

Strategie adaptace hl. m. Prahy na změnu klimatu

Analýza dopadů klimatické změny v Praze

Zpracoval:

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i. (CzechGlobe)
ve spolupráci s IPR Praha a OCP MHMP

2016

Účel strategie:

Snížení zranitelnosti hlavního města Prahy vůči dopadům změny klimatu s cílem zabezpečení kvalitního životního prostředí pro obyvatele města v budoucnosti.

Vize strategie:

Zvýšení dlouhodobé odolnosti a snížení zranitelnosti hlavního města Prahy vůči dopadům změny klimatu postupnou realizací vhodných adaptačních opatření (s přednostním využitím ekosystémově založených opatření, v kombinaci s šedými (technickými) a měkkými opatřeními) s cílem zabezpečení kvality života obyvatel města.

Obsah

1. Úvod	5
1.1 Mezinárodní a národní rámec adaptací na změnu klimatu.....	5
1.2 Hlavní město Praha a iniciativa Mayors Adapt.....	6
1.3 Přístupy k rozvoji adaptací v hlavním městě	7
2. Pozorované a očekávané projevy změny klimatu a její dopady v hlavním městě Praze.....	9
2.1 Pozorované projevy změny klimatu v Praze.....	9
2.1.1 Teplota.....	9
2.1.2 Srážky.....	10
2.2 Očekávané projevy klimatické změny na území hlavního města Prahy.....	12
2.2.1 Teploty.....	12
2.2.2 Srážky.....	13
2.3 Pozorované a očekávané dopady změny klimatu v Praze.....	15
2.3.1 Vlny horka a tepelný ostrov města.....	15
2.3.2 Povodně a nedostatečné zasakování srážkové vody.....	17
2.3.3 Sucho	20
2.4 Projevy a dopady změny klimatu v Praze: shrnutí	21
3. Hodnocení zranitelnosti hlavního města Prahy.....	22
3.1 Metodický rámec hodnocení zranitelnosti.....	22
3.2 Vlny horka a nárůst tepelného ostrova města	23
3.3 Extrémní srážky a nedostatečné zasakování srážkové vody ve městě.....	27
3.4 Hodnocení zranitelnosti: shrnutí.....	31
Reference:	32

Seznam obrázků

Obrázek 1 Adaptační cyklus k rozvoji adaptací ve městě.....	8
Obrázek 2 Průměrná roční teplota v Praze a okolí v období 1961–2013.....	9
Obrázek 3 Průměrné roční teploty vzduchu (°C) v období 1775–2015 na stanici Praha-Klementinum	10
Obrázek 4 Roční úhrny srážek v období 1961 – 2015 na vybraných stanicích na území Prahy	11
Obrázek 5 Nárůst počtu tropických dní pro scénáře RCP4.5, RCP8.5 pro období blízké (2021-2040) a vzdálené budoucnosti (2081-2100), v porovnání s referenčním stavem (1981-2010)	13
Obrázek 6 Průměrná suma ročních srážek v Praze a jejich predikce do budoucnosti na základě klimatických modelů EURO-CORDEX (RCP 4,5 – oranžová; RCP 8,5 – červená).....	14
Obrázek 7 Městský tepelný ostrov – průběh teplot během dne a noci.....	15
Obrázek 8 Roční chod intenzity tepelného ostrova v Praze.....	16

Obrázek 9 Měření jasové teploty družicí Landsat-8 nad Prahou dne 24. 6. 2016 v 12:00.....	17
Obrázek 10 Povodně v minulosti 1830-2013	17
Obrázek 11 Schéma s vyznačením záplavových území na území hl.m. Prahy	18
Obrázek 12 Povodně a území rozlivu na Botiči a na Rokytce v Praze 2013	19
Obrázek 13 Relativní změny v průtocích pro povodňové stavy s pravděpodobnou četností výskytu jednou za sto let (Q100): srovnání mezi obdobími 1961-1990 a scénářem A1B pro období 2071-2100	20
Obrázek 14 Metodický rámec zranitelnosti	22
Obrázek 15 Zranitelnost obyvatel hlavního města Prahy vůči dopadům vln horka.....	25
Obrázek 16 Citlivost a adaptivní kapacita obyvatel hlavního města Prahy a městského prostředí vůči dopadům vln horka	26
Obrázek 17 Srovnání podílu zastoupení jednotlivých tříd hodnot zranitelnosti vůči dopadům vln horka pro současnost a oba RCP scénáře.....	27
Obrázek 18 Citlivost a adaptivní kapacita obyvatel hlavního města Prahy a městského prostředí vůči dopadům srážek (nedostatečné zasakování) a extrémních srážek.	29
Obrázek 19 Zranitelnost obyvatel hlavního města Prahy vůči dopadům nedostatečného vsakování srážek.....	30
Obrázek 20 Srovnání podílu zastoupení jednotlivých tříd hodnot zranitelnosti vůči nedostatečnému zasakování srážek	31

Seznam tabulek

Tabulka 1 Změny průměrných teplot (°C) a srážkových úhrnů (podíly úhrnů) mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2010.....	11
Tabulka 2 Modelované hodnoty vybraných teplotních charakteristik v hlavním městě Praha pro období 2021-2040, 2081-2100 a referenční stav za období 1981-2010.	12
Tabulka 3 Indikátory použité k hodnocení zranitelnosti města vůči vlnám horka.....	23
Tabulka 4 Indikátory pro hodnocení zranitelnosti města – extrémní srážky a nedostatečné zasakování srážkové vody.....	28

1. Úvod

Česká republika v posledních dekáдах čelí zvýšené četnosti extrémních projevů počasí souvisejících s měnícím se klimatem. Klimatická změna v České republice se projevuje zvýšením průměrné roční teploty vzduchu (dosavadní tempo růstu bylo cca 0,3 °C za dekádu) - do roku 2030 se očekává na našem území další nárůst o 1 °C (a např. průměrná roční teplota v dekáde 2005 – 2014 vzrostla o 0,9 °C oproti období 1961 – 1990), a podle předpovědí má průměrná roční teplota do roku 2100 dále vzrůst o několik °C. Zvyšuje se také pravděpodobnost výskytu, intenzity i délky trvání epizod s extrémně vysokými teplotami, roste počet tropických dní ($T_{\max} > 30$ °C) a nocí ($T_{\min} > 20$ °C), který je navíc negativně zesílen efektem městského tepelného ostrova.

Dalšími očekávanými, ale zároveň již probíhajícími změnami prochází hydrologický cyklus a distribuce srážek v čase a prostoru: roste riziko přívalových dešťů a následných lokálních povodní a roste rovněž rozkolísanost průtoků (sucha vs. povodně). Očekává se, že zimní úhrny srážek se budou zvyšovat a letní srážkové úhrny budou naopak klesat, významně vzroste počet dnů bezesrážkového období a riziko vzniku sucha. Je predikována zvyšující se četnost extrémních povětrnostních jevů (vichřice, tornáda).

Adaptační strategie je zaměřená na zachování vodních, půdních a biologických složek přírody a krajiny a zachování a obnovu ekosystémů odolných vůči změně klimatu přispívajících k prevenci katastrof. Navazujícím cílem je připravit a na místní úrovni (úrovni města) formulovat strategii zohledňující specifika sídelní krajiny, charakteristické vysokou hustotou zalidněnosti, vysokým podílem zastavěného území a zpevněných ploch, a vysokou koncentrací hospodářské, technické i dopravní infrastruktury.

1.1 Mezinárodní a národní rámec adaptací na změnu klimatu

Problematikou adaptací na změnu klimatu a nutností omezovat dopady změny klimatu na společnost se zabývá řada mezinárodních dohod a evropských koncepcí a strategií. Jedná se zejména o Pařížskou dohodu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu uzavřenou v prosinci 2015 (*Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*) a Sendajský rámec pro omezování důsledků katastrof 2015-2030 (*Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*).

Téma připravenosti a včasné reakce na výše uvedené pozorované současné a očekávané budoucí projevy změny klimatu a předcházení škodám, které mohou být těmito změnami způsobené, patří k prioritním tématům environmentální politiky Evropské unie. Evropská komise v této souvislosti zpracovala společnou Adaptační strategii EU (duben 2013), která představuje dlouhodobou strategii pro zvýšení odolnosti EU vůči negativním dopadům změny klimatu na všech úrovních. Na evropské úrovni se jedná zejména o Strategii EU přizpůsobení se změně klimatu (*An EU Strategy on adaptation to climate change*) a Strategii EU v oblasti ochrany biologické rozmanitosti do roku 2020 (*EU Biodiversity Strategy to 2020*). Jedním ze zásadních informačních nástrojů je portál CLIMATE-ADAPT (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>) - evropská platforma pro sdílení informací v oblasti adaptací na změnu klimatu, jejímž cílem je podpořit členské státy v přípravě a implementaci

adaptačních strategií a opatření na úrovni států, regionů, či měst. V nedávné době Evropská Environmentální Agentura publikovala report zaměřený na zmapování současného stavu adaptací v evropských městech s názvem „*Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate*“.

Přizpůsobení se změně klimatu vyžaduje aktivní přístup také na úrovni jednotlivých členských států. Dne 26. října 2015 byla Usnesením vlády České republiky č. 861 schválena *Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách České republiky* (tzv. Národní adaptační strategie; NAS), která představuje sektorově pojatý rámec pro rozvoj a implementaci adaptačních strategií v ČR. Tento dokument prezentuje zpracované projekce dalšího vývoje klimatu na území ČR, identifikuje prioritní oblasti hospodářství a životního prostředí, uvádí do kontextu adaptační opatření navrhovaná v rámci různých strategických složkových (sektorových) dokumentů a doplňuje směry adaptačních opatření v oblastech, pro které taková opatření zpracována nebyla.

V rámci NAS je jedním z řešených sektorů urbanizovaná krajina, kde je představen přehled hlavních výzev v oblasti adaptací na změny klimatu ve městech a doporučení z hlediska vhodných adaptačních opatření. Na Národní adaptační strategii bude navazovat Adaptační akční plán (v roce 2016 ve fázi přípravy), který stanoví konkrétní návrhy (záměry) realizace adaptačních opatření v prioritních oblastech, včetně rozdělení odpovědnosti, identifikace vhodných zdrojů pro financování a výpočtu nákladů na realizaci opatření.

Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, který je implementačním dokumentem Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015), byl schválen usnesením vlády č. 34 ze dne 16. ledna 2017.

Všechny tyto strategické dokumenty a koncepce uznávají klimatickou změnu jako zdroj potenciálního ohrožení pro společnost a přírodní prostředí, přičemž adaptace na tyto změny považují za nejvýznamnější cestu k omezení jejich negativních dopadů.

1.2 Hlavní město Praha a iniciativa Mayors Adapt

Rámcovým přístupem pro ekosystémové uvažování v širším slova smyslu, (zastavení fragmentace krajiny, vytvořené rozsáhlé funkční sítě ÚSES, propojení ekosystémových služeb a zhodnocení přírodního kapitálu) je tzv. **Zelená infrastruktura**. K tomuto komplexnímu přístupu se kromě NAS odvolává například již probíhající projekt **UrbanAdapt** (<http://urbanadapt.cz>) s cílem reagovat na možné dopady změny klimatu ve městech, spustit a rozvíjet proces přípravy adaptačních strategií měst, navrhnout a vyhodnotit vhodná ekosystémově založená adaptační opatření v pilotních urbánních oblastech ČR (Praha, Brno, Plzeň), kde IPR je jedním z projektových partnerů z řad zástupců měst.

Nápomocným nástrojem k rozvoji urbánních adaptací je iniciativa **Mayors Adapt**, která je součástí Paktu starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky. **Závazkem členský měst je vytvoření adaptační strategie zapojeného města do dvou let od podepsání iniciativy**. Součástí projektu je partnerská spolupráce mezi členskými městy za účelem vzdělávání, inspirace a důležité spolupráce mezi jednotlivými řešiteli. Rozhodnutím Rady hl. m. Prahy č. 3213 ze dne 12. 12. 2015 a podpisem přihlášky se hl. m. Praha stalo členem iniciativy Mayors Adapt, a tím přijalo závazek vypracovat strategii adaptace na klimatickou změnu, pravidelně sledovat a hodnotit proces a průběh adaptačních

opatření, včetně hodnocení rizik, a vypracování hodnotící zprávy (každý druhý rok). (Pokud tento závazek nebude dodržen, bude účast hl. m. Prahy na iniciativě Mayors Adapt pozastavena). Řešením tohoto závazku je vypracování návrhu Strategie adaptace hl. m. Prahy na klimatickou změnu Odborem ochrany prostředí MHMP v součinnosti s IPR Praha.

