBA	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	25 977
O2 ARENA	NEPROPUSTNÁ STŘECHA	22 500
ROZPTYLOVÁ PLOCHA PŘED O2	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	26 300
ZELENÉ TRÁVNÍKY	VEGETACE	31 350
STŘECHY OBJEKTŮ	NEPROPUSTNÁ STŘECHA	83 230
SILNIČNÍ KOMUNIKACE	ASFALT	51 954

Tabulka 31 - Vyčíslení jednotlivých ploch zastoupených v řešené lokalitě



Graf 13- Procentuální grafické znázornění rozdělení ploch v území, zdroj: MS Excel

Z Graf 14 je dále zřejmé, o jak kriticky nepropustnou lokalitu ve vztahu k zadržení vody v území se jedná, neboť vegetační plochy zaujímají v tomto případě pouze 10 % z celkové rozlohy.



Graf 14 - Procentuální grafické znázornění podílu příslušných povrchových materiálů v území, zdroj: MS Excel

5.2.3 Současný stav

Jako bylo již zmíněno, nedostatečná propustnost povrchů, materiály zvolené pro výstavbu zpevněných ploch v území, nadměrné zatížení dopravou, téměř nulová retenční schopnost půdy, a hlavně akutní nedostatek vegetačních ploch a prvků vzrostlé zeleně, to vše jsou důvody, kvůli kterým zvolená lokalita vykazuje nadměrné až kritické zahřívání v průběhu horkých letních měsíců.

5.2.3.1 Stanovení teploty v území



Obrázek 64 - Termokamerový snímek řešené lokality, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/

STÁVAJÍCÍ STAV		FAKTOR	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA PŮDY/VODY [kJ/kg.K]	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA ZPEVNŮVACÍHO ELEMENTU [kJ/kg.K]	BAREVNÁ KOREKCE MATERIÁLU ZPEVNŮVACÍHO ELEMENTU [-]	PROPUSTNOST [%]	NASÝCENÍ [%]	PLOCHA [m ²]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 17.6.2019 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 26.6.2019 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 14.7.2020 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 30.7.2020 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 8.6.2020 [°C]
VEGETAČNÍ PLOCHY	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, PARK)	3,01				99 %	50 %	3 135	25,7	31,8	27,1	28,6	24,1
	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, KRAJINA)	3,01				99 %	50 %		24,5	32,1	25,7	28,2	24,0
	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, LES)	3,01				99 %	50 %		21,1	29,4	22,3	24,2	20,9
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, PARK)	3,01				99 %	50 %		23,3	31,6	25,5	27,5	23,4
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, MĚSTO) REFERENČNÍ	1,34				99 %	10 %	28 215	28,4	35,0	29,4	31,1	26,0
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, U VODY) REFERENČNÍ	5,06				99 %	99 %		24,9	30,9	25,3	27,4	23,0
ZPEVNĚNÉ PLOCHY	KOČÍČÍ HLAVY REFERENČNÍ		0,89	0,9		10 %	10 %	4 100	30,5	37,2	32,0	32,3	27,9
	ZÁMKOVÁ DLAŽBA REFERENČNÍ		0,84	0,7		5 %	10 %	87 177	29,6	36,1	31,2	31,8	27,3
	ASFALT (V PŘÍRODĚ)		1,1	1		1 %	0 %		26,1	33,6	27,2	29,3	25,5
	ASFALT (V URBANIZOVANÉM ÚZEMÍ) REFERENČNÍ		1,1	1		1 %	0 %	60 613	29,5	37,4	32,7	33,9	28,6
STŘECHY	ZELENÁ STŘECHA (ADMINISTRATIVNÍ KOMPLEX) REFERENČNÍ 1					97 %	20 %		25,9	33,9	28,1	29,2	25,0
	ZELENÁ STŘECHA (SÍDLIŠTĚ)					97 %	20 %		28,1	35,4	29,7	31,3	25,8
	ZELENÁ STŘECHA (CENTRUM MĚSTA) REFERENČNÍ					97 %	20 %	1 300	33,3	38,4	33,4	34,0	28,7
	NEPROPUSTNÁ STŘECHA (MALOPLOŠNÁ)					0 %	0 %	83 230	35,7	41,3	37,5	39,5	33,6
	NEPROPUSTNÁ STŘECHA (VELKOPLOŠNÁ) REFERENČNÍ					0 %	0 %	50 630	41,7	47,9	45,4	45,6	40,0
VODNÍ PLOCHY	CELKOVÁ VODNÍ PLOCHA	4,18							25,5	31,9	26,0	27,7	23,5
CELEK	CELKOVÁ PLOCHA ÚZEMÍ [m]							318 400					
	PRŮMĚRNÁ TEPLOTA ÚZEMÍ [°C]								32,98	39,45	35,20	36,33	31,08

Tabulka 32 -Stávající stav vyčísující teploty jednotlivých druhů povrchů v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

5.2.3.2 Stanovení úbytků vody v území

Průměrný roční úhrn srážek odpovídá na území Prahy přibližně 550 mm, přičemž bylo toto množství poníženo v souvislosti s rozdílem odtoků na výslednou hodnotu 247,5 resp. 302,5 (pro zachytávání střechou).

	FAKTOR	PROPUSTNOST	STÁVAJÍCÍ STAV		
			PLOCHA	JEDNOTKA	
ZPEVNĚNÉ PLOCHY	ROSTLÝ TERÉN VEGETAČNÍ POKRÝVKY	99 %	31 350	m ²	
	PLASTOVÉ VÝTUŽE ECORASTER	90 %			
	KOSTKY JEMNÉ	75 %			
	KOSTKY HUSTÉ	20 %			
	KOČIČÍ HLAVY	10 %	4 100		
	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	5 %	87 177		
	DRENÁŽNÍ BETON	95 %			
	ASFALT	1 %	60 613		
	CELKOVÁ PLOCHA NEPROPUSTNÝCH PLOCH				285 750
VEGETAČNÍ PLOCHY	CELKOVÁ PLOCHA VEGETAČNÍ POKRÝVKY		32 650	m ²	
VODNÍ PLOCHY	CELKOVÁ VODNÍ PLOCHA		0	m ²	
CELEK	CELKOVÁ PLOCHA ÚZEMÍ		318 400	m ²	
PROPUSTNOSTI			PROPUSTNOST		
	CELKOVÝ PODÍL ZELENÉ PLOCHY/ ZPEVNĚNÉ PLOCHY		10,25 %		
	VÝSLEDNÁ PROPUSTNOST		23,97 %		
PLOCHY BUDOV		KOEFICIENT PRŮMĚRNÉ ROČNÍ ZADRŽOVACÍ SCHOPNOSTI	PLOCHA [m ²]	TLOUŠŤKA SUBSTRÁTU [m]	
	STŘECHA NEPROPUSTNÁ		133 860		
	STŘECHA ZELENÁ	1,5	1 300	0,1	
	MAXIMÁLNÍ SCHOPNOST AKUMULACE VODY		195,00	m ³ /rok	
		STÁVAJÍCÍ STAV	NAVRHOVANÝ STAV		
	AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	NE	ANO	0	m ³ /rok
	RETENČNÍ NÁDRŽ	NE	NE	0	m ³ /rok
ODVOD DO KANALIZACE	ANO	NE	40 492 455	m ³ /rok	
SRÁŽKY		HODNOTA	JEDNOTKA		
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK PRAHA	550	mm		
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ODTOK VODY Z ÚZEMÍ PRAHY	247,5	mm		
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK PRO STŘECHY	302,5	mm		
VÝSLEDEK			HODNOTA	JEDNOTKA	
	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ INFILTRACE VODY		16 954,13	tisíců m ³ /rok	
	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ ZTRÁTA VODY		94 261,84	tisíců m ³ /rok	

Tabulka 33 - Současný stav vyčísľující hospodaření s dešťovou vodou, jež je zachytávána v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

5.2.3.3 Stanovení množství emisí v území

Délky tras včetně počtu a druhu jednotlivých dopravních prostředků jsou zřejmé z *Tabulka 34*. Počet dopravních prostředků byl stanoven orientačně, přičemž by bylo pro přesnější hodnotu zapotřebí zrealizovat detailní pozorování frekvence místní dopravy pro všední i víkendový režim. Zdrojem pro hodnoty produkce CO₂ jednotlivých typů dopravních prostředků se stala průměrná statistika při běžné spotřebě paliva. [65]

