

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradní a krajinné architektury



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vyhodnocení přínosů používání nových technologií modrozelené
infrastruktury ve velkých městech, zvláště pak se zaměřením na
benefity stromů v době klimatických změn**

Bakalářská práce

Veronika Kulhánková

Veřejná správa v zemědělství, rozvoji venkova a krajiny

Mgr. Eva Jakubcová, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „*Vyhodnocení přínosů používání nových technologií modrozelené infrastruktury ve velkých městech, zvláště pak se zaměřením na benefity stromů v době klimatických změn*“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1.3.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mé vedoucí práce paní Mgr. Evě Jakubcové Ph.D. za její konzultace a odborné vedení i za její flexibilní přístup k mému dálkovému studium. Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu během celého studia.

Vyhodnocení přínosů používání nových technologií modrozelené infrastruktury ve velkých městech, zvláště pak se zaměřením na benefity stromů v době klimatických změn

Souhrn

Tato bakalářská práce byla zpracovaná formou literární rešerše z dostupných vědeckých studií, odborných článků a informačních zdrojů. Zabývala se klimatickou změnou, jejím vyhodnocením a následnými dopady na planetu. Stěžejní informace jsou čerpány z Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), což je orgán pro hodnocení vědeckých studií souvisejících se změnou klimatu. Od roku 1988 už proběhlo šest hodnotících cyklů a bylo vydáno šest hodnotících zpráv, které jsou celosvětově nejobsáhlejšími vědeckými zprávami o změně klimatu.

Na základě těchto vědeckých posouzení je jasné, že klimatická změna už probíhá. Součástí publikovaných zpráv jsou i doporučení na snížení rizik způsobených klimatickou změnou pomocí adaptací a mitigací.

Vybraným prvkem adaptační a mitigační strategie této BP byly stromy v ulicích měst. Protože města také trpí klimatickou změnou, a to hlavně tzv. efektem městských tepelných ostrovů, který vzniká v období vln veder, kdy asfalt a beton akumulují teplo a vytvářejí rozpálené povrchy. V budoucnosti můžeme vlny veder očekávat častěji a na delší dobu.

Pro snížení těchto rizik jsou v městském prostředí vysazovány stromy, které dávají stín, ochlazují okolí, zadržují dešťovou vodu, zlepšují kvalitu ovzduší a v neposlední řadě vstřebávají CO₂. Tyto a další efekty stromů nazýváme ekosystémové služby.

Aby strom mohl v ulicích města zdárně růst a plnit své funkce, musí mít k tomu přizpůsobené podmínky.

V praxi se používají nové technologie modrozelené infrastruktury. Pro zdárný růst stromů v ulicích měst jsou v této bakalářské práci představeny tři z nich. Švédský systém dle Edge, vídeňský systém Schwammstadt a prokořenitelné buňky v Budečské ulici. Všechny tyto nové technologie se specializují na dostatečné zásobení stromu dešťovou vodou a na odpovídající kvalitní prokořenitelný prostor.

V této bakalářské práci byly vyhodnoceny přínosy zeleně ve městě i její ekonomické aspekty. Na základě literární rešerše je v závěru vypracovaná SWOT analýza, díky které bylo reálně vyhodnoceno nové postavení stromů v ulicích měst.

Klíčová slova: městský tepelný ostrov, vlny veder, adaptační a mitigační strategie, funkce stromů, ekosystémové služby

Evaluating the benefits of using new blue-green infrastructure technologies in large cities, with a particular focus on the benefits of trees in times of climate change

Summary

This bachelor thesis was prepared in the form of a literature search from available scientific studies, professional articles and information sources. It dealt with climate change, its assessment and subsequent impacts on the planet. The key information is drawn from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which is a body for evaluating scientific studies related to climate change. Since 1988, six assessment cycles have taken place and six assessment reports have been issued, making it the most comprehensive scientific report on climate change worldwide.

On the basis of these scientific assessments, it is clear that climate change is already happening. The published reports include recommendations to reduce the risks from climate change through adaptation and mitigation.

The selected element of the adaptation and mitigation strategy of this BP was trees in city streets. This is because cities also suffer from climate change, especially the so-called urban heat island effect, which occurs during heat waves when asphalt and concrete accumulate heat and create hot surfaces. In the future, we can expect heat waves to be more frequent and for longer periods.

To reduce these risks, trees are planted in urban environments to provide shade, cool the surroundings, retain rainwater, improve air quality and, last but not least, absorb CO₂. These and other effects of trees are called ecosystem services.

In order for a tree to grow and perform its functions successfully in the streets of a city, it must have the right conditions to do so.

In practice, new blue-green infrastructure technologies are used. For the successful growth of trees in city streets, three of them are introduced in this bachelor thesis. The Swedish system according to the Edge, the Viennese Schwammstadt system and the rootable cells in Budec Street. All these new technologies specialize in sufficient rainwater supply to the tree and a correspondingly high-quality rooting space.

In this bachelor thesis, the benefits of green space in the city as well as its economic aspects were evaluated. Based on a literature search, a SWOT analysis is concluded to make a realistic assessment of the new position of trees in urban streets.

Keywords: urban heat island, heat waves, adaptation and mitigation strategies, tree functions, ecosystem services

Obsah

1 Úvod	7 -
2 Cíl práce	9 -
3 Literární rešerše	10 -
3.1 Klimatická změna a IPCC	10 -
3.1.1 Původní úkol IPCC	10 -
3.1.2 Další cíle IPCC	10 -
3.2 Klimatická změna dle IPCC – Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (dále jen Pátá hodnotící zpráva)-	11 -
3.2.1 Klimatická změna a svět	12 -
3.2.2 Klimatická změna ve městech	13 -
3.2.3 Klimatická změna a politika	14 -
3.3 Praha a Brno v době klimatické změny	16 -
3.3.1 Analýza klimatických rizik, zranitelností a dopadu změn klimatu v Praze-	17 -
3.3.2 Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy	19 -
3.3.3 Metoda měření venkovní tepelné pohody v Brně	21 -
3.4 Zelenomodrá infrastruktura ve městě a metody jejího budování	22 -
3.4.1 Stromy a město	24 -
3.4.2 Švédský systém modrozelenošedé infrastruktury dle Edge	28 -
3.4.3 Modrozelená infrastruktura dle vídeňského modelu „Schwammstadt“-	31 -
3.4.4 Prokořitelné buňky v Budečské ulici	32 -
3.5 Vyhodnocení přínosů modrozelené infrastruktury	36 -
3.5.1 Vyhodnocení přínosů modrozelené infrastruktury dle Městského standardu pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu	37 -
3.5.2 Vyhodnocení přínosů modrozelenošedé infrastruktury dle Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems by Edge	39 -
3.5.3 Vyhodnocení ekosystémových služeb modrozelené infrastruktury dle Metodiky ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech	39 -
3.6 Ekonomické vyhodnocení modrozelené infrastruktury	42 -
3.6.1 Ekonomické vyhodnocení dle Metodiky ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech	43 -
3.6.2 Ekonomické vyhodnocení dle Hodnoty stínící funkce městských stromů: Přístup založený na nákladech na náhradu	45 -
3.6.3 Ekonomické vyhodnocení dle Hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně	45 -
4 Závěr	47 -
5 Literatura	49 -
6 Seznam použitých zkratk	56 -

1 Úvod

Modrozelenou infrastrukturou máme na mysli síť prvků budovaných v harmonii s přírodou nejčastěji ve městech pro řešení urbanistických a klimatických problémů spadající pod urbánní ekologii (Ghofrani et al. 2017).

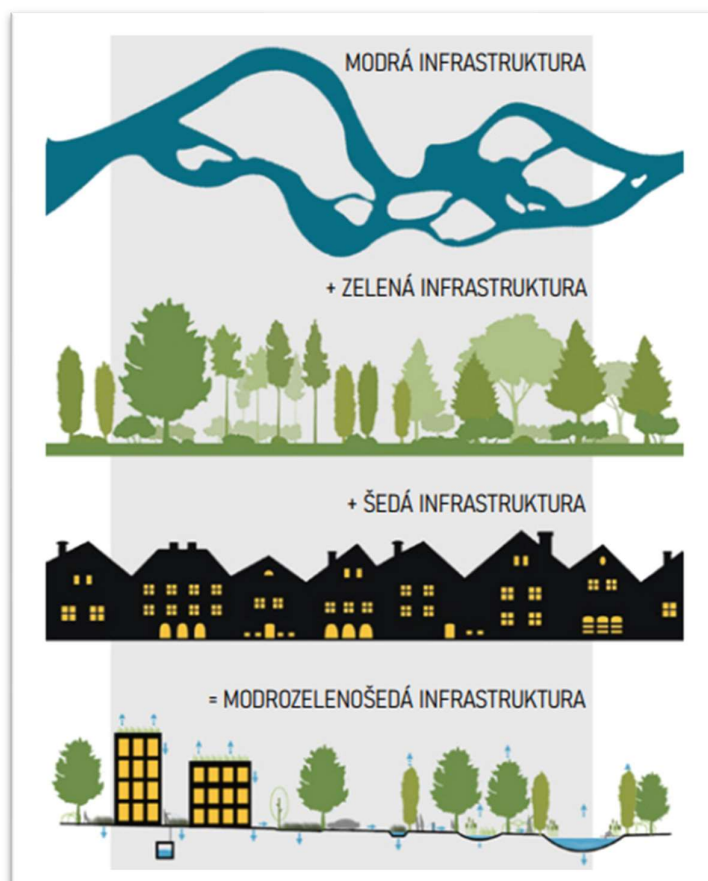
Při bližším studiu ekologické situace zjistíme, že náš dnešní způsob budování měst je dlouhodobě neudržitelný. Města se neustále rozrůstají a zaplňují se novými budovami, novým betonovým prostranstvím a novými ulicemi. A najednou začínáme zjišťovat, že ve městech něco chybí. To nejdůležitější. Kus přírody. Bez té začíná být lidem v rozpálených ulicích horko. Na velkých dlážděných náměstích se v létě lidé nemají kam schovat před sluncem a horkem. Aktuálně to vypadá, že pokud svůj přístup ihned nezměníme, situace bude do budoucna výrazně horší (Din Dar et al. 2021).

Velká města se začínají potýkat s problémy. Jejich stále se zvyšující urbanizace spojená s klimatickou změnou zapříčiňuje, že se ve městech během stále intenzivnějších vln veder vytvářejí tepelné ostrovy nebo v průběhu celého roku jsou města ohrožena bleskovými záplavami (Brears 2018).

Změna klimatu se v České republice totiž projevuje změnou hydrometeorologických projevů oproti dlouhodobému průměru. Převážně jde o změnu intenzity srážek a jejich četnost, dále pak extrémní teploty (Brázdil et al. 2021; Klimatická změna [online]).

S klimatickou změnou jsou spojovány pojmy adaptace a mitigace. Mitigační opatření mají předcházet nebo zpomalit klimatické změny. Adaptační opatření je proces vyrovnání se s dopady měnícího se klimatu (Klimatická změna [online]). Je mnoho mitigačních nebo adaptačních strategií, které mohou zpomalit klimatickou změnu nebo mohou pomoci se vyrovnat s jejími dopady (Sharifi 2021). V této bakalářské práci je ke zmírnění veder ve městě vybrán prvek stromořadí v ulicích. Aby stromy v extrémních podmínkách městských ulic mohly plnit své ekosystémové služby, musí mít k růstu přizpůsobené podmínky, dostatek prokořitelného prostoru, vodu a vzduch (Hora et al. 2021). K této vzájemné sounáležitosti, kdy se ve městě pracuje s vegetací a s vodou je zaveden nový výraz modrá a zelená infrastruktura (Lehnert et al. 2021).

Někteří autoři dokonce uvádějí kombinaci modrozelenošedé infrastruktury (Obr. 1).



Obr. 1 Modrozelenošedá infrastruktura (Vitverová 2022, str. 14)

Aby stromy jako prvky městské modré, zelené a šedé infrastruktury mohly plně rozvinout svůj potenciál jako nástroj adaptace a mitigace na změnu klimatu, musí být zajištěno jejich systémové plánování a správa stromořadí na úrovni městských čtvrtí i celého města (Hora et al. 2021; Lehnert et al. 2021).

Tato bakalářská práce představuje a vyhodnocuje použití třech nových technologií modrozelenošedé infrastruktury.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení v současné době probíhající klimatické změny, vyhodnocení jejího současného rozsahu s návrhem možného použití vhodných adaptačních a mitigačních strategií, které tuto klimatickou změnu mohou zmírnit.

Tato práce je zaměřena na velká města ohrožena klimatickou krizí, která trpí efektem tepelných městských ostrovů a také vlnami veder.

Vybraným prvkem, který by měl sloužit ke zmírnění veder, jsou v této práci stromy v ulicích, které zmírňují svou přítomností nesnesitelné horko, sucho a sluneční žár.

V bakalářské práci jsou popsány metody, jak efektivně navrátit stromy do ulic měst s použitím nových technologií, které umožňují, aby zde stromy měly dobrou prosperitu (v extrémních pouličních podmínkách), a dále aby mohly přinášet své ekosystémové služby, kvůli kterým je zde vysazujeme. V bakalářské práci je zohledněno také ekonomické vyhodnocení benefitů stromů.

Tato práce vyhodnocuje možnosti využití nových kvalitních technologií při současných rozsáhlých klimatických změnách s cílem vrátit zdravé a funkční stromy do měst tak, aby došlo ke zlepšení celkových klimatických podmínek ve městě.

3 Literární rešerše

3.1 Klimatická změna a IPCC

V padesátých letech dvacátého století přišel „odvážný vědec“ Roger Revelle s hypotézou, zda celosvětová hospodářská expanze založená na zpracování ropy a uhlí nepovede k nebezpečnému zvyšování množství CO₂ v atmosféře. Proto každý den odebíral vzorky koncentrací CO₂ vysoko v atmosféře a už po pár letech se bohužel jeho předpověď ukázala jako pravdivá (Gore 2007, str. 38).

Klimatickou změnou se zabývá Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Český název zní Mezivládní panel pro změnu klimatu. Je to orgán pro hodnocení vědeckých studií souvisejících se změnou klimatu. Byl schválen Valným shromážděním OSN v roce 1988 Programem OSN pro životní prostředí (UNEP) a Světovou meteorologickou organizací (WMO) (IPCC [online]).

3.1.1 Původní úkol IPCC

Původním úkolem IPCC, jak je uvedeno v rezoluci Valného shromáždění OSN č. 43/53 ze dne 6. prosince 1988, bylo připravit komplexní přehled a doporučení týkající se stavu vědeckých poznatků o změně klimatu. Sociální a ekonomické dopady změny klimatu a zahrnutí možných strategií a návrhů do případné budoucí mezinárodní úmluvy o klimatu. Od roku 1988 proběhlo už šest hodnotících cyklů IPCC a bylo vydáno šest hodnotících zpráv, které jsou celosvětově nejobsáhlejšími vědeckými zprávami o změně klimatu. Na žádost o informace o konkrétních vědeckých a technických otázkách ze strany Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu (UNFCCC), vlád a mezinárodních organizací vypracovali také řadu metodických zpráv, zvláštních zpráv a technických dokumentů (IPCC [online]).

3.1.2 Další cíle IPCC

Dalším cílem IPCC je poskytovat vládám na všech úrovních vědecké informace, které mohou využít k rozvoji klimatické politiky. Zprávy IPCC jsou také klíčovým příspěvkem do mezinárodních jednání o změně klimatu. IPCC má v současné době 195 členů. Na práci IPCC se podílejí tisíce lidí z celého světa. Pro hodnotící zprávy odborníci dobrovolně věnují svůj čas, aby posoudili tisíce vědeckých prací, které jsou každoročně publikovány, a poskytl tak komplexní shrnutí toho, co je známo o příčinách změny klimatu, jejích dopadech a budoucích rizicích a o tom, jak lze tato rizika snížit pomocí adaptací a mitigací. Otevřené a transparentní posuzování odborníky a vládami z celého světa je nezbytnou součástí procesu IPCC, aby bylo zajištěno objektivní a úplné posouzení a aby se v něm odrážela různorodá škála názorů a odborných znalostí. Prostřednictvím svých hodnocení IPCC zjišťuje sílu vědecké shody v různých oblastech a uvádí, kde je zapotřebí dalšího výzkumu. IPCC neprovádí svůj vlastní výzkum (IPCC [online]). Klaus (2017, str. 34) doporučuje, aby OSN zorganizovala dva paralelní mezivládní panely na hodnocení klimatické změny, aby se odstranil jednostranný monopol. A také doporučuje, aby se oběma skupinám vědců poskytla stejná finanční podpora.

Dokonce už takový panel vznikl – NIPCC (Nevládní mezinárodní panel pro změny klimatu). V rámci něho spolupracuje mnoho vědců, kteří se neztotožňují s postoji IPCC (Klaus 2017, str. 59). NIPCC vydalo několik hodnotících zpráv, které v mnohém zrcadlově odporují zprávám IPCC (Klaus 2017, str. 60).

3.2 Klimatická změna dle IPCC – Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (dále jen Pátá hodnotící zpráva)

V Páté hodnotící zprávě v sekci Summary for policymakers (2014) se uvádí, že k oteplování klimatického systému dochází. V každé z posledních tří dekad byla teplota zemského povrchu vyšší než v předešlé dekádě. Období od roku 1983 do roku 2012 bylo pravděpodobně nejteplejší třicetileté období za posledních 1400 let na severní polokouli. V kostce se dá dále shrnout, že dochází k tání ledovců po celém světě. Hladina oceánů stoupá, oceán se otepluje a okyseluje v důsledku absorbování oxidu uhličitého z atmosféry. Atmosférické koncentrace oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného se rapidně zvýšily. Je již zcela zřejmé, že vinou člověka, protože antropogenní emise skleníkových plynů (oxid uhličitý, metan, oxid dusný) se od doby průmyslové revoluce zvýšily, což je způsobeno hospodářským i populačním růstem. V dnešní době je koncentrace skleníkových plynů nejvyšší za posledních 800 000 let. Jejich účinky spolu s účinky dalších antropogenních faktorů byly zjištěny v celém klimatickém systému a je velmi pravděpodobné, že byly hlavní příčinou pozorovaného oteplování od poloviny 20. století. (IPCC 2014, SPM, str. 2–4)

Dle profesora Plimera, uznávaného a seriózního vědce, za změnami globálního klimatu mohou jiné mechanismy. A lidmi vypouštěné emise CO₂ mají jen velmi malý, téměř zanedbatelný vliv. (Klaus 2017, str. 46).