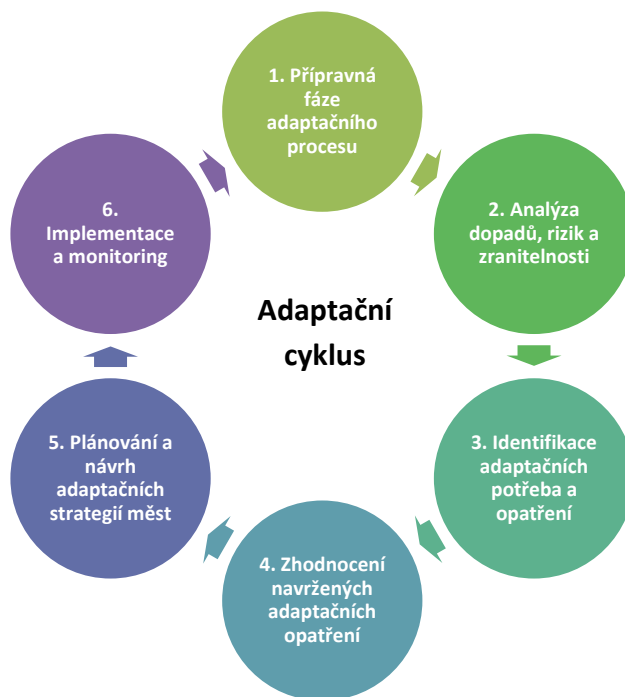
V rámci iniciativy Mayors Adapt byl jako partnerské město pro Prahu navržen Mnichov (SRN), který disponuje bohatými zkušenostmi v oblasti prevence povodní (kontinentální klima, které je silně ovlivňováno blízkostí Alp, je příčinou zvýšeného výskytu srážek a přívalem dešťů s bouřkami), konfrontace s extrémními výkyvy teplot, suchem a rostoucí populací, vedly vedení města k přijetí implementační strategie pro adaptaci na klimatické změny (Strategic Guidelines on Climate Change Mitigation and Adaptation – Implementation Strategy 2012), která byla vytvořena ve spolupráci se všemi příslušnými sekcemi v rámci správy města. Nejvýznamnějším prvkem této strategie je plán prevence povodňových rizik, zahrnující obnovení přírodních poměrů na kanálu řeky Isar z důvodu prevence škod způsobených přívalem deště, zároveň s cílem zajistit ochranu a vytváření biotopů pro na vodu vázané druhy živočichů i rostlin, zvyšování samočisticí schopnosti vodního toku a v neposlední řadě vytvoření rekreačních prostor pro občany města.

1.3 Přístupy k rozvoji adaptací v hlavním městě

Adaptace na změnu klimatu ve městech je velmi specifická - kromě populace, je ve městech koncentrován vysoký podíl ekonomických a společenských aktivit a města jsou rovněž významným producentem skleníkových plynů. Z těchto důvodů je nezbytné hledat vhodná dlouhodobá řešení pro integraci adaptačních opatření do rozhodovacích procesů a podpořit implementaci těchto opatření do komunální praxe.

Adaptační opatření se zpravidla rozdělují na takzvaná „zelená a modrá“ opatření (ekosystémově založená, přírodě blízká opatření s využitím vegetace a vody), „šedá“ opatření (stavební a technická opatření) a „měkká“ opatření (změny chování společnosti, systémy včasného varování, poskytování informací apod.). Ekosystémově založená adaptační opatření (přírodě blízká adaptační opatření využívající zelenou a modrou infrastrukturu) jsou klíčovým typem opatření pro přizpůsobení se urbánních oblastí probíhajícím a očekávaným budoucím dopadům změn klimatu. Přírodě blízká řešení mají široké spektrum využití, jelikož efektivně, dlouhodobě a racionálně snižují zranitelnost vůči dopadům změny klimatu. Zároveň jsou charakteristická vedlejšími přínosy - benefity, které poskytují, například zlepšení kvality vody a ovzduší, zvyšování biodiverzity, nebo snížení hlučnosti a prašnosti. Příkladem mohou být zelené střechy na budovách, které nejen že pomáhají omezit intenzitu městského tepelného ostrova, ale také šetří náklady na chlazení budov, snižují přímý srážkový odtok a tím zatížení kanalizačního systému, podporují biodiverzitu organismů a zvyšují estetickou i kulturní atraktivitu městského prostředí.

Rozvoj adaptací a příprava adaptační strategie města vychází z široce využívaného **adaptačního cyklu** (viz Obrázek 1). Jedná se o dynamický a interaktivní proces, který má šest etap, od přípravné fáze adaptačního procesu, po plánování adaptačních strategií, jejich implementaci a monitoring.



Obrázek 1 Adaptační cyklus k rozvoji adaptací ve městě

Z hlediska procesu rozvoje adaptací ve městě je klíčové zapojení stakeholderů, kteří mají vliv na rozhodování ve městě. Adaptační cyklus kombinuje jak přístup EU k rozvoji adaptačních strategií, tak i přístup PROVIA - Výzkumného programu OSN pro životní prostředí zaměřeného na hodnocení zranitelnosti, dopadů a adaptací na změnu klimatu.

Dílčí etapy adaptačního cyklu zahrnují:

1. Přípravu adaptačního procesu, identifikace hlavních témat v oblasti urbáních adaptací, rozvoj adaptačních alternativ ve městě se zaměřením na začlenění prvků „zelené a modré infrastruktury“
2. Posouzení rizik a zranitelnosti spojených se změnou klimatu ve městě
3. Navržení nových adaptačních opatření na změnu klimatu se zaměřením na ekosystémově založené přístupy
4. Kvantifikaci nákladů a přínosů preferovaných adaptačních opatření
5. Přípravu a formulace adaptační strategie pro hlavní město Praha
6. Přípravu a nastavení procesu implementace a monitoringu adaptačních strategií a s ní spojených opatření

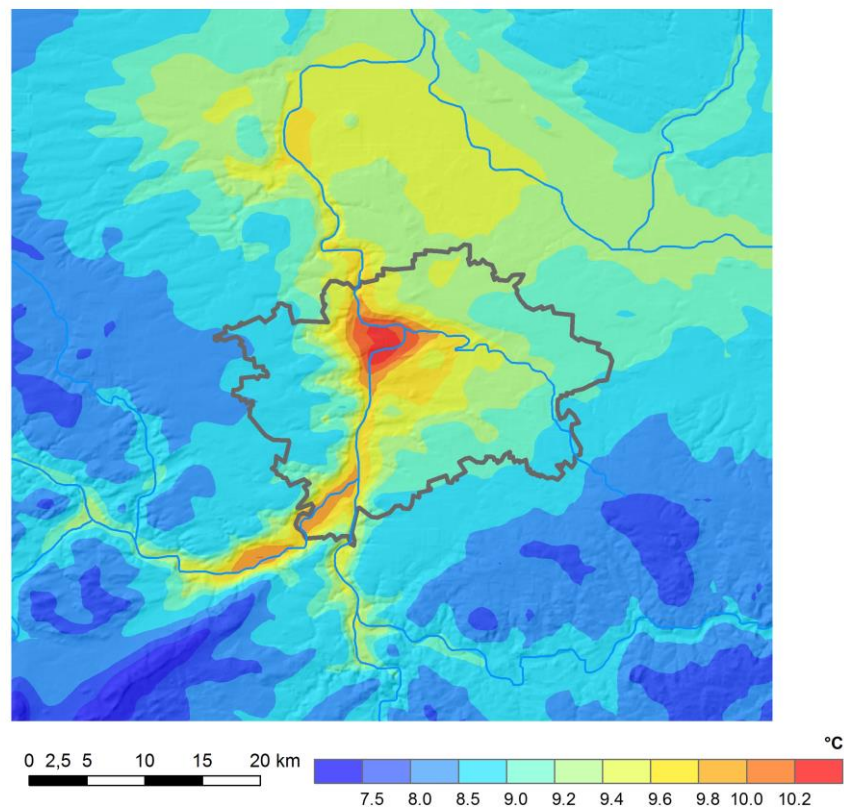
2. Pozorované a očekávané projevy změny klimatu a její dopady v hlavním městě Praze

2.1 Pozorované projevy změny klimatu v Praze

Změna klimatu se v hydrometeorologických / klimatologických měřeních a pozorováních projevuje změnou v trendech základních klimatických charakteristik – teploty (viz 2.1.1) a srážek (viz 2.1.2).

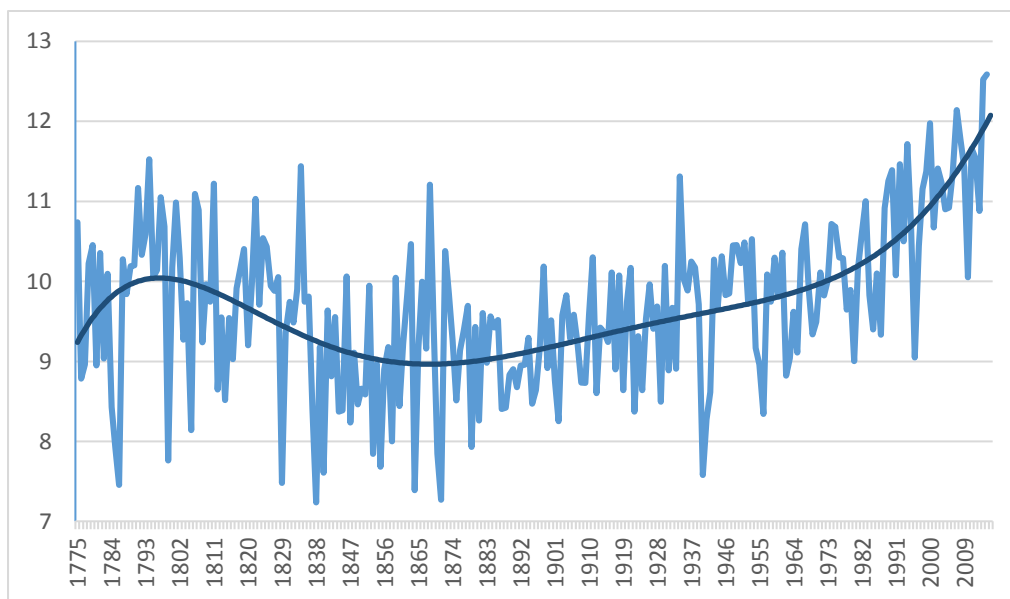
2.1.1 Teplota

Praha a její centrum patří mezi nejteplejší oblasti v České republice, s průměrnou roční teplotou v centru města > 10 °C (viz Obr. 2), tato teplota přitom dlouhodobě roste. Zvyšování teploty lze přiblížit na základě měření na stanici Klementinum (viz Obr. 3), která je ovlivněna fenoménem městského tepelného ostrova (viz 2.3.1). Postupný nárůst teplot lze rovněž dokumentovat v průměrných ročních teplotách: 9,1 °C za období 1911-1960 a 10,4 °C za období 1961-2010 (nárůst o 1,3 °C).



Obrázek 2 Průměrná roční teplota v Praze a okolí v období 1961–2013.

Zdroj: ČHMÚ – projekt UHI (2016)

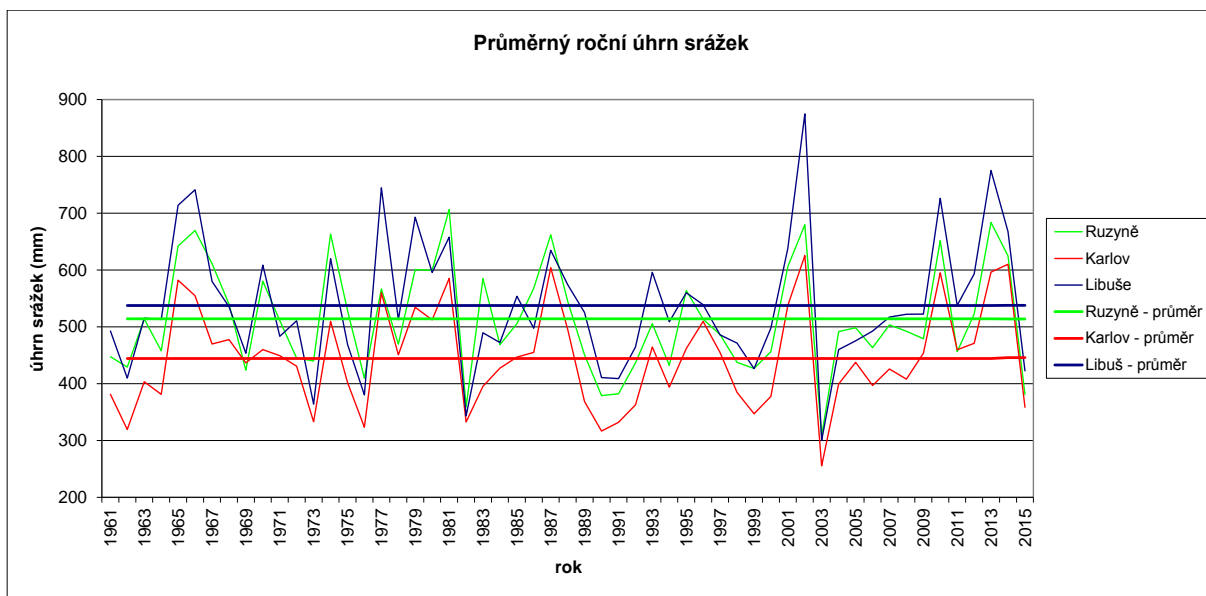


Obrázek 3 Průměrné roční teploty vzduchu (°C) v období 1775–2015 na stanici Praha-Klementinum

Tmavěmodrá linie reprezentuje křivku proloženou polynomickým trendem 6. stupně. Zdroj: ČHMÚ, 2016, portal.chmi.cz a infomet.cz.

