

VYHODNOCENÍ ÚZEMÍ OSTRAVSKÉ AGLOMERACE Z HLEDISKA RIZIKA PŘEHŘÍVÁNÍ



Průvodní zpráva



Územní studie Vyhodnocení území Ostravské aglomerace z hlediska rizika přehřívání je zpracovávána v rámci projektu IP LIFE for Coal Mining Landscape Adaptation, č. „LIFE20 IPC/CZ/000004“, spolufinancovaného Evropskou unií v rámci programu LIFE.

OBJEDNATEL

Moravskoslezský kraj, 28. října 117, 702 18 Ostrava

ZHOTOVITEL

PROCES – Centrum pro rozvoj obcí a regionů, s.r.o. (dále jen PROCES), Moravská 758/95, 700 30 Ostrava-Hrabůvka, IČ: 28576217
tel.: +420 595 136 023, web: <http://rozvoj-obce.cz>, e-mail: info@rozvoj-obce.cz

ACCENDO – Centrum pro vědu a výzkum, z.ú. (dále jen ACCENDO), Moravská 758/95, 700 30 Ostrava-Hrabůvka, IČ: 28614950
tel.: +420 595 136 023, web: <http://accendo.cz>, e-mail: info@accendo.cz

REALIZAČNÍ TÝM

Doc. Ing. Lubor Hruška, Ph.D.

Ing. arch. Miroslav Hudák

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

Ing. Ivana Foldynová, Ph.D.

PhDr. Andrea Hrušková

Ing. David Kubáň

Ing. Aneta Svozilíková Krakovská, Ph.D.

Bc. Linda Vyvialová

a kol.

Zpracováno v úzké součinnosti s Moravskoslezským krajem.

DATUM

9. 6. 2023s



Spolufinancováno
Evropskou unií

Více na:



lifecoala.cz

OBSAH

Seznam zkratk	3
Úvod	4
1 Vývoj klimatu	6
1.1 Důvody přehřívání v urbanizovaných oblastech.....	6
1.2 Městský tepelný ostrov	7
1.3 Návrhy scénářů pro Ostravskou aglomeraci	9
2 Analýza rizik pro různé kategorie ploch v území	15
3 Opatření pro omezení nebo zmírnění přehřívání povrchu v sídlech a zvyšování teploty ovzduší	18
4 Přílohy	22
5 Seznam použité literatury a informačních zdrojů	23

SEZNAM ZKRATEK

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny ČR
BT	Brightness Radiance (tepelné záření)
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
k. ú.	Katastrální území
LPIS	Land Parcel Identification System (databáze Ministerstva zemědělství)
LST	Land Surface Temperature (Teplota povrchu)
MAPPA	Městský ateliér prostorového plánování a architektury
MTO	Městský tepelný ostrov (angl. UHI – Urban Heat Island)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (normalizovaný diferenční vegetační index)
OA	Ostravská aglomerace
RP	Regulační plán
RSO	Registr sčítacích obvodů
S-JTSK	Souřadnicový systém – jednotná trigonometrická síť katastrální
SLDB	Sčítání lidu, domů a bytů
SO	Správní obvod
SO ORP	Správní obvod obce s rozšířenou působností
SO POÚ	Správní obvod obce s pověřeným obecním úřadem
TOA	Top of Atmospheric Spectral Radiance (záření na vrcholu atmosféry)
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
ÚP	Územní plán
ÚSES	Územní systém ekologické stability
ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky
ZSJ	Základní sídelní jednotka

ÚVOD

Cílem územní studie je vyhodnocení užšího jádra Ostravské aglomerace z hlediska rizika přehřívání a vzniku tepelných ostrovů¹ a návrh opatření, jak toto přehřívání omezit a získat tak příznivější prostředí pro život obyvatel. Úkolem územní studie je lokalizovat riziková území (tj. 7 kategorií/typů území) a navrhnout vhodná adaptační opatření, která by nadměrnému přehřívání zamezila a zlepšila by tak klima v sídlech. Územní studii lze využít při navrhování zastavitelných ploch v územně plánovací dokumentaci, příp. stanovení podmínek pro jejich využití, a to tak, aby se negativním důsledkům klimatické změny pokud možno předcházelo. Navržená opatření budou rozdělena na ta, která lze uplatnit nástroji územního plánování, a na opatření ostatní, která jsou spíše doporučeními.

V souvislosti s rozvojem lidské společnosti a růstem populace dochází ke koncentraci obyvatel v podmínkách vhodných pro život, a tím ke vzniku městských oblastí. Člověk zde postupně mění krajinu přírodní v krajinu kulturní (denaturalizovanou, antropogenní), kde především budovy, silnice, ale i další infrastruktura nahradily otevřený prostor, zpravidla krytý vegetací. Přírodní povrchy, které byly propustné a vlhké, se tak změnilo v nepropustné a suché (Němec, Pojer, 2007). Urbanizované oblasti vykazují jiné klimatické charakteristiky než neurbanizovaná území nacházející se v jejich okolí. Tento fakt je známý již několik desítek let a systematicky je popisován zhruba od 2. poloviny 20. století (Oke, 1982). Změna klimatu je globální problém, který bude svět v následujících letech řešit. Tento problém dopadá i na území České republiky. Společně se změnou klimatu se očekává nárůst průměrné roční teploty a výrazně vyšší počet letních a tropických dní, tudíž na hustě urbanizovaném území Ostravské aglomerace, zejména v jejím užším jádru, lze očekávat přehřívání povrchů a zhoršení kvality prostředí, resp. pohody bydlení jejích obyvatel. Změna klimatu bude ovlivňovat kvalitu života a zdravotní stav obyvatel zvláště ve městech. Ke zvýšeným teplotám (a vlnám veder) jsou nejcitlivější především senioři, lidé chronicky nemocní a malé děti. Nárůst teplot má však dopad i na další sektory lidské činnosti (pracovní prostředí, výroba, cestovní ruch atd.).

Fenomén městských tepelných ostrovů je zkoumán dlouhodobě, existují příklady projektů přispívajících ke zmírnění jeho dopadů v ČR i zahraničí. Například v polském Krakově zakládají tzv. Kapesní parky (zvané Ogrody Krakowian). Parky představují malá veřejná prostranství, která umožňují trávit volný čas venku všem obyvatelům. Nejsou to jen centra místních komunit, ale také stanoviště rostlin a živočichů, která zlepšují místní mikroklima, kvalitu života a biologickou rozmanitost ve městě. Dalším příkladem je vertikální zahrada, která obepíná přední a boční stěny zrekonstruované budovy varšavské Nadace pro vědu, která byla částečně zničena během druhé světové války. Rekonstrukce si dala za cíl zachovat vzácné historické prvky při začlenění nízkoenergetických zařízení a vertikální zeleně. Zahrada budovy slouží pro integraci a odpočinek uživatelů i návštěvníků budovy. Další z parčíků slouží zároveň jako průchozí pasáž pro obyvatele vícegeneračního sídliště IDEA v polském Gdaňsku. Jedním z hlavních cílů projektu je zmírnit dopady sucha díky dešťové vodě, kterou park přirozeně zadrží. Přehřátý beton nahradilo 56 stromů a 52 druhů květin a keřů, které pomáhají zmírnovat dopady tepelného ostrova města. Park dokáže zadržet až 53 metrů krychlových vody a předcházet tak záplavám i suchu. Místo ukazuje v praxi, že zelená infrastruktura je vhodným nástrojem nejen k přizpůsobení, ale také ke zmírnění dopadů klimatických změn (Adaptterra Awards, 2023). Rovněž v Moravskoslezském kraji lze nalézt úspěšné projekty usilující o adaptaci regionu na proces přehřívání krajiny. Na území města Ostravy vznikla například **Zahrada u Velkého světa techniky**, která přináší přírodu tam, kde ji člověk dříve svou činností vytlačil. Je ojedinělá alternativním použitím materiálů i experimentálním složením osázených rostlin. V městské části Poruba se v **Komunitním centru – Všichni spolu** snaží o odolnost své nové budovy vůči suchu a horku. Většina střech je osázená rostlinami a zpevněné plochy umožňují vsakování vody. Dešťovku v komunitním centru zadržují v nádrži a pro vytápění i chlazení používají tepelné čerpadlo. V rámci dalšího projektu v MSK se **Myslivcům z Václavovic** v blízkosti meandrujícího

¹ Městský tepelný ostrov – MTO (Angl. Urban Heat Island – UHI) je definován jako oblast zvýšené teploty vzduchu v přizemní a mezní vrstvě atmosféry (vrstva dosahující výšky ~1,5 km, kde je proudění ovlivňováno zemským povrchem) nad městem anebo průmyslovou aglomerací ve srovnání s okolní krajinou (Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 2015). Teplotní rozdíl (intenzita tepelného ostrova) je způsobený zejména lidskou aktivitou a jeho účinky jsou nejvýraznější v období negativní energetické bilance (především noc), kdy antropogenní materiály vyzařují tepelnou energii, kterou během dne akumulovaly. Intenzita je nejvyšší v době radiačního počasí, tzn. bez oblačnosti, beze srážek a s nízkými rychlostmi větru (max. 3–4 ms⁻¹).

potoka Datyňky podařilo v průběhu několika let vytvořit jedinečný ekosystém složený ze dvou rybníků a mokřadů. V lokalitě ale ještě chyběly stromy a keře, a proto se rozhodli odpoutat děti z virtuálního světa tabletů a počítačů a s jejich pomocí vysadit potřebnou zeleň. V neposlední řadě projekt revitalizace **Kozmické ptačí louky** pomáhá nejen v období sucha, ale i při jarním tání, deštích a možných záplavách. Mokřady navíc efektivně pomáhají vyrovnávat teplotu v oblasti (Adaptterra Awards, 2023).