Dle Páté hodnotící zprávy se předpokládá pokračující emise skleníkových plynů způsobující další oteplování a dlouhodobé změny ve všech složkách klimatického systému, což zvýší pravděpodobnost závažných a nevratných dopadů na lidskou populaci a ekosystémy. Pro zpomalení zhoršování změny klimatu by bylo nutné výrazné a trvalé snižování emisí skleníkových plynů, které by společně s adaptací mohlo omezit rizika změny klimatu (IPCC 2014, SPM, str. 8).

Lidstvo se dokáže bez velkých problémů přizpůsobit zvyšující se koncentraci CO₂ na planetě a zbytečně se podceňuje adaptabilita člověka a lidské společnosti jako celku (Klaus 2017, str. 90–91).

V Páté hodnotící zprávě IPCC jsou také uvedeny čtyři možné scénáře budoucího klimatického vývoje v 21. století – Representative Concentration Pathways, což jsou prognózy, které se vytvářejí na základě faktu, že antropogenní emise skleníkových plynů jsou dány především velikostí populace, ekonomickou aktivitou, životním stylem, spotřebou energie a způsobem využívání půdy, technologií a politikou v oblasti klimatu. A na základě těchto faktorů popisují čtyři různé průběhy klimatických scénářů. Předpokládá se, podle výše zmíněných čtyřech hodnocených scénářích IPCC, že povrchová teplota během 21. století vzroste, vlny veder se budou vyskytovat častěji a budou trvat déle, extrémní srážky budou v mnoha regionech intenzivnější a častější, oceán se bude nadále oteplovat a okyselovat a průměrná hladina moří vzroste (IPCC 2014, SPM str. 8-10).

3.2.1 Klimatická změna a svět

Průmyslové státy si vytvořily z atmosféry odpadní nádobu tím, že minulých 200 let neustále vypouštěly do atmosféry zplodiny (Staud & Reimer 2008, str. 6). I Čína, současný největší světový producent oxidu uhličitého, slíbila, že se do roku 2060 stane uhlíkově neutrální a v příštích deseti letech začne své emise snižovat (Mallapaty 2020). I když podle Goreho (2007, str. 253) je největším znečišťovatelem Amerika, a to skoro 2× tolik než ostatní velké státy. A přesto USA jako jediné spolu s Austrálií nepodepsaly Kjótský protokol (Gore 2007, str. 283). Klaus (2017, str. 42) zmiňuje výrok autora Nigela Lawsona o outsourcingu většinového průmyslu ze západu do Číny a pak na Čínu poukazuje jako na velkého znečišťovatele planety. Autor doporučuje, že když už se chtějí státy chovat ekologicky, měly by si dát závazek k nižší spotřebě skleníkových plynů, a ne se zavazovat k nižší *produkci*. Klimatičtí aktivisté na základě metodologicky chybných a dostatečně nevyzkoušených hypotéz úmyslně brzdí ekonomický růst, což je proti přirozenému lidskému chování jít vpřed a dál. A navíc problém teplot se tím nevyřeší (Klaus 2017, str. 106). V roce 2016 byl ve světě založen CLEXIT – klimatický exit a vyzývá státy k neratifikování mezinárodních dohod na ochranu klimatu. Čestným patronem je Václav Klaus. Chtějí přispět k tomu, aby skeptici (lidé s názory proti změně klimatu způsobené lidmi) a lidé zdravého rozumu nebyli ve svých názorech osamoceni a doufají, že i politici začnou uvažovat nad problémem hlouběji (Klaus 2017, str. 107–108).

Dle Páté hodnotící zprávy je klíčový aspekt pro vývoj budoucího klimatu politika v oblasti klimatu i sociálně-ekonomický rozvoj (IPCC 2014, SPM str. 8). Klaus (2017) vytýká klimatologům, že: „ze svých dosud jen chatrných poznatků vyvozují dalekosáhlé závěry a neříkají lidem a politikům, že by radikální pokles emisí CO₂ s velmi nejasným dopadem na globální teplotu vyžadoval revoluční změnu života na Zemi.“

Změna klimatu a faktory, které ji zapříčiňují, jsou dlouhodobou záležitostí a dalekosáhle přesahují volební období i roční veřejné rozpočty financování (Třebický & Novák 2015). Z toho se dá usuzovat, že např. nová cesta k uhlíkové neutralitě v Číně bude obtížná bez odpovídající politické intervence (Zhang et al. 2022). Ale zprávy o čínském cíli uhlíkové neutrality jsou „měničem hry“ pro globální klima. Mohly by totiž povzbudit další země, aby jednaly rychleji, než by jinak jednaly (Mallapaty 2020). Protože právě Západ neustále alibisticky poukazuje na Čínu jako pohodlnou výmluvu pro nicnedělání, a tím si Čínu staví do role silného konkurenta na mezinárodní politické scéně (Staud & Reimer 2008, str. 6).

Pátá hodnotící zpráva vidí budoucnost v adaptaci, mitigaci a udržitelném rozvoji, což jsou komplementární strategie pro snížení a řízení rizik změny klimatu (IPCC 2014, SPM str. 17). Například Čína se zaměří na řešení založená na přírodě, aby vytvořila zelený a nízkouhlíkový model: snížení spotřeby energie a zvýšení ekosystémového uložení uhlíku (Zhang et al. 2022). Podstatné snížení emisí v příštích několika desetiletích může snížit klimatická rizika v 21. století a v dalších letech, zvýšit vyhlídky na adaptaci, snížit náklady a problémy spojené s mitigací v dlouhodobém horizontu a přispět k trvale udržitelnému rozvoji, který bude odolávat změnám klimatu (IPCC 2014, SPM str. 17). I Čína, díky svému prvnímu dlouhodobému klimatickému cíli, kterým je hodnota emisí skleníkových plynů na čisté nule, se bude muset držet na uzdě. Což například znamená kompenzování uvolňování skleníkových plynů výsadbou stromů nebo zachycování uhlíku a jeho ukládání pod zem (Mallapaty 2022).

Je lepší implementovat více adaptačních a mitigačních opatření, které mohou pomoci zmírnit klimatickou změnu, protože neexistuje jedno dostatečné řešení. Vše ale závisí na politicích a spolupráci na všech úrovních (IPCC 2014, SPM str. 26).

3.2.2 Klimatická změna ve městech

Změna klimatu zhoršuje současné hrozby do budoucna budou pravděpodobně vznikat hrozby nové, kterými budou ohroženi lidé i ekosystémy. Rizika budou nerovnoměrně rozložená. A obecně platí, že rizika jsou nebezpečnější pro znevýhodněné osoby a komunity (IPCC 2014, SPM str. 13).

Yao et al. (2022) ve své práci uvádí data z OSN z roku 2019, kde píše, že v roce 2018 bydlelo ve městech okolo 55 % populace. Tento podíl se má do roku 2050 zvýšit až na 68 %. Také Wang (2022) uvádí dle worldbank.data, že v roce 2020 se pohybovala urbanizace okolo 56 %. V České republice žije dle worldbank 2020 v městském prostředí 78 % populace (Zemek et al. 2021, str. 7).

Města jsou zranitelná tzv. efektem městského tepelného ostrova. Asfaltové a betonové povrchy vozovek, sídlišť a ostatních ploch a také povrchy budov akumulují teplo a vytvářejí rozpálené povrchy, které mnohdy ani během letních nocí nejsou schopné vychladnout. Teplota v těchto tepelných ostrovech zůstává až o 8 °C vyšší než teplota v zelených okrajových čtvrtích města (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019, str. 94). V Páté hodnotící zprávě se píše, že nejen globální oteplování, ale i urbanizace mohou zvýšit oteplování ve městech a jejich okolí tzv. efekt tepelného ostrova, zejména během událostí související s teplem, jako jsou vlny veder. Dokonce noční teploty jsou tímto efektem ovlivněny více než denní teploty (IPCC 2019, SPM, A.4.6). Když teplota v noci neklesne pod 20 °C, označujeme tento den jako den s tropickou nocí (Pondělíček et al. 2016, str. 30). Do budoucna se předpokládá zvyšující se četnost těchto nocí. Tropické noci jsou více pozorovány v centrech měst, kde převládá beton nad zelení a nahromaděný teplý vzduch ze dne tolik neventiluje (Pondělíček et al. 2016, str. 30). V těchto horkých letních večerech se lidem špatně spí, a to může mít za následek zvyšování energetického zatížení měst s následky ekonomických dopadů (Pondělíček et al. 2016, str.31).

Je vysoce pravděpodobné, že díky změně klimatu se v městských oblastech zvýší rizika plynoucí z tepelného stresu, bouří, extrémních srážek, ale i sucha (IPCC 2014, SPM str. 15). Zvýšená urbanizace může zesílit extrémní srážky nad městem (IPCC 2019, SPM, A.4.6).

Je nutné při plánování adaptačních a mitigačních strategií brát ohledy na dlouhodobé městské infrastruktury, na které budou po dobu desítek let působit zhoršující se klimatické změny. Myslí se tím například vodovody a kanalizace, dopravní infrastruktura nebo budovy ve městech (Třebický & Novák 2015).

Už Gehl ve své knize Nové městské prostory píše o nutnosti vytvořit ve městech dobré podmínky pro chůzi, pro kvalitní městský život, který se vlivem vzrůstající automobilové dopravy vytrácí. V mnoha zemích se už mluví o tzv. strategii veřejného prostoru ve městě, kde se podporuje pěší provoz, protože chůze neškodí životnímu prostředí a nevyžaduje žádné další finanční náklady (Gehl & Gemzøe 2002, str. 257). I v první knize s názvem Život mezi budovami Gehl píše, že venkovní aktivity jsou závislé na kvalitě venkovních prostor a že při

dobrych podmínkách se volitelné a rekreační venkovní aktivity rozvíjejí a při špatných podmínkách zase mizí (Gehl 2000, str. 35, 131). A tam, kde se postupně ulice a oblasti mění na místa, která nikoho nezajímají, se začíná rozvíjet vandalismus a kriminalita (Gehl 2000, str. 78). Gehl (2000, str. 177) cituje ve své knize H. Whyta, že je důležité pro venkovní aktivity zajistit k tomu odpovídající podmínky a podtrhuje význam ochrany před negativními klimatickými podmínkami.

Budovat modrozelenou infrastrukturu ve městech je důležité i pro zranitelnější obyvatele měst, kteří nemají přístup k chlazení (Siehr 2022). A proto toto zavedení zelených opatření ve městech by mělo zvýšit sociální spravedlnost a kvalitu života, jak je publikováno v dokumentu z roku 2011 pod hlavičkou Programu OSN pro životní prostředí s názvem *Toward a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication* (Směrem k zelené ekonomice: Cesty k udržitelnému rozvoji a vymýcení chudoby) (Pondělíček et al. 2016, str. 160). V kapitole věnované městům jsou mimo jiné vyvozeny závěry, že rozvoj měst bude potřeba zásadně změnit, aby se co nejvíce usnadnil přechod na zelenou ekonomiku s větší produktivitou a novými technologiemi s nižšími náklady a s malým dopadem na životní prostředí a k tomu bude zapotřebí všech zúčastněných stran (Pondělíček et al. 2016, str. 160).

3.2.3 Klimatická změna a politika

Klimatická politika nemůže být úspěšná, pokud klimatickou politiku nepodpoří většina lidí (Zvěřinová et al. 2013). Postoje veřejnosti jsou důležité pro politiky. Pokud se má za to, že projekt postrádá podporu veřejnosti, politici se mohou zdráhat jej realizovat (Zvěřinová et al. 2013; Kyselá 2015; Drews & van den Bergh 2016; Kyselá et al. 2019). Proto bez zapojení veřejnosti nelze řešit problematiku adaptace měst na změnu klimatu (Pondělíček et al. 2016).

V Novém Boru v roce 2015 na Den Země uspořádal starosta s místostarostkou města v místním kině sezení a promítání pro děti s vysvětlením o dopadech klimatické změny a jejích aspektech. Akce byla hodnocena jako zdařilá ze strany dětí, učitelů i organizátorů (Třebický & Novák 2015). Při osvětě žáků ohledně rizik klimatické změny je důležitý aspekt přenosu informací a kompetencí od žáků k jejich rodičům a jejich domovům (Pondělíček et al. 2016, str. 75).

Vědci se také zabývají myšlenkou, co si lidé myslí a jak přistupují ke klimatické změně. Menší polovina lidí žijících ve městě v ČR se necítí ohroženě v důsledku klimatické změny. Zjištění je alarmující, neboť dokládá nepřípravenost občanů přijmout hrozby klimatické změny (Pondělíček et al. 2016, str. 63).

Alló & Loureiro (2014) se zabývali otázkou, jak jsou lidé ochotni platit za prostředky na zmírnění změny klimatu. Je zde mnoho aspektů, které snižují ochotu lidí platit na podporu úsilí v boji proti změně klimatu. Například hospodářské podmínky země, což ovšem neznamená, že si chudé země méně cení problému změny klimatu, naopak ty jsou ochotny regulovat změny pomocí jiných mechanismů. Dalším zajímavým aspektem bylo, že země s dlouhodobými strategiemi do budoucna jsou ochotny více platit. Celkově důležitým zjištěním této studie je, že lidé upřednostňují mitigační strategie před adaptačními. A hlavně podporu prevence katastrof a vln veder. Závěrem této studie lze říct, že významným zjištěním pro podporu přijatelnosti politik v oblasti klimatu je důležitost kulturních a sociálních rozměrů. Autoři doporučují tento aspekt navíc posílit podporou informačních kampaní s cílem zvýšit povědomí veřejnosti (Alló & Loureiro 2014).

V České republice je ochota platit za environmentální politiku nízká, přestože environmentální politiku považujeme za důležitou (Kyselá 2015). Lidé upřednostňují politické nástroje, které vedou k nižším cenám. Například dotace na obnovitelné zdroje energie jsou pro lidi přijatelnější než zvýšení daní z fosilních paliv. Slovo „zdanění“ je lidmi méně přijatelné. (Zvěřinová et al. 2013). Další zajímavý výzkum je od autorů Kyselá et al. (2019). Ti upozornili, že různých výzkumů v oblasti politické podpory a veřejné přijatelnosti těchto politik v oblasti změny klimatu je mnoho. Ale interpretace těchto výzkumů může být zavádějící a je potřeba jasné definovat teoretické koncepce, aby nedocházelo k mylným a zavádějícím závěrům. Zdůrazňují, že výzkumní pracovníci by měli být velmi opatrní se svými závěry, hlavně pokud radí politikům (Kyselá et al. 2019).

Drews & van den Bergh (2016) prozkoumali 355 článků z Web of Science, aby zjistili, co lidi ovlivňuje v názorech na politiku ohledně změny klimatu. Ovšem výsledky nejsou příliš jasné. Je zde mnoho aspektů a proměnných. Celkově se dá říct, že levnější environmentální akce jsou veřejností upřednostňovány před nákladnou uhlíkovou politikou. Lidé se také bojí, že klimatická politika bude mít nepříznivý dopad na ekonomiku a zaměstnanost. Alespoň toto lidé uvádějí při svých zdůvodnění (Drews & van den Bergh 2016).

Klaus (2017, str. 196) říká, že: „*environmentalismem prosazovaná hospodářsko-politická opatření jsou cestou zpět, cestu k chudobě*“. Staud & Reimer (2008, str. 7) ale ve své knize zdůrazňují, že ochranou klimatu se lidé přeci nemusejí vzdát všech příjemných věcí ve svém životě, ale naopak snížením hladiny CO₂ ve vzduchu může vést ke zlepšení kvality života na Zemi.

Gore (2007, str. 284) tvrdí, že mnoho lidí se nechce nechat přesvědčit o klimatických změnách jasnými důkazy, protože by museli změnit svůj dosavadní způsob života, přestože se časem ukáže, že to jsou změny k lepšímu (Gore 2007, str. 284).

Politici potřebují důvěru svých občanů při zavádění nových klimatických strategií. Důvěra by se mohla zvýšit i větším zapojením občanské společnosti a větší transparentností (Drews & van den Bergh 2016).

Ochrana klimatu je ovšem velmi složitá politika. Mezinárodní smlouvy, úmluvy, dohody – to vše je pro laiky neprůhledný chaos. Toho zneužívají lobbisti, kteří přímo podplácí vědce, aby zkřivilo zprávy IPCC (Staud & Reimer 2008, str. 41). A lidé s úlevou pročítají tyto scestné argumenty a odmítají pochopit důsledky oteplování atmosféry (Staud & Reimer 2008, str. 50–51). Navíc se velmi vlivné a dobře financované skupiny z ropných a uhelných společností snaží vnést mezi veřejnost iluzi, že mezi vědci panují vážné neshody v otázce klimatické změny. Dokonce i Bílý dům se za dob prezidenta Bushe velmi snažil dezinformovat Američany o globálním oteplování (Gore 2007, str. 263–264).

Klimatičtí aktivisté k přesvědčení politiků a veřejnosti o svých dobrých úmyslech v boji proti klimatické změně způsobené člověkem používají vznešeně znějící prohlášení plné smutných fotografií ledních medvědů na tajících krách a další různé zavádějící materiály. Klimatičtí aktivisté vytrhávají fakta ze souvislostí a hrají šikovné hry se statistikami. Klimatičtí aktivisté dále slibují potenciální pozitivní efekty až v daleké budoucnosti ve prospěch dalších generací, zatímco si nyní hrají svoji vlastní současnou politickou hru (Klaus 2017, str. 117–118).