2.1.2 Srážky

Měření srážek poukazuje na změnu jejich rozložení v čase a prostoru při zachování jejich průměrných ročních úhrnů (např. intenzivní krátkodobé úhrny a povodně, sucha) a vyšší četnost a intenzitu dalších extrémních hydrometeorologických jevů (např. bouřky, krupobití, silný vítr,..). Obecně nelze zcela stanovit trend změny průměrných ročních srážek, dochází k výrazné meziroční proměnlivosti srážek (viz nejvyšší roční úhrn v roce 2002 a nejnižší roční úhrn v roce 2003). Zvyšuje se však počet a intenzita přivalových dešťů. Četnost výskytu extrémních srážek se za posledních 50 let zvýšila téměř v celé Evropě, tento trend je očekávaný i během 21. století (viz 2.2.2). Rovněž vzrůstá počet dní bez srážek a dochází k zvýšenému výskytu nepravidelných období sucha (viz Obr. 4).



Obrázek 4 Roční úhrny srážek v období 1961 – 2015 na vybraných stanicích na území Prahy

Data: ČHMÚ (2016)

Podle dosud provedených výzkumů očekává že bude docházet k dalším změnám rozložení srážek. Nerovnoměrné rozložení srážek v místě, čase i v intenzitě může mít na území Prahy za následek častější výskyt přívalových dešťů a povodní, anebo delší bezsrážkové období a vznik sucha (viz 2.2).

Tabulka 1 Změny průměrných teplot (°C) a srážkových úhrnů (podílů úhrnů) mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2010 (zdroj: ČHMÚ)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Teplota [°C]	1,1	0,7	0,5	1,2	1,4	1,3	1,6	1,7	0,3	0,0	0,2	-0,3	0,8
Srážky [podíl]	1,0 3	1,0 2	1,3 1	0,8 7	0,9 4	0,9 7	1,1 9	1,0 2	1,1 4	1,0 9	1,0 3	1,0 4	1,0 5
Srážky [%]	+3	+2	+31	-13	-6	-3	+19	+2	+14	+9	+3	+4	+5

Změny průměrných teplot a podílů srážkových úhrnů mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2010 poukazují na stávající trend změny rozložení srážek v jarním a letním období. I když se předpokládá, že nebude docházet ke zvýšení srážkových úhrnů, stále častěji bude docházet k tzv. meteorologickým extrémům, tj. k přívalovým dešťům a častějším obdobím sucha. Vzhledem k předpokládanému zvyšování teplot bude docházet ke zvýšenému výparu a tím dojde ke snižování a oteplování vody v tocích a nádržích a také ke snižování zásob půdních a podzemních vod.

2.2 Očekávané projevy klimatické změny na území hlavního města Prahy

Projekce klimatických parametrů vycházejí z nejnovějších klimatických scénářů RCP (Representative Concentration Pathways; Van Vuuren et al. 2011) – RCP8.5 (bez omezení emisí CO₂) a RCP4.5 (stabilizace koncentrací CO₂ na nižších hodnotách), které byly korigovány pro Českou republiku, což zajišťuje zachování současných specifik daných míst. Na základě nejnovějších výstupů klimatických modelů (EURO-CORDEX) dojde v letech 2021-2040 k oteplení na území České republiky v průměru o 0,9°C podle RCP4.5 a o 1,0°C podle RCP8.5. Oba emisní scénáře počítají s postupným nárůstem teplot vzduchu a ke konci století se již významně oba možné scénáře rozcházejí. Podle umírnějšiho RCP4.5 vzroste teplota ke konci století (2081-2100) o 2,0°C, ale za předpokladu většího množství CO₂ v ovzduší by se teplota zvedla i 4,1°C (Štěpánek a kol 2016).

2.2.1 Teploty

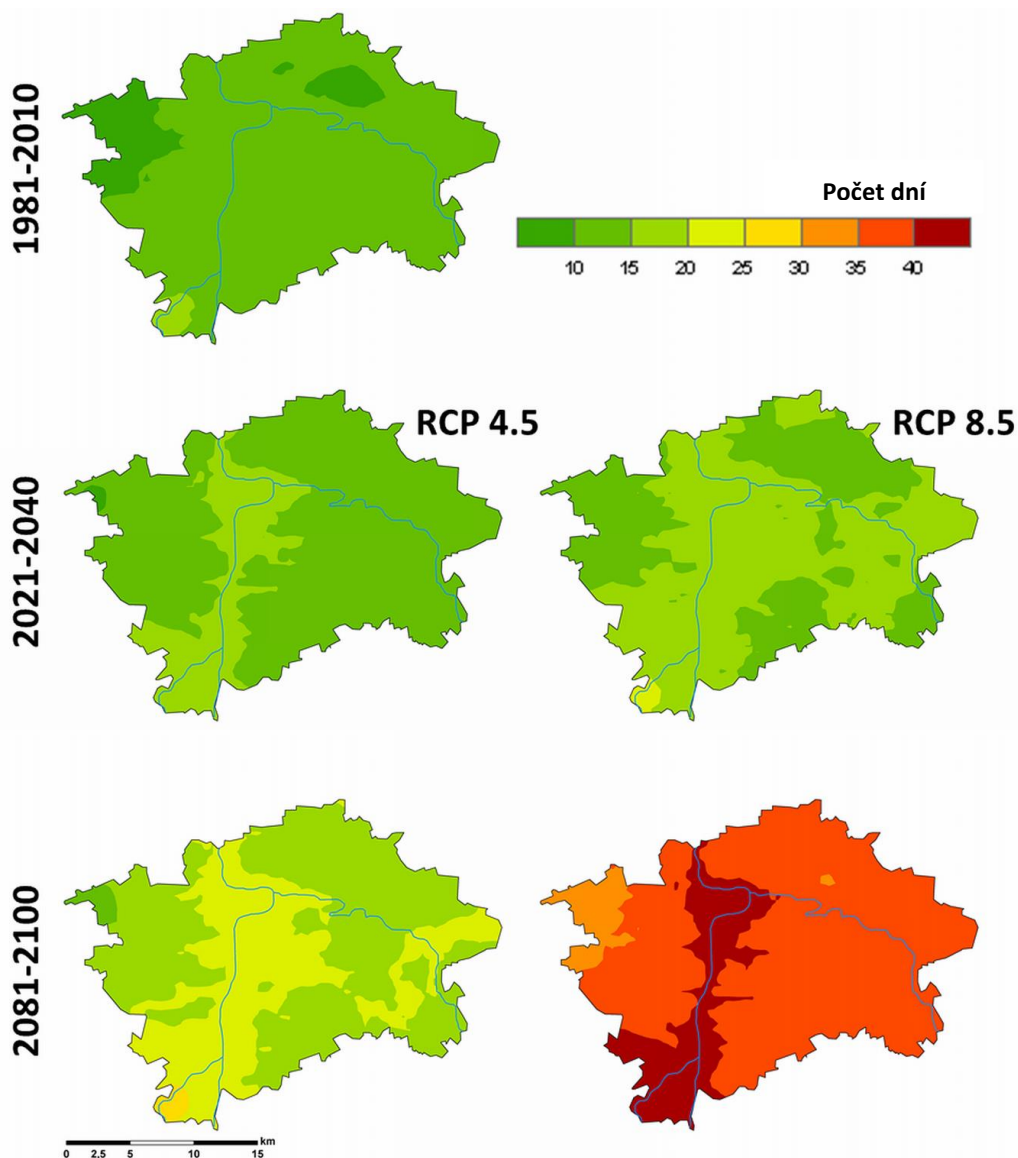
Dle výstupů modelů bude hlavní město Praha vystaveno měnícím se klimatickým podmínkám, a to zejména nárůstu průměrných ročních teplot pro scénáře nízkých (RCP4.5) i vysokých (RCP8.5) emisí CO₂. To bude mít za následek velmi výrazný nárůst průměrného počtu tropických dní ($T_{max.} > 30^{\circ}C$), a to až na 38,6 dnů/rok pro RCP8.5 a období 2081-2100 oproti 11,5 dnům/rok za referenční období 1981-2010 (+235%). Je také predikován velmi výrazný nárůst počtu tropických nocí ($T_{min.} > 20^{\circ}C$) a nárůst počtu vln horka (viz Tab. 1; Obr. 5). Tyto dny se počítají jako diskonfortní pro člověka a ohrožující jeho zdravotní stav.

Tabulka 2 Modelované hodnoty vybraných teplotních charakteristik v hlavním městě Praha pro období 2021-2040, 2081-2100 a referenční stav za období 1981-2010.

Charakteristika	Referenční stav (1981-2010)	2021-2040		2081-2100	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Průměrný počet tropických dní v roce	11,5	14,2	15,4	19,9	38,6
Průměrný počet tropických nocí v roce	0,6	1,2	1,5	2,5	12,1
Průměrný počet vln horka* v roce	5,2	8,3	8,4	11,9	28,1

Data: Ústav výzkumu globální změny AV ČR - CzechGlobe

* vlna horka je definována jako tři a více po sobě následujících dní s $T_{max.} > 30^{\circ}C$;



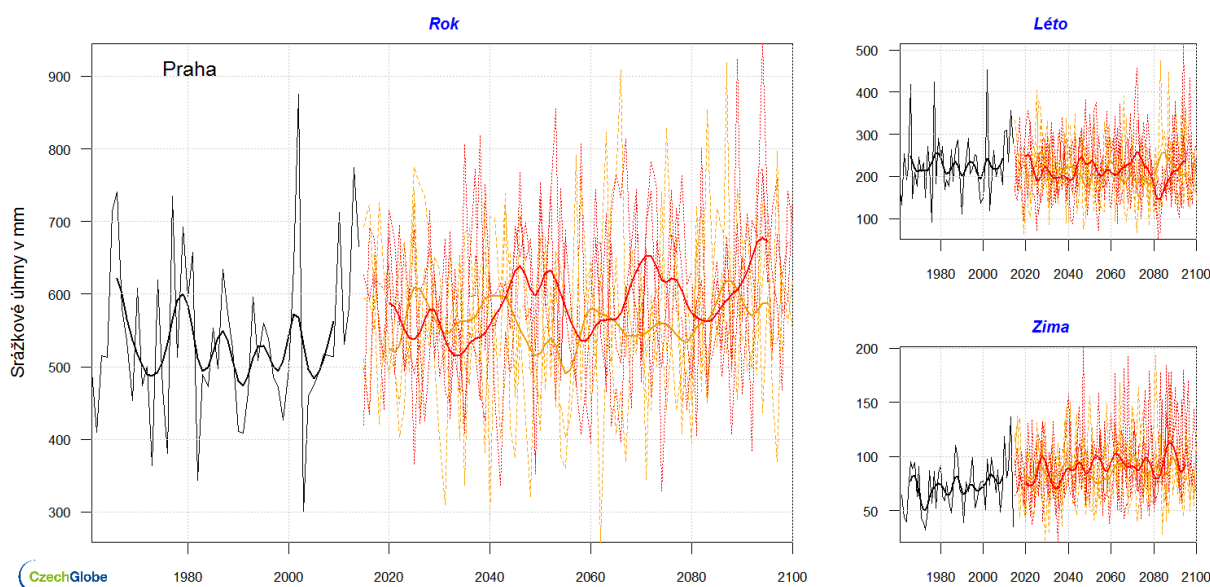
Obrázek 5 Nárůst počtu tropických dní pro scénáře RCP4.5, RCP8.5 pro období blízké (2021-2040) a vzdálené budoucnosti (2081-2100), v porovnání s referenčním stavem (1981-2010)

data: Ústav výzkumu globální změny AV ČR – CzechGlobe

2.2.2 Srážky

U srážek je situace komplexnější, zejména z hlediska vysoké meziroční proměnlivosti srážkových úhrnů. Očekávána se, že průměrný roční úhrn srážek ve srovnání s dlouhodobým průměrem za období 1981-2010 se nezmění, tzn. v kategoriích 400-500, 501-550 a 551-600 mm, bude se však zvětšovat podíl území s ročními úhrny srážek 400-500 mm v rámci města (viz www.klimatickazmena.cz). Z hlediska letních úhrnů srážek je predikováno zvyšování plošného podílu kategorie 125-200 mm. Průměrný počet dní se srážkou > 5 mm se oproti referenčnímu stavu 20-35 dní/rok pravděpodobně nebude příliš měnit, nicméně je předpokládáno zvyšování podílu plochy spadající do nižší kategorie 20-30 dní/rok, tzn., že při zachování celkového úhrnu srážek je očekáván celkově menší počet srážkových událostí, ovšem s vyšší extremitou, na druhou stranu předpovídaný počet dní se srážkou > 10 mm zůstává dle modelu pro 21. století oproti referenčnímu období nezměněn (1-10; 11-15 dní/rok), je však

předpokládán nárůst podílu plochy spadající do kategorie 1-10 dní/rok. Je očekáván mírný nárůst zimních srážek (viz Obr. 6).



Obrázek 6 Průměrná suma ročních srážek v Praze a jejich predikce do budoucnosti na základě klimatických modelů EURO-CORDEX (RCP 4,5 – oranžová; RCP 8,5 – červená)

zdroj: www.klimatickazmena.cz

Od roku 2012 se v ČR kontinuálně objevují také období sucha, které přímo souvisejí se změnami rozložení srážek v čase a prostoru. Podle výhledu modelů by se mělo sucho na území České republiky vyskytovat stále častěji a i jeho síla se může prohlubovat. To bude způsobeno hlavně zvyšováním teploty vzduchu za předpokladu podobného množství srážek. To povede k zvýšenému výparu a tím k snižování dostupné vody v krajině. Vyšší teploty ve městech než v okolí způsobí, že zde bude výpar ještě intenzivnější. To by mohlo vést k velkému problému s managementem vody, jelikož bude klesat jak množství podzemních, tak povrchových zdrojů. K tomu se samozřejmě přidává snížená dostupnost vláhy pro rostliny a ty jsou častěji stresovány suchem, což vede k jejich vadnutí. Města často trpí nedostatkem vhodných ploch k retenci vody a ta z daného místa odteče a tím se prohlubuje sucho.