Aby řešení zajistilo odolnost vůči extrémům, musí být systematické pro město jako celek. Týká se všech měřítek – krajiny, venkovních prostor a následně i interiérů obydlí. Nárůst teplot představuje nejvýraznější klimatické riziko, protože se s ním budou potýkat stále intenzivněji všechna velká města. Tepelný ostrov jej dále posiluje. Je však přímo provázán dalšími riziky – suchem, záplavami či povodněmi. Všechna rizika souvisí s fungováním vody a vegetačních prvků v zastavěném území a okolní krajině.



1 Vývoj klimatu

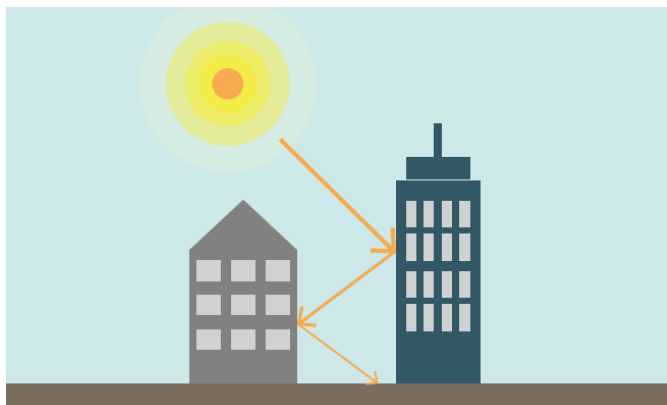
Klima (podnebí) je dlouhodobý charakteristický režim počasí podmíněný energetickou bilancí, cirkulací atmosféry, charakterem aktivního povrchu a lidskou činností. Lze ho charakterizovat pomocí průměrných hodnot meteorologických prvků doplněných o extrémy a četnosti jejich výskytu, popřípadě o další statistické charakteristiky. Důležitým aspektem klimatu daného místa je také průměrný roční chod meteorologických prvků a jejich průměrná meziroční variabilita. Integrovaný popis pomocí více proměnných (zejména teploty vzduchu a srážek) vede k tzv. **klasifikacím klimatu**. Klimatické typy lze definovat např. s ohledem na rozložení vegetačních oblastí (Katedra fyziky atmosféry MFF UK, 2012).

Průměrná globální teplota Země se od industriální revoluce (1850–1900) do roku 2019 zvýšila o 1,1 °C, z toho jen v období 2015–2019 došlo v porovnání s roky 2011–2015 k nárůstu oteplení o 0,2 °C. Dochází k zrychlujícímu se zvyšování emisí skleníkových plynů, kdy se tempo růstu emisí CO₂ v období 2015–2019 zvýšilo v porovnání s předcházejícím pětiletým obdobím až o 20 %. Větší oteplování již bylo zaznamenáno v mnoha částech světa a při různých ročních obdobích. V průměru k vyššímu oteplování dochází nad pevninou než nad mořem. Dopady nestabilního klimatu jsou nerovnoměrné a rychlost změn se neustále zvyšuje (MŽP, 2021).

Zvyšuje se také množství a intenzita extrémních meteorologických jevů. Od poloviny 20. století přibývá extrémně teplých (a ubývá extrémně studených) dní, jak co do jejich četnosti, tak síly (IPCC, 2021). Vlny veder se vyskytují častěji a mají delší trvání. Vývoj průměrných ročních srážkových úhrnů od počátku 20. století naproti tomu neposkytuje tak jednoznačný obrázek. V některých částech světa se roční úhrny snížily (např. v řadě oblastí kolem Středomořího moře), jinde se zvýšily (např. ve Skandinávii), změny však většinou nejsou statisticky významné. Bouře a povodně mají za následek nejvyšší hospodářské ztráty, a to především v kontextu tropických cyklonů, oproti tomu vlny veder společně se suchem způsobují ztráty na lidských životech a ztrátu úrody. Období dlouhodobého sucha významně přispívají ke zvýšení rizika požárů vegetace, s čímž také následně souvisí další masivní uvolnění emisí skleníkových plynů zpět do atmosféry (ČHMÚ, 2019).

1.1 Důvody přehřívání v urbanizovaných oblastech

Město je tvořeno především pevnými materiály s velkou schopností akumulace tepla a nebývá v něm dostatek možností pro vsakování vody. Povrchové teploty mohou dosahovat hodnot blížících se 70 °C. Od povrchů se postupně ohřívá vzduch nad nimi. Konvenčním prouděním ohřátý vzduch stoupá vzhůru, rozpíná se, znovu ochlazuje a klesá. Zvýšení teploty vede k výparu v území, horký vzduch odnáší množství vodní páry, a tím dochází k vysoušení města. Pára je vynesena do výšky, kde zkondenzuje a vytvoří se mraky, které jsou větrem přenášeny na velké vzdálenosti. Teplé proudění svou teplotou snižuje relativní vlhkost vzduchu. Nedostatek vody ve městě a stoupání horkého vzduchu způsobuje nasávání chladnějšího vlhčího vzduchu z okolí, a tím město vysušuje i své okolí. Labilita atmosféry, vyvolána rozdíly teplot a prouděním vzduchu vzhůru, způsobuje vznik bouřek. Adiabaticky ochlazený proud horkého vzduchu bouřky zesiluje. Ve městech se k horizontální rovině krajiny, která je ohřívána slunečním zářením, přidávají svislé stěny budov. Svislé plochy odrážejí sluneční záření mezi sebou, účinněji je pohlcují a mění na teplo, čímž se podílejí na dalším zvyšování teploty. Tento jev, kdy vysoké budovy obklopují relativně úzké ulice, je nazýván kaňonový efekt. Rozsah ohřívání tedy ovlivňuje geometrie zástavby – výšky a odstupy budov. (Maceková, 2022).

Obrázek 1.1 Kaňonový efekt

Zdroj: Maceková, 2022.

Možnost vyzařovat teplo zpět směrem k obloze určuje takzvaný **faktor výhledu na oblohu** (sky view factor). Je daný tím, jak velká část oblohy je viditelná. U běžné ulice ho určuje poměr mezi šířkou ulice a výškou budov v ní. Čím je větší, tím snadněji se teplo vyzáří ven z ulic, směrem k obloze.

Pro fungování tepelných toků v materiálech městského prostředí jsou důležité tři základní faktory:

1. **Odrzivost materiálu** pro sluneční záření – určuje, kolik energie materiál přijme a kolik odrazí do okolního prostoru. Poměr mezi dopadajícím a odraženým zářením se nazývá albedo materiálu.
2. **Tepelná kapacita materiálu** – množství tepla pohlceného materiálem.
3. **Emisivita** – schopnost materiálu vyzařovat tepelné záření.

K přehřívání města přispívají zejména následující faktory:

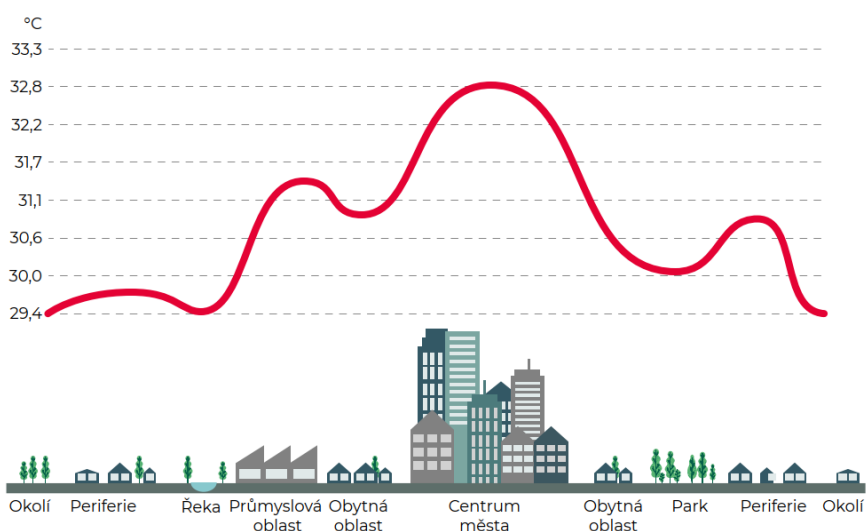
1. **Použité materiály**
 - většina slunečního záření je v místě dopadu pohlcena a mění se na teplo
 - některé povrchy se rozehtejí až na 60°C
 - teplo v materiálech dlažeb, fasád a střeche se akumuluje a sálá pak ještě do noci
2. **Nedostatek vegetace**
 - ulice nejsou zastíněné
 - rostliny fungují jako přírodní klimatizace – k odpařování spotřebovávají teplo okolního vzduchu, a tím jej ochlazují
 - čím je ve městě méně zeleně, tím jsou vyšší teploty ve srovnání s přírodní krajinou
3. **Klimatizace**
 - odvádí teplo z interiéru ven, a tím ohřívá vzduch na ulici
 - spotřebovává energii z fosilních paliv, a tím přispívá ke zhoršení skleníkového efektu
4. **Hospodaření s vodou**
 - v přírodě většina vody vsákne do půdy a následně je pomocí rostlin vypařena zpět do ovzduší, které tím ochlazuje
 - ve městě se voda odvádí do kanalizací a tím se ztrácí efektivní systém chlazení (ASIO, 2022, LIFE Tree Check, 2023)

1.2 Městský tepelný ostrov

Města vykazují vůči okolnímu venkovskému a přírodnímu prostředí vyšší teploty. Tento jev, kdy je ve městech teplota vyšší až o několik stupňů oproti okolí, se nazývá **městský tepelný ostrov** (anglicky „urban heat island“ – UHI). Efekt městského tepelného ostrova přináší nejvíce problémů v teplých částech roku, kdy nárůst horka zhoršuje obyvatelnost urbanizovaného území. V posledních letech vzrůstá počet takzvaných tropických dní, v nichž teplota ve dne přesáhne 30 °C. K nim se přidávají tropické noci, za kterých teplota neklesá pod 20 °C. Několik po sobě jdoucích tropických dní pak představuje vlnu horka.