3.3 Praha a Brno v době klimatické změny

„Česká republika leží v přechodné klimatické oblasti středoevropské. Jednotlivé roky může být naše klima jak pod vlivem oceánů, tak i kontinentu s tím, že poměr je spíše ve prospěch kontinentálního podnebí“ (Žalud 2015).

Je bohužel fakt, že už i střední Evropa včetně České republiky je ohrožena důsledky klimatické změny ve formě bleskových záplav, vln veder a sucha. Některá města na to už reagují a vytvářejí různá strategie adaptační a mitigační zpracované na míru (Din Dar et al. 2021).

Vlny veder se dají definovat jako „extrémní stav počasí“, kdy teploty dosahují vysoko nad normál a vlny veder přinášejí zvýšené zatížení pro lidi i pro zvířata a rostliny. Zvětšuje se výpar, dochází k vysoušení rostlin a tím vznikající sucho, které zvyšuje riziko požárů (Třebický & Novák 2015, str. 5).

Ani Praha není v adaptaci a mitigaci pozadu a v roce 2019 si nechala zpracovat „**Klimatický plán hl. města Prahy do roku 2030 – Praha na cestě k uhlíkové neutralitě**“ (dále jen Klimatický plán). Cílem je snížit v Praze emise CO₂ až o 45 %. Navrhovaná strategie je zpracována pod vedením Komise pro udržitelnou energii a klima, poradního orgánu Rady hl. m. Prahy za podpory Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí České republiky. Praha se v roce 2018 oficiálně připojila k iniciativě evropských měst a obcí nesoucí název Covenant of Mayors for Climate & Energy, která se zavázala pro udržitelnou energii a klima a vytvořila na to akční plán s názvem Akční plán pro udržitelnou energii a klima (Sustainable Energy and Climate Action Plan – SECAP) (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019).

Kapitola 7 v Klimatickém plánu se zabývá adaptačními opatřeními, jelikož právě probíhající změna klimatu má za následek zvyšování průměrné roční teploty vzduchu, častější výskyt počtu tropických dní (nad 30 °C) a nocí (nad 20 °C) a mění se rozložení srážek během roku a bohužel jsou i častější období bez deště (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019, str. 94). Mezi prioritami Klimatického plánu je zlepšení mikroklimatických podmínek revitalizací parků, zelených a zpevněných ploch, výsadbou zeleně (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019).

V našich podmínkách se totiž v Praze nejvíce projevuje syndrom městského tepelného ostrova, což se dá vysvětlit jako relativní oteplení města oproti okolnímu prostředí (Pondělíček et al. 2016, str. 32). V Praze dochází k oteplení a nejvíce se otepluje střed města. K tomuto zjištění se došlo díky dlouhodobému analyzování teplot během posledních 53 let pozorování (Pondělíček et al. 2016, str. 32–33).

3.3.1 Analýza klimatických rizik, zranitelností a dopadu změn klimatu v Praze

V závěru Klimatického plánu jsou tři přehledné tabulky (viz níže) představující analýzu klimatických rizik, zranitelností a dopadu změn klimatu na město. Z tabulek je zřejmé, že klimatická změna dopadající na město má za následek hlavně ekonomické škody v podání poškození infrastruktury, funkčnosti určitých oblastí (jako je doprava, průmysl, energetika, cestovní ruch), snížení efektivity práce, zvýšení rizika nehodovosti a v neposlední řadě i ohrožení zdraví lidí, zvláště pak dětí nebo starých lidí (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019, str. 235).

Tab. 1 Klimatická rizika relevantní pro hlavní město Prahu (Klimatický plán, str. 235)

Typ klimatického rizika	Současná úroveň rizika	Očekávaná změna v intenzitě	Očekávaná změna ve frekvenci	Časový rámec	Ukazatele související s rizikem
Vysoké teploty a vlny horka	Vysoká	Zvýšení	Zvýšení	Dlouhodobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet dnů/nocí s extrémně vysokými teplotami ◆ Hustota populace ◆ Podíl populace nad 65 let (%)
Příválové deště a změny rozložení srážek	Střední	Žádná změna	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Zvýšení počtu dní za rok se silným deštěm (>20 mm)
Sucho a snížení zásob povrchových a podzemních vod	Střední	Zvýšení	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet dnů/nocí s extrémně vysokými teplotami ◆ Snížení hladiny podzemní vody
Povodně	Střední	Žádná změna	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Zvýšení počtu dní za rok se silným deštěm (>20 mm) ◆ Podíl plochy v záplavovém území ◆ Počet povodní na území města
Extrémní vítr	Nízká	Žádná změna	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet ◆ Hospodářské škody
Krupobití	Nízká	Žádná změna	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet ◆ Hospodářské škody
Bouřky	Nízká	Žádná změna	Zvýšení	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet ◆ Hospodářské škody
Extrémní chlad	Nízká	Žádná změna	Žádná změna	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet dnů/nocí s extrémně nízkými teplotami

Tab. 2 Zranitelnosti hlavního města Prahy (Klimatický plán, str. 235)

Socio-ekonomická	<p>Ekonomické ztráty, které zahrnují poškození infrastruktury, narušení každodenních činností a sociální ztráty, jako poškození lidského života, zdraví, společenství a sociálních institucí:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ větší morbidita a úmrtnost u citlivých skupin obyvatel; ◆ snížená efektivita práce a zvýšené riziko nehodovosti; ◆ ohrožení majetku; ◆ negativní dopady na hospodářskou činnost, vodní hospodářství a zemědělství. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Hustota zalidnění (obyvatel/km²) ◆ Podíl citlivých skupin obyvatel (věkové kategorie 0-14 a 65+ let) ◆ Podíl populace v ohrožených oblastech (%) ◆ Monetární škody na majetku města (tis. CZK/rok)
Fyzikální a environmentální	<p>Fyzikální a environmentální ztráty, které zohledňují citlivost přírodního, kulturního a historického prostředí, přírodních stanovišť a druhů, jako jsou:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ poškození infrastruktury města a funkčnosti určitých oblastí ve městě (doprava, kulturní dědictví, průmysl, energetika, cestovní ruch); ◆ zvýšení evapotranspirace vedoucí k nevyváženosti vodního režimu. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Podíl oblastí, které jsou ohroženy

Tab. 3 Očekávané dopady na hlavní město Prahu (Klimatický plán, str. 235)

Ovlivněný sektor politiky	Očekávaný dopad/dopady	Pravděpodobnost výskytu	Očekávaná úroveň dopadu	Časový rámec	Ukazatele související s dopadem
Budovy	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Zvýšená energetická náročnost budov (chladicí systémy, tepelná izolace) 	Pravděpodobné	Vysoká	Střednědobý	◆ Zvýšení spotřeby energie
Doprava	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Poškození dopravní infrastruktury; ◆ Narušení dopravních služeb během extrémních událostí; ◆ Zvýšená koncentrace znečišťujících látek a skleníkových plynů v okolí silniční komunikace 	Možné	Střední	Střednědobý	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Počet nebo % dopravních, energetických, vodních, odpadových, ICT infrastruktur poškozených extrémními povětrnostními podmínkami nebo jevy; ◆ Počet dnů přerušení veřejných služeb (např. zásobování energií a vodou, zdravotnických služeb, civilní ochrany, záchranné služby, odvozu odpadků)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Narušení infrastruktury pro přenos energie; ◆ Zvýšení poptávky po elektrické energii (chlazení) 	Možné	Vysoká	Dlouhodobý	◆ Počet nebo % dopravních, energetických, vodních, odpadových, ICT infrastruktur poškozených extrémními povětrnostními podmínkami nebo jevy;

3.3.2 Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy

V souvislosti s budoucností hl. města Prahy je třeba zmínit pracoviště **IPR Praha** jako důležitého koordinátora v oblastech rozvoje Prahy, architektury, urbanismu, tvorby a správy města. Jejich cílem je, aby se Praha rozvíjela správným směrem a aby se všem v ní žilo lépe (IPR Praha [online]).

Hlavní náplní IPR Praha je zastupovat město Prahu v územním řízení, vytvářet klíčové městské dokumenty, sbírat data o městě, zpracovávat studie a analýzy (IPR Praha [online]).

IPR Praha je odborný poradce v otázkách městského plánování a vytváří klíčové dokumenty k rozvoji města na dalších dvacet let. Sbírá a vyhodnocení přesná data o Praze, která slouží jako podklad pro další instituce. A hlavně na základě všech těchto dat může vytvářet kvalitní plány, studie a analýzy zabývající se všemi aspekty městského života (IPR Praha [online]).

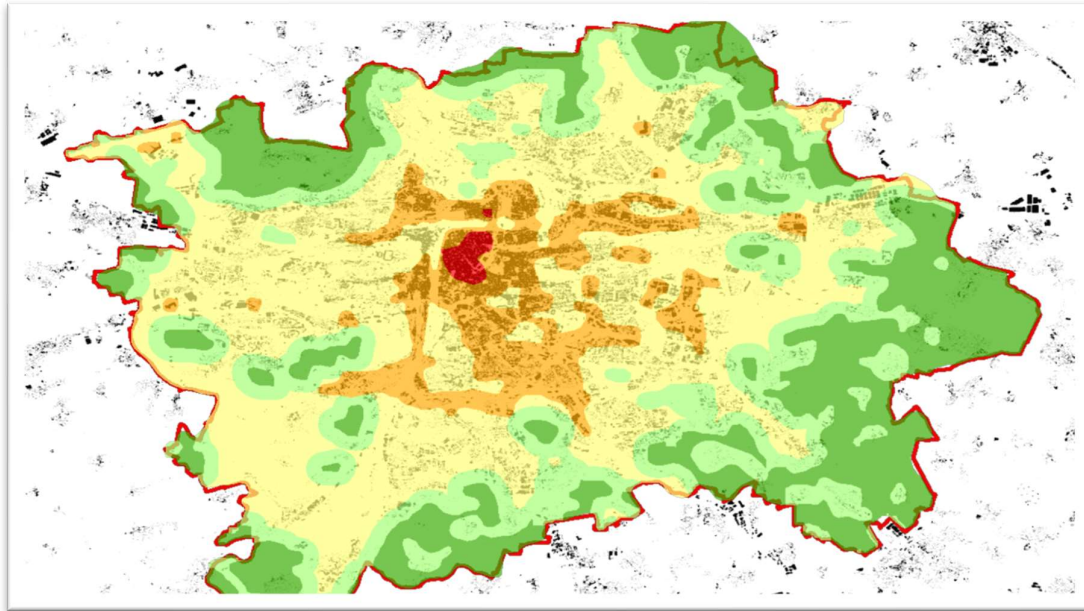
Pro lepší pochopení nutnosti ozelenění Prahy jsou na obrázcích níže uvedeny dva příklady, jak může být město zranitelné.

Na prvním obrázku (Obr. 2) je vidět Praha a její klimatické hodnocení kvality neboli bonity na podkladu mapy o zástavbě (IPR Praha [online]). Centrum města je ohroženo kvalitou bonity klimatu oproti okrajovým částem Prahy, kde je mnohem více zeleně.

Dle meteorologického slovníku je bonita klimatu vysvětlena takto: „*Znalecké a komplexní posouzení klimatických rozdílů zpravidla v měřítku mikroklimatu a místního klimatu prováděné podle metodických schémat, v nichž se např. přihlíží podmínkách provětrávání čili ventilace daného území, k převládajícím větrům, sklonu k vytváření inverzí teploty vzduchu a mrazových kotlin. Klimatologická bonitace vychází především ze zvláštností reliéfu krajiny a jeho důsledků pro místní klimatické podmínky. Zejména v městských oblastech a průmyslových aglomeracích je vhodné zahrnout do klimatologické bonitace také obsah znečišťujících látek v ovzduší*“ (ČMeS [online]).

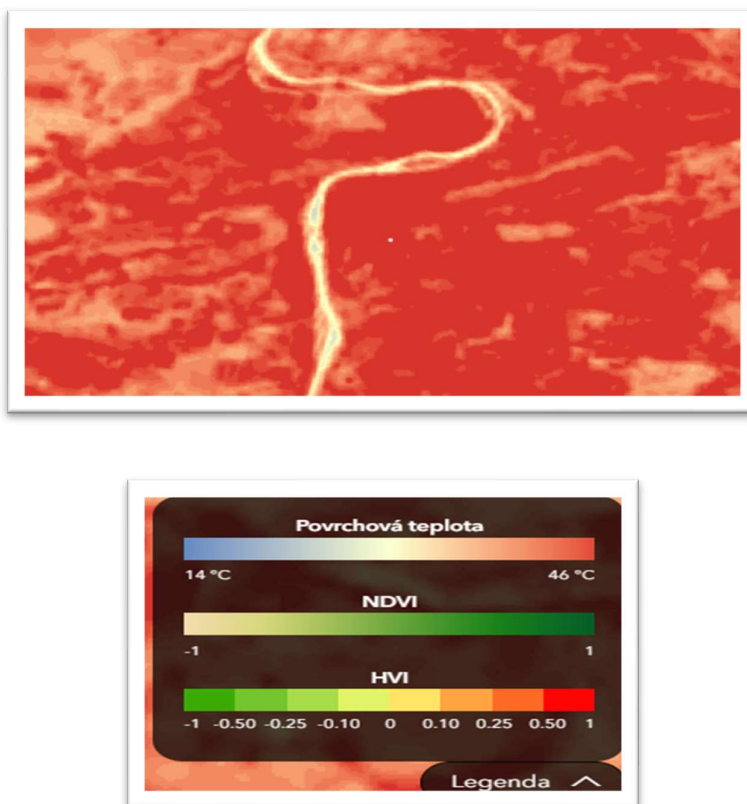
V zahraničí se používá podobný termín, a to je „biocomfort“. Cetin (2019) ve svých pracích také pracuje s tímto termínem a píše o něm jako o hodnotách, které udávají, jak moc se lidé v určitém prostředí (vítr, vlhkost, teplota, srážky) cítí příjemně. Vytvářejí se tzv. bioklimatické komfortní mapy, které se používají k městskému plánování, krajinářské architektuře, k potřebám cestovního ruchu atp. (Cetin 2019).

Pondělíček et al. (2016, str. 33) zase píše o tzv. PET – potenciálně ekvivalentní teplota vzduchu. Tento bioklimatologický index zahrnuje teplotu vzduchu a další meteorologické parametry jako jsou vlhkost, rychlost větru, oblačnost, vlastnosti lidského organismu nebo oděvu. Používá se jako „ukazatel pro lidské vnímání tepelného komfortu v extrémních teplech či mrazech“. Jsou rozdíly mezi PET zjištěnou v centru Prahy a na periférii. Po západu slunce v letních měsících je to až o 4 °C. Tím jsou horší podmínky pro spánek v centru Prahy než na okrajích (Pondělíček et al. 2016, str. 34).



Obr. 2 IPR Praha (Atlas životního prostředí) – mapa bonity klimatu s legendou

Další obrázek (Obr. 3) znázorňuje povrchovou teplotu v Praze (IPR Praha [online]). Ten den byla v Praze na Floře teplota 37,5°C. Je zde jasně vidět zranitelnost města během tropických dní (ČHMÚ [online]).



Obr. 3 Povrchová teplota Prahy s legendou (aplikace) dne 26. 6. 2019 (IPR Praha)

3.3.3 Metoda měření venkovní tepelné pohody v Brně

S vlnou veder se potýkají i další města v České republice. Geletič et al. (2018) vypracovali model časoprostorové variability venkovní tepelné pohody v lokálním prostředí klimatické zóny města Brna. Tato studie využívá městský klimatický model MUKLIMO 3 (německy Mikroskaliges Urbanes KLImaModell in 3 – Dimensionen) a měření z městské klimatické sítě k simulaci, ověření a analýze časoprostorového průběhu tepelné pohody lidí ve venkovním prostředí ve městě Brně v období vln veder (Geletič et al. 2018).

K hodnocení tepelného komfortu byl použit index HUMIDEX, který simuluje časoprostorovou variabilitu. Je to index tepelné pohody člověka modelovaný z teploty vzduchu a relativní vlhkosti (Geletič et al. 2018). Index HUMIDEX nezahrnuje sluneční záření ani rychlost větru (Lehnert et al. 2021).

Ve studii rozdělili autoři Brno na několik místních klimatických zón, aby bylo možné posoudit rozdíly tepelného komfortu uvnitř města: kompaktní střední a nízké budovy, otevřené výškové, střední a nízké budovy, rozlehlé nízkopodlažní budovy, řídké postavené budovy, těžký průmysl a typy krajinného pokryvu jako např. voda, husté porosty stromů, samostatné stromy, keře a křoví, nízké rostliny, betonová a dlážděná místa (Geletič et al. 2018).

Data se sbírala dne 8. srpna 2015 v čase 10:00, 16:00 a 22:00 hodin a z výsledků je patrné, že nejvíce zastavěné oblasti s kompaktní střední výškou budov a nízkopodlažní budovy a rozlehlé nízkopodlažní budovy a oblast těžkého průmyslu se jeví jako nejméně komfortní zóny města a zóny velkého diskomfortu, a to především v odpoledních hodinách, ale částečně i přes noc. Tedy závěr z tohoto modelu časoprostorové variability venkovní tepelné pohody v lokálním prostředí klimatické zóny města Brna je takový, že existují významné rozdíly ve venkovní tepelné pohodě mezi již zmíněnými klimatickými zónami ve městě Brně. Naopak nejpříjemnější oblasti byly oblasti s pokryvem zeleně, stromů, vody, rozptýlených budov nebo i dlažby (Geletič et al. 2018).

Města také trpí tzv. městskými kaňony, mezi vysokými budovami, kde je sníženo provětrávání ulic, a naopak zvýšena teplotní charakteristika tím, jak se sluneční záření odráží z jedné budovy na druhou a do každé se postupně akumuluje tepelná energie (Pondělíček et al. 2016, str. 23).