FAKTOR	ELEMENT	POZNÁMKA	SOUČASNÝ STAV	NAVRHOVANÝ STAV	JEDNOTKA
			HODNOTA	HODNOTA	
DĚLKA KOMUNIKAČNÍHO ÚSEKU	SILNICE		4,551	3,836	km
	ÚSEK METRA		0,7	0,7	
	ŽELEZNICE		0,35	0,35	
	VZDUŠNÁ DRÁHA		0,8	0,8	
POČET DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ	OSOBNÍ BENZINOVÝ AUTOMOBIL		1500	1000	kus/den
	OSOBNÍ NAFTOVÝ AUTOMOBIL		1000	800	
	ELEKTROMOBIL		200	200	
	HYBRIDNÍ AUTOMOBIL		350	300	
	AUTOBUS		150	300	
	METRO		250	300	
	ELEKTRICKÝ VLAK		20	25	
	DIESELVÝ VLAK		25	30	
LETADLO		10	10		
PRODUKCE CO ₂	OSOBNÍ BENZINOVÝ AUTOMOBIL	0,2 - 0,3	0,25		kg CO ₂ /km
	OSOBNÍ DIESELVÝ AUTOMOBIL	0,11 - 0,25	0,2		
	ELEKTOMOBIL	POKUD JDE O ČERPÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÉ ENERGIE	0		
	HYBRIDNÍ AUTOMOBIL		0,03		
	AUTOBUS	90 - 150	0,12		
	TRAMVAJ	POKUD JDE O ČERPÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÉ ENERGIE	0		
	METRO	40 - 60	0,05		
	ELEKTRICKÝ VLAK	PRO OSAZENOST VLAKU 250 LIDÍ NA VLAK, 50g/osoba/km	12,5		
	DIESELVÝ VLAK	PRO OSAZENOST VLAKU 250 LIDÍ NA VLAK, 70g/osoba/km	17,5		
LETADLO	TADY JE HODNOTA HODNĚ ORIENTAČNÍ, NAVÍC LETADLA PRODUKUJÍ VÍCE ŠKODLIVIN A VE VELKÉ MÍŘE, PRO OSAZENOST 180 LIDÍ NA LETADLO PRŮMĚRNĚ, 0,1 g/OSOBA/km	18,0			
PROCENTUÁLNÍ ZASOUPENÍ DRUHU DOPRAVY	SILNICE		91,3 %	87,7 %	%
	VZDUŠNÁ		0,3 %	0,3 %	
	OSTATNÍ (METRO)		7,1 %	10,1 %	
	ŽELEZNICE		1,3 %	1,9 %	
PRODUKCE CO ₂			3139,9	2193,0	kg CO₂/den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V SILNIČNÍ DOPRAVĚ			2746,53	1745,38	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V PODPOVRCHOVÉ DOPRAVĚ (METRO)			8,75	10,50	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ			240,63	293,13	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ			144,00	144,00	kg CO ₂ /den
CELKOVÉ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ				946,9	kg CO₂/den
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V SILNIČNÍ DOPRAVĚ				36,45	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V PODPOVRCHOVÉ DOPRAVĚ (METRO)				-20,00	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ				-21,82	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ				0,00	%
CELKOVÉ PROCENTUÁLNÍ SNIŽENÍ EMISÍ				30,16	%

Tabluka 34 – Současný stav vyčísľující množství emisí CO₂ vznikajících v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

5.2.4 Navrhovaný stav

Vzhledem k tomu, že je v rámci metodiky vypracované pro účely této diplomové práce opomíjen ekonomický faktor navrhovaných řešení a je kladen důraz zejména na funkčnost výpočetního modelu, působí výčet navrhovaných opatření poněkud neuskutečnitelně až utopicky, nicméně ve výsledku velice názorně. Druhým důvodem tak ambiciózních návrhu změn byla snaha o co možná nejúplnější ukázkou většiny možností, které prostředí navržené metodiky nabízí.

Návrh zlepšujících opatření

- Veškeré parkování na zámkové dlažbě nahradit zatravnujícím systémem ECORASTER (jedná se o plochu čítající 16 700 m²).
- Vybavit objekty Universa a O2 areny zelenou střechu se substrátem o mocnosti 0,01 m (jedná se o plochu čítající 22 500 m²).
- Rekonstrukce rozptylové plochy před objektem O2 arény. Bude realizována výměna za zatravnovací systém „kostky jemně“ s propustností 75 % – (jedná se o plochu čítající 26 300 m²).
- Při rekonstrukci rozptylové plochy zaústit napojení svodu dešťových vod objektů O2 arény a Universa do velkoobjemové podzemní akumulární nádrže.
- Zrekonstruovat 50 % rozlohy chodníků tvořených ze zámkové dlažby do nové podoby realizované ze zatravnovacího systému „kostky hustě“ s propustností 25 % (jedná se o plochu čítající 7 805 m²).
- Zajistit v rámci vnitrobloků bytových domů kompletní ozelenění (jedná se o plochu čítající 18 200 m²).
- Zredukovat 100 parkovacích stání realizovaných na kočících hlavách a nahradit je vegetačními plochami (jedná se o plochu čítající 1 250 m²).
- Vytvořit vegetační pokrývku taktéž na zbývajících nezelených částech kolejových pásů, které jsou ve stávajícím stavu realizovány zámkovou dlažbou (jedná se o plochu čítající 5 000 m²).
- Podpořit četnost a kvalitu prostředků městské hromadné dopravy, a tím zredukovat množství osobních vozidel vyhledávajících zájmovou lokalitu.
- Zamezit nerezidentům vjezd do ulice Drahohejlova.



5.2.4.1 Stanovení teploty v území

FAKTOR		MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA PŮDY/VODY [kJ/kg.K]	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA ZPEVNĚVACÍHO ELEMENTU [kJ/kg.K]	BAREVNÁ KOREKCE MATERIÁLU ZPEVNĚVACÍHO ELEMENTU [-]	PROPUSTNOST [%]	NASYCENÍ [%]	PLOCHA [m ²]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 17.6.2019 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 26.6.2019 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 14.7.2020 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 30.7.2020 [°C]	PRŮMĚRNÁ POVRCHOVÁ TEPLOTA 8.6.2020 [°C]
VEGETAČNÍ PLOCHY	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, PARK)	3,01			99 %	50 %	5 580	25,7	31,8	27,1	28,6	24,1
	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, KRAJINA)	3,01			99 %	50 %		24,5	32,1	25,7	28,2	24,0
	ROSTLÝ TERÉN (VYSOKÁ VEGETACE, LES)	3,01			99 %	50 %		21,1	29,4	22,3	24,2	20,9
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, PARK)	3,01			99 %	50 %		23,3	31,6	25,5	27,5	23,4
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, MĚSTO) REFERENČNÍ	1,34			99 %	10 %	50 220	28,4	35,0	29,4	31,1	26,0
	ROSTLÝ TERÉN (NÍZKÁ VEGETACE, U VODY) REFERENČNÍ	5,06			99 %	99 %		24,9	30,9	25,3	27,4	23,0
ZPEVNĚNÉ PLOCHY	PLASTOVÉ VÝZTUŽE ECORASTER		0,8	0,9	90 %	10 %	16 700	28,1	34,7	29,2	30,9	25,8
	KOSTKY JEMNĚ		0,84	0,7	75 %	10 %	26 300	28,2	34,9	29,4	31,1	26,0
	KOSTKY HUSTĚ		0,84	0,7	20 %	10 %	7 805	28,5	35,6	30,4	31,9	26,8
	KOČÍČÍ HLAVY		0,89	0,9	10 %	10 %	2 850	28,8	36,2	31,1	32,6	27,4
	ZÁMKOVÁ DLAŽBA		0,84	0,7	5 %	10 %	13 172	28,6	35,8	30,6	32,1	27,0
	ASFALT (V URBANIZOVANÉM ÚZEMÍ)		1,1	1	0 %	0 %	60 613	29,5	37,4	32,7	33,9	28,6
	DRENÁŽNÍ BETON		0,84	1	95 %	0 %		28,5	35,0	29,5	31,2	26,1
	VOLITENÝ MATERIÁL 1				100 %	100 %		24,9	30,9	25,3	27,4	23,0
	VOLITENÝ MATERIÁL 2							28,4	35,0	29,4	31,1	26,0
	VOLITENÝ MATERIÁL 3							28,4	35,0	29,4	31,1	26,0
	VOLITENÝ MATERIÁL 4		0,84	0,7	50 %	20 %		28,0	34,8	29,4	31,1	26,1
	VOLITENÝ MATERIÁL 5							28,4	35,0	29,4	31,1	26,0
VOLITENÝ MATERIÁL 6							28,4	35,0	29,4	31,1	26,0	
STŘECHY	ZELENÁ STŘECHA (ADMINISTRATIVNÍ KOMPLEX)				97 %	20 %		25,9	33,9	28,1	29,2	25,0
	ZELENÁ STŘECHA (SÍDLIŠTĚ)				97 %	0 %		28,1	35,4	29,7	31,3	25,8
	ZELENÁ STŘECHA (CENTRUM MĚSTA)				97 %	20 %	23 800	33,3	38,4	33,4	34,0	28,7
	NEPROPUSTNÁ STŘECHA (MALOPLOŠNÁ)				0 %	0 %	111 360	35,7	41,3	37,5	39,5	33,6
	NEPROPUSTNÁ STŘECHA (VELKOPLOŠNÁ)				0 %	0 %		41,7	47,9	45,4	45,6	40,0
VODNÍ PLOCHY	CELKOVÁ VODNÍ PLOCHA	4,18						25,5	31,9	26,0	27,7	23,5
CELEK	CELKOVÁ PLOCHA ÚZEMÍ [m ²]						318 400					
	PRŮMĚRNÁ TEPLOTA ÚZEMÍ [°C]							26,55	31,81	28,08	29,41	24,86
	PRŮMĚRNÉ SNÍŽENÍ TEPLoty ÚZEMÍ [°C]							6,43	7,64	7,12	6,92	6,22
	PROCENTUÁLNÍ SNÍŽENÍ TEPLoty ÚZEMÍ [%]							19,50	19,36	20,22	19,05	20,00

Tabulka 35 - Navrhovaný stav vyčísľující teploty jednotlivých druhů povrchů a míru ochlazení v zájmovém území stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