Jak závažnou změnu tepelný ostrov představuje oproti podmínkám v neurbanizované krajině, poznáme z takzvané **intenzity tepelného ostrova**. Ta stanoví *rozdíl mezi teplotou vzduchu ve městě a v okolním prostředí*. Tento rozdíl obvykle narůstá směrem k centru města. Větší intenzitu tepelného ostrova mívají velké městské aglomerace, kde se křivka rozdílu teplot může zdvíhnout až o 8–10 °C oproti okolní krajině. Rozdíl mezi teplotami městského a okolního prostředí se mění i v průběhu dne. V našich podmínkách dochází k největšímu nárůstu horka v druhé polovině dne, kdy město naakumulovalo dostatek tepla. Největší intenzita tepelného ostrova se pak projevuje několik hodin po západu slunce. Podle vlastností převažujících materiálů klesá teplota ve městě v průběhu noci až do brzkých ranních hodin. V dopoledních hodinách může být teplota ve městě překvapivě nižší než teplota okolí, protože velkou část ploch zastíňují budovy. Nejvýrazněji se tepelný ostrov projevuje za jasného letního dne bez větru. V takových dnech oblaka nestíní sluneční záření a vítr nepromíchává atmosféru. Tehdy se teploty ve městech šplhají nejvýše (Maceková, 2022).

Obrázek 1.2: Schéma tepelného ostrova



Zdroj: Maceková, 2022.

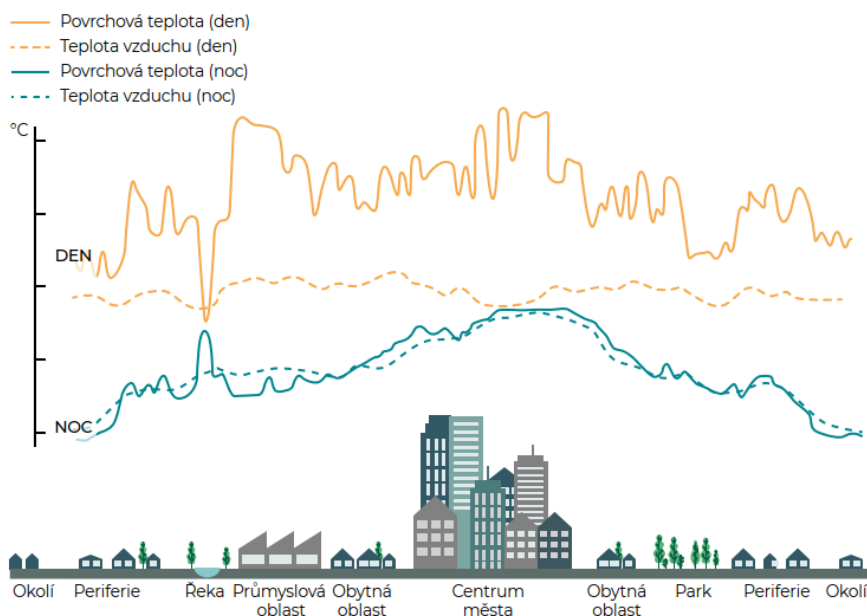
Rozdíl teplot roste směrem **od okrajů ke středu** města s tím, jak stoupá množství zpevněných povrchů, klesá podíl zeleně a **zvyšuje se podlažnost budov**. Tepelný ostrov se projevuje především ve dvou oblastech – jako tepelný ostrov **povrchový** a tepelný ostrov **atmosférický** (vzdušný). Kombinace obou určuje, jakým způsobem a v jakou denní dobu vnímáme tepelný ostrov nejvýrazněji.

Povrchový tepelný ostrov

- Zvýšení teplot materiálů na povrchu.
- Teplo stoupající z rozpálených městských povrchů.

Atmosférický tepelný ostrov

- Zvýšení teploty vzduchu na daném území.
- Nad městem bývá teplota v průměru vyšší.
- V dopoledních hodinách může být teplota vzduchu díky zastínění povrchů budovami nižší, po západu slunce teplo z vyhřátých povrchů dále vyzařuje do okolí, proto se atmosférický tepelný ostrov projevuje výrazněji v noci (viz následující obrázek).

Obrázek 1.3: Průběh teplot během dne a noci


Zdroj: Maceková, 2022.

Tepelný ostrov lze sledovat ve třech měřítkách, ve kterých se zdroje a pohyb tepla projevují odlišným způsobem.

- **mikro** (měřítko místa) – důležitá je struktura zástavby, rozložení domů, vnitrobloků, ulic, tepelné rozlišení v řádech metrů, projevují se bodové zdroje tepla, které působí okamžitě (přehřáté povrchy, klimatizace);
- **lokální** (měřítko městské části) – tepelné rozlišení v řádu desítek metrů až kilometrů, struktura a velikost jednotlivých prvků určuje jejich vliv za hranicemi daného místa, velkou roli hraje topografie a teplota sousedních městských částí;
- **mezo** (měřítko města) – rozlišení několika kilometrů (kolem 10 km), sleduje město v celkových souvislostech (Maceková, 2022).

Dynamika vývoje počtu obyvatel města (residenční funkce) a koncentrace ekonomických aktivit (výrobní funkce) ovlivňuje soustředění zdrojů odpadního tepla a velikost tepelných ostrovů se mění podle vývoje funkcí v území. Vysoké teploty vedou ke:

- zhoršení kvality ovzduší (chemikálie snadněji reagují a šíří se),
- zvýšené prašnosti,
- snížení kvality vody (eutrofizace),
- dopadu na rostliny a živočichy,
- zvýšené spotřebě elektřiny (klimatizace),
- zvýšeným škodám způsobeným nepředvídatelností klimatických výkyvů.

1.3 Návrhy scénářů pro Ostravskou aglomeraci

Změna klimatu² je globální a politický problém, který bude svět v následujících letech řešit. V mnoha oblastech se však obyvatelé potýkají s projevy probíhající změny klimatu už dnes. V Česku se jedná

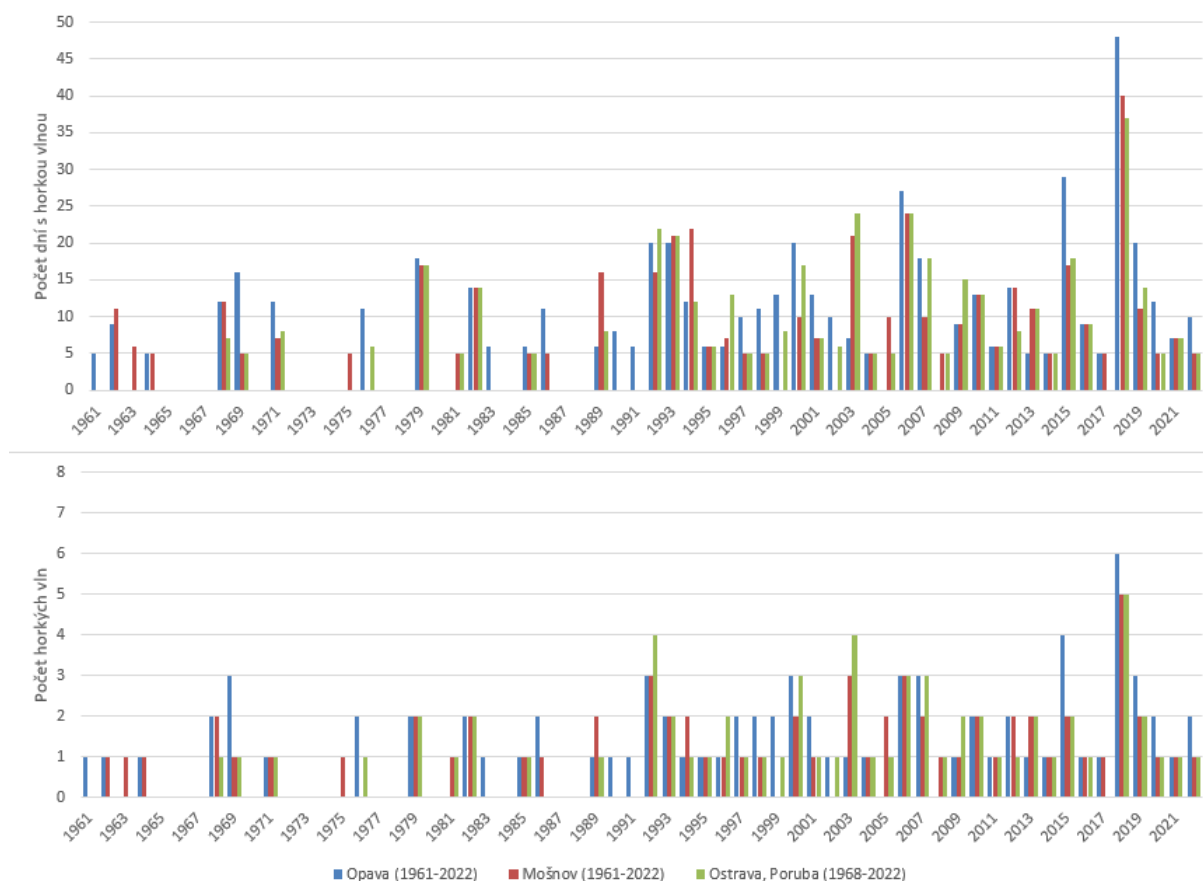
² Změna ve stavu klimatu, kterou je možné prokazatelně identifikovat v podobě změny střední hodnoty nebo pravděpodobnostního rozložení hodnot a charakteristik v průběhu delšího časového období, typicky v délce desetiletí a více.