3.4 Zelenomodrá infrastruktura ve městě a metody jejího budování

Zelenomodrá infrastruktura je síť decentralizovaných zařízení pro odvod dešťové vody, jako jsou zelené střechy, stromy, dešťové zahrady a propustná dlažba, která dokáže zachytit a infiltrovat dešťové srážky na místě, kam dopadá a tím se snižuje odtok dešťové vody (Center for Neighborhood technology 2010).

Hora et al. (2021, str. 6) zase vysvětluje pojem modrozelené infrastruktury (MZI) jako soubor přírodě blízkých technických opatření, která se zaměřují na propojení dešťové vody a vegetace ve městech za účelem podpory lokálního koloběhu vody, jejího čištění v přirozených procesech a zvýšení příjemného klimatu ve městě. Modrozelená infrastruktura má velký význam i z hlediska estetického a rekreačního (Hora et al. 2021, str. 6). V Metodice pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech jsou zelenou a modrou infrastrukturou myšleny všechny vodní prvky a prvky zeleně v urbánním prostředí, které lidem poskytují širokou škálu užitků v podobě ekosystémových služeb (Mácháč et al. 2019).

Ing. Jiří Vítek na internetových stránkách Počítáme s vodou.cz uvádí definici modro-zelené infrastruktury takto: „*Modro-zelená infrastruktura (MZI) je soubor na sebe navazujících technických a přírodě blízkých opatření, jimiž jsou města a obce schopná významně snižovat negativní dopady změny klimatu a zajistit tak pro své obyvatele bezpečné a zdravé životní prostředí. Úkolem MZI je chránit území proti záplavám, snížením povrchového odtoku v místě, kam srážková voda dopadne a spolu s tím vytvářet pro sídelní zeleň takové podmínky, aby ji bylo možné využít ke zmírňování sucha, přehřívání staveb a jejím prostřednictvím byly poskytovány další cenné ekosystémové služby. MZI je důmyslně propojený systém, který mění podobu staveb většiny stavebních oborů pro blahodárnější využívání srážkové vody a zeleně k účinné adaptaci měst a obcí na změnu klimatu, resp. k zajištění si jejich udržitelného rozvoje*“ (Počítáme s vodou [online]).

Třebický & Novák (2015) definovali modrozelenošedou infrastrukturu z hlediska adaptačních strategií do následující tabulky takto:

Tab. 4 Definice MZŠ infrastruktury dle Třebický & Novák (2015)

Infrastruktura	Zelená	Modrá	Šedá
Definice	Zelené přírodní a přírodě blízké prvky a oblasti ve městě, které mají další environmentální funkce. Poskytují ekosystémové služby zdarma, napomáhají mírnit projevy změny klimatu a přínosné ro obyvatele města.	Modré prvky a oblasti se stejnou či obdobnou funkcí jako prvky zelené infrastruktury. Často je uváděna jako součást zelené infrastruktury.	Jedná se o člověkem vytvořené struktury 1. budovy a infrastruktura ve městě 2. budované s cílem lépe snášet extrémní projevy počasí
Příklady	Zelené střechy, zelené fasády, zeleň ve veřejných prostorech atp.	Vodní prvky ve městě, např. jezírka, potoky, řeky atp.	Zateplování, stínění, ventilace, vodě odolné konstrukce atp.
Přínosy	Přírodní chlazení, zadržování vody, zvyšování energetické účinnosti staveb	Přírodní chlazení, čištění odpadních vod, zvládnání přívalových dešťů, retence vody, závlaha	Snížení teploty uvnitř budov, zvýšení kvality života obyvatel města

Pod pojmem šedá infrastruktura ve spojitosti s adaptačními opatřeními si lze představit i stavebně technická opatření. V ideálním případě je dobré kombinovat adaptační opatření s dalšími typy infrastruktury – zelenou a modrou (Pondělíček et al. 2016, str. 110). Dle Vysokého (2019) někteří autoři nazývají šedou infrastrukturou zpevněné povrchy – silnice, chodníky atd.

V posledních letech se modrozelená infrastruktura stává populární strategií, protože přináší vícenásobné ekologické, sociální a ekonomické přínosy (Center for Neighborhood Technology 2010).

Dnešní tradiční systémy odvodu dešťové vody z měst (obrubičky, šachty, silniční příkopy atp.) jsou navrženy tak, aby co nejrychleji odváděly dešťovou vodu z měst, aby se zabránilo záplavám v místě, ale bez efektivního využití (Brears 2018). Dešťová voda je stále považována za problém, který je zapotřebí co nejrychleji odvést pryč z města (Vítek et al. 2015, str. 11). Ale projektanti stokových systémů před mnoha lety nemohli počítat s tak velkým nárůstem zpevněných ploch, kterého jsme nyní svědky. Proto se klasický způsob odvodnění ukazuje jako dlouhodobě neudržitelný při stále se zvyšující urbanizaci a s nástupem klimatických změn (Vítek et al. 2015, str. 14). Dle Wang et al. (2022) je nejefektivnější navrhovat pro výstavbu a modernizaci městského odvodňovacího systému zelenošedomodrou infrastrukturu, aby se zabránilo odtoku dešťové vody bez užitku, protože tradiční přístupy urbanizace pouze se šedou infrastrukturou se totiž ukázaly dlouhodobě neudržitelné (Puppim de Oliveira et al. 2022).

Shuster, Morrison and Webb (2008 in Berland et al. 2017) říkají, že je obecně uznávané, že MZI nemůže zcela nahradit šedou infrastrukturu, lze však modrozelenou infrastrukturou snížit zátěž šedé infrastruktury ve městech. Až 55 % z objemu srážek v centrech měst odtéká stokovou sítí pryč z města (Vítek et al. 2015, str. 15).

Stavby kanalizačních systémů těžko odvádějí masivní přívaly vody z intenzivních dešťových srážek způsobených klimatickou změnou. A tím podniky spravující městské vodovody a kanalizace staví do téměř neřešitelných situací (Staud & Reimer 2008, str. 254).

Je-li voda z měst odváděna do nedalekého malého vodního toku, může náhlé zvýšení průtoku způsobit problémy v okolí toku. Nejen ekologické, ale i ekonomické (Vítek et al. 2015, str. 15–16).

Šedá a modrá infrastruktura snižují rizika povodní, zatímco zelená infrastruktura přináší řadu dalších výhod, které šedá infrastruktura nemůže přinést. V důsledku toho kombinace zelené, modré a šedé infrastruktury pravděpodobně povede k nejlepší adaptační strategii, protože tyto tři přístupy mají tendenci se vzájemně doplňovat (Alves et al. 2019).

Stromy mají další důležitou vlastnost, a tou je intercepce. Je to část srážek, kterou si zadržují v korunách stromů a nepustí na zem (Wohlleben 2021, str. 43–44).

Zelená a šedá infrastruktura mají mnoho výhod, ale pro zmírnění povodní je zásadní jejich vzájemná kombinace a doplňkovost (Chen et al. 2021).

Pořád nám chybí dostatek znalostí o tom, jak strategicky inovovat ZMI ve městech – je to oblast, která stále poskytuje mnoho výzev pro vědce, techniky i politiky (Puppim de Oliveira et al. 2022).

Například Praha v rámci udržitelného způsobu života ve městech přistoupila na ekologické využívání přebytečné průsakové vody z kolektorů, která by jinak zůstala nevyužita. Pražská podzemní infrastruktura totiž operuje na bázi kolektorové sítě, což jsou vzájemně propojená sběrná místa zachycující a schraňující dešťovou vodu. Jeden z pilotních projektů je sběrná jímka v kolektoru na Uhelném trhu. Voda se z ní přečerpává do cisteren a využívá se k závlaze zeleně či kropení ulic. Denně je možné takto využít až 80 metrů krychlových vody. Praha také v revitalizačních projektech Stromovky a parku okolo Petřinské rozhledny vyměnila asfalt za historickou dlažbu a umožňuje tak vodě stékat do podzemních zásobáren (Počítáme s vodou[online]; Kolektory[online]).

Neexistuje žádná univerzální strategie v iniciativě zřizování modrozelené infrastruktury a města se proto musejí při začleňování této modrozelené infrastruktury setkávat s celou řadou výzev (Puppim de Oliveira et al. 2022).

3.4.1 Stromy a město

Několik let stromy musely uvolňovat místo pro dopravu ve městě. Také často hynuly kvůli mizerným podmínkám pro jejich růst v městské zástavbě. Naštěstí tomu už je konec a dnes je po celém světě výrazná snaha o zlepšení podmínek pro městský život spojený s výsadbou nových stromů a expanzí zelených míst do městských oblastí (Gehl c2012, str. 180). Znovuzavedení zelených ploch do městského prostředí je už podporováno i mezinárodními subjekty IPCC (Mezivládní panel pro změnu klimatu) a IPBES (Mezivládní vědecko – politická platforma pro biologickou rozmanitost a ekosystémové služby) (Portner et al. 2021). Dle IPCC se ve speciálním reportu z roku 2019 v sekci Summary for policymakers předpokládá, že města se budou rozšiřovat a je dobré jejich expanzi korigovat a vytvářet zelenou městskou infrastrukturu pro snížení klimatických rizik ve městech (IPCC 2019, SPM, A.6.5, B.4.2). Proto stromořadí ve městech, ve vztahu k adaptaci sídel na změnu klimatu, má nezastupitelný

význam. Zmírňuje povětrnostní vlivy a poskytuje ochranu před slunečním zářením tím, že akumuluje teplo, které by jinak bylo akumulováno do komunikací a do přilehlých budov (Pondělíček et al. 2016, str. 123).

IPR Praha tvrdí, že při vytváření zelených ulic ve městě je třeba uvažovat komplexně. Od kvalitního plánování, výsadbě stromů a péči o ně. K tomu IPR Praha vytvořila souhrn všech nezbytných zásad a nejlepších poznatků z praxe, s cílem plně rozvinout potenciál stromů ve městě (IPR Praha [online]). Pečlivě promyšlený projekt může předcházet nepříjemným klimatickým faktorům ve městě a tím zvýšit venkovní komfort v městském prostoru (Gehl 2000, str. 179).

Plánování města tedy může zlepšit nebo zhoršit lokální klima, např. klima kolem laviček, klima v ulicích a na chodníku, kde lidé chodí. Umístit větrolamy, stromy a keře tam, kde jsou nejvíce třeba (Gehl 2000, str. 180).

IPR Praha zpracovala dvě metodické příručky *Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu – plně znění*. A druhý samostatný dokument s názvem *Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu – technické a kvalitativní požadavky* (dále jen jako „standard“).

Standard je dokument pořízený na základě Implementačního plánu Strategie adaptace hl. m. Prahy na změnu klimatu pro období 2020–2024, schváleného RHMP usnesením č. 1936 ze dne 7. 9. 2020 (Hora et al. 2021, str. 5).

Tyto standardy mají sloužit jako praktická příručka pro městské organizace, projektanty, správce při plánování celoměstské koncepce a funkčních celků stromořadí ve městě (Hora et al. 2021).

Dle standardu význam kvalitního stromořadí v ulicích přesahuje konkrétní ulici a vytváří funkční systém v rámci jednotlivých čtvrtí a nakonec celého města. V době klimatických změn je pro obyvatelnost města nanejvýš důležitá kvalitní koncepce stromořadí, jež tvoří městskou infrastrukturu a plní požadované funkce MZI bez dodávky další vyrobené energie. Pro trvalé udržení obyvatelnosti města je tedy stromořadí důležitým prvkem infrastruktury (Hora et al. 2021, str. 4). Proto se někteří vědci zabývají otázkami, jaké jsou vůbec názory lidí na městské stromy. Kendal et al. (2022) ve své literární rešerši shrnuli dosavadní výzkumy ostatních vědců a na základě jejich poznatků shrnul názory lidí na stromy ve městě asi takto: Lidé mají různorodé názory na stromy. Většina lidí vyjadřuje pozitivní názory na funkci stromů ve městech a oceňují jejich přínosy, ale jsou i tací, kteří mají negativní názory na stromy ve městě. Kritizují poškození infrastruktury stromy, alergie způsobené stromy, vypouštění těkavých organických sloučenin a v neposlední řadě nepořádek ze stromů, který se musí uklízet a zvyšují se tím výdaje na údržbu města, nebo náklady vynaložené na údržbu stromů.

Proto Roberts et al. (2012) zdůrazňuje, že je zapotřebí zajistit kapitálové a provozní financování, tzn. trvalý a snadno použitelný zdroj financování pro trvalou údržbu stromů. Je důležité při výběru druhu stromu a místa brát zřetel na obyvatele ulic, ale nemusí se hned předpokládat, že stížnosti na konkrétní problémy se stromy znamenají negativní postoj vůči stromům celkově (Schroeder et al. 2006).

Ve městech jsou značně nepříznivé podmínky pro zdravý vývoj stromů. V malých prostorách pro výsadbu se stromy tísní s technickou infrastrukturou. Dochází ke zhuňování povrchu a s tím souvisí nedostatečné zásobení kořenů živinami, vodou a půdním vzduchem (Steiner

& Malíková 2016/2017). Vysoký (2019) popisuje, že při tradičním způsobu budování podloží se používají nulové frakce drceného kameniva a tím má podloží velmi nízkou infiltrační schopnost a skoro žádný prostor pro vzduch a vodu, tak důležité prvky pro zdárný růst stromů. Dále v létě dochází k přehřívání prostoru, v zimě k zasolování a v neposlední řadě dochází i k mechanickému poškození (Steiner & Malíková 2016/2017).

Vlivem tolika četných stresových faktorů v městském prostředí ulic s prostorovým omezením není možné, aby stromy dosahovaly rozměrů jako stromy vysazené v optimálním přírodním prostředí. Objem koruny stromů se u takto vysazených jedinců v městském prostředí sníží až o jednu třetinu. U starých stromů klesá tento objem koruny až na polovinu svého potenciálu. Ale i takto snížených hodnot strom dosáhne, je-li zajištěn dostatek vody a odpovídající prokořenitelný prostor (Hora et al. 2021, str. 8). Ve standardu se vysvětluje pojem prokořenitelný prostor jako „*prostor využitelný pro růst kořenového systému dřeviny, jehož objem musí být dostatečně velký, aby umožňoval dosažení velikosti dospělého jedince daného taxonu dřeviny bez závislosti na doplňkové závlaze či výživě*“ (Hora et al. 2021, str. 6).

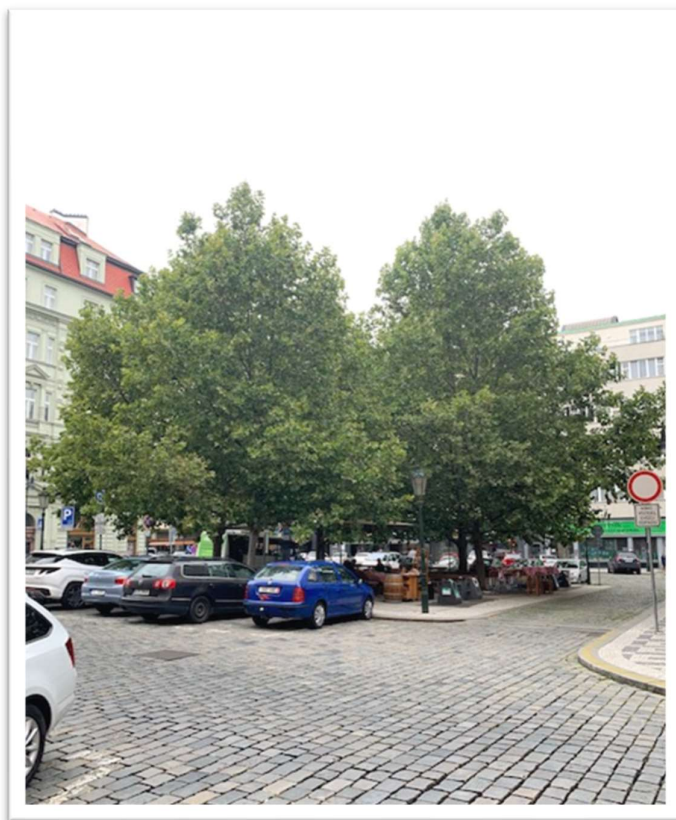
Ukazuje se, že každý strom vytváří odlišné mikroklima. Výsledná schopnost stromů je vytvářet stín, chlad, úkryt, vlhkost (Oke 1989). I z jiných výzkumů se ukázalo, že stín stromů je důležitý pro snížení teploty (Bowler et al. 2010). Dokonce si to může člověk ověřit sám na sobě v horkém letním dni, když si sedne pod slunečnick nebo do stínu vzrostlého stromu. Ve stínu pod stromem bude mnohem příjemněji než jen pod slunečnickem (Wohlleben 2021, str. 189).

Stromy všeobecně zlepšují mikroklima v daném místě, neboť odpařováním vody ochlazují okolí, poskytují stín a tím snižují pocitovou teplotu a v neposlední řadě vstřebávají CO₂ (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019, str. 103, 107). Dle Bowler et al. (2010) je ale zapotřebí při zkoumání vlivu stromů na teplotu dávat pozor na výběr pozorovaných lokalit, aby výzkum nebyl ovlivněn různými proměnnými. Je také třeba srovnávat teplotu pod stromy nebo v bezprostředním okolí stromů a na nedalekém místě bez stromů.