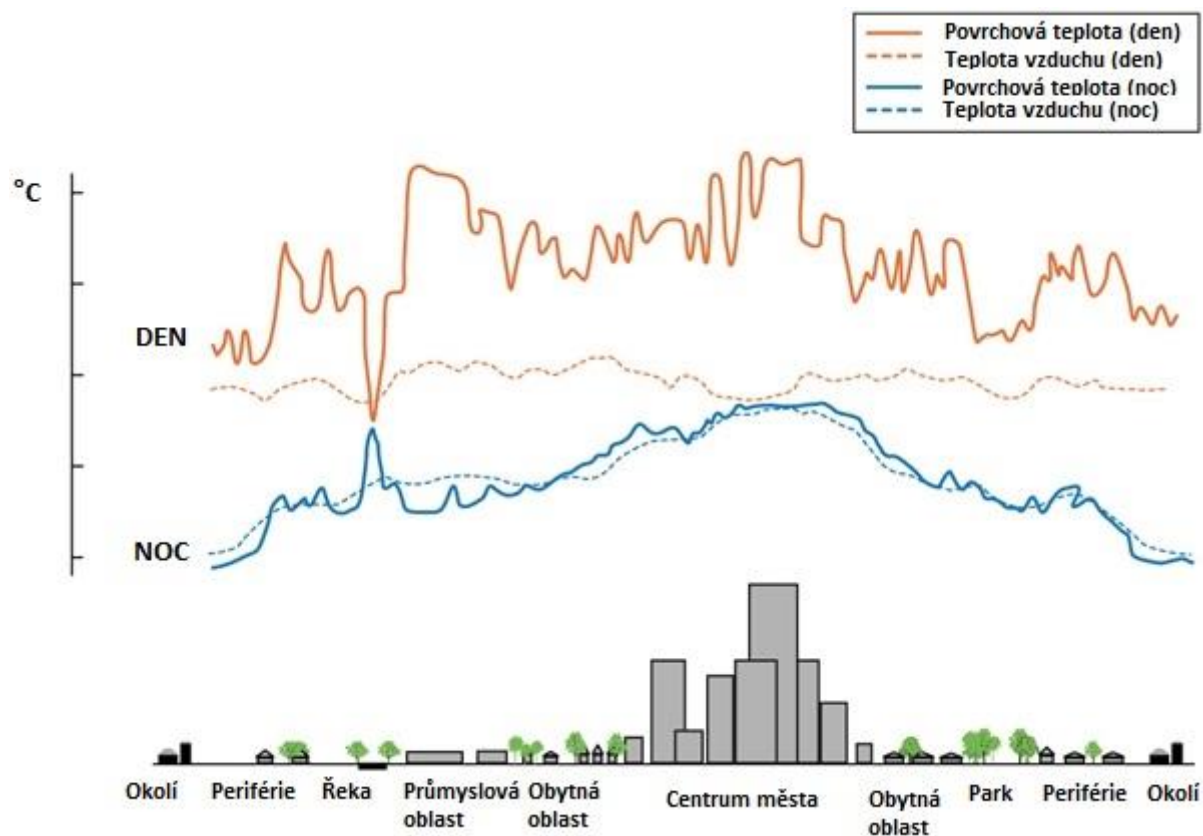
Důležitým adaptačním nástrojem je monitoring sucha. Jeden z nich funguje na stránkách www.intersucho.cz, která zobrazuje aktuální stav sucha v České republice včetně animace změny v čase. Navíc si zde uživatel může prohlédnout předpověď vývoje sucha, či nasycení půdy pro dalších 10 dní vycházející z numerických předpovědních modelů. Dále je sledována díky satelitním produktům stav kondice vegetace a její změna oproti minulému období. Například management velkého města může jednoduše zjistit, že díky suchu dochází k rychlejšímu zhoršování kondice vegetace a je proto nutné se zaměřit více na závlahy v daném městě.

2.3 Pozorované a očekávané dopady změny klimatu v Praze

2.3.1 Vlny horka a tepelný ostrov města

Vlny horka jsou přirozeným extrémním meteorologicko-klimatickým jevem (viz 2.1.1). Do budoucna lze v důsledku měnícího se klimatu očekávat jejich narůstající četnost, trvání i intenzitu (viz 2.2.1). Související vznik **městského tepelného ostrova** (viz Obr. 7) ovlivňují především tři faktory: (i) typy povrchů a jejich vlastnosti, a to zejména tepelné; (ii) nárůst extrémních teplot; (iii) zvýšená koncentrace zdrojů tzv. „odpadního“ tepla (z dopravy, průmyslu, atd.).

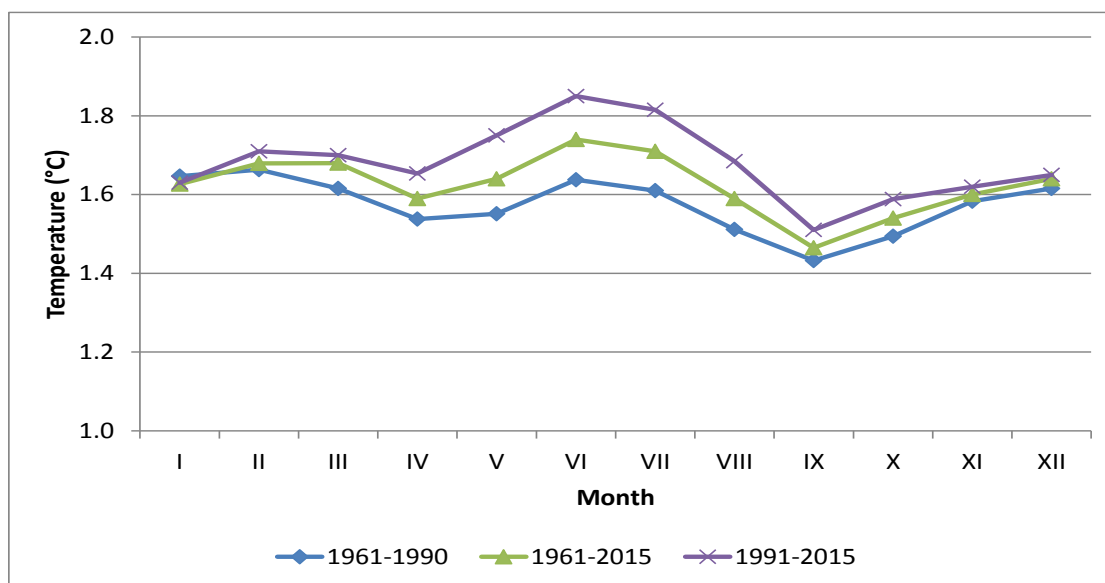
Z hlediska potlačení efektu tepelného ostrova města mají nejpříhodnější vlastnosti takové typy povrchů, které (i) jsou schopné vázat a uvolňovat vodu (např. mokřady, nezakrytá půda či vegetace), (ii) dobře odráží sluneční záření (např. vodní plochy, světlé povrchy), (iii) mají nízkou tepelnou kapacitu (např. půda či dřevo; CVGZ, 2015). V případě nástupu vlny horka první typ povrchů primárně uvolňuje vodu (přebytečné teplo se spotřebovává k vypařování) a nedochází tak k nadbytečné absorpci slunečního záření. Obdobně se chovají povrchy schopné odrážet sluneční záření (čím více záření se odrazí, tím méně záření je absorbováno) a povrchy s nízkou tepelnou kapacitou (pohltnou pouze limitované množství záření).



Obrázek 7 Městský tepelný ostrov – průběh teplot během dne a noci (upraveno podle EPA: www.epa.gov)

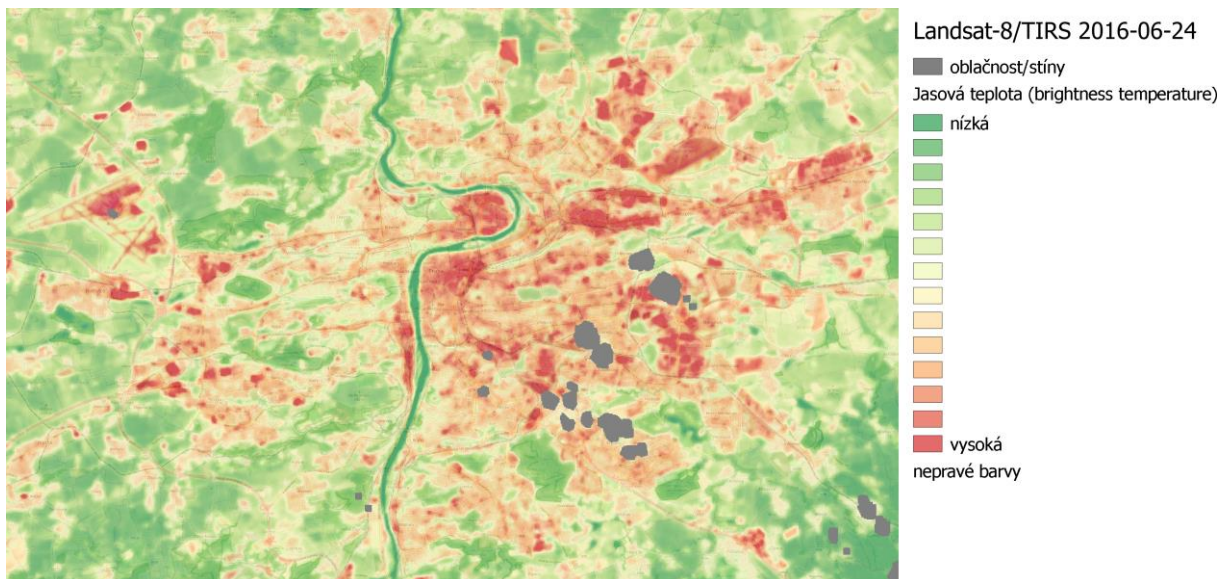
Ve městech je však celá řada povrchů, které nejsou schopny vázat a uvolňovat vodu, absorbují sluneční záření a akumulují teplo. Do této kategorie spadá většina umělých povrchů (např. asfalt, beton, či souvislá zástavba). Maximální denní teplota těchto povrchů, pokud nejsou zastíněny, může i v našich klimatických podmínkách během letních měsíců dosahovat více než 50°C. Rozdíl oproti povrchům schopným vázat a uvolňovat vodu tak může přesáhnout několik desítek °C (např. rozdíl mezi

teplotou vodní hladiny a teplotou povrchu asfaltového parkoviště). Během noci pak tyto povrchy akumulované teplo uvolňují, což může vést k nárůstu minimální noční teploty, a tím ke zvýšení četnosti tzv. „tropických nocí“ (tzn. nocí, kdy minimální teplota neklesá pod 20°C; CVGZ, 2015). Intenzita městského tepelného ostrova v Praze dosahuje 1.6°C pro průměrné denní teploty, přičemž nejvyšší nárůst teploty nastává v centru města u řeky Vltavy v oblasti zhuštěné výstavby (viz Obr. 8). Vlny horka mají prokazatelný negativní vliv na zdraví obyvatel a extrémní události mohou zvyšovat úmrtnost (Kyselý, 2004).



Obrázek 8 Roční chod intenzity tepelného ostrova v Praze
data: ČHMÚ – projekt UHI (2016)

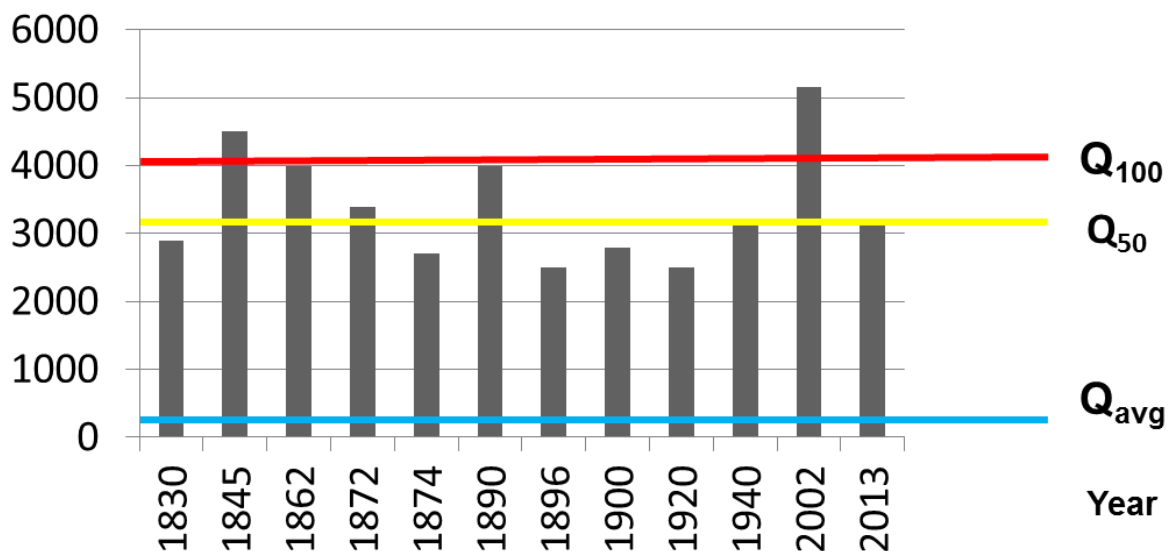
Důležitým indikátorem pro hodnocení intenzity tepelného ostrova města je zjištění rozdílu mezi centrem města a okolními venkovskými stanicemi. To ukazuje Obr. 9, kde je porovnání těchto rozdílů pro jednotlivé měsíce a také za dané období. Z toho vyplývá, že největší teplotní rozdíl mezi centrem Prahy a okolím zažíváme v posledních letech a za posledních 50 let stále roste. Jednou z hlavních příčin je rozšiřování zastavěných ploch města a intenzifikace dopravy. Vliv husté zástavby v centru města na teplotu a tedy i zesilování intenzity tepelného ostrova města lze dokumentovat i pomocí družicových snímků pořízených satelitem Landsat-8. Tyto snímky ukazují, v kterých oblastech dochází k největšímu ohřevu a kde je tedy žádoucí posílit opatření na zmírnění negativních dopadů jevu městského tepelného ostrova.