5.2.4.2 Stanovení úbytků vody v území

FAKTOR	PROPUSTNOST	STÁVAJÍCÍ STAV		NAVRHOVANÝ STAV			
		PLOCHA	JEDNOTKA	PLOCHA	JEDNOTKA		
ZPEVNĚNÉ PLOCHY	ROSTLÝ TERÉN VEGETAČNÍ POKRÝVKY	99 %	31 350	m ²	55 800	m ²	
	PLASTOVÉ VÝZTUŽE ECORASTER	90 %			16 700		
	KOSTKY JEMNĚ	75 %			26 300		
	KOSTKY HUSTĚ	20 %			7 805		
	KOČIČÍ HLAVY	10 %	4 100		2 850		
	ZÁMKOVÁ DLAŽBA	5 %	87 177		13 172		
	DRENÁŽNÍ BETON	95 %					
	ASFALT	1 %	60 613		60 613		
	CELKOVÁ PLOCHA NEPROPUSTNÝCH PLOCH		285 750				238 800
VEGETAČNÍ PLOCHY	CELKOVÁ PLOCHA VEGETAČNÍ POKRÝVKY		32 650	m ²	79 600	m ²	
VODNÍ PLOCHY	CELKOVÁ VODNÍ PLOCHA		0	m ²	0	m ²	
CELEK	CELKOVÁ PLOCHA ÚZEMÍ		318 400	m ²	318 400	m ²	
PROPUSTNOSTI			PROPUSTNOST		PROPUSTNOST		
	CELKOVÝ PODÍL ZELENÉ PLOCHY/ ZPEVNĚNÉ PLOCHY		10,25 %		25,00 %		
	VÝSLEDNÁ PROPUSTNOST		23,97 %		73,06 %		
PLOCHY BUDOV		KOEFICIENT PRŮMĚRNÉ ROČNÍ ZADRŽOVACÍ SCHOPNOSTI		PLOCHA [m ²]	TLOUŠŤKA SUBSTRÁTU [m]	PLOCHA [m ²]	TLOUŠŤKA SUBSTRÁTU [m]
	STŘECHA NEPROPUSTNÁ			133 860		111 360	
	STŘECHA ZELENÁ	1,5		1 300	0,1	23 800	0,1
	MAXIMÁLNÍ SCHOPNOST AKUMULACE VODY			195,00	m ³ /rok	3 570,00	m ³ /rok
		STÁVAJÍCÍ STAV	NAVRHOVANÝ STAV				JEDNOTKA
	AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	NE	ANO	0	m ³ /rok	4 880 958	m ³ /rok
	RETENČNÍ NÁDRŽ	NE	NE	0	m ³ /rok	0	m ³ /rok
	ODVOD DO KANALIZACE	ANO	NE	40 492 455	m ³ /rok	0	m ³ /rok
SRÁŽKY		HODNOTA	JEDNOTKA				
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK PRAHA	550	mm				
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ODTOK VODY Z ÚZEMÍ PRAHY	247,5	mm				
	PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN SRÁŽEK PRO STŘECHY	302,5	mm				
VÝSLEDEK			HODNOTA	JEDNOTKA	HODNOTA	JEDNOTKA	
	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ INFILTRACE VODY		16 954,13	tisíců m ³ /rok	48 065,21	tisíců m ³ /rok	
	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ ZTRÁTA VODY		94 261,84	tisíců m ³ /rok	15 925,89	tisíců m ³ /rok	
	VÝSLEDNÁ PRŮMĚRNÁ ROČNÍ ÚSPORA VODY				31 111,08	tisíců m ³ /rok	

Tabulka 36 - Navrhovaný stav vyčísující hospodaření s dešťovou vodou, jež je zachytávána v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

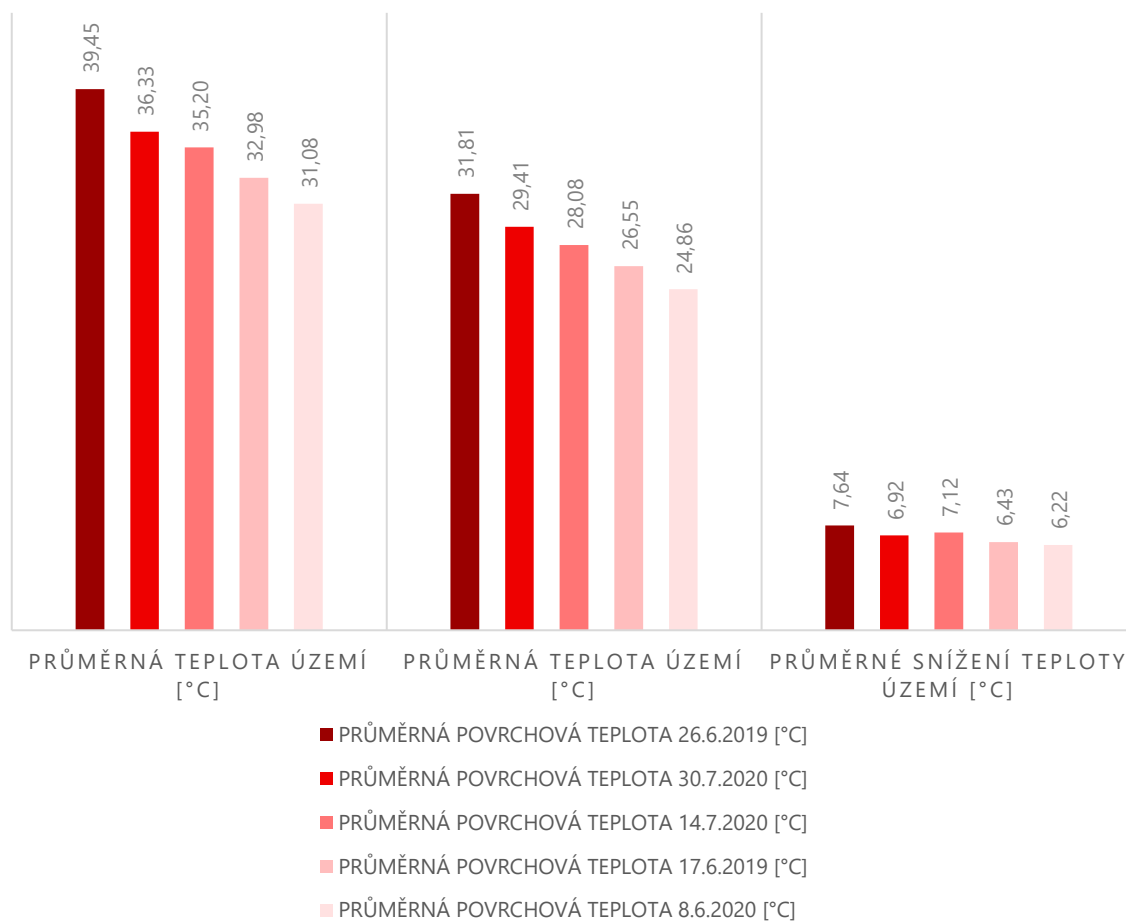
5.2.4.3 Stanovení množství emisí v území

FAKTOR	ELEMENT	POZNÁMKA	SOUČASNÝ STAV	NAVRHOVANÝ STAV	JEDNOTKA
			HODNOTA	HODNOTA	
DĚLKA KOMUNIKAČNÍHO ÚSEKU	SILNICE		4,551	3,836	km
	ÚSEK METRA		0,7	0,7	
	ŽELEZNICE		0,35	0,35	
	VZDUŠNÁ DRÁHA		0,8	0,8	
POČET DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ	OSOBNÍ BENZINOVÝ AUTOMOBIL		1500	1000	kus/den
	OSOBNÍ NAFTOVÝ AUTOMOBIL		1000	800	
	ELEKTROMOBIL		200	200	
	HYBRIDNÍ AUTOMOBIL		350	300	
	AUTOBUS		150	300	
	METRO		250	300	
	ELEKTRICKÝ VLAK		20	25	
	DIESELVÝ VLAK		25	30	
LETADLO		10	10		
PRODUKCE CO ₂	OSOBNÍ BENZINOVÝ AUTOMOBIL	0,2 - 0,3		0,25	kg CO ₂ /km
	OSOBNÍ DIESELVÝ AUTOMOBIL	0,11 - 0,25		0,2	
	ELEKTOMOBIL	POKUD JDE O ČERPÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÉ ENERGIE		0	
	HYBRIDNÍ AUTOMOBIL			0,03	
	AUTOBUS	90 - 150		0,12	
	TRAMVAJ	POKUD JDE O ČERPÁNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÉ ENERGIE		0	
	METRO	40 - 60		0,05	
	ELEKTRICKÝ VLAK	PRO OSAZENOST VLAKU 250 LIDÍ NA VLAK, 50g/osoba/km		12,5	
	DIESELVÝ VLAK	PRO OSAZENOST VLAKU 250 LIDÍ NA VLAK, 70g/osoba/km		17,5	
LETADLO	TADY JE HODNOTA HODNĚ ORIENTAČNÍ, NAVÍC LETADLA PRODUKUJÍ VÍCE ŠKODLIVIN A VE VELKÉ MÍŘE, PRO OSAZENOST 180 LIDÍ NA LETADLO PRŮMĚRNĚ, 0,1 g/OSOBA/km		18,0		
PROCENTUÁLNÍ ZASOUPENÍ DRUHU DOPRAVY	SILNICE		91,3 %	87,7 %	%
	VZDUŠNÁ		0,3 %	0,3 %	
	OSTATNÍ (METRO)		7,1 %	10,1 %	
	ŽELEZNICE		1,3 %	1,9 %	
PRODUKCE CO ₂			3139,9	2193,0	kg CO₂/den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V SILNIČNÍ DOPRAVĚ			2746,53	1745,38	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V PODPOVRCHOVÉ DOPRAVĚ (METRO)			8,75	10,50	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ			240,63	293,13	kg CO ₂ /den
MNOŽSTVÍ PRODUKCE EMISÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ			144,00	144,00	kg CO ₂ /den
CELKOVÉ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ				946,9	kg CO₂/den
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V SILNIČNÍ DOPRAVĚ				36,45	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V PODPOVRCHOVÉ DOPRAVĚ (METRO)				-20,00	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ				-21,82	%
PROCENTUÁLNÍ MNOŽSTVÍ UŠETŘENÝCH EMISÍ V LETECKÉ DOPRAVĚ				0,00	%
CELKOVÉ PROCENTUÁLNÍ SNIŽENÍ EMISÍ				30,16	%