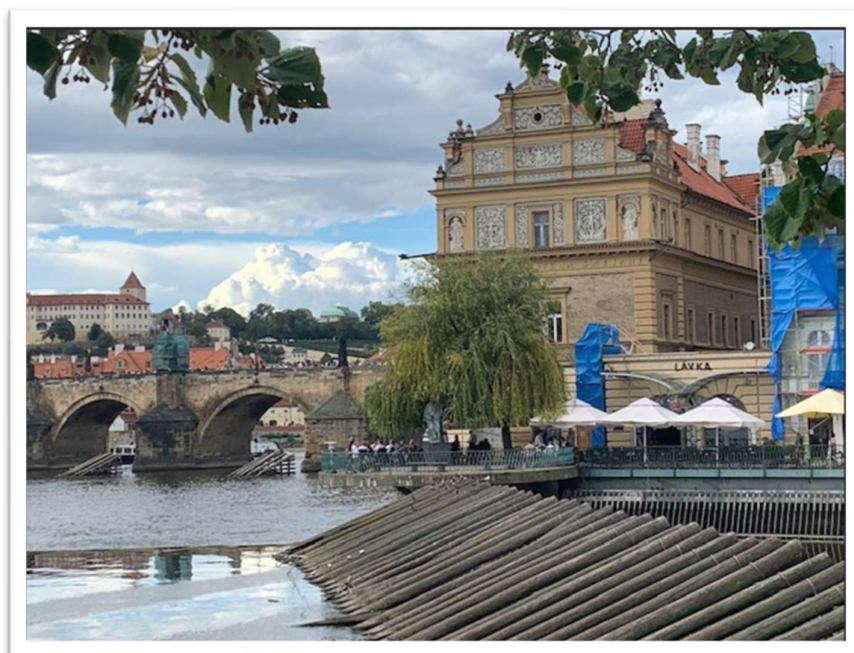
Stromy ve stromořadí jsou nezbytné pro udržení vhodných klimatických podmínek města (Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima 2019, str. 95). Transpirační chladící účinek stromů je ale ovlivněn mnoha faktory prostředí a o jejich transpiraci rozhoduje i druh stromu, protože každý druh stromu reaguje během extrémních horkých dnů jinak a má i jiné nároky na vodu (Huang et al. 2022).

Wohlleben (2021, str. 35–39) píše, že staré stromy si svou moudrost nasbíranou během dlouhého života předávají na potomky. Popisuje, že badatelé ze švýcarského Výzkumného ústavu pro les, sniž a krajinu na základě svého pokusu zjistili, že semenáčky ze stromů, které trpěly stresem ze sucha byly mnohem odolnější vůči suchu než semenáčky ze stromů, které byly zavlažované. Nová generace je tedy vybavena nejnovějšími strategiemi a nemusí začínat od nuly, a to díky epigenetice (Wohlleben 2021, str. 40).

Dle Gehla (c2012) má strom také nezastupitelný význam z estetického hlediska. Definuje prostor ve městě a zdůrazňuje významná místa (Obr. 4, 5, 6). Velký strom na náměstí nás přímo vybízí k návštěvě a my si uvědomujeme, že zde je to správné místo. Stromy podél pěších zón zase podtrhují geometrické uspořádání bulváru a nabádají nás k zamyšlení o jejich kráse a o rozmanitosti přírody (Gehl c2012, str. 179–180).



Obr. 4 Stromy na náměstí vybízejí k posezení (foto autorka, Praha 2022)



Obr. 5 Panorama Pražského hradu, Karlova mostu a Klubu Lávka s velkým vzrostlým stromem vpředu láká lidi k zastavení a pozorování. Cizinci tento nezapomenutelný pohled rádi fotografují (foto autorka, Praha 2022)



Obr. 6 Stromy definují prostor na bulváru a lidé odpočívají v jejich blízkosti (foto autorka, Praha 2022)

3.4.2 Švédský systém modrozelenošedé infrastruktury dle Edge

Ve Švédsku mají jeden z nejpokročilejších přírodě blízkých multifunkčních systémů modrozelené infrastruktury, tzv. modrozelenošedý systém (MZŠ systém, Obr. 7, 8, 9). Tento systém MZŠ je popsán v příručce *Livable streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems*. Propojuje dešťovou vodu, vegetaci a zpevněné plochy v důmyslný systém, kde vegetace má dostatečný prostor a podmínky k životu a může plnit své funkce. Dešťová voda zase tolik nezatěžuje kanalizační systém, protože je vsakována do míst vytvořených pro prokořenitelnou vrstvu vegetace sloužící jako zásobárna vody pro vegetaci v dlouhých obdobích sucha. Stavba prokořenitelné vrstvy není nijak zvlášť složitá. Vrství se různé směsi strukturního substrátu – šterk, písek, a ty se následně zhutní. Velikost frakce substrátu se zvolí podle účelu využití povrchu, podle potřeby, kolik je třeba zadržet vody a v neposlední řadě, kolik prokořenitelného prostoru vegetace potřebuje. Voda se do prokořenitelné vrstvy dostává šachtami a vpustěmi, kde se zachycuje a čistí. Při naplnění celkové kapacity systému se přebytek vody odvádí regulační šachtou do kanalizace. Do míst, kde bude růst vegetace, se přidá biouhel s vysokou pórovitostí pro ještě lepší zadržování dešťové vody a schopnost čistit vodu. Hlavně je obohacen o živiny důležité pro začátek vývinu vegetace, než se zapojí mykorhiza a půdní bakterie a budou vytvářet symbiotický vztah potřebný pro zdárný růst (Vysoký 2019; Edge 2020).



Obr. 7 Livable streets – A handbook of Bluegreengrey systems – Edge
Vlevo otevřená konstrukce základní vrstvy s biouhlem, který funguje jako výsadbový záhon a nádrž na dešťovou vodu.
Vpravo vpust' do bioretenčního místa s lapačem písku, který zachytává sedimenty před tím, než se dešťová voda vsákne do záhonu.



Obr. 8 Livable streets – A handbook of Bluegreengrey systems – Edge
MZŠ infrastruktura. Místo vyznačené modrou barvou je prokořenitelná vrstva, která v případě potřeby může být zatopena vodou.

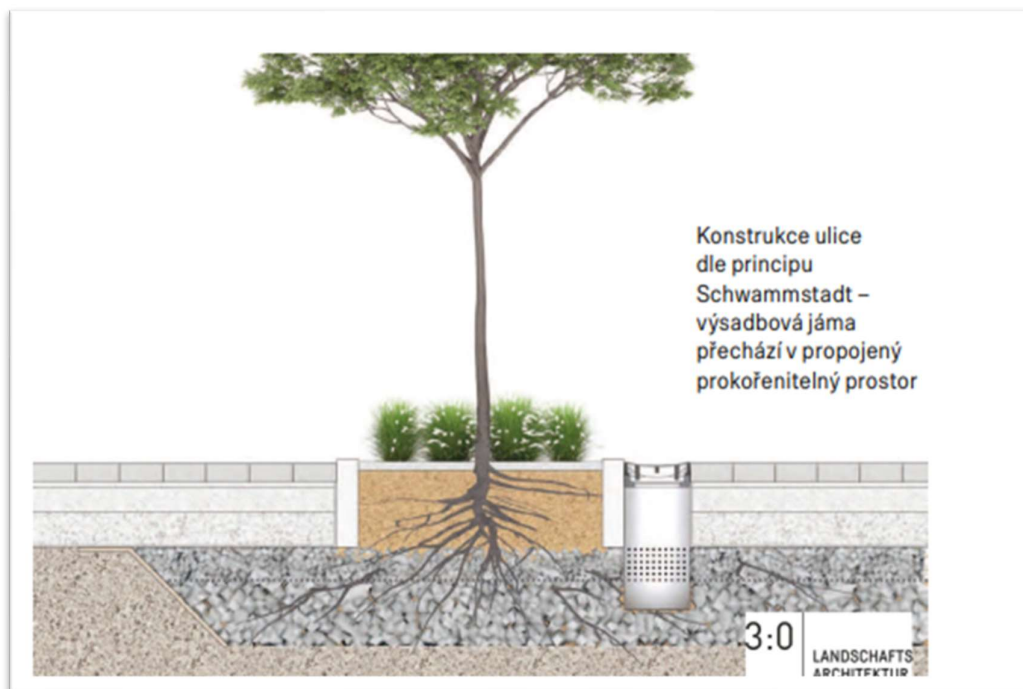


*Obr. 9 Livable streets – A handbook of Bluegreengrey systems – Edge
Po instalaci MZŠI a bioretenční oblasti*

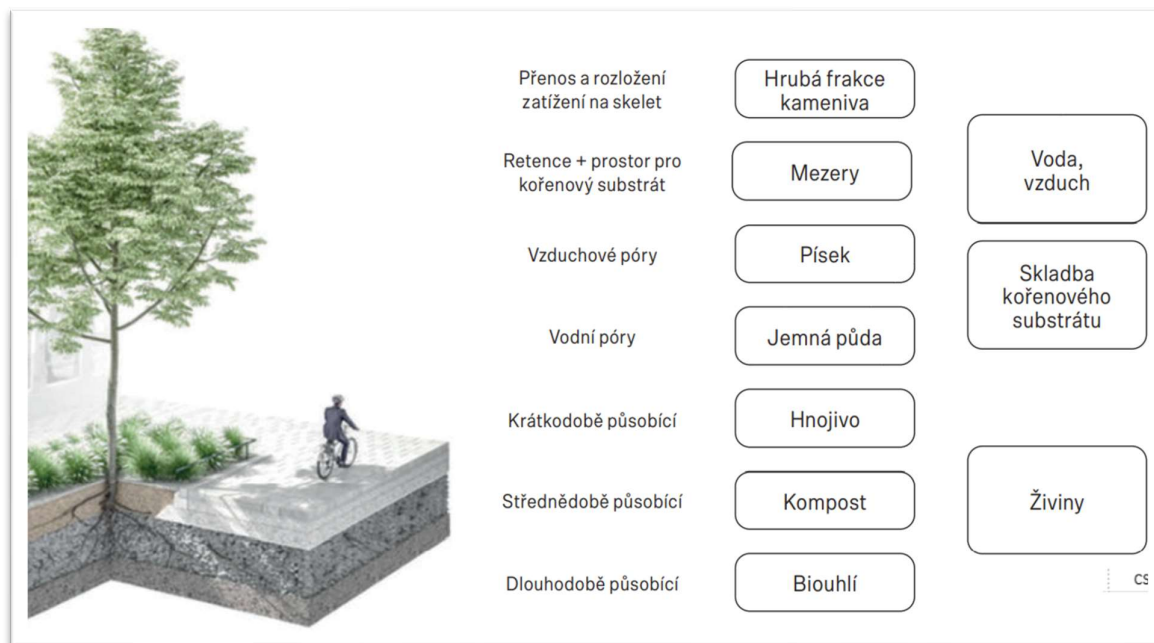
3.4.3 Modrozelená infrastruktura dle vídeňského modelu „Schwammstadt“

Je možné se také inspirovat novými technologiemi modrozelené infrastruktury podle našich sousedů v Rakousku. Například v periodiku č. 2/2020 Zahrada Park Krajina je znázorněn model Schwammstad. V překladu to znamená houbové město, ale je potřeba to nezaměnit s čínským modelem Sponge-City, což je v překladu také houbové město, ale zabývá se jinými aspekty vodní bilance sídel. V našem případě Schwammstadt je pozornost zaměřena na stromy v ulici a vylepšení jejich prokořenitelného prostoru ve dříve zhutnělém prostoru pod zpevněnými plochami městských prostranství. Článek uvádí, že většina stromořadí v Rakousku je stará 20–30 let, a tím pádem stromy nemůžou plnit svoji klimatizační funkci, protože ten správný plný potenciál stromu začíná až za 25–30 let života, kdy již mají vyvinuté a dostatečně velké koruny. Principem modelu Schwammstadt je zajistit požadavky na stavbu komunikací a na jejich nosnost a samozřejmě na požadavky velkokorunných stromů a jejich prokořenitelný prostor. Vedlejším, ale zároveň důležitým efektem je vznikající retenční kapacita pro srážky, a tím se odlehčuje zatížení městských kanalizačních systémů hlavně v době srážkových extrémů (Schmidt et al. 2020).

Základem systému je nosná struktura tvořená kamenivem o velikosti 100–150 mm, která zvládá zatížení. Až 30 procent tohoto objemu je prázdný prostor, který může v případě potřeby zadržovat vodu. Samozřejmě, že se ještě do kameninové frakce aplikuje kořenový substrát pro zdárný růst stromů. Používají se prachové částice, písek s hnojivem, kompost a aktivní uhlí (Obr. 10, 11).



Obr. 10 Konstrukce ulice dle principu Schwammstadt (Schmidt et al. 2020).



Obr. 11. Součásti a funkce principu Schwammstadt (Schmidt et al. 2020).

V závěru článku autoři uvedli malé shrnutí této metody a jejích přínosů. Říká se zde, že použití velkokorunných stromů jako adaptace na změnu klimatu ve městech je nezbytná a smysluplná. Avšak modrozelená infrastruktura potřebuje plánování, prostor a vhodné technologie, které tato metoda Schwammstadt nabízí (Schmidt et al. 2020).

3.4.4 Prokořenitelné buňky v Budečské ulici

Další nový způsob vhodný na sázení stromů ve městě je metoda s použitím tzv. prokořenitelných buněk. Podmínky městského stanoviště stromů se zlepší umístěním modulárního systému prokořenitelných buněk pod zpevněné plochy v okolí stromu. Modulární systém je vyroben ze 100% recyklovatelného plastu. Má vysokou únosnost a díky tomu mohou v blízkosti stromu parkovat auta, aniž by ztuhňovaly půdu a vytlačovaly tak důležitý půdní vzduch. V ideálním případě je vhodné prokořenitelné buňky zabudovat po celé délce stromořadí v ulici. Tím se zajistí dostatečně velký prostor pro růst kořenů. A navíc do systému integrujeme veškerou technickou infrastrukturu (kabely, potrubí). Díky tomuto systému dochází i ke zlepšení hospodaření s dešťovou vodou. Voda se přirozeně vsakuje a vytváří se zásobárna vody pro stromy. Strom má tak kolem svých kořenů dostatek prostoru a trvalý přístup k vodě, půdnímu vzduchu a živinám. Modulární systém je tzv. flexibilní, tzn., že rámy nemusí být navzájem propojené a může se sestavit dle konkrétních potřeb. Modulární systém navíc chrání komunikaci od nežádoucího poškozování kořeny stromů, a navíc přispívá ke stabilizaci pokládky krytů komunikace (Steiner & Malíková 2016/2017).

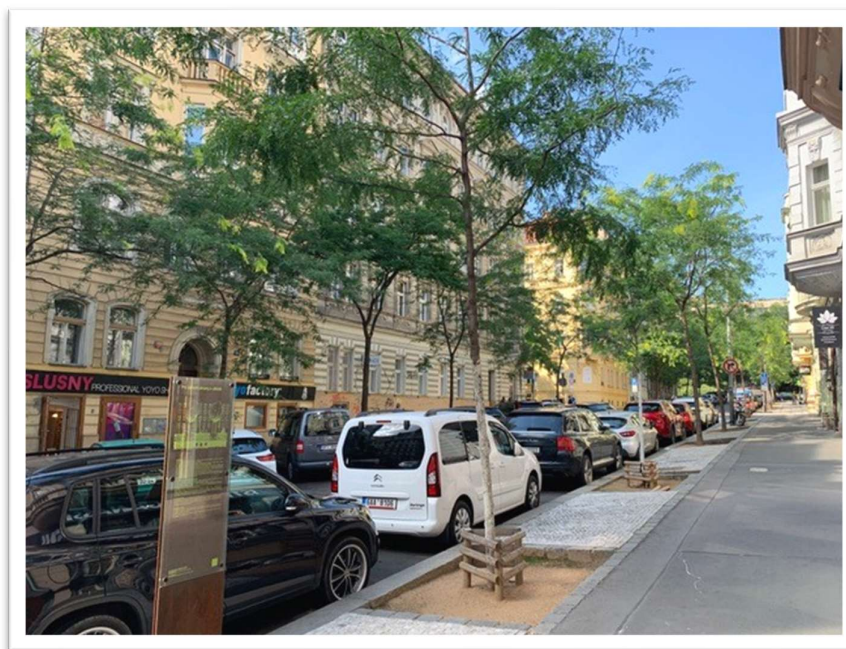
V Praze pod záštitou Magistrátu hlavního města Prahy, odboru ochrany životního prostředí se uskutečnil „Pilotní projekt na obnovu stromořadí v ulici Budečská s využitím prokořenitelných buněk“. Projekt navrhli krajinářští architekti Aleš Steiner a Pavlína Malíková z Atelieru a05.

Na konci roku 2016 byly provedeny přípravné stavební práce a na jaře 2017 se zasadilo 13 vzrostlých stromů dřezovce beztrnného – *Gleditsia triacanthos* „Skyline“ (Obr. 12) (Steiner a Malíková).

Níže je popsán postup instalování prokořenitelných buněk (Obr. 13, 14, 15) a vytvoření stromové mísy bez krytu. Pojem stromová mísa je dle standardu vysvětlen takto: „*Jde o upravený povrch v těsném okolí báze stromu ve zpevněné ploše, který vytváří, pokud je to možné, co nejlepší podmínky pro vsak vody a výměnu půdního vzduchu, plošně často shodné velikosti jako výsadbová jáma*“ (Hora et al. 2021, str. 131).