Změna klimatu může být výsledkem přirozených interních procesů v rámci klimatického systému, nebo důsledkem působení externích faktorů jako jsou cykly sluneční aktivity, sopečné výbuchy a trvalé antropogenní vlivy na složení

hlavně o oblasti s opakovanými povodněmi, oblasti v okolí větších lesních celků zasažených trvalou kůrovcovou kalamitou po roce 2015, vyšší horské polohy s nedostatkem sněhových srážek a **městské aglomerace pravidelně zasahované neustále se prodlužujícími horkými vlnami**.

Četnost a intenzita vln veder³ (Elektronický meteorologický slovník 2020) ve městech se v důsledku změny klimatu zvyšuje, což má negativní dopad na zdraví a životní pohodu obyvatel. V městských aglomeracích se zvyšuje akumulace tepla během dne, které se v noci postupně uvolňuje, brzdí přirozené ochlazení v nočních hodinách a způsobuje tak tepelný stres. Aby města mohla čelit tomuto narůstajícímu problému, musí zavést účinné strategie zmírňování dopadů, které umožní snížit teplotu během vln veder. Výskyt a trvání vln veder v Ostravské aglomeraci je možné dokladovat za období 1961–2022, viz následující obrázek. Je zřejmé, že jak počet, tak trvání jednotlivých horkých vln postupně stoupá, přičemž počet ne tak výrazně, což je dáno spojováním více kratších období s horkou vlnou do delších úseků. Podrobnější obecné závěry jsou pro Česko (Holtanová a kol., 2014) a pro střední Evropu (Lhotka, Kyselý, 2015) v literatuře k dispozici.

Obrázek 1.4: Příklad trvání a počtu horkých vln v Ostravě, Opavě a Mošnově v období od roku 1961



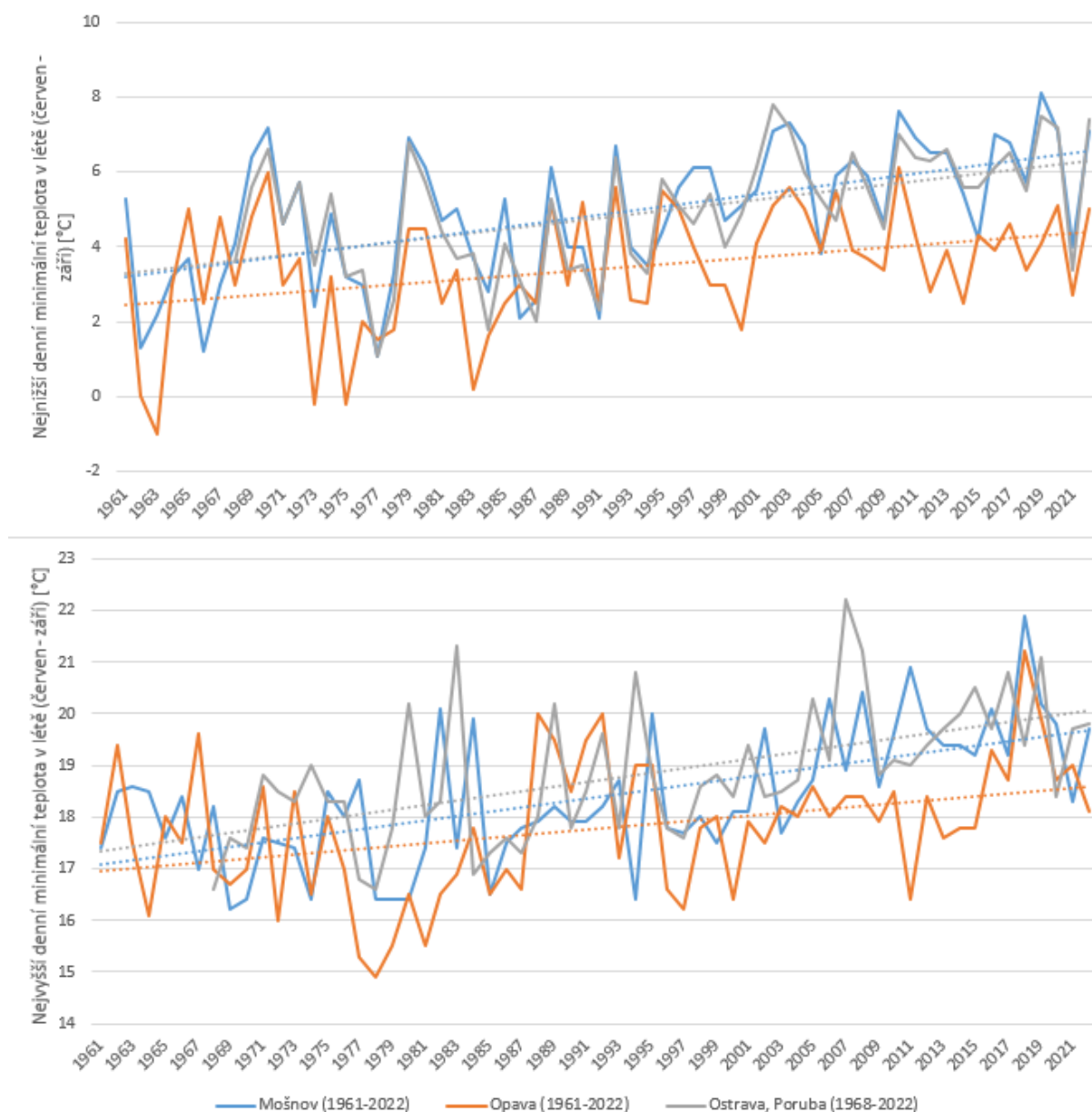
Zdroj: ČHMÚ, 2023.

atmosféry, kvalitu a způsob využití území. Uvedená definice je definicí odborně klimatologickou, z hlediska politického je definice změny klimatu použita v konvenci UNFCCC v následující podobě: změna klimatu, která je přisouzena přímo, či nepřímo lidským aktivitám vedoucím ke globálním změnám složení atmosféry a která je ve srovnatelných časových obdobích pozorována nad rámec přirozené variability klimatu. (PERUN, 2023)

³ Chod počasí v nejteplejší části roku, při němž teplota vzduchu dosahuje obzvláště vysokých hodnot, které přesahují stanovenou prahovou hodnotu. K vymezení vlny veder se nejčastěji využívají denní maxima teploty vzduchu, přičemž prahová hodnota může být dána absolutně (v Česku zpravidla hranice pro horký den 30 °C), nebo relativně vůči statistickému rozdělení hodnot této veličiny (např. 95% percentil nebo dlouhodobý průměr denní maximální teploty pro daný den / období).

Horká vlna však v městském klimatu a v oblastech tzv. městských tepelných ostrovů (Urban Heat Island) pouze indikuje přítomnost širších problémů spojených s atmosférickými procesy. Významné pro člověka i ekosystémy jsou postupné změny denní minimální teploty v letním období (červen–srpen), které znázorňuje následující obrázek. Za posledních 60 let (1961–2022) nám měření dokladují postupný růst denní minimální teploty v průměru o 0,6 °C / 10 let a růst nejvyšší denní minimální teploty o 0,4 °C / 10 let.

Obrázek 1.5: Změna denní minimální teploty na vybraných stanicích v Ostravě, Opavě a Mošnově



Zdroj: ČHMÚ, 2021.

Podle výstupů aktuálních studií shrnutých v jednotlivých hodnotících zprávách IPCC (2021) je nutno očekávat, že budoucí urbanizace zesílí předpokládanou změnu teploty vzduchu ve městech bez ohledu na změny charakteristik klimatického pozadí, což povede k pokračujícímu zvýšení minimálních teplot. Silnější signál se očekává v důsledku kombinace budoucího rozvoje měst a častějšího výskytu extrémních klimatických jevů, jako jsou vlny veder.

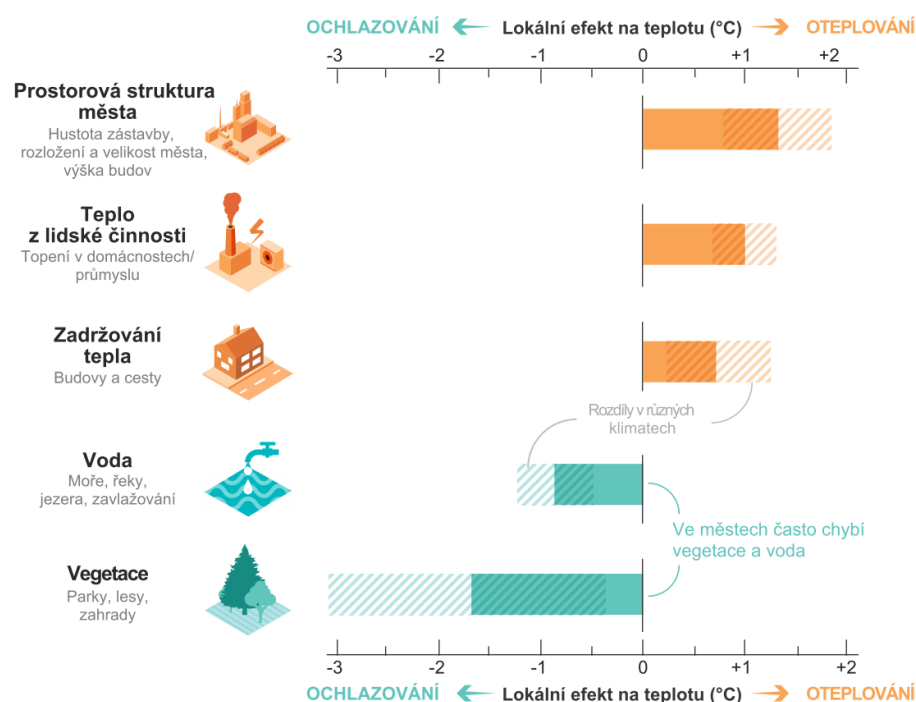
Klima na místní úrovni, jako např. tepelný ostrov města, může být podle klimatických studií aktivně ovlivněno změnami půdního pokryvu a hospodaření s půdou. Vznik efektu městského tepelného ostrova je dán třemi hlavními procesy:

- trojrozměrná geometrie města včetně hustoty zástavby a půdorysné plochy, poměru stran ulic a výšky budov;
- tepelné vlastnosti nepropustných povrchů;
- antropogenní uvolňování tepla ze spotřeby energie v budovách, odpadního tepla z klimatizačních systémů, nebo přímých emisí z průmyslu, dopravy, apod.