Tabulka 37 - Navrhovaný stav vyčísující množství emisí CO₂ vznikajících v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel

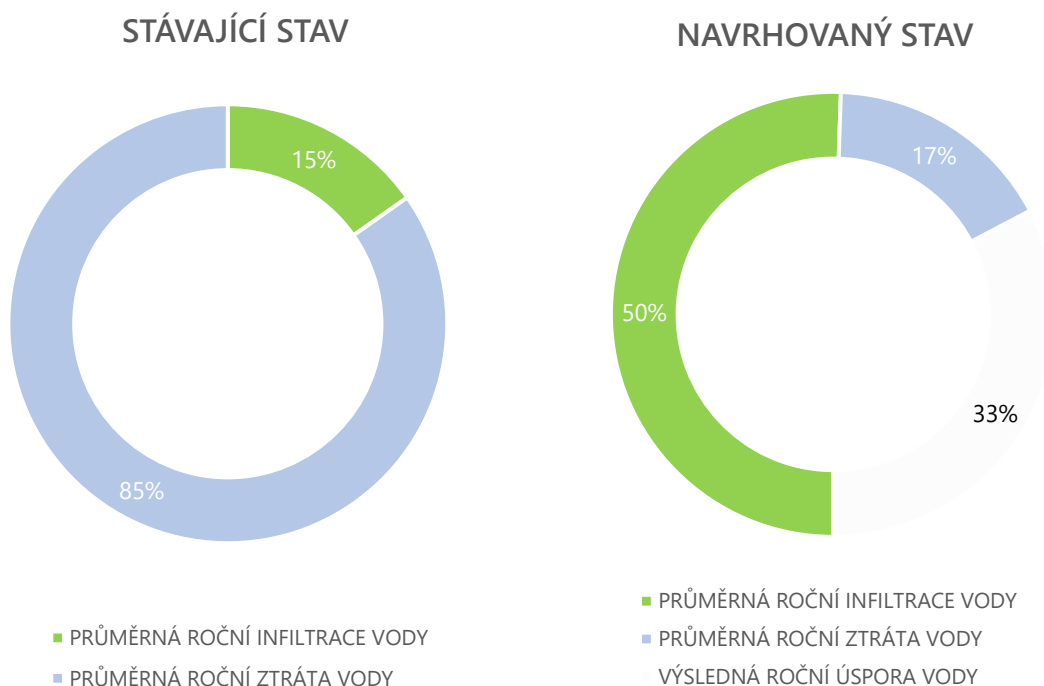
5.2.5 Výsledky analýzy

V případě teplotních poměrů v území bylo díky radikálním změnám dosaženo v porovnání s referenčními hodnotami výrazného snížení teploty o téměř 7 °C, což odpovídá 20% redukci. Taková hodnota by v praxi znamenala extrémní zlepšení teplotní situace a prokazatelně by vedla k ozdravení místního obyvatelstva a pozvednutí životní úrovně lokality, je však v našich podmínkách téměř nedosažitelná. Osobním odhadem je v daleko přízemnějším a uskutečnitelnějším scénáři zahrnujícím výsadbu několika desítek stromů, částečné ozelenění a minimalizace některých zbytečných zpevněných ploch předpokládána redukce místní teploty maximálně o 3 °C.



Graf 15 - Znáznornění redukce teploty v území pro jednotlivé referenční hodnoty, zdroj MS Excel

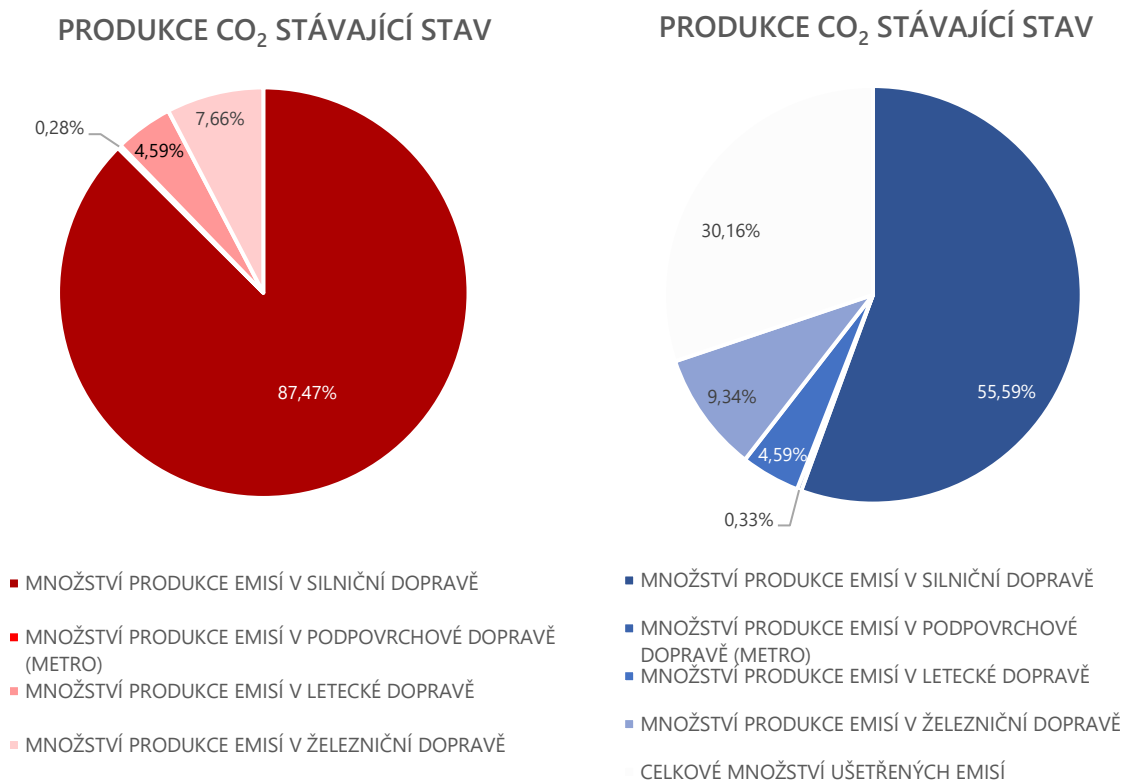
Znameníých výsledků bylo dosaženo i v rámci hospodaření s dešťovou vodou, kde se poměr infiltrace změnil z 15 na 50 %. Navrženými opatřeními by tak ročně došlo k úspoře více než 30 000 tis. m³ dešťové vody, což pro zajímavost odpovídá množství vody potřebné k naplnění přibližně 12 000 olympijských bazénů. Nejpřínosnějším přístupem by přitom byla aplikace zatravnovacích systémů s vyšším procentem propustnosti a zajištění vsaku obrovských objemů vody zachytávaných střechami rozměrných objektů. V souvislosti s odtokem by taktéž došlo v porovnání se stávajícím stavem k úspoře přibližně jedné třetiny celkového objemu dešťové vody zachytávané v území. Zvýšil by se celkový podíl vegetačních ploch a průměrná propustnost lokality by vyšplhala o necelých 50 % na hodnotu 73 %. Očekávaným i přes to však překvapujícím faktem je porovnání retenčního potenciálu zelených střech s klasickou půdou. Vegetační střechy sice disponují řadou benefičních faktorů, jejich retenční potenciál je ovšem poněkud nízký a jejich implementace tak vede k celkem paradoxnímu trendu, kdy je voda při srážce zachytávána, následně se poměrně rychle vypařuje, načež se domáhá další závlivky.



Graf 16 - Porovnání hydrogeologických poměrů stávající a navrhované varianty, zdroj: MS Excel

Posledním hodnoceným aspektem zaměřeným na produkci skleníkového plynu CO₂ přinesl taktéž pozitivní změny. V tomto případě se jedná ovšem pouze o značně orientační hodnoty, které slouží zejména pro vytvoření hrubé představy. Při podpoření a zvýhodnění

městské hromadné dopravy v hodnotách podle *Tabulka 37* by bylo dosaženo téměř třetinové úspory produkovaných plynů CO₂. V případě železniční a kolejové podpovrchové dopravy je možné vidět naopak nárůst množství produkovaných emisí, na druhou stranu je ale silniční doprava zodpovědná za přibližně 72 % celkové produkce skleníkových plynů v rámci EU, a je tudíž v první řadě žádoucí redukovat právě její vliv. [66] Nižší dopravní vytížení znamená v rámci urbanizovaných území nižší emise, menší procento prašnosti a zdravější životní podmínky, což může v dlouhodobém horizontu přinést výrazné benefity v souvislosti se sníženými náklady na budoucí zdravotní péči příslušné části zahrnutého obyvatelstva žijícího v takových oblastech.