Obrázek 9 Měření jasové teploty družicí Landsat-8 nad Prahou dne 24. 6. 2016 v 12:00

2.3.2 Povodně a nedostatečné zasakování srážkové vody

Hlavní město Praha je ohroženo dvěma typy povodní. Jedná se o povodně způsobené dlouhotrvajícími regionálními dešti v jarním a letním období, které se vyskytují obvykle na všech vodních tocích v zasaženém území s výraznými důsledky na středních a větších vodních tocích (viz níže). Druhým typem letních povodní jsou povodně způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity, zasahující poměrně malá území. V minulosti (1830-2013) bylo hlavní město Praha zasaženo řadou velkých povodní (viz Obr. 10).



Obrázek 10 Povodně v minulosti 1830-2013

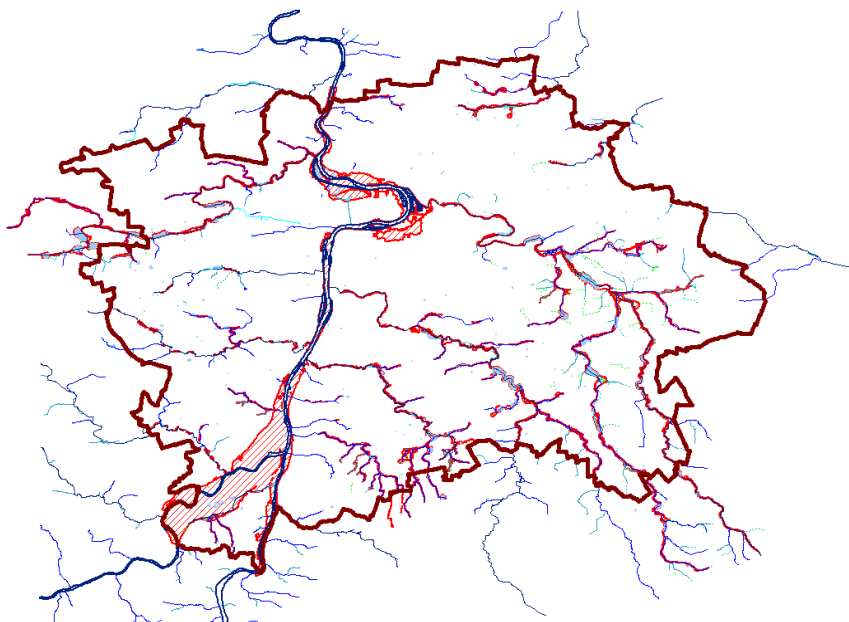
zdroj: OCP MHMP

Povodně: Popis specifík Prahy

Hydrografická síť na území Hlavního města Prahy je tvořena řekou Vltavou, která s délkou 30,5 km na území města tvoří severo-jihní osu a která v oblasti Lahovic přibírá levostranný přítok Berounku s délkou 9,5 km. Prahou protéká řada dalších drobných vodních toků, jejichž celková délka činí cca 374 km (viz Obr. 11). Nejvýznamnějšími drobnými vodními toky na území hlavního města Prahy jsou Botič, Rokytka, Litovicko - Šárecký potok, Kunratický potok, Radotínský potok a Dalejský potok. Největší vodní plochy v Praze představují vodní nádrže Hostivař, Džbán a Jiviny. Dále se zde vyskytují desítky rybníků, retenčních a dešťových usazovacích nádrží. Vodní nádrže v Praze zastávají několik funkcí, jedná se o funkce krajinyotvorné, rekreační i rybochovné. Tyto funkce jsou doplněny o funkci retenční a protipovodňovou. V Praze jsou vybudovány také suché nádrže s čistě protipovodňovou funkcí, např. Čihadla, SN Jinoňovice a další. říční síť a vodní plochy

Kanalizační síť v Praze je kombinací soustavy jednotné a oddílné. Splaškové vody jsou odváděny převážně (92,2 %) do Ústřední čistírny odpadních vod na Císařském ostrově v Bubenči (ÚČOV Praha). Kromě ÚČOV Praha je na území hl. m. Prahy v provozu dalších celkem 28 pobočných čistíren odpadních vod. Síť jednotné kanalizace odvádějící společně splaškové a srážkové vody jsou vybaveny odlehčovacími komorami, jimiž jsou při srážkových událostech odlehčovány ředěné odpadní vody přímo do recipientu. Z tohoto důvodu je nežádoucí zatěžování jednotné kanalizace srážkovými vodami, které by měly být využity případně likvidovány jiným způsobem.

Možnosti vsakování srážkových vod v podmínkách hl.m. Prahy jsou omezené. Je to dáno jednak velkým podílem již zpevněných ploch a dále geologickou stavbou podloží. Za propustné prostředí lze považovat svrchnokřídové pískovce a terasové sedimenty. Za ty méně propustné, které v Praze převládají, jsou to horniny proterozoika a paleozoika a kvartérní deluviální a eolické sedimenty. Vsakování srážkových vod je tak možné v teritoriích, kde to složení podloží umožní, popřípadě lze uvažovat s přípovrchovým plošným vsakem ve vegetačních vrstvách - zatravněné vsakovací příkopy a průlehy. Jedním z neúčinnějších opatření je decentrální likvidace srážkových vod - zadržení srážkových vod přímo v místě jejich dopadu na zemský povrch. Tomu napomáhá realizace vegetačních střeš, retence srážkových vod a jejich využití. Při návrhu vsakování srážkových vod je třeba zohlednit možnost přítomnosti starých ekologických zátěží zejména v bývalých industriálních oblastech, kde může docházet k nežádoucí mobilizaci reziduálního znečištění a riziku ohrožení jakosti podzemních vod.



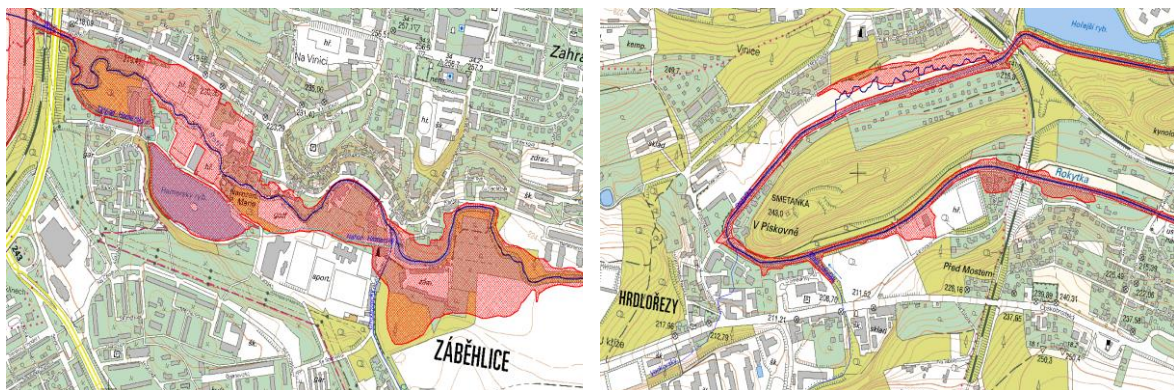
Obrázek 11 Schéma s vyznačením záplavových území na území hl.m. Prahy

Regionální deště a říční povodně. Dlouhotrvající regionální deště, které trvají několik dní a zasahují velká území a někdy přichází ve více vlnách mohou vyvolat povodně, které postupují ve dvou nebo více vlnách a mají výrazné dopady, zejména na středních a dolních údolích toků. Tento typ povodní má zpravidla pomalejší nástup, který poskytuje prostor pro přípravu mobilních částí

protipovodňových opatření, evakuaci nechráněných oblastí, atd. V případě povodně na Vltavě lze využít ke zmírnění povodňových škod a omezení nástupu povodně manipulace na vodních dílech Vltavské kaskády.

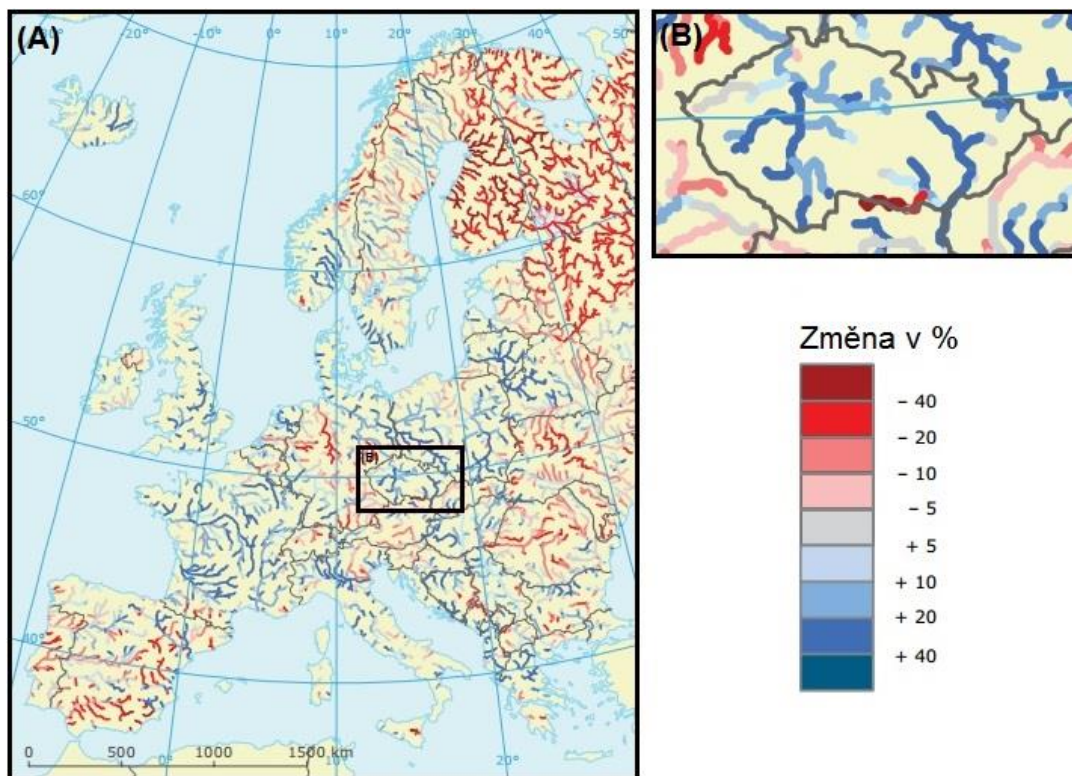
Přívalové deště a bleskové povodně. Krátkodobé deště velké intenzity, které obvykle zasahují malá území, mohou způsobit přívalové letní povodně. **Nedostatečné zasakování srážkové vody** je častou příčinou bleskových povodní, může docházet k nárazovému rozvodnění malých vodotečí a/nebo k ucpání kanalizací ve městech, kde je často vysoké zastoupení povrchů s nízkou propustností, což způsobuje rychlý odtok dešťové vody. Zvýšení podílu zasakovacích ploch a poldrů ve městech je proto z tohoto pohledu klíčové opatření.

Bleskové povodně se projevují velmi rychlým vzestupem hladiny vody a následně i velmi rychlým poklesem. Vedle vysoké intenzity srážek zde sehrává velmi důležitou úlohu aktuální stav nasycení půdního povrchu předchozími srážkami a schopnost půdního povrchu vsakovat/ zadržovat srážkovou vodu, podle typu vegetačního pokryvu. Vysoká intenzita deště při bleskových povodních neposkytuje čas potřebný ke spontánnímu vsakování vod do půdy, proto s ohledem na reliéf terénu dochází téměř okamžitě po začátku deště k povrchovému odtoku. Efekt bleskových povodní je posílen v urbanizovaném území s velkým podílem zpevněných ploch bez retence odvodněných systémem kanalizace do drobných vodních toků.