Postup dle prezentačního videa pokládky modulárního systému na stránkách hl. města Prahy, odboru životního prostředí

- Odstranění stávající dlažby
- Hloubení výsadbového prostoru
- Rozhrnutí podkladní a drenážní vrstvy
- Hutnění dna výsadbového prostoru
- Ukládání buněk
- Začlenění inženýrských sítí
- Ukotvení buněk
- Instalace geomříže
- Navážení a lehké hutnění pěstebního substrátu
- Použití strukturního substrátu po okrajích
- Ponechání vzduchové mezery
- Zaklopení horní deskou
- Příprava lože pro dlažbu
- Zadláždění prokořenitelného prostoru



Obr. 12 Vysazené stromy v Budečské ulici dle výše popisovaného postupu (foto autorka, Praha 2022)

Základní informace o projektu ze stránek hl. města Prahy (portál životního prostředí):

Investor: Hlavní město Praha, Magistrát hlavního města Prahy, odbor ochrany prostředí

Projekt: Atelier a05, Praha

Generální dodavatel: Lesy hl. m. Prahy

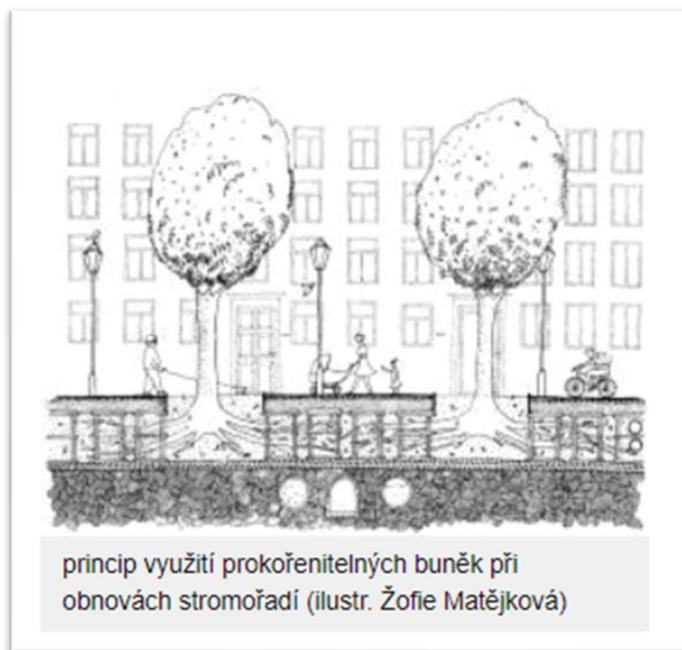
Subdodavatel realizace stavebně-zahradnické části: Zahradní architektura Kurz s.r.o., Praha

Design info panelu: atelier a05, Praha

Grafická úprava info panelu: studio KULTIVAR, ilustrace: Žofie Matějková

Celkové náklady na realizaci: 2 969 310,- bez DPH

Celkové náklady na pětiletou následnou péči: 276 285,- Kč bez DPH



Obr. 13 Princíp využití prokořenitelných buněk (OCP-MHMP)



Obr. 14 Prokořenitelné buňky při realizaci projektu v Budečské ulici (foto DO PARKU)



Obr.15 Prokořenitelné buňky použité v pilot. projektu ul. Budečská (foto OCP – MHMP)

3.5 Vyhodnocení přínosů modrozelené infrastruktury

Zelená infrastruktura poskytuje širokou škálu ekologických a sociálních aspektů ve svém celistvém fungování (Hansen & Pauleit 2014), včetně regulace mikroklimatu, zvyšování biologické rozmanitosti, pohlcování uhlíku (Wang et al. 2022). Buky a duby ukládají uhlík rostoucím tempem až do 450 let svého věku (Wohlleben 2021, str. 136–138).

Modrozelená infrastruktura však také potřebuje znalosti, politickou vůli, investice a veřejné povědomí, má-li být plně a funkčně rozvíjena jako životaschopná a důvěryhodná alternativa pro řešení místních a globálních problémů (Puppim de Oliveira et al. 2022). V zastavěné části měst může být rekonstrukce něčeho, co dle místních obyvatel „funguje“, zbytečná a je důležitý silnější impuls k akci a také osvěta (Vítek et al. 2015, str. 89). Změna klimatu představuje rostoucí nápor na stárnoucí šedou infrastrukturu, nazývanou tradiční inženýrská infrastruktura, která tímto ale postupně selhává (Skidmore & Wheaton 2022).

Stromy ve městě plní několik specifických funkcí označovaných jako tzv. modrozelená infrastruktura – též nazývaná jako *ekosystémové služby* (Hora et al. 2021, str. 6), které mají mnoho pozitivních přínosů pro člověka (Souza et al. 2021). Některé ekosystémové služby však mohou dělat i tzv. „medvědí službu“ (Shackleton et al. 2016).

Stromy jako zelená infrastruktura zachycují dešťovou vodu a odvádějí ji do různých složek hydrologického cyklu (Berland et al. 2017).

Strom s průměrem koruny 5 metrů má plochu okolo 20 metrů čtverečních. Ve slunečném letním dni na něj dopadne 120 kWh sluneční energie, ale jen jedno procento spotřebuje na fotosyntézu, malá část energie je odražena zpět nebo je rostlinou přeměněna na teplo a zahřívá okolí či půdu skrz kořeny. Největší procento dopadající energie spotřebuje strom na evapotranspiraci. Má-li strom dost vody, dokáže za den odpařit až 100 litrů vody se spotřebou 70 kWh. Tzn., že za deset hodin intenzivního slunečního záření dokáže ochladit tento běžný strom své okolí výkonem 7 kWh, zatímco výkonné klimatizace mají průměrný výkon jen 2 kWh. Můžeme tedy říci, že takový strom zastoupí 3 luxusní klimatizace (Cílek et al. 2017, str. 17).

Vyšší podíl vegetace ve městě vede i ke snížení intenzity větru (Edge 2020).

Berland et al. (2017) ve své práci uvádí, že stromy jako prvky MZI hrají významnou roli i při hospodaření s dešťovou vodou, i když tento aspekt MZI o vlivu stromů na odtok srážkových vod ještě není dostatečně prozkoumán. A nemůžeme předpokládat, že vyřešíme ve městech odtok srážkových vod pouze vegetačním managementem (Sanders 1986). Faktem ovšem zůstává, že stromy na malé ploše dokážou zajistit relativně hustou vegetaci, jejich rozsáhlé koruny a kořenový systém jsou schopny zachytit a odčerpat z půdy značné množství vody. Proto je také třeba věnovat více pozornosti a pochopení úlohy městských stromů jako opatření pro kontrolu dešťových vod (Berland et al. 2017). Principy hospodaření s dešťovou vodou ve městech je možné spojit s vegetací, a to pak nazýváme zelená infrastruktura. V městském prostředí začíná mít tato zelená infrastruktura důležitý význam a měla by být do měst přednostně začleněna (Vítek et al. 2015, str. 21–22).

Je ekonomicky výhodnější budovat modrozelenošedou infrastrukturu komplexně než pro každý aspekt vytvářet svůj systém. Na jednom místě jsou vytvořené podmínky pro mobilitu (zpevněné plochy pro dopravu), vyřešen problém s dešťovými vodami a vytvořeny podmínky pro zdámý růst stromů (Vysoký 2019). Další velké ekonomické plus MZŠ infrastruktury je, že dokáže čistit a filtrovat škodlivé látky splavené při dešti z povrchů vozovek, chodníků a cyklostezek

(Vysoký 2019; Edge 2020). Při základních pravidlech hospodaření s dešťovou vodou se nesmí srážkové vody míchat s vodami splaškovými – a tím je možné je účelně využít, např. vypařovat, vsakovat nebo využívat k provozu domů (Vítek et al. 2015, str. 20). Sběr dešťové vody do nádob lze do budoucna považovat za řešení problémů vznikajících při extrémních meteorologických událostech. A navíc nasbíraná dešťová voda do nádob zajistí dostatečné množství vody pro potřeby splachování toalet (Tavakol-Davani et al. 2016).

Například Skanska reality postavila bytový dům, kde zachycuje vodu z umyvadel, sprch a van, tzv. šedou vodu. Ta se čistí a následně používá na splachování toalet. Bylo zjištěno, že šedé vody je vyprodukováno 2× více než je potřeba na splachování toalet, zbytek šedé vody odtéká nevyužit do kanalizace. Tím si Skanska reality potvrdila hypotézu, že šedé vody je nadbytek. Ale je připravena i varianta, kdy šedé vody nebude dostatek (kvůli specifickému chování uživatelů), a do podzemní nádrže se zachycuje dešťová voda, odkud se dočerpá do koloběhu. Systémem se ušetřilo až 15 % pitné vody z celkového odběru. Obyvatelé bytového domu, dle průzkumu, hodnotili tento recyklační systém vody kladně (Skanska 2018).

Ve vyhodnocování přínosů modrozelené infrastruktury se hodně používá výraz ekosystémové funkce a ekosystémové služby. Zemek et al. (2021) na základě citací od ostatních vědců popsal ekosystémové funkce jako interakce organismů navzájem i s jejich prostředím. Z antropocentrického hlediska se ekosystémové funkce definují jako udržování produktivity a kvality životního prostředí. A pokud člověk z ekosystémových funkcí profituje, mluvíme o ekosystémových službách. Například suroviny, potraviny, zdravotní a kulturní služby (Zemek et al. 2021).

3.5.1 Vyhodnocení přínosů modrozelené infrastruktury dle Městského standardu pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu

Dle Hory et al. (2021, str. 7) rozdělujeme ekosystémové služby do tří základních kategorií:

- Regulační služby (regulace klimatu a vodního cyklu, regulace kvality vody a ovzduší a další)
- Zásobovací služby (potrava, pitná voda, materiály a další)
- Kulturní služby (rekreace, kulturní bohatství, estetická hodnota, vzdělávání a další)

Dle Metodiky pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech jsou zmíněny ještě služby podpůrné na podporu poskytování prostoru pro faunu a flóru (Mácháč et al. 2019).

Důležitost všech tří ekosystémových služeb je bezesporu rovnocenná. Pro lidi však z hlediska adaptace na klimatickou změnu je nejdůležitější a klíčová funkce **regulační**. Tj., co se primárně očekává od modrozelené infrastruktury: zmírňování vlivu tepelného ostrova, ochlazování, zlepšení kvality ovzduší a zadržování srážkové vody. Míra tohoto plnění regulačních služeb je dána především velikostí koruny stromu (Hora et al. 2021, str. 6).

Dále Hora et al. (2021, str. 6) uvádí, že čím je objem koruny stromu větší, tím je vyšší přínos regulačních služeb pro okolí. Ale že ve městě není možné striktně uplatňovat přímou úměru – „čím je větší, tím je lepší.“ Ve městě se musí brát zřetel na charakter konkrétního prostoru města

a omezující faktory místa. Nicméně koruna stromu by měla být co největší dle možností místa a strategicky vybraného taxonu (Hora et al. 2021, str. 6).

Velikostí koruny měříme hodnotu regulačních služeb. Regulační služby označujeme jako primární služby a s narůstajícími primárními službami rostou přímo úměrně i druhotné funkce modrozelené infrastruktury – zásobovací, kulturní, a v neposlední řadě se také zlepši psychosociální funkce veřejného prostranství (Hora et al. 2021, str. 6). Jan Gehl v celé své knize *Města pro lidi* popisuje důležitost kvalitního veřejného prostranství pro aktivní společenský život ve městě. Venkovní městské prostory musí přímo vybízet lidi k procházkám, k zastavení, ke konverzaci, k odpočinku, k hrám, prostě k celé škále činností. Tím město žije a vysílá přátelské signály s příslibem sociálních interakcí. Při pobytu ve městě jde totiž o víc. Je tam radost ze života, radost z čerstvého vzduchu a z pobytu venku, radost ze zážitků a z prožitků. Jde o sociální vazby mezi lidmi a mezi lidmi s okolím. Město má sloužit jako místo k setkávání, ke společenským a rekreačním aktivitám (Gehl c2012).

Aby hodnota regulačních služeb byla co nejvyšší, mluvíme-li o adaptaci na změnu klimatu, musí požadovaný strom mít kvalitní olistění během celého vegetačního období, a to i v nejteplejších měsících roku. Toho se docílí správnou technologií výsadby s dostatečnou závlahou ze srážkových vod. Při promyšlené a koncepční výsadbě stromů ve městě s vytvořením více propojených uličních stromořadí se znásobí funkce stromu jako prvku modrozelené infrastruktury, protože se v místě vytvoří příjemné klima pro život (Hora et al. 2021, str. 6–7). Celá myšlenka u významu stromořadí ve městě se dá shrnout do jedné věty uvedené ve standardu: „*Uliční stromořadí se vzájemnou provázaností jsou v době klimatické změny pro město nezbytná a stávají se součástí městské infrastruktury, plní požadované funkce nezávisle, bez dodávky další vyrobené energie*“ (Hora et al. 2021, str. 4).

A proto Gehl v celé své knize *Města pro lidi* píše, jak je důležité přesvědčit a povzbudit lidi chodit po městě pěšky. Chůze společně s jízdou na kole je **nejekologičtější** a také **nejlevnější** přeprava. K tomu ale město musí přizpůsobit své podmínky a udělat svůj přívětivý profil lákající k procházkám. Například některá města, aby přilákala chodce do ulic, zavedla, mimo jiné, zelenou strategii. Tj. výsadbu nových stromů, jež mají dotvářet charakter místa a zajistit stín na chodnících (Gehl c2012, str. 15).

Při plánování výsadeb nových stromů ve městě se musí mít na zřeteli diverzita výsadeb (Hora et al. 2021, str. 99). Proto zde standard rozděluje parametry diverzity do dvou kategorií:

Funkční stabilita stromořadí, kde se klade důraz na stabilitu stromořadí ve městě jako celku. Je žádoucí mít ve městě věkovou variabilitu stromořadí i taxonomickou různorodost. Dodržet taxonomickou různorodost stromořadí je důležité i za cenu vyšších nákladů na jejich údržbu nebo většího výskytu dalších vlastností stromů, jako je výskyt většího množství pylů, plodů, medovice apod.

Funkční estetika, kterou vnímáme jako subjektivní estetický vjem. Funkční estetikou nazýváme situaci, kdy stromy jako celek, se všemi svými vlastnostmi, plní určitou funkci v prostoru a svůj prostor tím mohou dokonce vymezovat (Hora et al. 2021, str. 99).

3.5.2 Vyhodnocení přínosů modrozelenošedé infrastruktury dle Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems by Edge

Edge ve své příručce pro budování modrozelenošedé infrastruktury s názvem „Livable Streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems“ shrnuje výhody modrozelenošedé infrastruktury takto:

- Vytváří estetické a přitažlivé ulice
- Zajišťuje nižší teploty městských ulic, a tím snižují potřebu využití klimatizací
- Využívá dešťovou a šedou vodu (z domácností) na zalévání rostlin
- Voda se může pomalu vsakovat do země a doplňovat podzemní vodu
- Snižuje tlak na kanalizační systémy a snižují rizika povodní
- Čistí dešťovou vodu a tím zlepšuje podmínky pro vegetaci

3.5.3 Vyhodnocení ekosystémových služeb modrozelené infrastruktury dle Metodiky ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech

Jak už bylo krátce zmíněno, dle Mácháč et al. (2019) se přínosy modré a zelené infrastruktury vyjadřují také regulačními, kulturními, produkčními, ale navíc i podpůrnými službami na podporu biodiverzity, tj. poskytování prostoru pro faunu a flóru.

V této metodice jsou výše zmíněné přínosy rozebrány více do hloubky a je tudíž možno se nad přínosy modrozelené infrastruktury opravdu zamyslet a uvědomit si jejich pozitiva. Hodně se zde přisuzují přínosy modrozelené infrastruktury ke kvalitě lidského blahobytu. Samozřejmě jsou zde nejvíce vyzdvihovány regulační služby jako ochrana lidské společnosti před negativními vlivy životního prostředí, způsobené poškozením ekosystémů z činnosti lidských aktivit. Ale jsou zde také vyzdvihovány kulturní služby jako neméně důležitá složka lidského života. Modrá a zelená infrastruktura může tímto pozitivně ovlivňovat lidský blahobyt v estetickém měřítku, duchovním, vzdělávacím a samozřejmě v rekreačním. Zmiňuje se zde, že krásný prvek přírody může být i inspirací pro umělecká díla nebo že lidé si přírody cení a jsou ochotni zaplatit za to, že mohou obdivovat přírodní krásu (Mácháč et al. 2019). Také se zde uvádí, že služby, které nabízí modrá a zelená infrastruktura mají vliv na zdraví lidí, jistotu, dobré společenské vztahy a poskytují základní materiál pro dobrý život (Mácháč et al. 2019). Pro názorný přehled ekosystémových služeb a dalších přínosů z modrozelené infrastruktury je metodice od Mácháč et al. (2019) vypracována tabulka (Tab. 5).

Tab. 5 Přehled ekosystémových služeb a dalších přínosů s jejich stručným popisem dle Mácháč et al. (2019)

Regulační služby

Regulace odtoku	Dochází k retenci vody, případně zpomalení odtoku. Důsledkem toho je snížení odvodu srážkové vody z území. Současně dochází taktéž ke snižování objemu vod odváděných prostřednictvím kanalizace. V případě jednotné kanalizace dochází ke snížení odvodu srážkové vody na čistírnu odpadních vod.
Redukce povodňového rizika	Úzce souvisí s regulací odtoku. Je spojena především s retencí vody, která vede k snížení škod v případě přívalových dešťů nebo říčních povodní.
Kvalita vody	Řada opatření má pozitivní dopad na kvalitu vody prostřednictvím jejího filtrování a samočištění. Dochází k odbourávání řady znečišťujících látek. Spolu s regulací odtoku dochází taktéž k tomu, že nedochází na jednotné kanalizaci k odlehčování vod, tedy přepadu vod z kanalizace při nadměrných objemech přímo do vodoteče.
Redukce hluku	Přispívá k pohlcení, zachycení hluku z okolního prostředí (např. z dopravy), případně přímo jako zvuková izolace na dané budově.
Kvalita ovzduší	Dochází k zachytávání škodlivých látek z ovzduší, jako jsou prachové částice, oxidy dusíku, síry a ozón.
Eroze půdy	Opatření přispívá k eliminaci erozní činnosti prostřednictvím zpevnění půdy kořeny, zatravněním apod. Případně prvek slouží k zachycení sedimentu.
Redukce CO₂	Dochází k ukládání CO ₂ z atmosféry.
Regulace mikroklimatu	Regulace teploty, vlhkosti a proudění vzduchu na lokální úrovni.
Opylení	Zvyšuje míru opylení, vytváří prostor pro včely a další opylovače.
Regulace nemocí	Podpora zdravého prostředí, díky kterému dochází k eliminaci řady chorob či jejich zmírňování (astma, civilizační nemoci, srdeční příhody apod.).