Graf 17 – Porovnání emisních poměrů stávající a navrhované varianty, zdroj: MS Excel

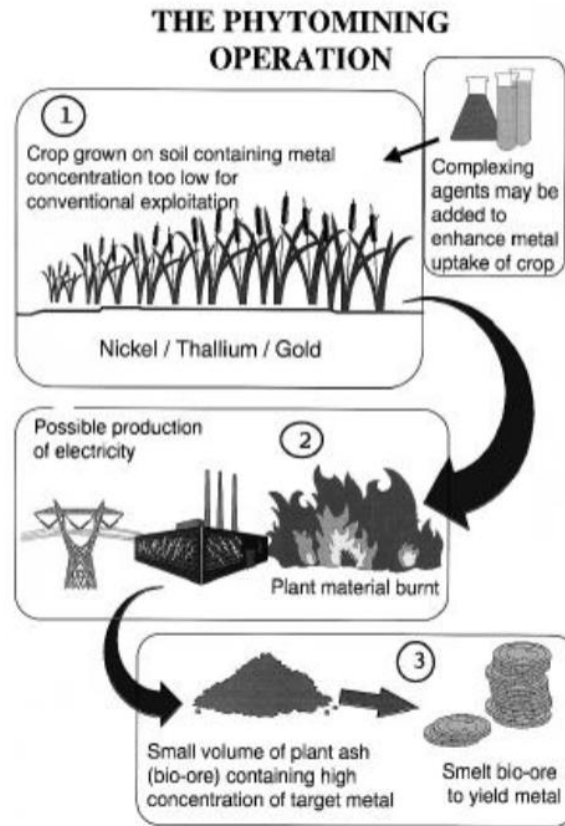
6. Závěr

Tato diplomová práce ve svém teoretickém obsahu řeší otázku problematiky stále aktuálnějšího tématu tepelných ostrovů úzce spojených s nesprávným hospodařením s dešťovou vodou a nadměrnou produkcí emisí skleníkových plynů. Jejím záměrem bylo shrnout, poskytnout a akcentovat možná řešení ke stále se zhoršujícímu stavu základních pilířů této nepolevující komplikace. Technologie i strategie k jejich úspěšné nápravě jsou přitom v rámci soudobé společnosti dostupné, stále ale není dostatečně zdůrazňována nutnost jejich aktivní implementace v rámci sídelních struktur. Pokud má být dosaženo citelné změny, je zapotřebí upustit od lhostejnosti a laxního přístupu a podpořit výrazně radikálnější kroky.

Podoba této práce může být z určité části připodobňována ke snahám adaptační strategie, v jejichž konceptu je shrnut přístup řady větších měst projevujících zájem o hledání cesty za zdravějším životním prostředím a chladnějším udržitelným klimatem.

Aby se práce nedotýkala pouze teoretické roviny, byla taktéž zpracována vlastní obecná metodika, určená k hodnocení tří základních již zmíněných zájmových pilířů. Její výpočetní prostředí bylo navrženo tak, aby poskytovala variabilní volbu mezi řadou potenciálních situací, přičemž se zaměřuje především na evaluaci různých typů povrchů a jejich kombinací s odlišnými vlastnostmi. V závěru je model schopen číselně i graficky znázornit rozdíly v řešených rizikových poměrech mezi stávajícím a navrhovaným stavem, které by se svým principem mohly v budoucnu stát předlohou pro komplexnější výpočetní metodiky následně využitelnými pro hodnocení míry zlepšujících návrhových opatření.

7. Přílohy



Příloha 2 - Princip tzv. "fytominingu", zdroj: <https://docplayer.cz/10171647-Fytoremediace-vi-petr-soudek-laborator-rostlinnych-biotechnologii-spolecna-laborator-ueb-av-cr-v-v-i-a-vurv-v-v-i-akademie-ved-ceske-republiky.html>

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] **R., Beranova.** *Pražský tepelný ostrov: intenzita a dlouhodobé změny za různých synoptických podmínek*, Diplomová práce, MFF UK. Praha, 2002.
- [2] **J., Bednář.** *Vybrané kapitoly z meteorologie. Učební text Univerzity Karlovy*. 1985.
- [3] **Český meteorologický ústav.** <https://www.chmi.cz/>. Český meteorologický ústav. [Online] 2021. dostupné na: <https://www.stream.cz/otazky-a-odpovedi/jak-vznika-mestsky-tepelny-ostrov-64197632>.
- [4] **Lomborg, Bjørn.** *Zchladte hlavy! Skeptický ekolog o globálním oteplování*. Dánsko : autor neznámý, 2008.
- [5] **Mezi stromy.** *Mezistromy.cz*. [Online] <https://www.mezistromy.cz/slovník/tepelná-akumulace>.
- [6] **Databáze toxických látek.** *Arnika*. [Online] Arnika, 2023. <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek>.
- [7] **David Hora, DiS., Ing. Karel Kříž, Ing. Petr Pánek, Prof. Ing. Miloš Pejchal, CSc., Ing. Josef Souček, Ing. Štěpánka Šmídová, Doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc., Ing. Jiří Vítek.** *Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu*. Praha : Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2021.
- [8] **United States Patent and Trademark Office.** [Online] "United States Patent and Trademark Office, registration #75263259".
- [9] **Petr, Dobrovolný.** *Dálkový průzkum Země: digitální zpracování obrazu*. Brno : Masarykova univerzita, 1998. ISBN 80-210-1812-7.
- [10] **EOS Data Analytics:** Space solutions for Earth problems. [Online] 2023. <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>.
- [11] **Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.,** Oddělení společenského rozměru globální změny. *Analýza zranitelnosti hl.m. Prahy – mapové výstupy*. Praha : autor neznámý, 2017.
- [12] **New York State.** *The official network of New York State*. [Online] 2021. https://www.health.ny.gov/environmental/weather/vulnerability_index/.
- [13] **Navrátil, Leoš a Jozef, Rosina.** *Medicínská biofyzika. 1. vydání*. Praha : Grada, 2005. ISBN 80-247-1152-4.

- [14] **Wikiskripta.** [Online] 2021.
https://www.wikiskripta.eu/w/P%C5%AFsoben%C3%AD_vysok%C3%BDch_teplo_t_na_organismus. ISSN 1804-6517.
- [15] **Trojan, Stanislav.** *Lékařská fyziologie, 4. vydání.* Praha : Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.
- [16] **V. Gretz, G. Práhofer, Mgr. et Mgr. Vít Hrdoušek, Ing. Jaroslav Šíma, DiS.** Klimatický strom, Jak stromy přispívají k lepšímu klimatu. *Přírodní zahrada.* [Online] Evropského fondu pro regionální rozvoj, květen 2019. <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>.
- [17] **Schmidt, Robert.** *Memorix - Fyziologie, 1. vydání.* místo neznámé : SCIENTIA MEDICA, 1993. ISBN 80-85526-18-2.
- [18] **Hrazdira, Ivo a Morstein, Vojtěch.** *Lékařská biofyzika a přístrojová technika.* Brno : Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4.
- [19] **Michal, Mgr. Kraus.** Šedá a černá voda aneb Jak se dělí odpadní vody v domácnosti. *Zakra.* [Online] 2022. <https://zakra.cz/blog/jak-se-deli-odpadni-vody-v-domacnosti/>.
- [20] **Ministerstvo životního prostředí.** mzp.cz. *ZÁKLADNÍ PRINCIPY HYDROGEOLOGIE.* [Online] 2010. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-Hg_prirucka_TT-20100801.pdf).
- [21] **ČTK, Česká tisková kancelář.** Prevence povodní, voda v krajině. *Naše voda.* [Online] 22. březen 2023. <https://www.nase-voda.cz/chmu-hladina-melke-podzemni-vody-v-cesku-je-poteple-zime-celkove-normalni/>.
- [22] **Český hydrometeorologický ústav.** Český hydrometeorologický ústav. *chmi.cz.* [Online] 12. prosinec 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=Wt-eYEDJhrk>.
- [23] **AGROINTEG s. r. o., AGROINTEG.** *Technika pro kompostování, biomasu a obnovitelné zdroje energie.* [Online] 2023. <https://www.agrointeg.cz/technologie-pro-kompostovani/hydrologicke-funkce-pudy>.
- [24] **Tomášková, Hana.** Komunální ekologie. [Online] 16. srpen 2022.
<https://www.komunalniekologie.cz/info/prumerna-spotreba-vody-v-cr-se-pohybuje-okolo-90-litru-na-osobu-a-den>.
- [25] **Strömvall, Ann-Margret.** Stormwater Treatment Processes and Techniques. [Online] Charles University of Technology, 30 listopad 2022.