Obrázek 12 Povodně a území rozlivu na Botiči a na Rokyte v Praze 2013

Možnosti předpovídání **přívalových povodní** jsou velmi silně omezeny, a to vzhledem k prudké dynamice vývoje konvekční oblačnosti, ze které vypadávají přívalové srážky. I když meteorologické podmínky pro vznik silných přívalových srážek mohou být poměrně úspěšně předpověděny, místo výskytu, trvání a intenzitu přívalových srážek a tím i konkrétní ohroženou lokalitu nelze přesně předpovědět. Z hlediska povodní lze v budoucnu očekávat zvýšení **dopadů říčních povodní** v západní a střední Evropě (a tedy i v České republice; viz Obr. 13), a to jak v kontextu škod, tak i počtu postižených osob. Česká republika je také v rámci Evropské unie jednou z nejhroženějších zemí co do rozsahu potenciálně zaplavených a povodněmi ohrožených měst.



Obrázek 13 Relativní změny v průtocích pro povodňové stavy s pravděpodobnou četností výskytu jednou za sto let (Q100): srovnání mezi období 1961-1990 a scénářem A1B pro období 2071-2100

(upraveno podle: EEA, 2012).

2.3.3 Sucho

Sucho vzniká v důsledku déletrvajících srážkově deficitního období, které bývá ještě umocněno nadnormálním průběhem teploty vzduchu a tím zvýšeným výparem. Dopady sucha na krajinu nejsou pouhou výslednicí průběhu meteorologických jevů, ale z velké části i způsobem hospodaření v krajině a negativních důsledků degradace a trvalého záboru půd. Stávajícími metodami hospodaření na zemědělské půdě a v lesích, ale také zástavbou s rychlým odvodem vod došlo ke snížení infiltračních schopností krajiny a tím byla významně snížena její retenční kapacita. Dochází tak ke změnám jednotlivých fází oběhu vody. Snížení retenční kapacity krajiny vede nejen k výskytům sucha, ale i k povodním a narušení tepelného režimu krajiny, v důsledku se tedy jedná o narušení celkového mikroklimatu v postižených oblastech. Rychlý odtok vody z krajiny vede ke snížení obsahu vody v půdě a v určitých časových obdobích může vyvolat i snížení hladiny podzemní vody oproti normálnímu stavu.

Kvůli prodlužujícím se a častějším obdobím sucha může také docházet ke snížení zásob povrchové vody určené pro úpravu na vodu pitnou. docházet k ohrožení zásob pitné vody. když bude vlivem zvýšeného výparu docházet ke snižování zásoby vody v přehradách, kromě bakteriální a virové kontaminace může nastat i kontaminace pitné vody pesticidy, co může mít dopad na zdraví obyvatel.

Dopady sucha:

- Pokles hladin podzemní vody, vysychání studní a pramenů
- Prohřívání povrchových vod – kyslíkový deficit, růst fytoplanktonu/zooplanktonu, snížení biodiverzity

- Hydrologické a půdní sucho, vysychání vodních toků, zhoršení jakosti vody, vadnutí rostlin, zvýšená větrná eroze půdy
- Zanášení retenčních prostorů nádrží, eutrofizace, zhoršené podmínky pro život a reprodukci vodních živočichů, snížení schopnosti vodních toků z hlediska ředění odpadních vod
- Zvýšená evapotranspirace, vysychání půdy a mokřadů
- Zvýšené nároky na spotřebu vody – zemědělství, zalévání zahrad, problém se zásobováním pitnou vodou, větší nároky na úpravu surové vody
- Přeschlý povrch
- Snížený rekreační potenciál – zhoršená jakost povrchových vod a vysychání vodních nádrží

2.4 Projevy a dopady změny klimatu v Praze: shrnutí

Klimatická změna v Praze se konkrétně projevuje hlavně zvýšením teploty vzduchu. Předpokládá se, že do roku 2030 dojde ke zvýšení průměrné roční teploty vzduchu zhruba o 1 °C, a dle předpovědí má průměrná roční teplota do roku 2100 dále nárůst o 2-5 °C v závislosti na předpokládaném RCP scénáři. Dále se bude zvyšovat pravděpodobnost výskytu, intenzity i délky trvání episodických vln extrémně vysokých teplot, vzroste počet tropických dní (nad 30 °C) a nocí (nad 20 °C). Ve velkých městech se bude prohlubovat negativní dopady fenoménu tepelného ostrova města.

Celkové roční srážkové úhrny mají být podobné jako v současnosti, ale změní se jejich distribuce. Zimní srážkové úhrny se mají zvyšovat, letní srážkové úhrny budou naopak klesat, významně vzroste počet dnů bezsrážkového období a riziko vzniku sucha. Dalšími očekávanými, ale zároveň již probíhajícími změnami prochází hydrologický cyklus a distribuce srážek, Na jedné straně roste riziko přívalových dešťů a následných lokálních povodní, zvyšuje se maximální průtok řek, ale zároveň klesá průměrný a minimální průtok, případně může docházet k úplnému vyschnutí toku,. Obecně dochází k nárůstu intenzivních srážek a oproti tomu dlouhých bezsrážkových epizod. Také dojde ke zvýšení četnosti extrémních povětrnostních jevů (vichřice, tornáda, povodně, sucha).

Pozorovaná současná a očekávaná budoucí změna klimatu se dle analýz hydrometeorologických dat a výstupů klimatických modelů v České republice projevuje:

- Zvyšováním průměrných ročních teplot, častějšími krátkodobými výkyvy a čtenějšími extrémy zejména vyšších teplot (např. nárůst počtu tropických dní a nocí, vlny horka)
- Změnou rozložení srážek v čase a prostoru při zachování jejich průměrných ročních úhrnů (např. intenzivní krátkodobé srážky přívalového typu, sucha)
- Vyšší četností a intenzitou dalších extrémních hydrometeorologických jevů (např. bouřky, krupobití, silný vítr, ...)

Tyto projevy jsou v podmínkách městského prostředí hlavního města Prahy jsou spojeny zejména s následujícími dopady:

- Vyšší četností a delším trváním **vln horka**, umocněných efektem tepelného ostrova města (tzv. „urban heat island“; UHI)
- **bleskové povodně** na malých urbanizovaných povodích, podpořené vysokým podílem nepropustných povrchů a vysokým povrchovým odtokem srážkových vod
- **sucho** (hydrologické, rostlinné fyziologické (zemědělské), socioekonomické sucho).

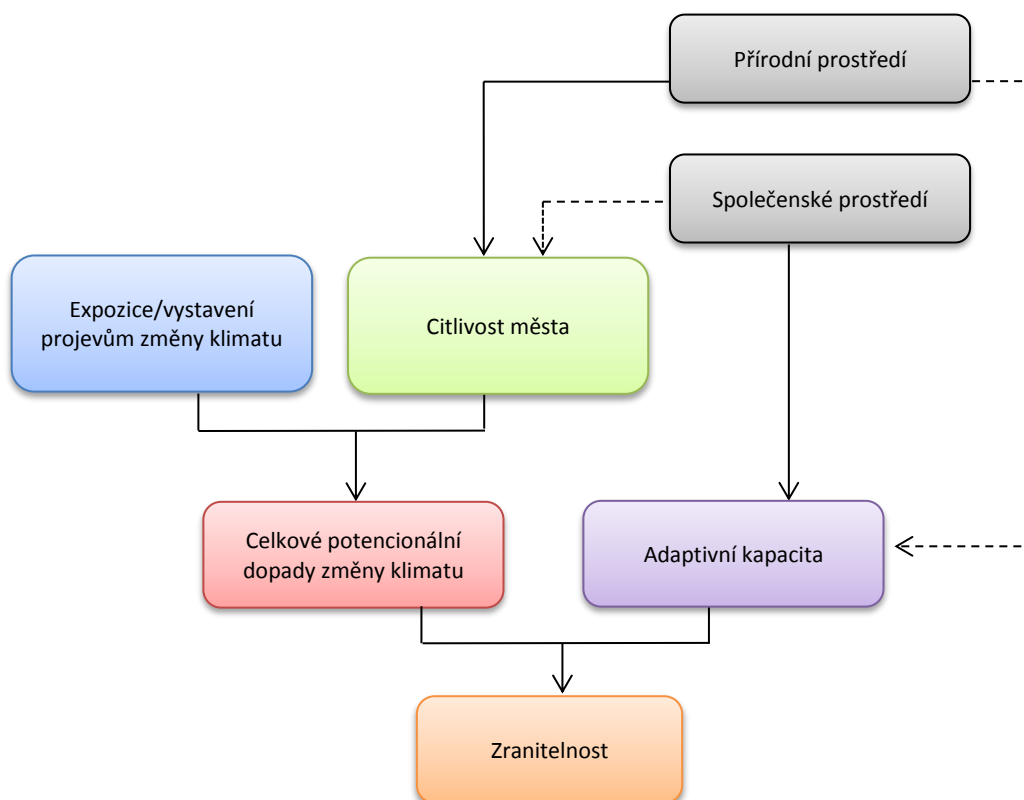
3. Hodnocení zranitelnosti hlavního města Prahy

Hodnocení zranitelnosti navazuje na předchozí kapitoly, kde byla identifikovaná rizika spojená se změnou klimatu (Kapitola 2). Hodnocení zranitelnosti vůči potenciálním dopadům změny klimatu bylo zpracováno pro klimatické scénáře RCP4.5 (stabilizace koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisního scénáře) pro období blízké budoucnosti 2021-2040 a porovnáno se současností (referenční stav) 1981-2010 (podrobnější informace o klimatických scénářích viz Kapitola 2). Hodnocení potenciálních dopadů změny klimatu, adaptivní kapacity a celkové zranitelnosti bylo analyzováno pro oblasti rizik: vlny horka (viz 3.2); extrémní srážky a nedostatečné zasakování srážkové vody (viz 3.3).

3.1 Metodický rámec hodnocení zranitelnosti

Metodický rámec pro hodnocení zranitelnosti ve městě zahrnuje hodnocení dílčích parametrů ovlivňujících celkovou zranitelnost vůči změně klimatu, jako je **expozice** (tedy vystavení projevům změny klimatu), vlastní **citlivost** města (senzitivitu města vůči projevům změny klimatu) a **adaptivní kapacitu** města (tedy schopnost společnosti přizpůsobit se měnícímu se prostředí) (Obr. 14).

Zranitelnost vyjadřuje do jaké míry je systém náchylný, podléhá a není schopen se vyrovnat s nepříznivými vlivy změny klimatu včetně klimatické proměnlivosti a extrémů. Zranitelnost závisí na charakteru, závažnosti a rychlosti změny klimatu a kolísání, jemuž je systém vystaven, jeho citlivosti a schopnosti adaptace (IPCC, 2007). Zranitelnost je tedy definována jako suma expozice projevům změny klimatu, citlivosti města a jeho adaptivní kapacity (viz Obr. 14).



Obrázek 14 Metodický rámec zranitelnosti (zdroj: Adelphi/EURAC, 2014)

3.2 Vlny horka a nárůst tepelného ostrova města

Celkové potencionální dopady vln horka jsou dle uvedeného metodického rámce vyhodnoceny jako suma expozice a citlivosti (Obr. 14). Expozice vůči vlnám horka (Obr. 15) je vyjádřena z hlediska klimatických, demografických i urbanistických parametrů (jako je způsob využití území). Z hlediska klimatického bylo zhodnoceno zvýšení počtu dní vln horka („heatwaves“) mezi hodnocenými obdobími (1981-2010 a 2021-2040); z hlediska demografického byla jako parametr využita hustota populace zasažené vlnami horka. Z urbanistického hlediska byl zhodnocen podíl městských ploch zeleně v jednotlivých městských částech. Městská zeleň procesem evapotranspirace (výparu) má vliv na městské mikroklima, včetně vln horka. Do hodnocení byla zahrnuta účinnost ploch zeleně při snižování tepelného ostrova města. Citlivost vůči vlnám horka (Obr. 16) se skládá ze dvou dílčích indikátorů, konkrétně míry zastavěnosti území a podílu zranitelné populace (osob starších 65 let) v jednotlivých městských částech. Míra zastavěnosti území má přímý vliv na množství a akumulaci tepelného záření, čímž ovlivňuje výslednou teplotu v jednotlivých městských částech. Podíl zranitelné populace je vyjádřen podílem populace v postproduktivním věku, který je brán v potaz z důvodu zvýšené citlivosti starší populace vůči déle trvajícím horku a vysokým teplotám. Do celkového hodnocení zranitelnosti byla zahrnuta také adaptivní kapacita města (Obr. 16) vyjádřená škálou indikátorů (viz Tab. 3), která vyjadřuje schopnost společnosti adaptovat se měnícímu prostředí. Do analýzy pro adaptivní kapacitu, na základě velmi podrobné rešerše, vstupovaly indikátory, které vyjadřují schopnost společnosti přizpůsobit se změně klimatu. Zároveň jsou tyto indikátory relevantní a je možné je vyjádřit prostorově specificky v měřítku Prahy.

