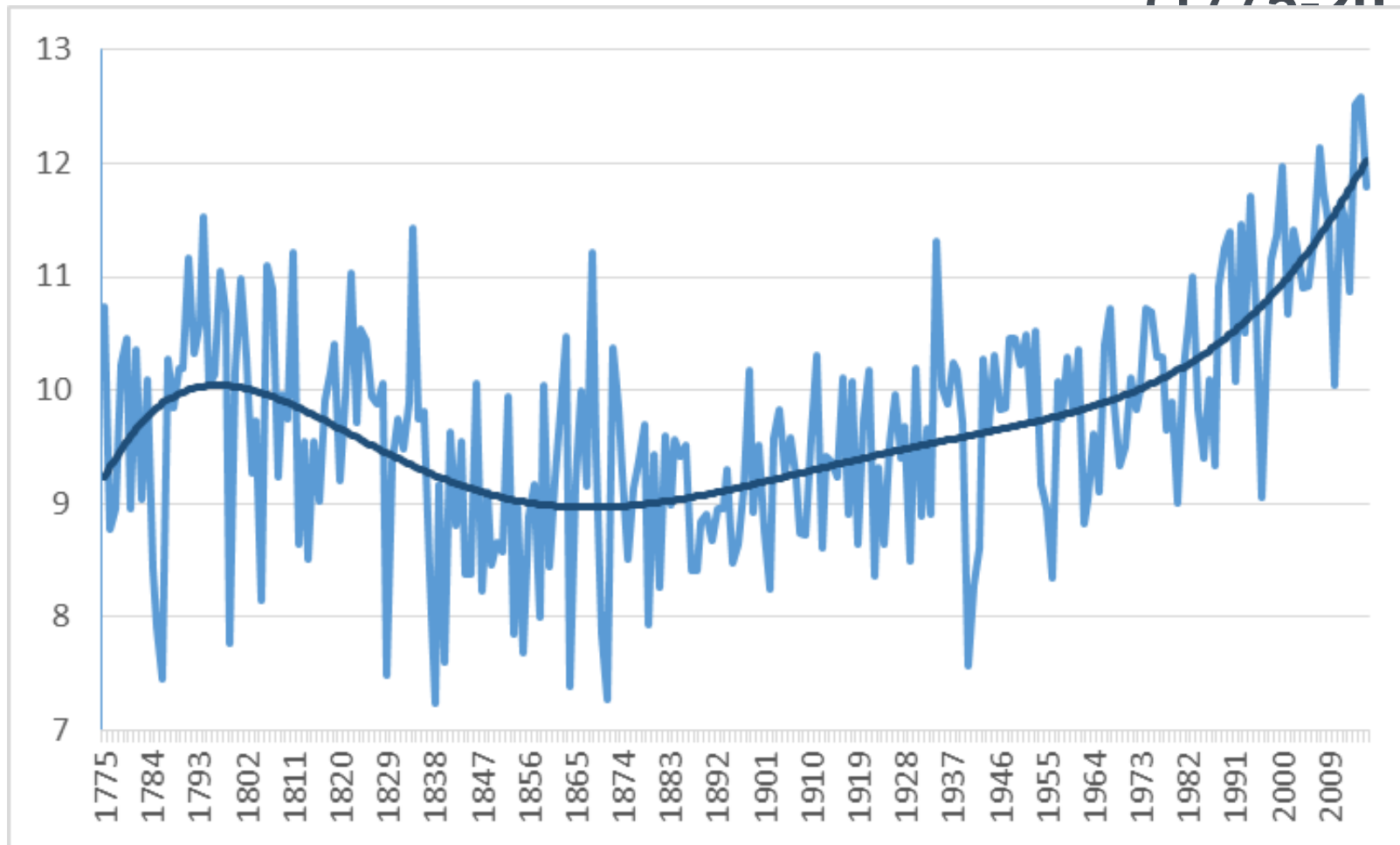


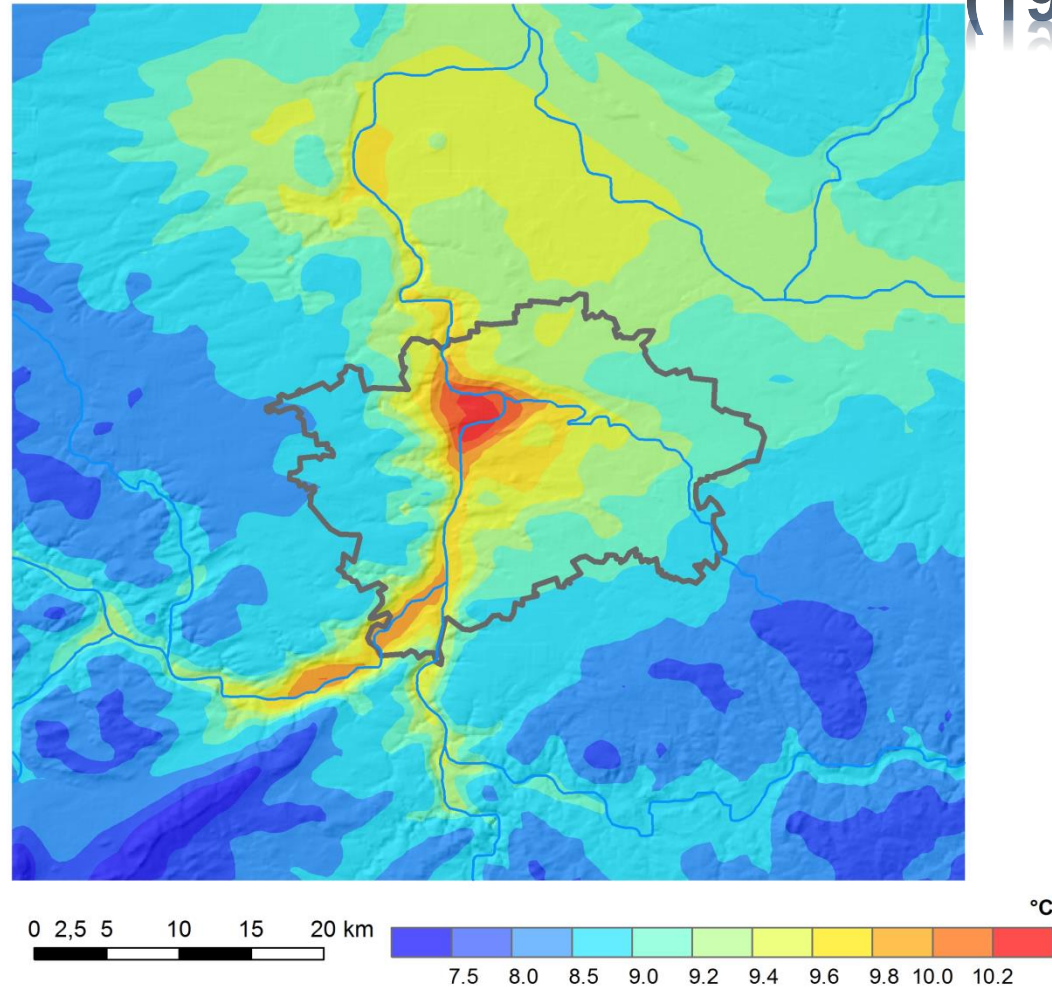
Tepelný ostrov v Praze a možnosti zmírnění