Efekt městského tepelného ostrova se tedy zesiluje ve městech, kde chybí vegetace a vodní plochy, které mohou výrazně přispívat k místnímu ochlazování. Pokud je do městské struktury začleněno dostatečné množství vegetace a vody, mohou vyvážit efekt městského tepelného ostrova (zelená a modrá infrastruktura). V meteorologii a klimatologii je efekt městského tepelného ostrova dobře známý a pochopený. Například měřené teploty na stanicích ve městech jsou při výpočtu trendů globálního oteplování korigovány o tento efekt. Dlouhodobá měření efektu městského tepelného ostrova jsou nedostatečná a zatím neumožňují plné pochopení jeho projevu podle místa, klimatických oblastí nebo velikosti. Rovněž nemáme podklady k podrobným analýzám chování tepelných ostrovů ve scénářích budoucího klimatu (IPCC, 2021).

Proto je obtížné posoudit, jak změna klimatu ovlivní efekt městského tepelného ostrova a různé studie se v tomto ohledu rozcházejí. Existuje však velká jistota, že budoucí urbanizace rozšíří oblasti městských tepelných ostrovů, čímž zesílí budoucí oteplování v již dnes urbanizovaných oblastech. Na některých místech může být noční oteplování v důsledku efektu městského tepelného ostrova dokonce řádově stejné jako oteplení očekávané v důsledku změn noční teploty z důvodu změny klimatu způsobené člověkem. Intenzivnější, delší a častější vlny veder způsobené klimatickými změnami budou mít silnější dopad na města a jejich obyvatele. Města jsou již dnes lokálními horkými body, protože jejich struktura, materiál a aktivity v nich vykonávané zachycují a uvolňují teplo a omezují přirozené ochlazovací procesy. Účinek vybraných efektů na ochlazování a oteplování měst shrnuje strukturovaný graf na následujícím obrázku.

Obrázek 1.6: Účinek různých faktorů na oteplování nebo ochlazování ve městech



Zdroj: IPCC, 2021.

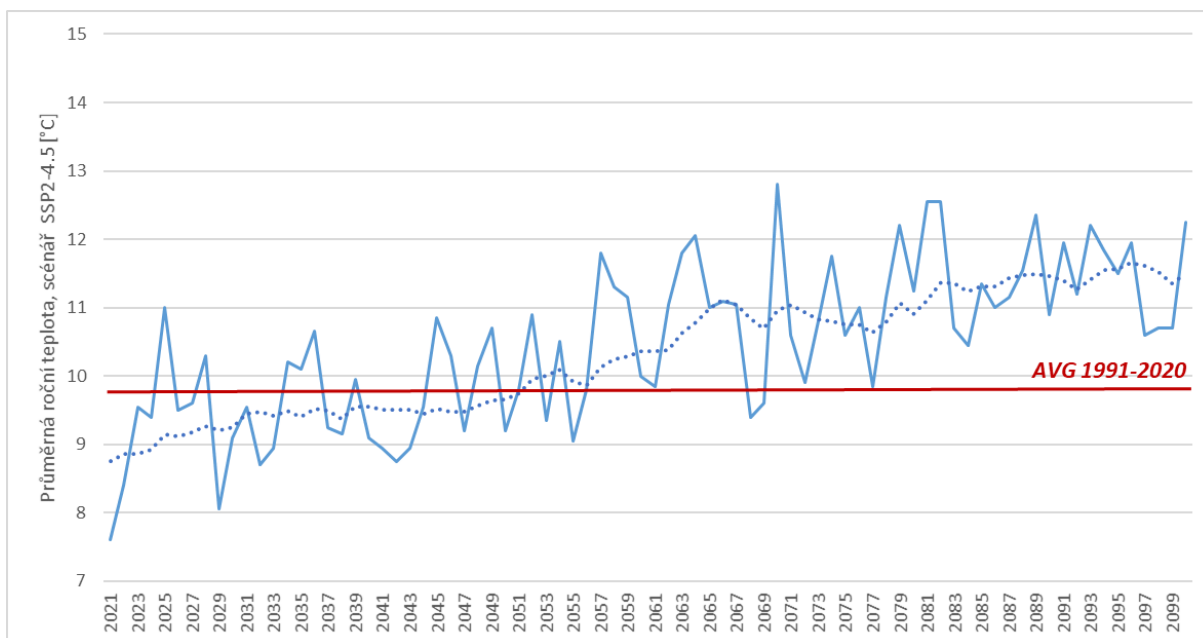
Pozn.: Šrafované plochy v grafu znázorňují, jak se chladící nebo oteplovací efekty mění v závislosti na lokálním klimatu. Např. vegetace má silnější chladící efekt v teplejším podnebí.

Scénáře změny klimatu většinou neobsahují speciální moduly zaměřené na tepelné ostrovy měst, jen pracují s generalizovanými podklady o kvalitě zemského povrchu (Land Use). Z těchto scénářů vyplývá, že urbanizace má zanedbatelný vliv na globální změnu průměrné roční teploty. Rozdílný pozorovaný trend oteplování ve městech ve srovnání s jejich okolím lze však částečně přičíst urbanizaci.

V klimatologii jsou aktuálně používány pro konstrukci klimatických scénářů tzv. ilustrativní scénáře pokrývající možný budoucí vývoj antropogenních faktorů změny klimatu, jež jsou uvedeny v literatuře (IPCC, 2021).

Zde předložená teplota (následující obrázek) je odvozená z modelu ALADIN s použitím scénáře se **středními emisemi skleníkových plynů (SSP2-4.5)** s předpokladem resistance emisí CO₂ přibližně na současné úrovni až do poloviny století. Emise se v jednotlivých scénářích liší v závislosti na socioekonomických předpokladech, úrovni zmírňování změny klimatu a, v případě aerosolů a prekurzorů ozonu (bez CH₄), na kontrole znečištění ovzduší.

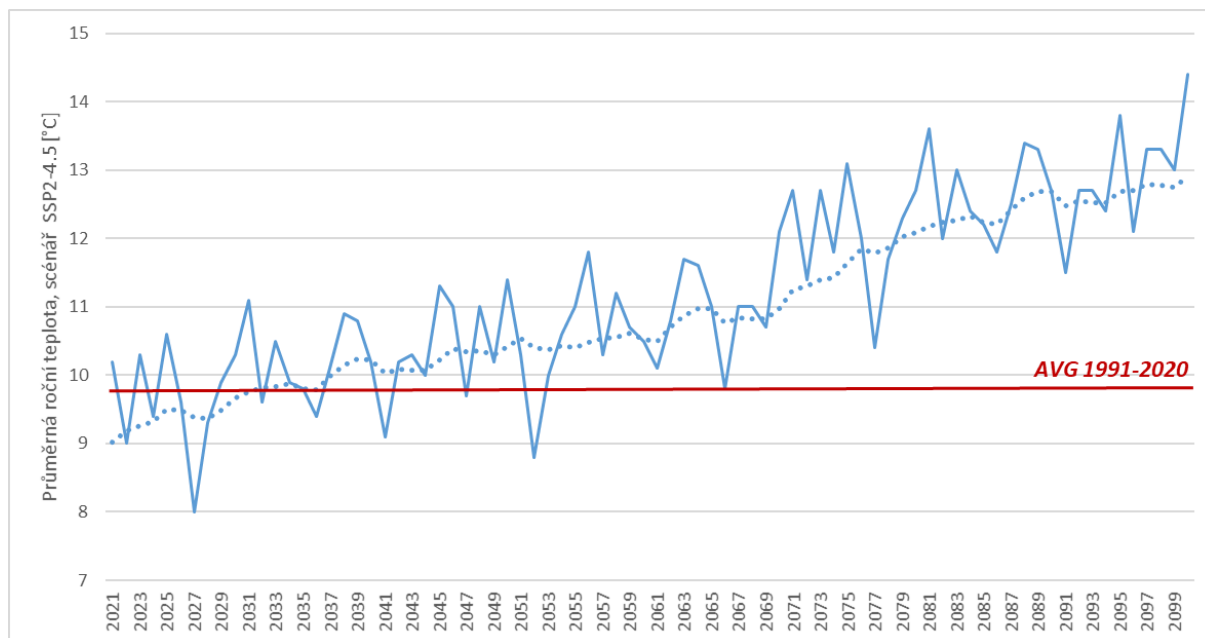
Obrázek 1.7: Odhadovaná průměrná roční teplota v Ostravě podle scénáře SSP2-4.5 v období 2021–2100 (střední scénář)



Zdroj: ČHMÚ, model ALADIN, 2021.