Vlastní analýza a hodnocení zranitelnosti bylo provedeno na datech v prostředí GIS. Všechny dílčí indikátory byly nejprve normalizovány na škálu od 0 do 1 (podle minima a maxima). A poté pomocí průměru složeny do dílčích vrstev expozice, citlivosti a adaptivní kapacity. Váha jednotlivých indikátorů byla shodná. Tyto dílčí vrstvy byly opět normalizovány a složeny do výsledné vrstvy zranitelnosti podle konceptuálního rámce:

$$Z = (E + C) - AK$$

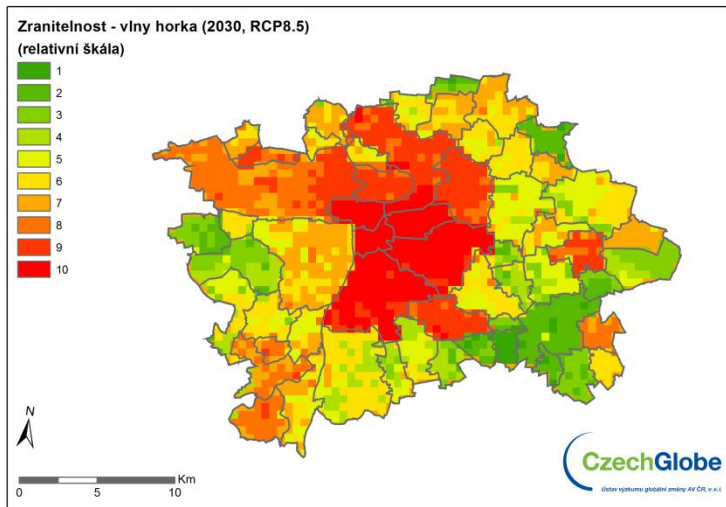
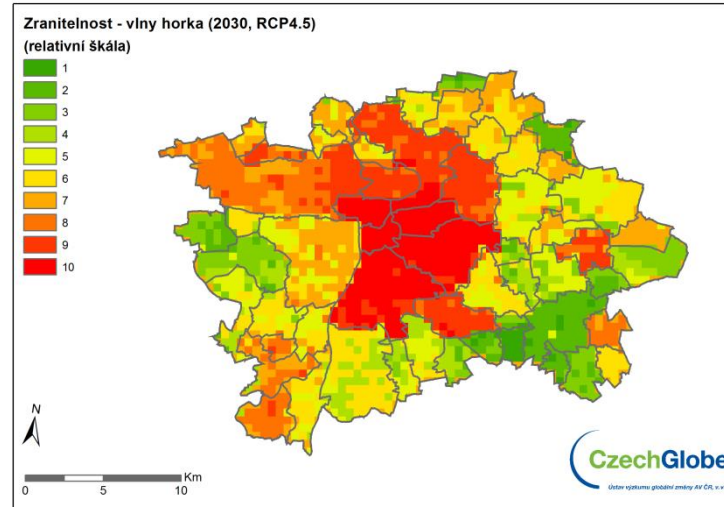
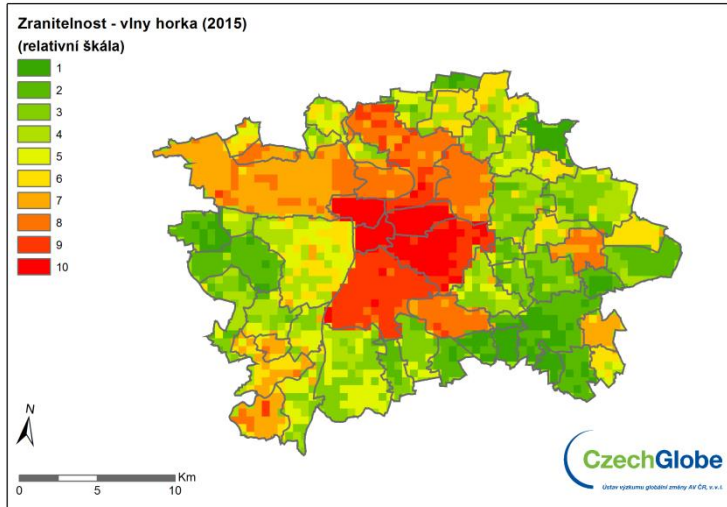
kde Z je zranitelnost vůči konkrétním dopadům, E je expozice, C je citlivost a AK je adaptivní kapacita.

Tabulka 3 Indikátory použité k hodnocení zranitelnosti města vůči vlnám horka

	Indikátor	Zdroj	Rozlišení
Expozice	Indikátor vln horka	EURO CORDEX scénáře: referenční stav (1981-2010), scénáře RCP4.5 a RCP8.5 pro období blízké budoucnosti (2021-2040)	500 m

	Hustota populace	Územně analytické podklady	Městské části
	Podíl městských ploch zeleně (%)	Územně analytické podklady - Současný stav využití území	Městské části
Citlivost	Podíl populace nad 65 let (%)	ČSÚ	Městské části
	Zastavěnost území (%)	Územně analytické podklady	Městské části
Adaptivní kapacita	Podíl ekonomicky aktivních obyvatel (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl populace s VŠ vzděláním (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl domácností s PC a internetem (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl ekonomicky aktivních žen (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl zaměstnaných (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části

Níže prezentované analýzy **zohledňují budoucí demografický vývoj** obyvatelstva hlavního města Prahy, naproti tomu budoucí socio-ekonomický vývoj analýzy nezohledňují. Pro hodnocení byly využity nejaktuálnější dostupné **scénáře budoucího vývoje klimatu** RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisního scénáře) pro klimatický průměr roku 2030 pro období blízké budoucnosti (2021-2040).

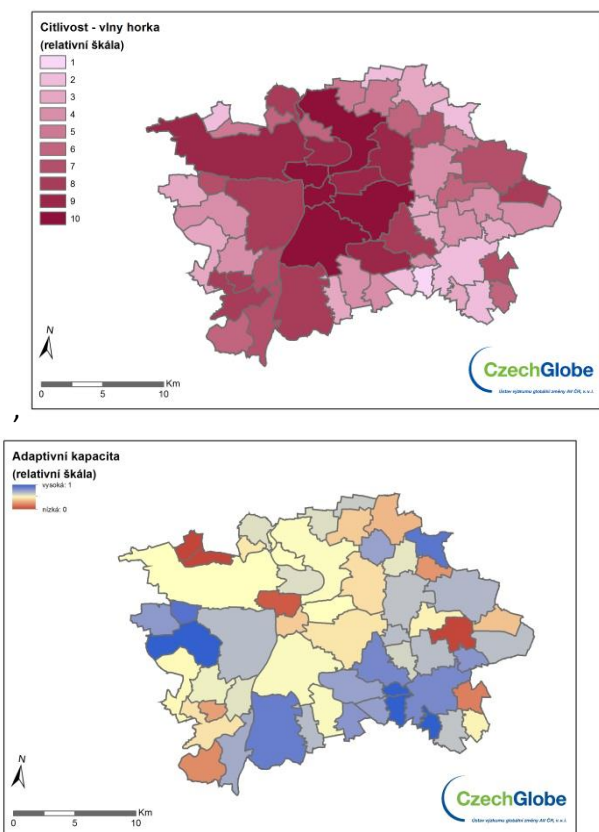


Obrázek 15 Zranitelnost obyvatel hlavního města Prahy vůči dopadům vln horka

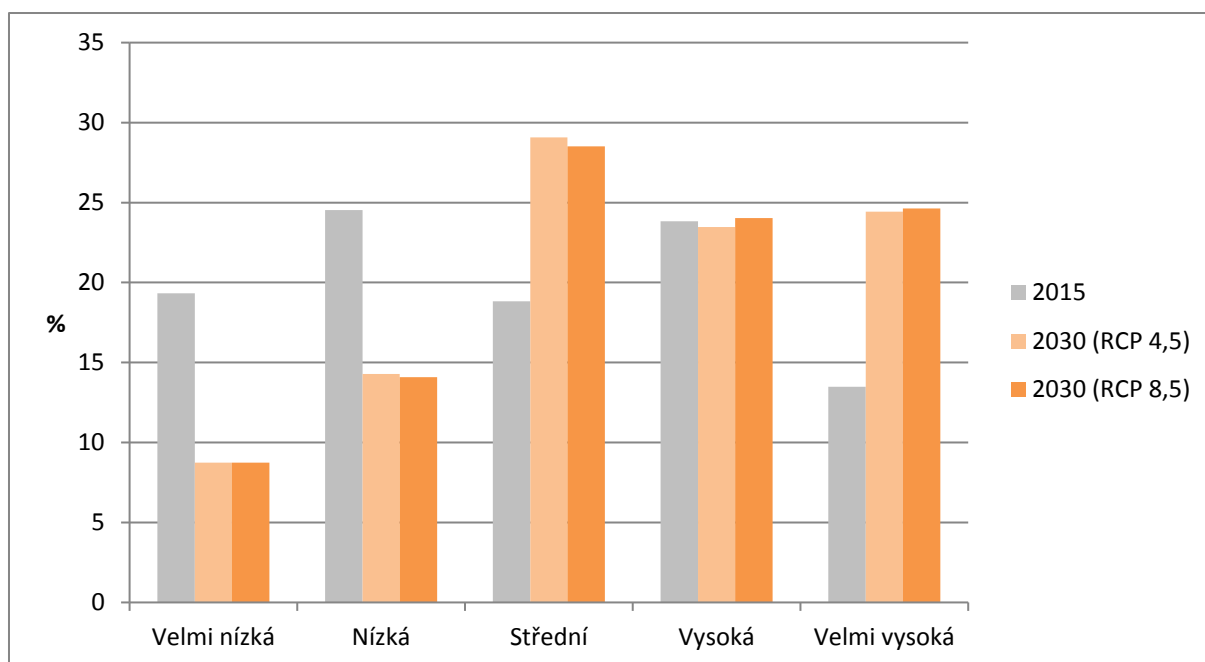
- současnost, blízká budoucnost v roce 2030 podle scénářů RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisního scénáře).

Zranitelnost obyvatel hlavního města Prahy vůči dopadům vln horka se bude v budoucnu zvyšovat v hodnocených scénářích RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisního scénáře) zejména z hlediska střední (5-6) a velmi vysoké (9-10) třídy zranitelnosti. Zvýšení zranitelnosti vůči dopadům vln horka v budoucnu je dáno zejména vyšší četností a delším trváním vln horka. Oba budoucí scénáře ukazují nárůst zranitelnosti zejména ve středu hlavního města (městské části Praha 1, Praha 2, Praha 3, Praha 4, Praha 10 a Praha 11). V těchto městských částech je také vyšší citlivost vůči dopadům vln horka, která je dána vyšším podílem populace nad 65 let (%) a zastavěností území jednotlivých městských částí (Obr. 16). Analýzy zohledňují budoucí demografický vývoj obyvatelstva. Celkově lze očekávat, že dopady vln horka budou v blízké budoucnosti vyšší než v současnosti.

Při srovnání současného stavu a období blízké budoucnosti pro scénáře RCP4.5 a RCP8.5 je největší rozdíl patrný pro kategorii s nejvyššími hodnotami zranitelnosti (Obr. 17). Oba scénáře blízké budoucnosti RCP4.5 a RCP8.5 za období 2021-2040 ukazují nárůst oblastí z velmi vysokou zranitelností (9-10) přibližně na 25 %. Větší nárůst je také ve třídě střední zranitelnosti s hodnotami 5 až 6, přibližně o 10 % v případě scénáře RCP4.5 i scénáře RCP8.5.



Obrázek 16 Citlivost a adaptivní kapacita obyvatel hlavního města Prahy a městského prostředí vůči dopadům vln horka



Obrázek 17 Srovnání podílu zastoupení jednotlivých tříd hodnot zranitelnosti vůči dopadům vln horka pro současnost a oba RCP scénáře

3.3 Extrémní srážky a nedostatečné zasakování srážkové vody ve městě

Expozice vůči extrémním srážkám a nedostatečnému zasakování srážkové vody byla hodnocena pomocí rozdílu úrovně klimatického indikátoru mezi zkoumanými obdobími, konkrétně počtu dní v roce s extrémně silnými srážkami (nad 20 mm) spolu průměrnými ročními srážkami. Citlivost vůči extrémním srážkám a nedostatečnému zasakování srážkové vody byla hodnocena na základě zastavěnosti území města. Do hodnocení celkové zranitelnosti byla zahrnuta adaptivní kapacita města vyjádřená škálou indikátorů (viz Tab. 4). Do analýzy pro adaptivní kapacitu, na základě velmi podrobné rešerše, vstupovaly indikátory, které vyjadřují schopnost společnosti přizpůsobit se změně klimatu. Zároveň jsou tyto indikátory relevantní a je možné je vyjádřit prostorově specificky v měřítku Prahy.