- [26] **Knutsson, Jesper.** Metals in the aquatic environment. *Chalmers*. [Online] Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, říjen 2022.
- [27] **Butler, Davis and John, Davies.** *Urban Drainage*. London : CRC Press LLC, 2010. ISBN 978-1439836519.
- [28] **Ritter, L., Solomon, K. R., Forget, J., Stemeroff, M., & O'Leary, C.** *Persistent organic pollutants*. s.l. : Environmental Science & Technology, 1995. ISSN 0013-936X.
- [29] **Ministerstvo životního prostředí ČR.** *Nakládání s POPs a odpady POPs (perzistentní organické polutanty)*. místo neznámé : Wayback Machine, 2008.
- [30] **Boucher, Julien and Friot, Damien.** *Primary microplastics in the oceans*. s.l. : A global evaluation of sources, 2017. ISBN 978-2831718279.
- [31] **Udržitelný obal.** Obaly mléčných výrobků šetrné k přírodě? Bez plastu se neobejdete, ukázala studie. *Udržitelný obal*. [Online] 24. srpen 2021. <https://udrzitelnyobal.cz/obaly-mlecných-vyrobku-setrne-k-prirode-bez-plastu-se-neobejdete-ukazala-studie/>.
- [32] **T. Vaněk, P. Soudek, R. Podlipná, Š. Petrová, P. Landa.** *Fytoremediace a možnosti její aplikace*. Praha : Středisko společných činností AV ČR, v. v. i. Grafická úprava dle osnovy Jakuba Krče a sazba WOW, spol. s r. o. Odpovědná redaktorka Petra Královcová. Vydání 1., 2017. ISSN 2464-6245.
- [33] **Petr, Soudek.** Fytoremediace VI. *Akademie věd České Republiky*. [Online] Laboratoř rostlinných biotechnologií Společná laboratoř ÚEB AV ČR v.v.i. a VÚRV v.v.i. <https://docplayer.cz/10171647-Fytoremediace-vi-petr-soudek-laborator-rostlinnych-biotechnologii-spolecna-laborator-ueb-av-cr-v-v-i-a-vurv-v-v-i-akademie-ved-ceske-republiky.html>.
- [34] **Frederik Velinský, Petr Soudek.** Nebagrovat - sázet! *Český rozhlas*. [Online] 31. květen 2009. https://web.archive.org/web/20141006071553/http://m.rozhlas.cz/planetarium/priroda/_zprava/590712.
- [35] **Ph.D., RNDr. Petr Soudek.** Co je to fytoremediace? *Český rozhlas*. [Online] Laboratoře rostlinných biotechnologií - společné laboratoře Ústavu experimentální botaniky Akademie věd České republiky a Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze, 8. červen 2009. <https://temata.rozhlas.cz/co-je-phytoremediace-7851987>.

- [36] **Arbolandia.** Jak stromy čistí vzduch. *Stromy.eu*. [Online] 27. březen 2020.
<https://www.stromy.eu/zajimave-cteni/jak-stromy-cisti-vzduch/>.
- [37] **Campbell, N.** *Biologie*. Brno : Computer Press, a.s., 2006.
- [38] **Fiala, J., Havelda, L., & Skácel, J.** *Fyziologie rostlin*. Praha : Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2239-9.
- [39] **Procházka, S. Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. a kol.** *Fyziologie rostlin*. Praha : Academia, 1998.
- [40] **Šebánek, J. et al** *Fyziologie rostlin*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1. vydání, 1983.
- [41] **Vinter, Vladimír.** *Rostliny pod mikroskopem; základy anatomie cévnatých rostlin*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-1972-5.
- [42] **Ministerstvo životního prostředí.** Metodika pro realizaci výsadeb dřevin pohlcujících prachové částice podél silničních komunikací i u tzv. plošných zdrojů prašnosti. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] červen 2016.
[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdroje_znecistovani_ovzduci/\\$FILE/OOO-metodika_vysadby_drevin-20200714.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdroje_znecistovani_ovzduci/$FILE/OOO-metodika_vysadby_drevin-20200714.pdf).
- [43] **Ateliér ekologických modelů, s. r. o.** *Metodika pro realizaci výsadeb dřevin pohlcujících prachové částice podél silničních komunikací i u tzv. plošných zdrojů prašnosti*. Ateliér ekologických modelů, s. r. o. 2016.
- [44] **doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.** Typy solárních kolektorů. *TZB info*. [Online] 2023.
<https://m.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
- [45] **ČEZ.** Princip solárního kolektoru . ČEZ. [Online]
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>.
- [46] **A-Z výstavba fotovoltaických elektráren.** Solární ohřev vody. *TZB info*. [Online] 12. srpen 2013. <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody>.
- [47] **ČEZ.** Solární (fotovoltaické) články. ČEZ. [Online] 2023.
<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>.
- [48] **Můj dům.** Jak se doma ohřát a zbytečně neutrácet: Řešením může být Trombeho stěna. *Můj dům krok za krokem*. [Online] 24. srpen 2022. <https://www.mujdumkrokzakrokem.cz/jak-se-doma-ohrat-a-zbytecne-neutracet-resenim-muze-byt-trombeho-stena/>.
- [49] **Bylinky.info.** Břečťan popínavý. [Online] 2022. <https://bylinky.info/brectan-popinavy>.

- [50] **Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., prof. Ing. František Drkal, CSc.** Větrání a klimatizace budov s téměř nulovou spotřebou energie. *Tzb info*. [Online] 10. prosinec 2012. <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/9374-vetrani-a-klimatizace-budov-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>.
- [51] **University, Arizona State.** Cool Pavement Pilot Program. *phoenix.gov*. [Online] Urban Climate Research Center, září 2021. <https://www.phoenix.gov/streets/coolpavement>.
- [52] **Ptáček - velkoobchod, a.s. Ptáček.** [Online] 2023. <https://www.ptacek.cz/blog/nez-vam-voda-poskodi-dum>.
- [53] **Státní fond životního prostředí České republiky.** Státní fond životního prostředí České republiky. *sfzp.cz*. [Online] 2023. <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/nova-zelena-usporam/>.
- [54] **Dohnal, Radomír.** Jaké rostliny snesou úpal střešní zahrady, co vysadit na intenzivní a extenzivní plochy. *českéstavby.cz*. [Online] 24. květen 2022. <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jake-rostliny-snesou-upal-stresni-zahrady-co-vysadit-na-intenzivni-a-extenzivni-plochy-30732.html>.
- [55] **LIKO-S International, Musil Libor.** [Online] Česká televize, 6. srpen 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=vpsJfPsNYxw>.
- [56] **Kulhavá, Monika.** Co to jsou dešťové zahrady. *nkz.cz*. [Online] 6. leden 2021. <https://www.nkz.cz/zahradni-architektura/inspirace/co-jsou-destove-zahrady-nase-krasna-zahrada>.
- [57] **M, Jitka.** Svejly a voda. *Rodinné zahrady*. [Online] srpen 2013. <http://rodinnezahrady.cz/pz/svejly/>.
- [58] **Žabička, Ing. Zdeněk.** Vodní prvky z pohledu technologie vodního hospodářství. *voda.tzb-info.cz*. [Online] 23. červenec 2018. <https://voda.tzb-info.cz/bazeny/17664-vodni-prvky-z-pohledu-technologie-vodniho-hospodarstvi>.
- [59] **Lébllová, Kristýna.** Kropicí vozy vyjdou Prahu na 860 tisíc denně, lidé si ale sprchu užívají. *Novinky.cz*. [Online] 1. srpen 2018. <https://www.novinky.cz/clanek/domaci-kropici-vozy-vyjdou-prahu-na-860-tisic-denne-lide-si-ale-sprchu-uzivaji-40000278>.
- [60] **New York City.** *Anthropogenic emissions pathways significantly influence the magnitude of future warming in the New York City region*. New York : Nature Climate Change, 2014.

- [61] **Castim, Daniela.** A Liquid Tree? Scientists in Serbia Make Incredible Innovation. *worldbiomarketinsights.com*. [Online] 2022. <https://worldbiomarketinsights.com/a-liquid-tree-scientists-in-serbia-make-incredible-innovation/>.
- [62] **Lynch, Kevin.** *Obraz města (The image of the city)*. Praha : BOVA Polygon, 2004. ISBN 80-7273-094-0.
- [63] **ICAO. Aviation and the Environment.** [Online] International Civil Aviation Organization, 2016. <https://www.unitingaviation.com/wp-content/uploads/2018/07/Aviation-And-The-Environment.pdf>.
- [64] **Pavelka, Marián.** *Aby město nepálilo*. 30. srpen 2022.
- [65] **AUTO MAT.** Čím a kam? Podívejte se, jak si stojí konvenční dopravní prostředky v produkci CO₂. *AUTO MAT*. [Online] 3. leden 2022. <https://auto-mat.cz/28408/cim-a-kam-podivejte-se-jak-si-stoji-konvencni-dopravni-prostredky-v-produkci-co2>.
- [66] **Emise skleníkových plynů v EU podle sektorů detailně. Fakta o klimatu.** [Online] 2019. <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-eu-detail>.
- [67] **Mezi stromy.** *Mezi stromy.cz*. [Online] 2023. <https://www.mezistromy.cz/slovník/lignin>.
- [68] **Agromanual.** *agromanual.cz. Výkladový slovník*. [Online] <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/vykladovy-slovník/bioakumulace&asort=B>.
- [69] **Naturvårdsverket.** Totalt organiskt kol (TOC). *www.utslappisiffror.naturvardsverket.se*. [Online] 2022. <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Totalt-organiskt-kol/>.
- [70] **Campbell, Brian.** What is Total Suspended Solids (TSS)? . *www.wwdmag.com*. [Online] 9. September 2021. <https://www.wwdmag.com/instrumentation/suspended-solids-monitors/article/10939708/what-is-total-suspended-solids-tss>.
- [71] **EPA.** Total Solids. *United States Environmental Protection Agency*. [Online] 2012. <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms58.html>.
- [72] **Butler, David a Davies, John.** *Urban Drainage*. místo neznámé : CRC Press LLC, 2010.
- [73] **Björklund, Karin.** *Sources and Fluxes of Organic Contaminants in Urban Runoff*. Gothenburg : Chalmers University of Technology, 2011.
- [74] **Polo, Sofia Ruiz de Arechavaleta.** *Multi-Criteria Analysis of Sustainable Management Practises for Polluted Road Runoff*. Gothenburg : Chalmers University of Technology, 2018.