Následující obrázek ukazuje pro porovnání projekci průměrné roční teploty v Ostravě podle modelu ALADIN pro scénář SSP5-8.5, který je založen na **pokračujícím růstu globálních emisí skleníkových plynů** (tzv. BAU – Business As Usual).

Obrázek 1.8: Odhadovaná průměrná roční teplota v Ostravě podle scénáře SSP5-8.5 v období 2021–2100 (pesimistický scénář)



Zdroj: ČHMÚ, model ALADIN, 2021.

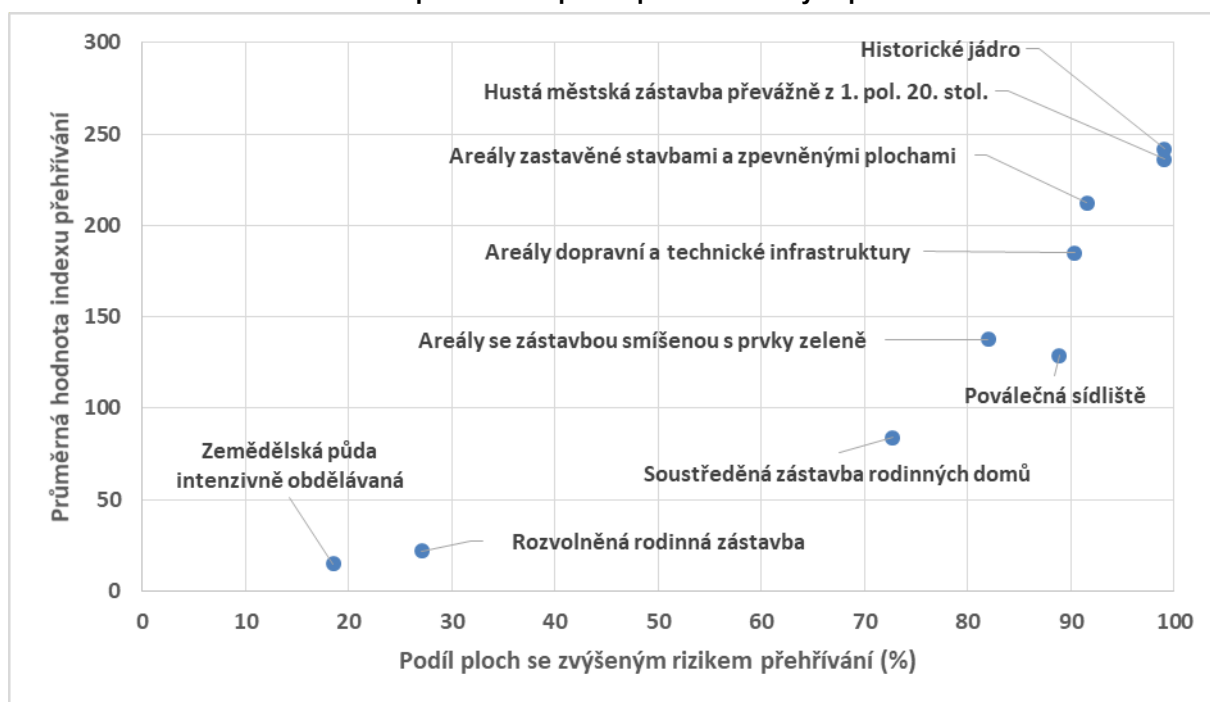
Dostupné scénářové odhady městského tepelného ostrova v podmínkách budoucí změny klimatu jsou velmi nejisté, protože studie využívající různé metody uvádějí protichůdné výsledky. Existuje však velmi vysoká jistota (robustní důkazy a vysoká shoda), že předpokládaná změna městského tepelného ostrova v podmínkách změny klimatu je o jeden řád nižší než předpokládané oteplení městských i venkovských oblastí při teoretické stagnaci růstu měst. Tento závěr vychází ze studií srovnávajících velikosti oteplení v budoucnosti v případě, že se zastavěné oblasti **nebudou dále rozšiřovat**. Oteplení vyvolané změnou klimatu (globálním oteplením) bude o řád vyšší (aktuálně 1,1 °C globálně znamená cca 2,5 °C pro ČR) než oteplení způsobené tepelnými ostrovy samotnými (v průměrech +0,3 °C). Je to modelová teoretická hodnota, měřením to nelze takto odděleně kvantifikovat. Při kombinaci podmínek změny klimatu a scénářů růstu měst existuje velmi vysoká jistota, že budoucí urbanizace zesílí předpokládané zvýšení teploty vzduchu bez ohledu na scénářem definovaný vývoj budoucího klimatu. Urbanizace bude mít silný vliv hlavně na minimální teploty, které by mohly být lokálně srovnatelné s globálním oteplováním způsobeným koncentracemi skleníkových plynů.



2 Analýza rizik pro různé kategorie ploch v území

Prostřednictvím překryvných prostorových analýz byly identifikovány oblasti s rizikem přehřívání a vzniku tepelných ostrovů pro jednotlivé kategorie ploch. Pro stanovení míry ohrožení ploch z hlediska přehřívání a vzniku tepelných ostrovů byla stanovena škála **indexu přehřívání povrchu**⁴, na které hodnoty větší než 50 představují oblasti se zvýšeným rizikem přehřívání.

Obrázek 1.9: Vztah velikosti indexu přehřívání a podílu ploch ohrožených přehříváním



Zdroj: PROCES (2023)

Pro jednotlivé typy ploch byla zjištěna rozloha a procentuální zastoupení oblastí se zvýšeným rizikem přehřívání, průměrná velikost rizika a jeho variabilita (viz následující tabulka). Největší riziko přehřívání s průměrnou hodnotou indexu přehřívání nad 200 bylo v rámci definovaných ploch identifikováno v kategoriích 1 Historické jádro (242), 2 Hustá městská zástavba (236) a 6.1 Areály zastavěné stavbami a zpevněnými plochami (212). Průměrné hodnoty indexu mezi 100 až 200 byly zjištěny u kategorií 6.3 Areály dopravní a technické infrastruktury (185), 6.2 Areály se zástavbou smíšenou s prvky zeleně (138) a 3 Poválečná sídliště (129). Průměrné hodnoty indexu mezi 50 a 100 byly zjištěny u kategorie 4 Soustředěná zástavba rodinných domů (84). Průměrná hodnota indexu přehřívání pod 50 byla pak zjištěna u kategorií 5 Rozvolněná rodinná zástavba (22) a 7 Zemědělská půda intenzivně obdělávaná (15). Celková průměrná hodnota indexu v rámci vybraných ploch v užším jádru Ostravské aglomerace byla 64, pro celé území užšího jádra Ostravské aglomerace bez kategorizovaných ploch pak dosáhla hodnoty 9.

Index rizika přehřívání byl následně rozdělen do pětistupňové škály, představující míru rizika přehřívání.

Tabulka 1.1: Škála indexu rizika přehřívání

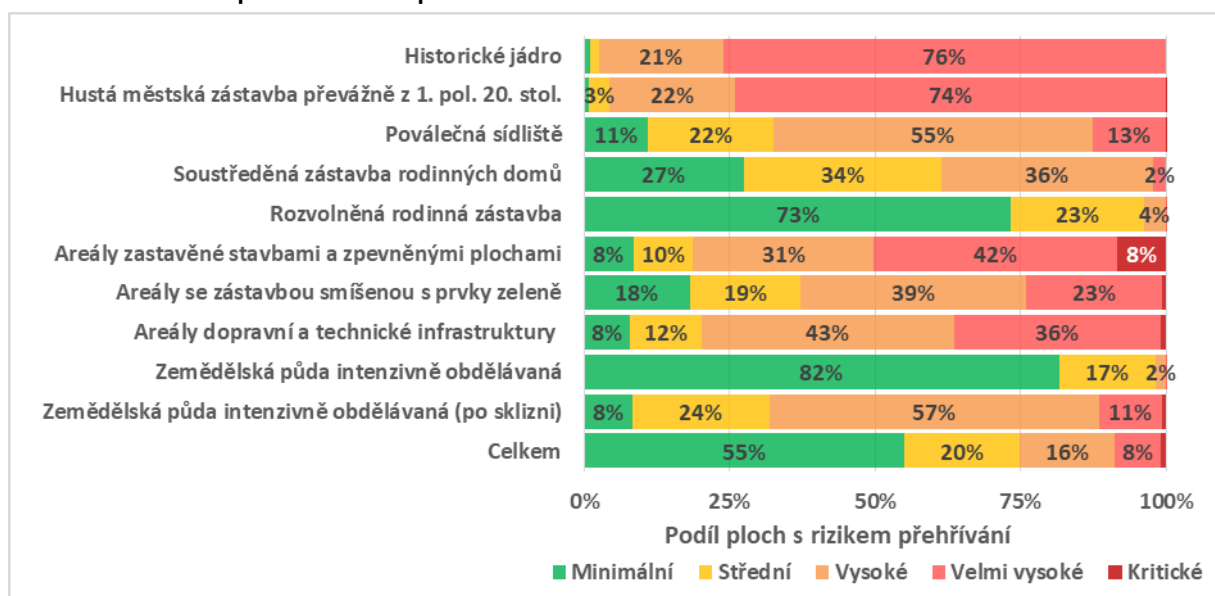
Hodnota indexu	Míra rizika přehřívání
50 a méně	Minimální
51 až 100	Střední
101 až 200	Vysoká
201 až 400	Velmi vysoká
Více než 400	Kritická

⁴ Jedná se o číslo, které vychází ze z-score, jehož hodnota je vynásobena 100.