Vlastní analýza a hodnocení zranitelnosti bylo provedeno na datech v prostředí GIS. Všechny dílčí indikátory byly nejprve normalizovány na škálu od 0 do 1 (podle minima a maxima). A poté pomocí průměru složeny do dílčích vrstev expozice, citlivosti a adaptivní kapacity. Tyto dílčí vrstvy byly opět normalizovány a složeny do výsledné vrstvy zranitelnosti podle konceptuálního rámce:

$$Z = (E + C) - AK$$

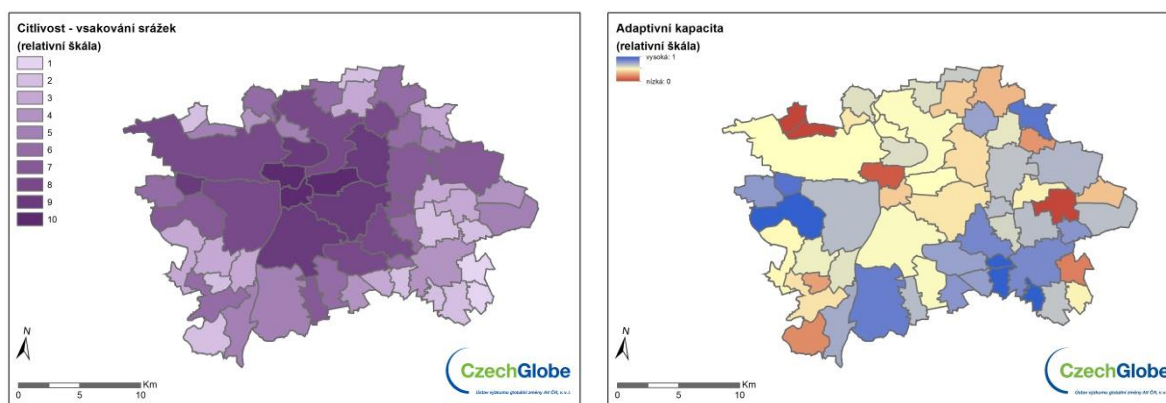
kde Z je zranitelnost vůči konkrétním dopadům, E je expozice, C je citlivost a AK je adaptivní kapacita.

Tabulka 4 Indikátory pro hodnocení zranitelnosti města – extrémní srážky a nedostatečné zasakování srážkové vody

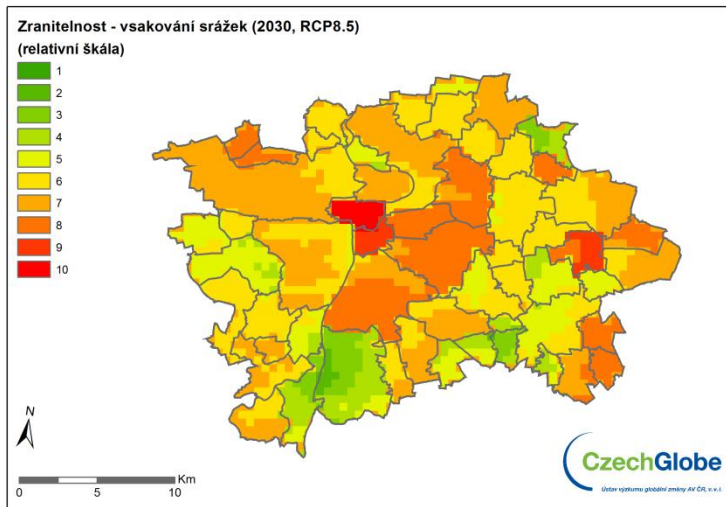
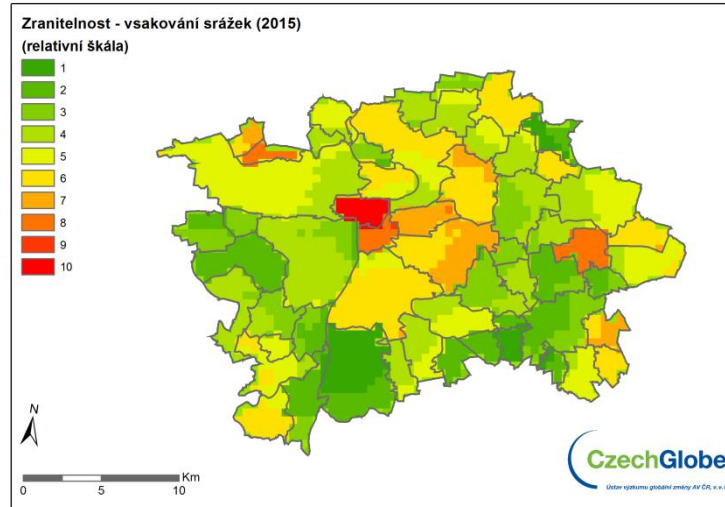
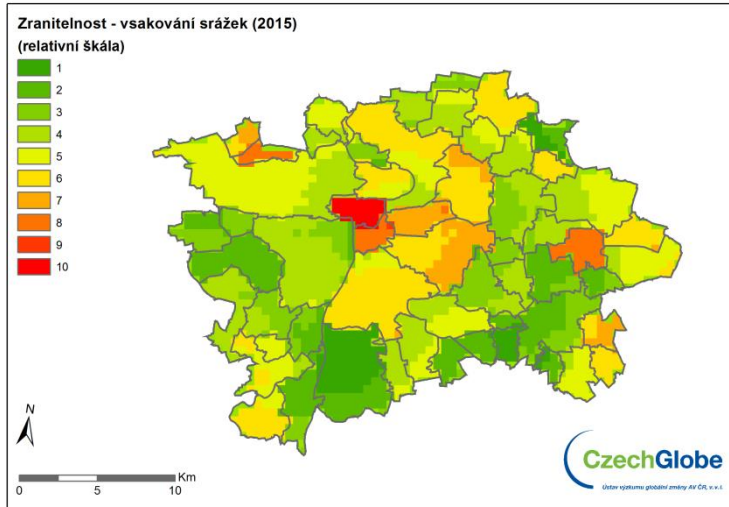
	Indikátor	Zdroj	Rozlišení
Expozice	Zvýšení počtu dní za rok se silným deštěm (> 20 mm)	EURO CORDEX scénáře: referenční stav (1981-2010), scénáře RCP4.5 a RCP8.5 (2021-2040)	500 m
	Průměrné roční srážky	EURO CORDEX scénáře: referenční stav (1981-2010), scénáře RCP4.5 a RCP8.5 (2021-2040)	500 m
Citlivost	Zastavěnost území (%)	Územně analytické podklady - Současný stav využití území	Městské části
Adaptivní kapacita	Podíl ekonomicky aktivních obyvatel (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl populace s VŠ vzděláním (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl domácností s PC a internetem (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl ekonomicky aktivních žen (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl zaměstnaných (%)	Městské části Prahy a sčítání lidu, domů a bytů 2011	Městské části
	Podíl populace nad 65 let (%)	ČSÚ	Městské části

Níže prezentované analýzy **zohledňují budoucí demografický vývoj** obyvatelstva hlavního města Prahy, nezohledňují však budoucí socio-ekonomický vývoj. Pro hodnocení byly využity nejaktuálnější dostupné **scénáře budoucího vývoje klimatu** RCP 4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko emisního scénáře) pro klimatický průměr pro období blízké budoucnosti (2021-2040). Z hlediska projekcí srážek do budoucna je situace komplexnější (viz Kapitola 2). Očekává se, že celkový průměrný roční úhrn srážek se příliš měnit nebude, avšak bude docházet ke změnám v rozložení srážek, s krátkodobými extrémními úhrny srážek.

Pro podrobnější hodnocení dopadů extrémních srážek a nedostatečného zasakování srážkové vody by bylo vhodné mít k dispozici detailnější data z hlediska zmapování podílu propustných a nepropustných ploch a odtokových poměrů ve městě. Zranitelnost hlavního města Prahy vůči dopadům intenzivních srážek (srážky vyšší než 20 mm/den) vychází v současnosti jako nejnižší v okrajových částech města (původní obce s příměstskou krajinou), zejména v jižní části města, a to zejména díky vysoké adaptivní kapacitě (viz Obr. 18). Pro blízkou budoucnost scénáře RCP4.5 a RCP8.5 za období 2021-2040 můžeme očekávat plošný nárůst zranitelnosti pro celé území města (viz Obr. 19).



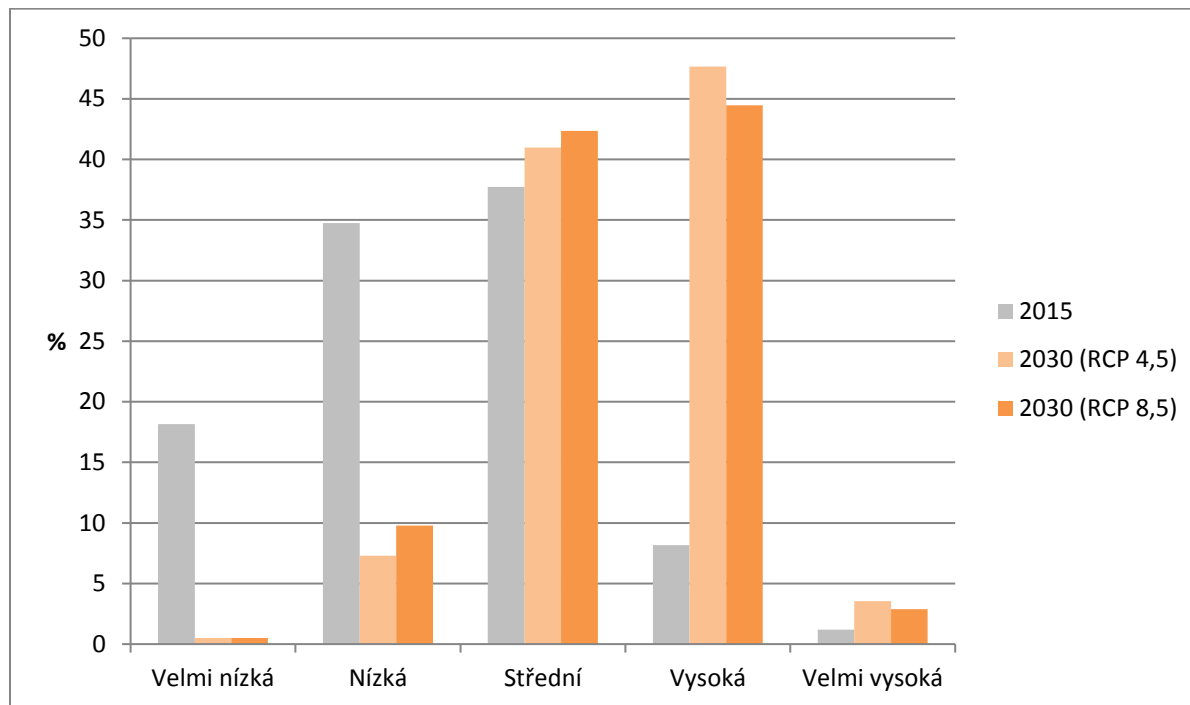
Obrázek 18 Citlivost a adaptivní kapacita obyvatel hlavního města Prahy a městského prostředí vůči dopadům srážek (nedostatečné zasakování) a extrémních srážek.



Obrázek 19 Zranitelnost obyvatel hlavního města Prahy vůči dopadům nedostatečného vsakování srážek

- současnost, blízká budoucnost v roce 2030 podle scénářů RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko emisního scénáře).

Z hlediska četnosti zastoupení jednotlivých intervalů hodnot zranitelnosti (Obr. 20), největší rozdíl mezi současností a blízkou budoucností je v oblasti velmi nízké (1-2), nízké (3-4) a vysoké (7-8) třídy zranitelnosti. U budoucích scénářů RCP4.5 a RCP8.5 dochází k poklesu zastoupení velmi nízké a nízké třídy zranitelnosti až o 25 % oproti současnému stavu. Naopak u budoucích scénářů dochází k nárůstu vysoké třídy zranitelnosti až o 35 % oproti současnosti.



Obrázek 20 Srovnání podílu zastoupení jednotlivých tříd hodnot zranitelnosti vůči nedostatečnému zasakování srážek

- pro současnost a oba scénáře RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisní scénář).

3.4 Hodnocení zranitelnosti: shrnutí

Hodnocení zranitelnosti bylo pro Prahu provedeno vzhledem ke dvěma projevům klimatické změny ve městech, (1) vlnám horka a (2) extrémním srážkám a nedostatečnému zasakování srážkové vody. Analýzy byly provedeny pro blízkou budoucnost (2021-2040, průměr rok 2030) ve srovnání s referenčním stavem (1981-2010), pro dva emisní scénáře RCP4.5 (stabilizace koncentrací emisí CO₂ na nižších hodnotách) a RCP8.5 (vysoko-emisní scénář). Výsledky ukazují, že zranitelnost vůči vlnám horka i nedostatečnému zasakování srážkové vody se bude v blízké budoucnosti zvyšovat, nejvíce v centrálních městských částech. Tento trend může být dále zhoršován demografickými změnami (např. stárnutím populace a následným zvyšováním citlivosti), rostoucí zastavěností městského území a úbytkem zelených ploch.

Reference:

CVGZ (2015). Adaptace na změnu klimatu ve městech: pomocí přírodě blízkých opatření, 79 s., dostupné na: <http://urbanadapt.cz/cs/publikace-adaptace-na-zmenu-klimatu-ve-mestech>

ČHMÚ (2016).

EEA (2012). Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities. EEA Series No. 2/2012.

Kyselý J. (2004). Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. International journal of biometeorology 49: 91-97, 10.1007/s00484-004-0218-2

van Vuuren, D.P., Edmonds, J. Kainuma, M. et al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change 109:5, 10.1007/s10584-011-0148-z.

Skalák P., Žák M., Zahradníček P., Helman K. (2015). Příspěvek projektu UHI k poznání klimatu Prahy. Meteorologické zprávy, 68, 1, s.18-23

Štěpánek P., Zahradníček P., Farda A., Skalák P., Trnka M., Meitner J., Rajdl K. (2016). Projection of the drought in the Czech Republic for the future climate conditions according to the Euro-CORDEX models. Climate Research (v recenzi)