Kulturní služby

Rekreační funkce

Zelená a modrá infrastruktura nabízí prostor pro rekreaci a odpočinek. Má vliv na psychické a mentální zdraví obyvatel.

Estetická hodnota

Přírodě blízké prvky mají často pozitivní vliv na okolí. Zlepšují vizuální vzhled a projevují se i na hodnotách nemovitostí v okolí.

Vzdělávací

Zelená a modrá infrastruktura přispívá k environmentálnímu povědomí a vzdělávání celé společnosti. Lze ji použít i cíleně v kombinaci s informačními tabulemi či jinými nástroji.

Produkční služby

Produkce biomasy

Údržba zelené infrastruktury je spojena s produkcí odpadní biomasy, kterou je možné využít jako vstupní surovinu nejen pro údržbu městské zeleně, ale také jako např. zdroj energie v bioplynových stanicích.

Produkce dřeva

Stromy vedle dalších funkcí produkují dřevní hmotu, kterou je možné v omezené míře využívat. Jedná se hlavně o případy, kdy dochází k přirozenému nahrazování starých stromů novými.

Produkce plodin

Vedle dřeva a biomasy některé prvky a opatření poskytují i další plodiny. Jedná se v tomto případě především o opatření tzv. městského zemědělství jako jsou např. zahrádkářské kolonie, komunitní zahrady apod. Dochází zde k pěstování zeleniny a ovoce. Plodiny mohou produkovat např. také produkční střešní zahrady.

Další přínosy

Úspora energií na vytápění/chlazení

Tento přínos je úzce provázán s regulací mikroklimatu, které se mimo jiné může projevit i na tepelném managementu budov, kdy dochází k ochlazením budov v létě, a naopak k jejich teplené izolaci v zimě.

Nárůst hodnoty nemovitostí

Tento přínos je úzce navázán na estetickou hodnotu. Nárůst estetické hodnoty se může projevit i v nárůstu cen nemovitostí v okolí prvku/opatření, popř. samotné nemovitosti, na které je prvek/opatření realizován (např. zelená střecha, zelená stěna).

Tvorba biotopu

Realizace prvků/opatření zelené a modré infrastruktury přispívá k vytváření habitatu.

3.6 Ekonomické vyhodnocení modrozelené infrastruktury

I když peněžní ocenění přínosů modrozelené infrastruktury v posledních letech značně pokročilo, stále je to obor, který se neustále vyvíjí. Bylo publikováno mnoho studií zabývajících se peněžním vyjádřením přínosů modrozelené infrastruktury zaměřených na jednotlivé přínosy zvlášť. Tyto studie ale postrádají kumulativní posouzení více přínosů. Stále totiž zůstává výzvou definovat a měřit rozsah vícenásobných přínosů modrozelené infrastruktury. Řada měst si nechala vypracovat vlastní studie na modrozelenou infrastrukturu, avšak stále neexistuje obecná metoda, která by zhodnotila, odhadla nebo zdokumentovala tyto kumulativní přínosy modrozelené infrastruktury oproti šedé infrastruktuře. Kvůli těmto nedostatkům v informacích se může rozhodování o investicích do modrozelené infrastruktury zpomalit (Center for Neighborhood Technology 2010). Vzhledem ke klimatické krizi a extrémním výkyvům počasí, které díky ní vznikají, lze do budoucna předpokládat, že bude nevyhnutelné zahrnout adaptační a mitigační opatření do plánovacích dokumentů. Ale je také možné předpokládat, že z dlouhodobého hlediska budou tyto investice nižší než náklady spojené s odstraňováním škod způsobených výkyvy počasí (Vítek et al. 2015, str. 81).

Zajímavá je i myšlenka popsána v Metodice ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech, že je třeba si uvědomit, že ekonomické zhodnocení přínosů modrozelené infrastruktury je vlastně jen z pohledu ekonomického, tj. antropocentrického, tj. z pohledu člověka, kolik peněz je ochoten zaplatit za danou službu nebo statek. V ekonomickém zhodnocení tak nejsou vůbec zohledněny přínosy přírodní, tj. přínosy ekocentrické, které mají pouze vnitřní hodnotu přírody, a jsou tak nad úroveň lidského vnímání, a tudíž zůstávají neoceněny, neboť jen velmi malé množství užitků prochází trhem (Mácháč et al. 2019).

Ocenění sídelní zeleně je založeno na sumě nákladů vynaložených na její náhradu (Zemek et al. 2021). Používá se oceňovací vyhláška – „Vyhláška č. 441/2013 Sb. k provedení zákona o oceňování majetku“, která vyjadřuje majetkovou hodnotu stromu z pohledu vlastníka. Jsou zde určeny náklady na vypěstování stromu určitého věku na určitém pozemku. Dalším dokumentem na oceňování hodnoty stromu je „Metodika AOPK ČR Oceňování dřevin rostoucí mimo les“, která vyčísluje hodnotu možné náhrady stromu a náklady na kompenzaci hodnoty daného stromu výsadbou nových jedinců (Zemek et al. 2021).

V metodice od Mácháč et al. (2019) jsou přehledně zpracované tabulky ze studií jiných vědců, na kterých je možné pochopit, že peněžní vyjádření modrozelené infrastruktury je opravdu velmi široký pojem a lze jej přepočítat do mnoha různých podob (Tab. 6).

3.6.1 Ekonomické vyhodnocení dle Metodiky ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech

Tab. 6 Přiřazení vhodných a nejčastěji využívaných metod pro ocenění jednotlivých ekosystémových služeb (užitků) dle Mácháč et al. 2019

<i>Ekosystémové služby</i>	<i>Oceňovací metoda založená na:</i>
Regulační služby	
Regulace odtoku	tržní ceně (úspora nákladů na čištění odpadních vod na ČOV, popřípadě úspora nákladů na jiný způsob zadržení/odvod dešťové vody vč. budování oddílné kanalizace)
Redukce povodňového rizika	tržní ceně (dle škod), nákladech na zamezení povodňových škod
Kvalita vody	nákladech na zamezení (tedy nákladech na čištění vod, zvýšení kvality vody, respektive nákladech na alternativní opatření)
Redukce hluku	nákladech na zamezení (tj. nákladech na alternativní opatření, např. odhlučnění bytů)
Kvalita ovzduší	nákladech na zamezení (náklady na alternativní opatření, zadržení škodlivých látek z ovzduší: prachové částice, oxidy dusíku, síry a ozón)
Eroze půdy	nákladech na zamezení a tržní ceně (úspoře nákladů na nákup ztracené zeminy a úsporu nákladů na náhradu živin a odstranění sedimentu z vodních toků)
Redukce CO₂	nákladech na zamezení emisí CO ₂ (nákladech na alternativní opatření), případně na tržní ceně povolenek CO ₂
Regulace mikroklimatu	nákladech na zamezení (nákladech na alternativní opatření – klimatizaci či jiné opatření šedé infrastruktury)
Opylení	tržní ceně (změny produkce plodin)
Regulace nemocí	tržní ceně (úspora nákladů na zdravotní péči)
Kulturní služby	
Rekreační funkce	výběrovém experimentu, cestovních nákladech
Estetická hodnota	výběrovém experimentu, cestovních nákladech, nárůstu cen nemovitostí (viz níže). Často bývá oceňována společně s rekreační funkcí
Vzdělávací	cestovních nákladech, nákladech na nahrazení (jiných alternativních způsobů vzdělávání – např. návštěva botanické zahrady apod.)

Produkční služby

Produkce biomasy

tržní ceně (výkupní cena biomasy po odečtení nezbytných nákladů na její dopravu apod.)

Produkce plodin

tržní ceně (výkupní cena plodin)

Produkce dřeva

tržní ceně (hodnotě dřeva při samozpracování/výkupní ceně dřeva vyjádřené v běžných metrech pro daný druh)

Další přínosy

Úspora energií na vytápění/chlazení

tržní ceně (úsporách energie)

Nárůst hodnoty nemovitostí

hedonické ceně, alternativně benefit transferu v kombinaci s tržní cenou (na základě vyjádření procentního nárůstu ceny nemovitosti stanoveném pomocí přenosu hodnot)

Tvorba biotopu

hodnocení biotopů (např. pomocí hesenské metody)

Metodika ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech (Mácháč et al. 2019) nám ukazuje postup, jak peněžně vyjádřit benefity z modré a zelené infrastruktury. Je postavena na analýze nákladů a užitků modré a zelené infrastruktury.

Postup je rozdělen do několika kroků:

Vymezení předmětu hodnocení – klíčový krok je identifikace vymezení prvku nebo opatření

Kvalitativní analýza nákladů a užitků – náklady jsou veškeré celospolečenské prostředky, které je nutné vynaložit. Na straně užitků jsou ekosystémové služby (Tab. 6).

Kvantitativní analýza nákladů a užitků – náklady jsou vyjádřeny peněžně pro jednotlivé úkony spojené s budováním daného prvku nebo opatření MZI (nebo v jiných jednotkách, např. počtu strávených hodin na budování, množství spotřebovaného materiálu apod.). Užitky se obvykle vymezují v biofyzikálních jednotkách, které představují objem poskytovaných ekosystémových služeb, např. objem zadržené vody, zachycených látek, uloženého uhlíku, množství uspořené energie apod. Je důležité zmínit, že tyto údaje lze získat primárním měřením, které je ale finančně a časové náročné a obvykle přesahuje možnosti týmu, který ekonomické hodnocení provádí. Údaje se tak berou z dostupných údajů, z literárních rešerší, z databází.

Volba aplikace metod pro ocenění – náklady se uvádí v tržních cenách a užitky se oceňují v tržních cenách u ekosystémových služeb viz tabulka výše.

Vyjádření nákladů a užitků v peněžní jednotce – náklady a užitky v peněžních jednotkách vyjádříme v časovém horizontu, v této metodice se doporučují dva časové horizonty 25 a 50 let. A doporučují používat *metodu současné hodnoty* (převod budoucích nákladů a užitků na jejich kumulovanou hodnotu vyjádřenou v současné hodnotě peněz) a následně můžeme vyjádřit návratnost prvku/opatření z pohledu společnosti.

Testování závěrů pomocí citlivostní analýzy – kroky 1–4 je důležité testovat, aby byla eliminována možná zkreslení a dále je doporučeno v této metodice vzít v potaz náklady a užítky, které není možné peněžně vyjádřit a zahrnout je.

Tvorba závěrů a doporučení

V této analýze nákladů a přínosů jsou uvedeny také slabé stránky a je uvedeno, že toto ekonomické zhodnocení je spojeno s řadou výzev, rizik a nejistot a je zde zdůrazněno, že společenská přínosnost jednotlivých opatření MZI se liší případ od případu (Mácháč et al. 2019).

3.6.2 Ekonomické vyhodnocení dle Hodnoty stínící funkce městských stromů: Přístup založený na nákladech na náhradu

Oceňovacích metod na přínos modrozelené infrastruktury ve městě může být nespočet. Horváthová et al. (2021) vymysleli postup na ocenění benefitů stromů ve městě na přepočítání nákup slunečníků jako ohodnocení hodnoty stínu poskytovaného městskými stromy. Výsledky této studie ukázaly, že hodnota stínu stromu se ukázal jako ekonomicky přínosný až po čtyřiceti letech života stromu. V krátkodobém horizontu 20–30 let se náklady na výsadbu a údržbu stromů jeví vyšší než přínosy stínění stromů. Z tohoto výzkumu vyplývá, že pouliční stromy jsou dlouhodobou investicí z hlediska regulace mikroklimatu. Může se ale toto oceňování stromů zkombinovat s jinými metodami oceňování dalších služeb, které stromy poskytují. Tím se množství informací pro rozhodnutí do této dlouhodobé investice rozšíří (Horváthová et al. 2021).

3.6.3 Ekonomické vyhodnocení dle Hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně

Zemek et al. (2021) vytvořili na základě absence komplexnějšího hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně v ČR certifikovanou metodiku Hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně. Je zde popsáno a kvantifikováno *pět zvolených ekosystémových funkcí* městské veřejné zeleně a jim odpovídající ekosystémové služby. A to:

- funkce estetická a kulturně rekreační
- funkce regulační
- zachyt CO₂ a jeho ukládání do biomasy (sekvestrace uhlíku)
- zachyt znečišťujících látek z ovzduší
- útlum hluku z dopravy
- regulace teploty a mikroklimatu (chladicí efekt)

Na základě této metodiky je vytvořena aplikace www.ekobenefit.cz. Metodika využívá veřejně dostupná data z různých webových serverů a data získaná a předpracovaná řešiteli projektu. Postupy byly sestavovány tak, aby výsledná hodnota ekosystémových funkcí vyjadřovala hodnotu daného hodnoceného prvku na základě skutečných vlastností, které lze zjistit z pasportu městské zeleně. Tímto přístupem se tato metodika liší Metodiky ekonomického hodnocení zeleně a modré infrastruktury v lidských sídlech, která pracuje

s přístupem „benefit transfer“. Výpočty jsou tedy řešeny na úrovni jednotlivých prvků (jednotlivého stromu/keře, plochy trávníku) na základě jejich skutečných dimenzí/vlastností. Následně je vyjádřena jejich finanční hodnota (Zemek et al. 2021).

I zde v této metodice se připomíná, že je potřeba brát zřetel měnící se nejen klimatickou, ale i ekonomickou situaci a přizpůsobit ji výpočtům na základě platných cen. např. cen bytů, cena elektřiny nebo hodnot dlouhodobých statistik. Dále metodika upozorňuje, že zvolené komodity nemusí obecně podléhat stejným trendům a pravidlům trhu. S tím souvisí i účel a využití získaného finančního ohodnocení jednotlivých ekosystémových služeb. Při vyhodnocování výsledků je nutné zohlednit, jak je daná ekosystémová služba nebo funkce vázána na „*fyzikálně proměnlivé faktory prostředí, sociálně demografické charakteristiky území a dynamiku cen přepočtové komodity*“ (Zemek et al. 2021).

Pro správné využití softwaru ekobenefity.cz je nutné obeznámení uživatele s metodikou a principy výpočtu a jejich implementací do rozhodovacích mechanismů a odborných zpráv (Zemek et al. 2021).

4 Závěr

- Z literární rešerše vyplynulo, že města se rozrůstají a neustále se zastavují zelené plochy a do budoucna se počítá s dalším rozšiřováním měst. Během letních měsíců města velmi trpí při vlnách veder tepelnými ostrovy, což jsou rozpálená betonová místa ve městech, kde teplota dosahuje extrémních hodnot. Bohužel se očekává, že četnost a intenzita vln veder bude nabírat na síle, díky klimatické změně, která ji zapříčiňuje. Tato rozpálená města přináší řadu negativních faktorů. Na zdraví jsou ohroženi lidé, zvířata, vysoké teploty mohou poškodit i majetek. Klimatická změna bohužel je, a jak se bude vyvíjet do budoucna, záleží na nás lidech, jak se k situaci postavíme. Je mnoho mitigačních a adaptačních opatření.
- Ke zmírnění tepelných ostrovů ve městech je možno předcházet například sázením stromů do ulic. Byly vymyšleny způsoby, jak umožnit stromům zdárně růst v městském prostředí navzdory malému prostoru a městské infrastruktuře. Strom, který má vhodné podmínky pro život, může plně rozvinout svůj potenciál a plnit tím své ekosystémové služby. V našem případě ochlazuje okolí a dává stín, a tím přispívá ke zmírnění tepelného stresu města. Navíc, modrozelená infrastruktura pojme velké množství dešťové vody, která zbytečně zahluje odpadní potrubí, tzv. šedou infrastrukturu, a tím ji nadměrně opotřebovává.
- V této bakalářské práci byly přiblíženy tři metody efektivního navrácení stromů zpět do ulic města. Je vidět, že je možné sázet stromy i ve městě, aniž by byl lidem snížen komfort města. Dokonce při vyhodnocování benefitů stromů jsem zjistila, že se komfort lidí ve městě naopak zvýší, neboť stromy ve městě přináší i mnoho dalších přínosů pro lidi. Ano, jsou zde i nepatrné „medvědí služby“ přírody ve městě, ale jejich užitek značně převyšuje negativa. Po praktické stránce je tedy už vymyšleno k sázení stromů do ulic dostatek. Jen začít realizovat.
- A tady vidím úskalí, protože jak z literární rešerše vyplynulo, bez řádné politické intervence klimatickou změnu nezbrzdíme a neporazíme. A s tím souvisí myšlení lidí. Je zde stále velký prostor na výzkumy zabývajícími se myšlením lidí ve vztahu ke klimatické změně. Já zde vidím velkou potřebu zaměřit se na osvětu. Různé krátké spoty v televizi, reklamní billboardy atp., kde se lidem rozumně vysvětlí klimatická změna a její dopady na nás. Smyslem bude lidem vysvětlit důvod adaptačních a mitigačních strategií. Aby se lidé opatření nebáli a byli je ochotni akceptovat, je potřeba jim také povědět o nutnosti věřit vědcům, kteří zdokumentovali, že klimatická změna opravdu probíhá a aby se nenechali zlákat řečmi alibistických politiků, kteří neustále prohlašují, že požáry, sucha, povodně a vedra byly vždycky.
- Z ekonomického vyhodnocení v literární rešerši vyplynulo, že strom dává užitek, který potřebujeme ke zmírnění tepelného stresu až po třiceti letech, nejlépe však 40 a více let od výsadby stromu. Do té doby náklady na stromy a jejich údržbu převyšují benefity. A v tom vidím největší úskalí tohoto projektu sázení stromů do ulic města. Protože teď se musí zaplatit kvalitní modrozelená infrastruktura a několik desetiletí ji musíme udržovat a teprve až další generace lidí se bude moci schovat do stínu stromu a ochladit se v jeho blízkosti. A na toto nesobecké myšlení ještě někteří lidé nejsou připraveni a politici, kteří rozhodují, také nejsou připraveni, že za jejich volebního

období se budou jen investovat peníze, ale užitek bude až dávno poté. Naštěstí modrozelená infrastruktura zahrnuje i vodu. Tím chci říct, že chytře udělaná MZI pohltí mnoho litrů dešťové vody, která při intenzivních deštích způsobuje povodně, a tím i škody na majetku. A tady je přínos z investice prakticky okamžitý. Proto bych doporučila zdůrazňovat při rozhodování o investování sázení stromů do měst i efekt protipovodňového opatření modrozelené infrastruktury.