- [75] **Hach. Hach-total N.** [Online] n.d.
https://chalmers.instructure.com/courses/20869/files/2356893?module_item_id=312365.
- [76] **USEPA.** Phosphorus, total. [Online] 2017.
https://chalmers.instructure.com/courses/20869/files/2356761?module_item_id=312366.
- [77] **van der Perk, Marcel a Ronczkowski, Michael R.** *Soil and Water Contamination*. místo neznámé : Taylor & Francis Group, 2013.
- [78] **Pourbaix, M.** *Atlas elektrochemických rovnováh*. Paříž : Gauthier-Villars, 1963.
- [79] Výměna nemrznoucí kapaliny v solárních systémech. *Solární systémy na ohřev vody*. [Online] 2022. <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/dalsi-clanky/274-vymena-nemrznouci-smesi-v-solarnich-systemech>.

9. Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Schematické znázornění podoby tepelného ostrova, zdroj: https://www.dwd.de/EN/research/climateenvironment/climate_impact/urbanism/urban_heat_island/urbanheatiland_node.html	12
Obrázek 2 - Průběh pozdní odpolední teploty v rámci různě (ne)urbanizovaných celků, zdroj: https://community.wmo.int/en/activity-areas/urban/urban-heat-island	16
Obrázek 3 - Dlouhodobý průměr globálního horizontálního záření v letech 1994 – 2018, zdroj: Schlienger.cz.....	19
Obrázek 4 - Zóny ochrany kořenového prostoru stromů v přirozeném prostředí, shrnuté v příručce městského standardu, zdroj: https://iprpraha.cz/assets/files/files/201b89ebc0e5cb8cc4664649301fae9d.pdf	22
Obrázek 5 - Princip satelitního snímání povrchové teploty Země, zdroj: Diplomová práce, https://core.ac.uk/download/pdf/84832216.pdf	24
Obrázek 6 - Teplotní mapa Prahy, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	24
Obrázek 7 - Různé hodnoty NDVI odpovídající kvalitě sledovaných rostlin, zdroj: https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/	25
Obrázek 8 - Princip stanovení hodnoty NDVI jakožto ukazatele stavu kvality zeleně, zdroj: https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/	26
Obrázek 9 - Podoba satelitního snímku NDVI (zastoupení zeleně) na území Prahy, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	27
Obrázek 10 – Grafické znázornění indexu urbánní tepelné zranitelnosti (UHVI) na území Prahy, zdroj: https://adaptacepraha.cz/wp-content/uploads/2020/04/IPR-Prague-Zprava.pdf	29
Obrázek 11 - Grafické znázornění přenosu různého typu výměn tepla v rámci lidského těla, zdroj: https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/11.html	31
Obrázek 12 - Roční průběh hladiny podzemní vody z let 1981 - 2010 vrtu VB0349 Charvatská Nová Ves a vrtu VB0356 Mikulčice, zdroj: https://www.vtei.cz/2015/08/hydrologicke-sucho-v-podzemnich-vodach/	42
Obrázek 13 - Schematické znázornění retenční schopnosti půdy.....	44
Obrázek 14 - Schematické znázornění fytoimediačních procesů, zdroj: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/66152/BPTX_2014_1_11310_0_385830_0_161906.pdf?sequence=1&isAllowed=y	53
Obrázek 15 - Grafické znázornění výčtu vybraných benefitů prvků vzrostlé zeleně	60

Obrázek 16 - Schematické znázornění procesu vstupních a výsledných produktů fotosyntézy, zdroj: https://pixabay.com/cs/illustrations/fotosynt%C3%A9za-sch%C3%A9ma-fotosynt%C3%A9zy-3498260/	61
Obrázek 17 - Grafické znázornění rozdílu v akumulaci CO ₂ pro různé druhy stromů, zdroj: http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf	65
Obrázek 18 - Schematické znázornění rozdílu v chráněném prostoru za solitérním stromem (nahore) a shlukem stromů (dole), zdroj: http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf	69
Obrázek 19 - Filtrační účinek atmosférického znečištění vzrostlého stromu javoru mléče v číslech, zdroj: http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf -	71
Obrázek 20 - Grafické znázornění principu funkce solárního fototermického kolektoru, zdroj: https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/8526-solarni-ohrev-vody	73
Obrázek 21 - Schematické znázornění funkce fotovoltaického kolektoru, zdroj: https://bytoverekonstrukce.cz/zajem-o-fotovoltaiku-stale-rose-duvodem-je-vysoka-cena-elektřiny-i-klimaticke-cile/	75
Obrázek 22 - Grafické znázornění principu Trombeho stěny, podzim – jaro (nalevo), léto (napravo), zdroj: https://adoc.pub/uvod-historie-princip-trombeho-stny-funkce-trombeho-stny-v-o.html	77
Obrázek 23 - Schematická podoba membránové konstrukce, zdroj: http://www.maihienhoanggia.com/tintuc/content/Mai-Che-Resort-405	78
Obrázek 24 - Instalace popínavých rostlin v rámci urbanizovaných území, zdroj: https://www.lamag.com/driver/downtown-getting-park-middle-hope-street/	79
Obrázek 25 - Koncept chytrého nabíjení elektromobilů formou in-situ, zdroj: http://88designbox.com/architecture/ultra-fast-charging-stations-for-vehicles-designed-by-cobe-3409.html	80
Obrázek 26 - Princip snahy o snížení teploty povrchu v rámci strategie "Cool Pavement Pilot Program", zdroj: https://www.phoenix.gov/streetsite/Documents/Phoenix%20Cool%20Pavement%20Exec%20Summary_091420213.pdf	83
Obrázek 27 - Schematické znázornění některých základních aktivních možností řešení problematiky tepelných ostrovů, hospodaření s dešťovou vodou a emisního znečištění.....	84
Obrázek 28 - Schéma možného principu funkce sběrače dešťové vody, zdroj: https://katalog.ambra.cz/sberac-destove-vody-graf-s-filtrem-hnedy-	

d92409.htm?gclid=CjwKCAjwrJ-hBhB7EiwAuyBVXf_3Bsuff5Uk-J-Y2BSOIYaAEtt4RlfH6EQoG3Jt37p_NudSk5eTjRoCJE8QAvD_BwE&cook=sett.....	86
Obrázek 29 - Schéma funkce akumulční nádrže, zdroj: https://www.dek.cz/akce/detail/372-porovnani-retencnich-nadrzi-na-destovou-vodu-a-vybrane-sestavy	87
Obrázek 30 - Schéma průřezu typické podoby zelené střechy, zdroj: https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/anglicky-travnicek-na-ceske-strese -	88
Obrázek 31 - Příklad provedení zelené fasády v Basileji, Švýcarsko, zdroj: https://rmaarchitects.com/architecture/lab-in-a-courtyard/	92
Obrázek 32 - Schematické znázornění funkce dešťové zahrady, zdroj: https://www.sustainablelivingtucson.com/2019/09/support-tucson-green-stormwater.html?spref=pi	93
Obrázek 33 - Příklad možného provedení průlehu podél silniční komunikace, zdroj: https://help.innovyze.com/space/infodrainage2021v1/16548415/Swale	94
Obrázek 34 - Princip sedimentačního rybníku, zdroj: https://www.hamilton.ca/home-neighbourhood/water-wastewater-stormwater/stormwater-management/stormwater-management-ponds	95
Obrázek 35 - Schematické znázornění pohybu vody v různě urbanizovaných územích, zdroj: http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf	96
Obrázek 36 - Některé typy "pražské mozaiky", popořadě: 1) „Sedmdesátka“, 2) Negativní „sedmdesátka“, 3) „Sedmdesátka“ s dámou, 4) Rámy s draky, 5) Kříže, 6) Hvězdy a kříže, 7) Atypický obloukový vzor s použitím štípaných kostek, 8) Složitá kombinace s datem 1903, zdroj: https://www.zastarouprahu.cz/webdata/87AD4DB3-AC95-4844-BB56-42FC8CE0C555_02.pdf	97
Obrázek 37 - Vzhled zatravněné kolejové trati, Praha, Vršovická, vznik 8 637 m ² zelených ploch, zdroj: https://www.alstap.cz/reference-dopravni-infrastruktura/	98
Obrázek 38 - Druhy vodní prvků v rámci měst, zleva 1) Pítko, 2) Mlžítka, 3) Kašna, 4) Fonána, zdroj: Google.com	101
Obrázek 39 - Podoba kropičího vozu v hl. m. Praha, zdroj: https://www.hodonin.eu/dorozpalenych-ulic-vyjel-kropici-vuz-pomahaji-i-vodni-prvky/d-1102222	102
Obrázek 40 - Podoba zametacího stroje v hl. m. Praha, zdroj: https://prazsky.denik.cz/zpravy_region/uklizeno-a-bez-emisi-v-centru-prahy-radi-elektricke-zametaci-stroje-20191025.html	104
Obrázek 41 – Vývoj úrovně emisí jednotlivých odvětví v rámci EU v letech 1990 – 2019 (v ekvivalentu CO ₂ , zdroj:	