Tabulka 1.2: Vyhodnocení rozsahu ploch se zvýšeným rizikem přehřívání

Kategorie ploch	Rozloha (ha)	Podíl ploch se zvýšeným rizikem přehřívání (%)	Index přehřívání povrchu				
			Průměr	Směrodatná odchylka	Medián	Mezikvartilové rozpětí	
1	Historické jádro	59,9	99,1	242,0	66,1	246,5	89,2
2	Hustá městská zástavba převážně z 1. pol. 20. stol.	419,4	99,1	236,2	68,8	244,2	89,2
3	Poválečná sídliště	2 766,0	88,9	128,7	64,2	129,1	86,9
4	Soustředěná zástavba rodinných domů	8 640,5	72,7	83,8	58,4	84,5	75,1
5	Rozvolněná rodinná zástavba	5 272,6	27,1	21,8	46,1	23,4	63,4
6.1	Areály zastavěné stavbami a zpevněnými plochami	5 226,2	91,6	212,4	128,5	204,2	159,7
6.2	Areály se zástavbou smíšenou s prvky zeleně	1 250,3	82,0	137,5	96,7	131,4	129,1
6.3	Areály dopravní a technické infrastruktury	828,4	90,4	184,8	104,7	183,1	150,3
7	Zemědělská půda intenzivně obdělávaná	24 185,4	18,5	15,0	40,8	16,4	54,0
9	Kategorizované plochy celkem v řešeném území	48 648,6	44,6	63,8	94,3	42,2	93,9
10	Celé řešené území	98 175,0	28,3	8,9	105,6	4,6	117,4
Vybrané specifické plochy							
6.1.1	Areál hutě Liberty*	630,8	98,2	294,9	124,3	281,7	138,5
6.1.2	Průmyslová zóna Hrabová*	136,0	98,7	349,2	150,0	333,4	192,5
6.1.3	Letiště Leoše Janáčka**	274,9	97,2	137,8	52,2	131,4	51,7
6.1.4	Areál Hyundai Nošovice***	241,0	95,1	220,5	171,4	150,2	173,8
7.1	Zemědělská půda intenzivně obdělávaná (po sklizni†)	24 185,4	91,9	129,2	59,5	125,8	76,6

Zdroj: PROCES (2023), Pozn.: * v řešeném území, ** částečně v řešeném území, *** mimo řešené území, † při tvorbě indexu je zvolen specifický výpočtový postup, podrobněji viz kapitola analýza teploty povrchu v dokumentu Shrnutí metodického postupu

Obrázek 1.10: Podíl ploch s rizikem přehřívání


Zdroj: PROCES (2023)

Pro ověření metody byly vybrány 4 areály. Nejvyšších hodnot indexu přehřívání dosáhla průmyslová zóna Hrabová (349), jedná se o relativně malé území o rozloze 136 ha, které je velice kompaktní, proto index dosahuje takto vysokých hodnot. V areálu hutě Liberty je hodnota indexu nižší (295), jelikož se jedná o téměř 5x větší areál a je zde více rozptýlená zástavba s prvky vzrostlé zeleně. Letiště Leoše Janáčka, ležící na hranici řešeného území, dosahuje nejnižších hodnot z analyzovaných areálů (138). Pro kontrolu mimo řešené území byl vybrán areál Hyundai Nošovice, kde index dosáhl relativně vysoké průměrné hodnoty (221).

Zemědělská půda se vyznačuje rozdílnými hodnotami indexu přehřívání v závislosti na vegetačním pokryvu, proto byl sestaven speciální výpočet. Zemědělská půda s vegetací dosahuje velikosti indexu 15, pro půdu bez vegetačního pokryvu (po sklizni) je tento index 129, což představuje hodnoty podobné sídlištím, popř. Letišti Leoše Janáčka.

Součástí analytické části jsou následující mapové výstupy:

- 1 – Kategorizace území
 - 1.1 – Kategorizace území na podkladu ortofotomapy
 - 1.2 – Kategorizace území na podkladu základní mapy
- 2 – Riziko přehřívání
 - 2.1 – Riziko přehřívání na podkladu ortofotomapy
 - 2.2 – Riziko přehřívání na podkladu základní mapy
- 3 – Syntéza kategorizace území a rizika přehřívání na podkladu základní mapy



3 Opatření pro omezení nebo zmírnění přehřívání povrchu v sídlech a zvyšování teploty ovzduší

Na základě výsledků prověření stavu území z hlediska přehřívání jsou navržena opatření pro omezení nebo zmírnění přehřívání povrchů v sídlech a zvyšování teploty ovzduší. Tato opatření jsou lokalizována pro jednotlivé kategorie vyhodnocených ploch. Jsou ověřeny možnosti využití konkrétního řešeného území, zastavitelných nebo přestavbových ploch, nebo vybrané části nezastavěného území z hlediska komplexního řešení rizika přehřívání jak pro stávající plochy (zmírnění dopadů nárůstu teplot na zastavěné území), tak pro zastavitelné, návrhové plochy (např. opatření umožňující výsadbu zeleně nebo urbanistické řešení podporující proudění vzduchu). Pro nejvíce ohrožené kategorie ploch jsou navržena vhodná typová opatření pro omezení nebo zmírnění přehřívání povrchů v sídlech a zvyšování teploty ovzduší.

Opatření jsou dále členěna do následujících typů opatření:

1. Zeleň v urbanizovaném prostoru
2. Hospodaření s vodou ve veřejném prostoru
3. Stavebně-technická adaptační opatření ve veřejném prostoru
4. Hospodaření v krajině
5. Energetický management
6. Stavební opatření na budovách
7. Opatření na technických zařízeních budov
8. Obnovitelné zdroje energie
9. Čistá mobilita
10. Hospodaření s vodou na budovách
11. Komunitní energetika

Kvůli možnosti implementace opatření do územně plánovací dokumentace budou tato posouzena ve vztahu k Příloze č. 7 a Příloze č. 11 vyhlášky č. 500/2006 Sb., o územně plánovacích podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti (dále též jen vyhlášky ÚP), konkrétně ve vztahu ke stanovení podmínek pro využití ploch s rozdílným způsobem využití a stanovení podmínek prostorového uspořádání v územních plánech a také ve vztahu ke stanovení podrobných podmínek pro vymezení a využití pozemků a umístění a prostorové řešení staveb v regulačních plánech. Budou navržena, prověřena a posouzena možná řešení problému přehřívání.

Opatření zamezující nadměrnému přehřívání a zlepšující klima v sídlech budou rozdělena do následujících skupin:

- **První skupinou budou opatření**, která lze v územně plánovací dokumentaci konkrétně navrhnout nebo lze stanovit podmínky pro jejich realizaci.
- **Druhou skupinou budou opatření**, která nelze promítnout do územně plánovací dokumentace a lze je brát pouze jako doporučení.

Pro druhou skupinu je zpracován Manuál adaptačních opatření proti přehřívání sídel nad rámec účelu územní studie stanoveného § 25 a § 30 stavebního zákona, který je určen pro samosprávy obcí, správní orgány i širokou veřejnost. V manuálu pro jednotlivé kategorie území budou uvedena typová opatření s doporučením pro snížení rizika přehřívání s výčtem optimálních adaptačních opatření. Rovněž je možná synergie mezi opatřeními v území, která mohou být i vzájemně podmíněná, vzájemně se doplňují a/nebo jejich realizace generuje synergické efekty (např. výsadba stromů z důvodu zastínění prostoru, ale než stromy vyrostou, možnost dočasného zastínění prostoru pergolou). Pro jednotlivé kategorie území bude u identifikovaných vhodných opatření, pokud existuje, krátce popsána i potenciální synergie mezi opatřeními, která se dají vhodně kombinovat.

První skupina – Opatření, která lze řešit v územně plánovací dokumentaci

Typ opatření	Název opatření	Příklady aktivit/projektů	Způsob zpracování v ÚPD
Zeleň v urbanizovaném prostoru	1. Výsadby v ulicích, ve veřejném prostoru a u nové výstavby	Stromy a keře ve zpevněných plochách / úzkých ulicích	ÚP – Je možné navrhnout plochu zeleně. RP – Je možné navrhnout plochu zeleně, solitérní stromy nebo liniový prvek – stromořadí.
		Stromy a keře v nezpevněných plochách, ve volné půdě	
	2. Plošná zeleň v sídlech	Krajinné trávníky a extenzivní květnaté louky	ÚP – Je možné navrhnout plochu zeleně. Je možné stanovit podmínku prostorového uspořádání určující procentuální podíl ploch zeleně v plochách určených k zástavbě. RP – Je možné navrhnout plochu zeleně. Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb určující procentuální podíl ploch zeleně v plochách určených k zástavbě.
		Parkový trávník	
		Parterový trávník	
	Hospodaření s vodou ve veřejném prostoru	3. Propustné a polopropustné povrchy bez vegetačního krytu	Štěrk, mlat, mechanicky zpevněné kamenivo, kamenná drť
Porézní dlažba, propustný asfalt/beton			
Recyklovaná guma			
4. Propustné a polopropustné povrchy s vegetačním krytem		Štěrkový trávník	ÚP – x RP – Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb stanovující nutnost použití propustného (polopropustného) povrchu.
		Dlažba s širokými spárami, vegetační tvárnice, plastové zatravnovací rošty	
5. Chlazení veřejného prostoru vodními prvky		Vodní herní prvky na veřejném prostranství	Malé vodní plochy, rybníky
	Chladicí místa jako místa setkávání (mlžítka)		
Stavebně-technická adaptační opatření ve veřejném prostoru	6. Stínění veřejného prostoru využitím umělých konstrukcí	Stínění míst určených k pobytu (pískoviště, hřiště, zastávky veř. dopravy, posezení)	ÚP – x RP – Je možné navrhnout stavbu ke stínění. Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb stanovující nutnost použití stínících prvků.
		Stíněné parkování snižující letní přehřívání	
		Stínění pomocí fotovoltaických panelů	