- Tato práce se nezabývala zdroji financování modrozelené infrastruktury. Dnes je všeobecně známo, že se k financování používají dotace. Čerpání dotací je proces, kterým se tato bakalářská práce nezabývala.
- Do závěru práce byla vložena SWOT analýza (Tab. 7) pro jasné a stručné vyhodnocení problematiky stromů ve městě v době klimatické změny.

Tab. 7 SWOT analýza pro stromy a stromořadí v ulicích měst v době klimatické změny (autorka 2022)

SWOT analýza pro stromy a stromořadí v ulicích měst v době klimatické změny	
<u>Silné stránky</u>	<u>Slabé stránky</u>
<ul style="list-style-type: none"> * ekosystémové služby chlazení, stín bez dovávek další vyrobené energie zásobárna vody pro období bez vody - - menší zatížení kanalizace sekvestrace uhlíku zlepšení kvality ovzduší snížení intenzity větru, hluku estetická hodnota kulturní bohatství vzdělávání psychosociální funkce veřejného prostranství 	<ul style="list-style-type: none"> * strom ve městě nemůže ani za dobrých podmínek plně rozvinout svůj potenciál * "medvědí služby" - pyl, medovice, listí na podzim, ptáci a jejich trus * nutná diverzita druhů a věková variabilita - - vyšší N na údržbu a více "medvědích služeb"
<u>Příležitosti</u>	<u>Hrozby</u>
<ul style="list-style-type: none"> * zelená politika - nový trend * s nastávající klimatickou změnou je mitigační opatření nevyhnutelné, i za cenu jejich drobných výhod * dotace 	<ul style="list-style-type: none"> * klimatická politika a názor veřejnosti - potřeba větší osvěty adaptačních a mitigačních strategií * návratnost investice nejdříve za 30 let - do té doby N převyšují přínosy

5 Literatura

- Alló M, Loureiro ML. 2014. The role of social norms on preferences towards climate change policies: A meta-analysis. *Energy Policy* **73**:563-574.
- Alves A, Gersonius B, Kapelan Z, Vojinovic Z, Sanchez A. 2019. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management* **239**:244-254.
- Berland A, Shiflett SA, Shuster WD, Garmestani AS, Goddard HC, Herrmann DL, Hopton ME. 2017. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning* **162**:167-177.
- Brázdil R, Zahradníček P, Dobrovolný P, Štěpánek P, Trnka M. 2021. Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology* **41**:3881-3902.
- Brears RC. 2018. From Traditional Grey Infrastructure to Blue-Green Infrastructure. Pages 1 – 41 In: *Blue and Green Cities*. Palgrave Macmillan, London
- Brears RC. 2018. Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources. Pages 43 – 61 in *Blue and Green Cities*. Palgrave Macmillan, London.
- Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* **97**:147-155.
- Cetin M. 2019. The effect of urban planning on urban formations determining bioclimatic comfort area's effect using satellitia imagines on air quality: a case study of Bursa city. *Air Quality, Atmosphere & Health* **12**:1237-1249.
- Cílek V, et al. 2017. *Voda a krajina: kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Dokořán, Praha.
- Center for Neighborhood technology. 2010. The value of green infrastructure: A guide to recognizing its economic, environmental and social benefits. CNT, Chicago. Available from [CNT_Value-of-Green-Infrastructure.pdf](#) (accessed 2010)
- Česká meteorologická společnost. [online]. Available from [Česká meteorologická společnost \(cmes.cz\)](#)
- Din Dar MU, Shah AI, Bhat SA, Kumar R, Huisingh D, Kaur R. 2021. RETRACTED: Blue Green infrastructure as a tool for sustainable urban development. *Journal of Cleaner Production* **318**:128474

- Drews S, van den Bergh JCJM. 2016. What explains public support for climate policies? A review of empirical and experimental studies. *Climate Policy* **16**:855-876.
- EDGE. 2020. *Livable streets – A Handbook of Bluegreengrey Systems*. EDGE, Malmö. Available from [Blue Green Grey Systems for livable streets – – by edge \(edges.se\)](#)
- Gehl J. c2012. *Města pro lidi*. 2012 edition. Partnerství, Brno.
- Gehl J, Gemzøe L. 2002. *Nové městské prostory*. ERA, Šlapanice.
- Gehl J. 2000. *Život mezi budovami: užívání veřejných prostranství*. Albert, Boskovice.
- Geletiĉ J, Lehnert M, Saviĉ S, Milošević D. 2018. Modelled spatiotemporal variability of outdoor thermal comfort in local climate zones of the city of Brno, Czech Republic. *Science of The Total Environment* **624**:385-395.
- Ghofrani Z, Sposito V, Faggian R. 2017. A Comprehensive Review of Blue-Green Infrastructure Concepts. *International Journal of Environment and Sustainability* **6**:15-36.
- Gore A. 2007. *Nepřijemná pravda: naše planeta v ohrožení – globální oteplování a co s ním můžeme udělat*. Argo, Praha.
- Hansen R, Pauleit S. 2014. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio* **43**:516-529.
- Hora D, Kříž K, Pánek P, Pejchal M, Souček J, Šmídová Š, Vébr L, Vitek J. 2021. Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu – plné znění standardu. IPR Praha, Praha. Available from [PSS mestsky standard plne zneni korektura prosinec II \(praha.eu\)](#) (accessed říjen 2021)
- Hora D, Kříž K, Pánek P, Pejchal M, Souček J, Šmídová Š, Vébr L, Vitek J. 2021. Městský standard pro plánování, výsadbu a péči o uliční stromořadí jako významného prvku modrozelené infrastruktury pro adaptaci na změnu klimatu – technické a kvalitativní požadavky. IPR Praha, Praha. Available from [PSS mestsky standard technicky dokument korektura prosinec JR \(adaptacepraha.cz\)](#) (accessed říjen 2021)
- Horváthová E, Badura T, Duchková H. 2021. The value of the shading function of urban trees: A replacement cost approach. *Urban Forestry & Urban Greening* **62**:127166.

Huang J, Kong F, Yin H, Middel A, Liu H, Zheng X, Wen Z, Wang D. 2022. Transpirational cooling and physiological responses of trees to heat. *Agricultural and Forest Meteorology* **320**:108940.

Chen W, Wang W, Huang G, Wang Z, Lai C, Yang Z. 2021. The capacity of grey infrastructure in urban flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green-grey approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction* **54**:102045.

IPCC. [online]. Available from: [About — IPCC](#)

IPCC. [online]. Available from [History — IPCC](#)

IPCC. 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Available from [AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC](#)

IPCC. 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press. Available from [Summary for Policymakers — Special Report on Climate Change and Land \(ipcc.ch\)](#)

IPR Praha. [online]. Available from [NDVI Teplota \(iprpraha.cz\)](#)

IPR Praha. [online]. Available from [Atlas životního prostředí \(iprpraha.cz\)](#)

IPR Praha. [online]. Available from [Praha má novou příručku, jak sázet stromy v ulicích | iprpraha.cz](#)

IPR Praha. [online]. Available from [O nás | iprpraha.cz](#)

Kendal D, Ordóñez C, Davern M, Fuller RA, Hochuli DF, van der Ree R, Livesley SJ, Threlfall CG. 2022. Public satisfaction with urban trees and their management in Australia: The roles of values, beliefs, knowledge, and trust. *Urban Forestry & Urban Greening* **73**:127623.

Klaus V. 2017. *Zničí nás klima nebo boj s klimatem*. Cosmopolis, Praha.

Klimatická změna. cz. [online]. Available from [Mitigace a adaptační možnosti na změnu klimatu pro ČR | Klimatická změna v České Republice \(klimatickazmena.cz\)](#)

Klimatická změna.cz. [online]. Available from [Dopady změny klimatu v ČR - Městské prostředí | Klimatická změna v České Republice \(klimatickazmena.cz\)](#)

Kolektory Praha, a.s. [online]. Available from [O kolektorech | Kolektory](#)

Komise Rady hl. m. Prahy pro udržitelnou energii a klima. 2019. Klimatický plán hl. m. Prahy do roku 2030. Praha. Available from [klimaplan_cz_2301_09_online.pdf \(praha.eu\)](#), (accessed říjen 2021)

Kyselá E, Ščasný M, Zvěřinová I. 2019. Attitudes toward climate change mitigation policies: a review of measures and a construct of policy attitudes. *Climate Policy* **19**:878-892.

Kyselá E. 2015. Acceptability of Environmental Policies in the Czech Republic: A Comparison with Willingness to Make Economic Sacrifices. *Sociální studia / Social Studies* **12**:179-198.

Lehnert M, Brabec M, Jurek M, Tokar V, Geletič J. 2021. The role of blue and green infrastructure in thermal sensation in public urban areas: A case study of summer days in four Czech cities. *Sustainable Cities and Society* **66**:102683.

Macháč J, Dubová L, Louda J, Hekrlé M, Zaňková L, et Brabec J. 2019. Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP). Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Ústí nad Labem. Available from [Machac_et_al_2019_Metodika_Hodnoceni_GBI.pdf \(ieep.cz\)](#) (accessed 2019)

Mallapaty S. 2020. How China could be carbon neutral by mid-century. *Nature* **586**:482-483.

Oke TR. 1989. The micrometeorology of the urban forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* **324**:335-349.

Počítáme s vodou. [online]. Available from [Definice MODRO-ZELENÉ INFRASTRUKTURY | Počítáme s vodou \(pocitamesvodou.cz\)](#)

Počítáme s vodou. [online]. Available from [Sucho v Praze? Mají ho potlačit nové stromy i rybníky | Počítáme s vodou \(pocitamesvodou.cz\)](#)

Pondělíček M, et al. 2016. Adaptace na změny klimatu. *Civitas per populi*, Hradec Králové.

- ČHMÚ [online]. Available from [Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Denní data : Denní data dle z. 123/1998 Sb. \(chmi.cz\)](#)
- Pörtner HO, et al. 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report synopsis on biodiversity and climate change. IPBES and IPCC. Available from [IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change | Zenodo](#) (accessed June 2021)
- Puppim de Oliveira JA, Bellezoni RA, Shih W-yu, Bayulken B. 2022. Innovations in Urban Green and Blue Infrastructure: Tackling local and global challenges in cities. *Journal of Cleaner Production* **362**:132355.
- Roberts D, Boon R, Diederichs N, Douwes E, Govender N, Mcinnes A, Mclean C, O'Donoghue S, Spires M. 2012. Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: “learning-by-doing” at the local government coal face. *Environment and Urbanization* **24**:167-195.
- Sanders RA. 1986. Urban vegetation impacts on the hydrology of Dayton, Ohio. *Urban Ecology* **9**:361-376.
- Shackleton CM, Ruwanza S, Sinasson Sanni GK, Bennett S, De Lacy P, Modipa R, Mtati N, Sachikonye M, Thondhlana G. 2016. Unpacking Pandora's Box: Understanding and Categorising Ecosystem Disservices for Environmental Management and Human Wellbeing. *Ecosystems* **19**:587-600.
- Sharifi A. 2021. Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. *Science of The Total Environment* **750**. 141642
- Schmidt S, Murer E, Grimm K, Zimmermann D. 2020. Stromy jako klimatizace veřejných prostranství. *Zahrada Park Krajina: Města v době sucha* **30**: 36-39
- Schroeder H, Flannigan J, Coles R. 2006. Residents' attitudes toward street trees in the UK and US communities. *Arboriculture & Urban Forestry* **32**:236–246
- Siehr SA, Sun M, Aranda Nucamendi JL. 2022. Blue-green infrastructure for climate resilience and urban multifunctionality in Chinese cities. *WIREs Energy and Environment* (e447) DOI: 10.1002/wene.447
- Skanska. 2018. Systém šedé vody po půl roce provozu – spokojenost obyvatel a úspora téměř 50 tisíc korun. Skanska, Praha. Available from [Systém šedé vody po půl roce provozu – spokojenost obyvatel a úspora téměř 50 tisíc korun | www.skanska.cz](#) (accessed srpen 2022).

- Skidmore P, Wheaton J. 2022. Riverscapes as natural infrastructure: Meeting challenges of climate adaptation and ecosystem restoration. *Anthropocene* **38**:100334.
- Souza FL, Puppim de Oliveira JA, Lepczyk CA. 2021. Editorial: Urban Ecosystem Services and Disservices in Tropical Regions. *Frontiers in Ecology and Evolution* **9**.
- Staud T, Reimer N. 2008. *Zachraňme klima: ještě není pozdě*. Knižní klub, V Praze.
- Steiner A, Malíková P. 2016/2017. Pilotní projekt obnovy stromořadí v ulici Budečská a Blanická s využitím prokořenitelných buněk. DO PARKU, Praha. Available from [Pilotní projekt obnovy stromořadí v ulici Budečská a Blanická s využitím prokořenitelných buněk - Do parku](#) (accessed 2016/2017)
- Steiner A, Malíková P. 2016/2017. Pilotní projekt obnovy stromořadí v ulici Budečská s využitím prokořenitelných buněk. MHMP OCP, Praha. Available from [Pilotní projekt obnovy stromořadí v ulici Budečská s využitím prokořenitelných buněk \(Portál životního prostředí hlavního města Prahy\) \(praha.eu\)](#) (accessed 2016/2017)
- Tavakol-Davani H, Goharian E, Hansen CH, Tavakol-Davani H, Apul D, Burian SJ. 2016. How does climate change affect combined sewer overflow in a system benefiting from rainwater harvesting systems?. *Sustainable Cities and Society* **27**:430-438.
- Třebický V, Novák J. 2015. *Metodika tvorby Místní adaptační strategie na změnu klimatu*. CI2, Rudná.
- Vítek J, Stránský D, Kabelková I, Bareš V, Vítek R. 2015. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha.
- Vitverová Z. 2022. *Obytný soubor Arcus City, ozelenění, řešení modrozelené infrastruktury, vodní režim [DP Thesis]*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha
- Vysoký M. 2019. *Modrozelenošedé systémy – cesta k navrácení přírodních procesů do městské krajiny*. Zahrada-park-krajina. Available from [ZPK 2019 3 komplet web \(szkt.cz\)](#) (accessed Marz 2019)
- Wang C, Ren Z, Dong Y, Zhang P, Guo Y, Wang W, Bao G. 2022. Efficient cooling of cities at global scale using urban green space to mitigate urban heat island effects in different climatic regions. *Urban Forestry & Urban Greening* **74**:127635.
- Wang J, Liu J, Mei C, Wang H, Lu J. 2022. A multi-objective optimization model for synergistic effect analysis of integrated green-gray-blue drainage system in urban inundation control. *Journal of Hydrology* **609**:127725.

- Wohlleben P. 2021. Než stromům dojde dech: jak se stromy učí zvládat změnu klimatu a proč nás les zachrání, když mu to dovolíme. Kazda, Brno.
- Yao X, Yu K, Zeng X, Lin Y, Ye B, Shen X, Liu J. 2022. How can urban parks be planned to mitigate urban heat island effect in “Furnace cities”? An accumulation perspective. *Journal of Cleaner Production* **330**:129852.
- Zemek F, et al. 2021. Hodnocení ekosystémových služeb veřejné sídelní zeleně. Ústav výzkumu globální změny AV ČR v.v.i.. Available from [Metodika TACR TH04030496 cert.pdf \(czechglobe.cz\)](#) (accessed duben 2022)
- Zhang S, et al. 2022. China's carbon budget inventory from 1997 to 2017 and its challenges to achieving carbon neutral strategies. *Journal of Cleaner Production* **347**:130966.
- Zvěřinová I, Ščasný M, Kyselá E. 2013. What Influences Public Acceptance of the Current Policies to Reduce GHG Emissions? Charles University Environment Center, Prague. Available from [What Influences Public Acceptance of the Current Policies to Reduce GHG Emissions? | CECILIA2050](#) (accesses May 2013)
- Žalud Z. 2015. Bioklimatologie. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta, Brno

6 Seznam použitých zkratk

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
CLEXIT	Klimatický exit (Climate Exit)
CO₂	Oxid uhličitý
IPBES	Mezivládní panel OSN pro biodiverzitu a ekosystémové služby (The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)
IPCC	Mezivládní panel pro změnu klimatu (The Intergovernmental Panel on Climate Change)
IPR Praha	Institut plánování a rozvoje hl. města Prahy
IPR Praha	Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy
MUKLIMO	Městský klimatický model (Mikroskaliges Urbanes KlimaModell)
MZI	Modrozelená infrastruktura
MZŠ	Modrozelenošedá
MZŠI	Modrozelenošedá infrastruktura
NIPCC	Nevládní mezinárodní panel pro změnu klimatu (Nongovernmental International Panel on Climate Change)
OCP – MHMP	Odbor ochrany prostředí Magistrátu hl. města Prahy
OSN	Organizace spojených národů (United Nations Organization)
PET	Potenciálně ekvivalentní teplota
RHMP	Rada hlavního města Prahy
SECAP	Akční plán pro udržitelnou energii a klima (Sustainable Energy and Climate Action Plan)
SPM	Shrnutí pro politiky (Summary for Policymakers)
SWOT	Silné stránky, slabé stránky, příležitosti, hrozby (Strengths Weaknesses Opportunities Treats)
UNEP	Program OSN pro životní prostředí (United Nations Environment Programme)
UNFCCC	Rámcová úmluva OSN o změně klimatu (United Nations Framework Convention on Climate Change)
USA	Spojené státy americké (United States of America)
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
WMO	Světová meteorologická organizace (World Meteorological Organization)
ZMI	Zelenomodrá infrastruktura