https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika	106
Obrázek 42 - Podoba pilotního projektu Liquid tree ³ , zdroj: https://yupthatexists.com/scientists-create-liquid-trees-a-tank-full-of-water-and-micro-algae-that-could-be-an-alternative-to-trees-in-urban-areas/	108
Obrázek 43 - Příklad možného utopického pojetí přístupu „mimicry“, zdroj: https://www.adsoftheworld.com/campaigns/desert-f37f7fbc-6d99-471c-94c3-7a4c3403ca4d	109
Obrázek 44 - Podoba kabiny tzv. „Bullet trainu“, zdroj: https://www.wired.co.uk/article/japan-bullet-train-alfa-x-nose	110
Obrázek 45 - Termokamerový snímek se zaměřením na administrativní areál Pankrác, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	111
Obrázek 46 - Termokamerový snímek se zaměřením na začátek vysokorychlostní silnice D1, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	115
Obrázek 47 - Termokamerový snímek se zaměřením na historické centrum Prahy a Staroměstské náměstí, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	118
Obrázek 48 - Termokamerový snímek se zaměřením na OC Nový Smíchov, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	123
Obrázek 49 - Termokamerový snímek se zaměřením na obchodní zónu Zličín, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	123
Obrázek 50 - Termokamerový snímek se zaměřením na obytnou část centra města v Holešovicích, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	127
Obrázek 51 - Termokamerový snímek se zaměřením na Letiště Václava Havla, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	129
Obrázek 52 - Termokamerový snímek se zaměřením na areál logistických hal Modletice, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	132
Obrázek 53 - Průměrný tepelný vliv vybraných typů střešních krytin, zdroj: [64].....	134
Obrázek 54 - Termokamerový snímek se zaměřením na předměstskou část Zbuzany a Ořech, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	137
Obrázek 55 - Termokamerový snímek se zaměřením na průmyslový provoz betonárny Řeporyje, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	140
Obrázek 56 - Termokamerový snímek se zaměřením na sídlištní oblast Luka, Lužiny, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	142
Obrázek 57 - Termokamerový snímek se zaměřením na sportovní centrum O2 arény, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	144

Obrázek 58 - Termokamerový snímek se zaměřením na zemědělský areál Dolní Chabry, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	149
Obrázek 59 - Termokamerový snímek se zaměřením na rozsáhlou zpevněnou plochu Václavského náměstí, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	151
Obrázek 60 - Maximalizace propustnosti povrchu v souvislosti s jeho pochozím vytížením, zdroj: http://landezine-award.com/roche-campus-kaiseraugst/?mc_cid=d0b993ccf1&mc_eid=3b73b8ca46	152
Obrázek 61 - Grafické znázornění dvou základních intervalů mající vliv na výslednou teplotu povrchu	166
Obrázek 62 - Rozložení celkových emisí skleníkových plynů (v tunách CO _{2,eq}) v EU za rok 2019 v jednotlivých sektorech lidské činnosti, zdroj: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-eu-detail	169
Obrázek 63 - Situace širších vztahů zájmové lokality.....	170
Obrázek 64 - Termokamerový snímek řešené lokality, zdroj: https://app.iprpraha.cz/apl/app/ndvi_teplota/	173

10. Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - Příloha č. 1 k vyhlášce č. 252/2004 Sb., mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity v ČR, zdroj:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252> 51

Tabulka 2 - Vhodnost různých typů listů na efektivní zachytávání různých typů atmosférických polutantů, zdroj: <http://prirodnizahrada.eu/wp-content/uploads/2020/03/2020000-KU-JmK-prirucka-klimaticky-strom-WEB.pdf>..... 71

Tabulka 3 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci administrativního městského biotopu, zdroj: MS Excel.....114

Tabulka 4 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci vysokorychlostního silničního městského biotopu, zdroj: MS Excel117

Tabulka 5 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu historického centra města, zdroj: MS Excel.....121

Tabulka 6 - Podrobný výčet odlišných vlastností listnaté a jehličnaté zeleně a kropicích vozů122

Tabulka 7 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu obchodního centra, zdroj: MS Excel.....126

Tabulka 8 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu obytného centra města, zdroj: MS Excel128

Tabulka 9 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu letiště, zdroj: MS Excel131

Tabulka 10 - - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu logistických hal, zdroj: MS Excel134

Tabulka 11 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu předměstí, zdroj: MS Excel.....139

Tabulka 12 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu průmyslových provozů, zdroj: MS Excel141

Tabulka 13 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu sídlištní zástavby, zdroj: MS Excel143

Tabulka 14 -Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu sportovních center, zdroj: MS Excel147

Tabulka 15 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci výstavby nových budov, zdroj: MS Excel148

Tabulka 16 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu zemědělských areálů, zdroj: MS Excel150

Tabulka 17 - Znázornění počtu a dílčí i celkové procentuální efektivity různých možností řešení v rámci biotopu rozsáhlých zpevněných ploch a náměstí, zdroj: MS Excel	152
Tabulka 18 - Stanovení celkové dílčí efektivity jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel	154
Tabulka 19 - Hodnoty faktoru ekonomické náročnosti	155
Tabulka 20 - Stanovení faktoru ekonomické náročnosti jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel	155
Tabulka 21 - Hodnoty faktoru nežádoucích vlivů	156
Tabulka 22 - Stanovení faktoru nežádoucích vlivů jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel	157
Tabulka 23 - Hodnoty faktoru zasaditelnosti do území	158
Tabulka 24 - Stanovení faktoru zasaditelnosti do území jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel.....	158
Tabulka 25 - Hodnoty celkového vlivu v území	159
Tabulka 26 - Stanovení faktoru celkového vlivu v území jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel	159
Tabulka 27 – Komplexní statistika celkové implementace jednotlivých řešení v městských biotopech, zdroj: MS Excel.....	160
Tabulka 28 - Stanovení faktoru implementace jednotlivých řešení v městských biotopech, zdroj: MS Excel.....	161
Tabulka 29 - Komplexní hodnocení stanovující celkovou výslednou efektivitu jednotlivých řešení, zdroj: MS Excel.....	162
Tabulka 30 - Vyčíslení celkové efektivity jednotlivých řešení.....	163
Tabulka 31 - Vyčíslení jednotlivých ploch zastoupených v řešené lokalitě	171
Tabulka 32 - Stávající stav vyčísující teploty jednotlivých druhů povrchů v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel	174
Tabulka 33 - Současný stav vyčísující hospodaření s dešťovou vodou, jež je zachytávána v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel.....	175
Tabulka 34 – Současný stav vyčísující množství emisí CO ₂ vznikajících v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel	177
Tabulka 35 - Navrhovaný stav vyčísující teploty jednotlivých druhů povrchů a míru ochlazení v zájmovém území stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel.....	179
Tabulka 36 - Navrhovaný stav vyčísující hospodaření s dešťovou vodou, jež je zachytávána v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel.....	180
Tabulka 37 - Navrhovaný stav vyčísující množství emisí CO ₂ vznikajících v zájmovém území, stanoveno pomocí vypracované metodiky, zdroj: MS Excel	181

11. Seznam použitých grafů

Graf 1 - Poměrové znázornění měrné tepelné kapacity různých stavebních materiálů, zdroj: MS Excel	20
Graf 2 - Procentní znázornění a vyčíslení různého typu výměn tepla v případě lidského organismu, zdroj: MS Excel.....	30
Graf 3 - Vliv stavu oblečenosti a pohybové aktivity člověka na optimální okolní teplotu, zdroj: Chalmers University of Technology, Göteborg, Švédsko	33
Graf 4 - Znázornění průběhu dodávky a odpovědi organismu na působení a) těžkých esenciálních (vlevo) a b) neesenciálních kovů (vpravo), [26].....	47
Graf 5 - Srovnání uhlíkové stopy (v gramech CO ₂ ekv.) potravinových obalů vztažené na 1 litr baleného produktu (hranice systému cradle to grave), zdroj: https://www.svetbaleni.cz/2021/08/24/nejnizsi-uhlikovou-stopu-maji-prekvapive-plastove-obaly/	49
Graf 6 - Vyobrazení tzv. Keelingoy křivku, tj. souvislého záznamu vývoje koncentrací CO ₂ v atmosféře, v letech 1960-2020, zdroj: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/cykly-koncentrace-co2	62
Graf 7 - Znázornění závislosti rychlosti fotosyntézy a buněčného dýchání na teplotě okolního prostředí, zdroj: https://enviroexperiment.zcu.cz/biologie-2-stupen-zs/uzasne-rostliny-fotosynteza-v-zavislosti-na-teplote	64
Graf 8 - Znázornění závislosti rychlosti fotosyntézy na koncentraci CO ₂ v atmosféře, zdroj: http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Fotosynt%C3%A9za	64
Graf 9 - Orientační grafické znázornění množství odpařitelné vody v době jejího nadbytku a nedostatku u různých typů stromů, zdroj: [38]	66
Graf 10 - Orientační grafické znázornění průměrných hodnot maximálních a minimálních hodnot LAI (leaf area index) různých typů biomů, zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Maximum-and-minimum-values-of-the-leaf-area-index-LAI-and-soil-albedo-values-for_tbl2_252207204	68
Graf 11 - Grafické znázornění absorpce slunečního záření pro vybrané materiály (W/m ²), zdroj: [64]	136
Graf 12 - Grafické znázornění komplexní výsledné efektivity jednotlivých možností řešení, zdroj: MS Excel	164
Graf 15 - Procentuální grafické znázornění rozdělení ploch v území, zdroj: MS Excel	172
Graf 16 - Procentuální grafické znázornění podílu příslušných povrchových materiálů v území, zdroj: MS Excel	172
Graf 17 - Znázornění redukce teploty v území pro jednotlivé referenční hodnoty, zdroj MS Excel..	182
Graf 18 - Porovnání hydrogeologických poměrů stávající a navrhované varianty, zdroj: MS Excel ..	183
Graf 19 – Porovnání emisních poměrů stávající a navrhované varianty, zdroj: MS Excel	184