Typ opatření	Název opatření	Příklady aktivit/projektů	Způsob zpracování v ÚPD
Hospodaření v krajině	7. Výsadby v krajině	Liniová zeleň (aleje, doprovodná zeleň,...)	ÚP – Je možné navrhnout plochu zeleně, lesní, přírodní, smíšenou nezastavěného území. RP – Je možné navrhnout plochu zeleně, solitérní stromy nebo liniový prvek – stromořadí.
		Plošná zeleň vč. keřového patra, plošné zatravnění, plošné zalesnění	
		Solitérní stromy a skupinová zeleň	
		Větrolamy a ochranná dřevinná výsadba	
	8. Vodní prvky v krajině	Retenční tůně	ÚP – Je možné navrhnout plochu vodní a vodohospodářskou. RP – Je možné navrhnout vodní plochu, plochu pro mokřad.
		Mokřad	
	9. Přírodě blízká protipovodňová opatření v ploše povodí	Vsakovací průleh	ÚP – Je možné navrhnout plochu zeleně, smíšenou nezastavěného území pro průleh. Je možné navrhnout plochu nebo koridor protipovodňového opatření. RP – Je možné navrhnout plochu zeleně pro průleh. Je možné navrhnout stavbu protipovodňového opatření.
		Liniové retenční prvky (hrázka, mez, protierozní cesta, ...) – vrstevnicově orientovaná	
	10. Přírodě blízká protipovodňová opatření na vodních tocích	Umožnění rozlivu do nivy	ÚP – Je možné navrhnout plochu vodní a vodohospodářskou. Je možné navrhnout plochu zeleně, smíšenou nezastavěného území pro průleh. Je možné navrhnout úsek toku k revitalizaci. RP – Je možné navrhnout plochu rozlivu, plochu retenčního prostoru, plochu pro suchou nádrž, plochu pro průleh. Je možné navrhnout plochu zeleně pro průleh. Je možné navrhnout úsek toku k revitalizaci.
		Revitalizace toku	
Revitalizace nivy			
Retenční prostor v malých vodních nádržích			
Suchá nádrž			
Záchytný, retenční, odváděcí průleh/příkop			
Opatření na technických zařízeních budov	11. Optimalizace plochy prosklených částí budov		ÚP – x RP – Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb určující procentuální podíl prosklených ploch na fasádách staveb.
	12. Zeleň jako součást budovy	Zelené střechy Zelené fasády	ÚP – x RP – Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb stanovující nutnost použití zelené střechy nebo fasády.

Typ opatření	Název opatření	Příklady aktivit/projektů	Způsob zpracování v ÚPD
	13. Stínění na budovách	Aktivní stínění	ÚP – x RP – Je možné stanovit podmínku pro umístění a prostorové uspořádání staveb stanovující nutnost použití stínění na stavbách.
		Pasivní stínění	
	14. Zdroje vytápění	Zdroj vytápění – tepelné čerpadlo	ÚP – Je možné stanovit koncepci zásobování teplem. RP – Je možné stanovit koncepci zásobování teplem. Je možné navrhnout způsob vytápění staveb.
		Zdroje vytápění – ostatní	
Obnovitelné zdroje energie	15. Obnovitelné zdroje energie	Obnovitelné zdroje energie – výroba elektřiny	ÚP – Je možné stanovit koncepci zásobování el. energií, teplem. RP – Je možné stanovit koncepci zásobování el. energií, teplem. Je možné navrhnout způsob zásobování staveb el. energií, teplem.
		Obnovitelné zdroje energie – výroba tepla	
		Obnovitelné zdroje energie – ostatní	
Čistá mobilita	16. Pěší a cyklistická doprava	Chodník	ÚP – Je možné navrhnout koridor pro chodník. RP – Je možné navrhnout chodník.
		Cyklostezka	



4 Přílohy

Výkresová část

Přehledné výkresy v měřítku 1 : 50 000

A – Riziko přehřívání

A.1 – Riziko přehřívání na podkladu ortofotomapy

A.2 – Riziko přehřívání na podkladu základní mapy

B – Navržená opatření v kategoriích ploch

B.1 – Navržená opatření v kategoriích ploch na podkladu ortofotomapy

B.2 – Navržená opatření v kategoriích ploch na podkladu základní mapy

C – Syntéza kategorizace území a rizika přehřívání na podkladu základní mapy

Dílčí výkresy lokalit s rizikem přehřívání v měřítku 1 : 10 000

a1-7 – Riziko přehřívání na podkladu základní mapy

b1-7 – Navržená opatření v kategoriích ploch na podkladu základní mapy

c1-7 – Syntéza kategorizace území a rizika přehřívání na podkladu základní mapy

5 Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- 1) Adaptterra Awards (2023): *Databáze příkladů*. [online]. Nadace partnerství. [cit. 12.01.2023]. Dostupné z: <https://www.adaptterraawards.cz/cs/Databaze>
- 2) ASIO (2022): *Proč se město přehřívá*. [online]. 2022 [cit. 03.01.2023]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/1311.proc-se-mesto-prehriva>
- 3) Avdan U, Janovska G. (2016): *Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data*. Research Institute of Earth and Space Sciences, Anadolu University, Iki Eylul Campus, 26555 Eskisehir, Turkey
- 4) Český hydrometeorologický ústav (2019): *Aktualizace Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR z roku 2015*. [online]. 2019 [cit. 05.01.2023]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-Aktualizovana_studie_2019-20200128.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-Aktualizovana_studie_2019-20200128.pdf)
- 5) ČSÚ (2021): *Výsledky sčítání 2021 - otevřená data*. [online]. 2021 [cit.03.01.2023]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vysledky-scitani-2021-otevrena-data>
- 6) Elektronický meteorologický slovník (2020): *Meteorologický slovník výkladový a terminologický, ČMeS* [online]. [cit. 02.01.2023]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>
- 7) ESRI (2023): *Webová nápověda pro ArcGIS Desktop*. [online]. 2023 [cit. 02.01.2023]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>
- 8) Gilabert, J., Ventura, S. a kol. (2021): *Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute?* Urban Climate, Volume 37, 100863, ISSN 2212-0955. doi: 10.1016/j.uclim.2021.100863
- 9) Holtanová, E., Valeriánová, A. a kol. (2014): *Heat wave of august 2012 in the Czech Republic: comparison of two approaches to assess high temperature event*. Stud. Geophys. Geod., 59, doi: 10.1007/s11200-014-0805-6
- 10) Horák, J. (2011): *Prostorové analýzy dat*. 2011. 3 vyd. VŠB-TU Ostrava. 127 s.
- 11) IPCC: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A. a kol. (2021):. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.* doi:10.1017/9781009157896
- 12) Katedra fyziky atmosféry MFF UK (2012): *Klima, klimatický systém, klimatické modely*. [online]. Univerzita Karlova v Praze, Praha. [cit. 10.01.2023]. Dostupné z: <https://kfa.mff.cuni.cz/?p=57>
- 13) Lhotka, O., Kyselý, J. (2015): *Characterizing joint effects of spatial extent, temperature magnitude and duration of heat waves and cold spells over Central Europe*. Int. J. Climatol., 35, doi: 10.1002/joc.4050
- 14) LIFE Tree Check (2023): *Webové stránky projektu*. [online]. Nadace partnerství. [cit. 12.01.2023]. Dostupné z: <https://www.lifetreecheck.eu/cs/>
- 15) Ma, Y., Kuang, Y., Huang, N. (2010): *Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.2010, 12, 110–118
- 16) Maceková, M. (2022): *Příjemné a odolné město: Možnosti snižování tepelného ostrova města pomocí přírodě blízkých řešení*. Nadace partnerství, Brno, 2022.
- 17) MŽP (2021): *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR: 1. aktualizace pro období 2021 – 2030*. [online]. 2021 [cit. 12.01.2023]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$FILE/OEOK_Narodni_adaptacni_strategie-aktualizace_20212610.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK_Narodni_adaptacni_strategie-aktualizace_20212610.pdf)

- 18) Němec, J., Pojer, F. (2007): *Krajina v České republice*. Consult Praha, 399 s. Praha. ISBN 80-903482-3-8
- 19) Oke, T. R. (1982): *The energetic basis of the urban heat island*. [online]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, [cit. 10.01.2023]. 108: 1-24. Dostupné z: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49710845502>
- 20) PERUN (2023): *Slovník pojmů z oblasti rizik a dopadů změny klimatu*. [online]. 2023 [cit. 07.01.2023]. Dostupné z: <https://www.perun-klima.cz/slovník.html>
- 21) Tukey, J. W. (1977): *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley. ISBN 978-0201076165
- 22) Ústav výzkumu globální změny AV ČR (2023): *Webové stránky Klimatická změna*. [online]. 2023 [cit. 03.01.2023]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/>
- 23) Vacík, P. (2013): *Statistický model charakteru tepelného ostrova středoevropských měst*. [online]. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. [cit. 10.01.2023]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/55130/DPTX_2011_2_11310_0_362422_0_117469.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 24) Zhang, Y. a kol. (2009): *Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 11, 2009, s. 256-264. ISBN 0303-2434.



**LIFE
COALA**

2023