jeho negativních dopadů

Michal Žák (*Pavel Zahradníček*)
Český hydrometeorologický ústav

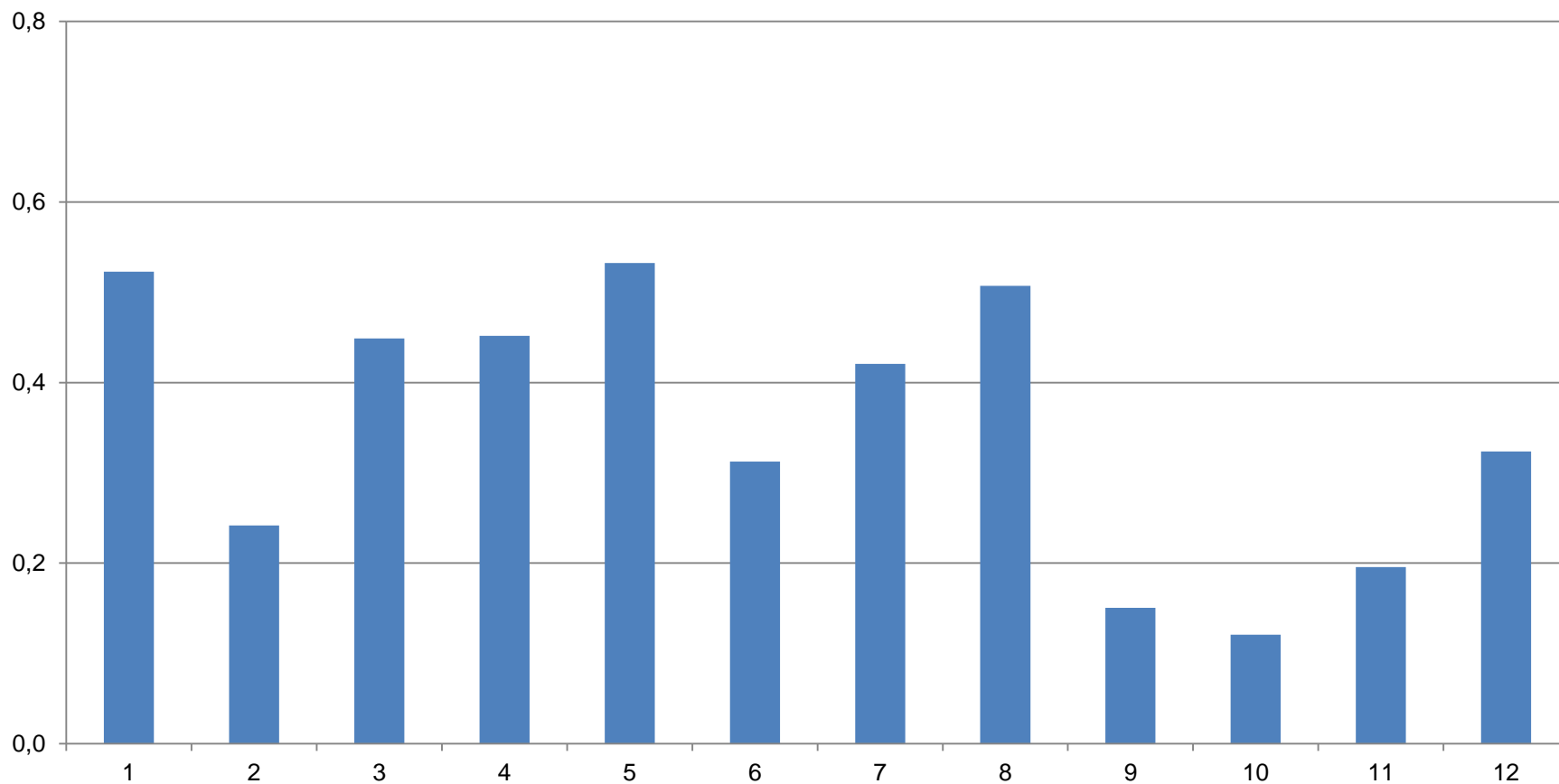
Průměrná roční teplota vzduchu v Praze - Klementinu (1775-2016)



Průměrná roční teplota vzduchu v Praze a v okolí (1961-2016)

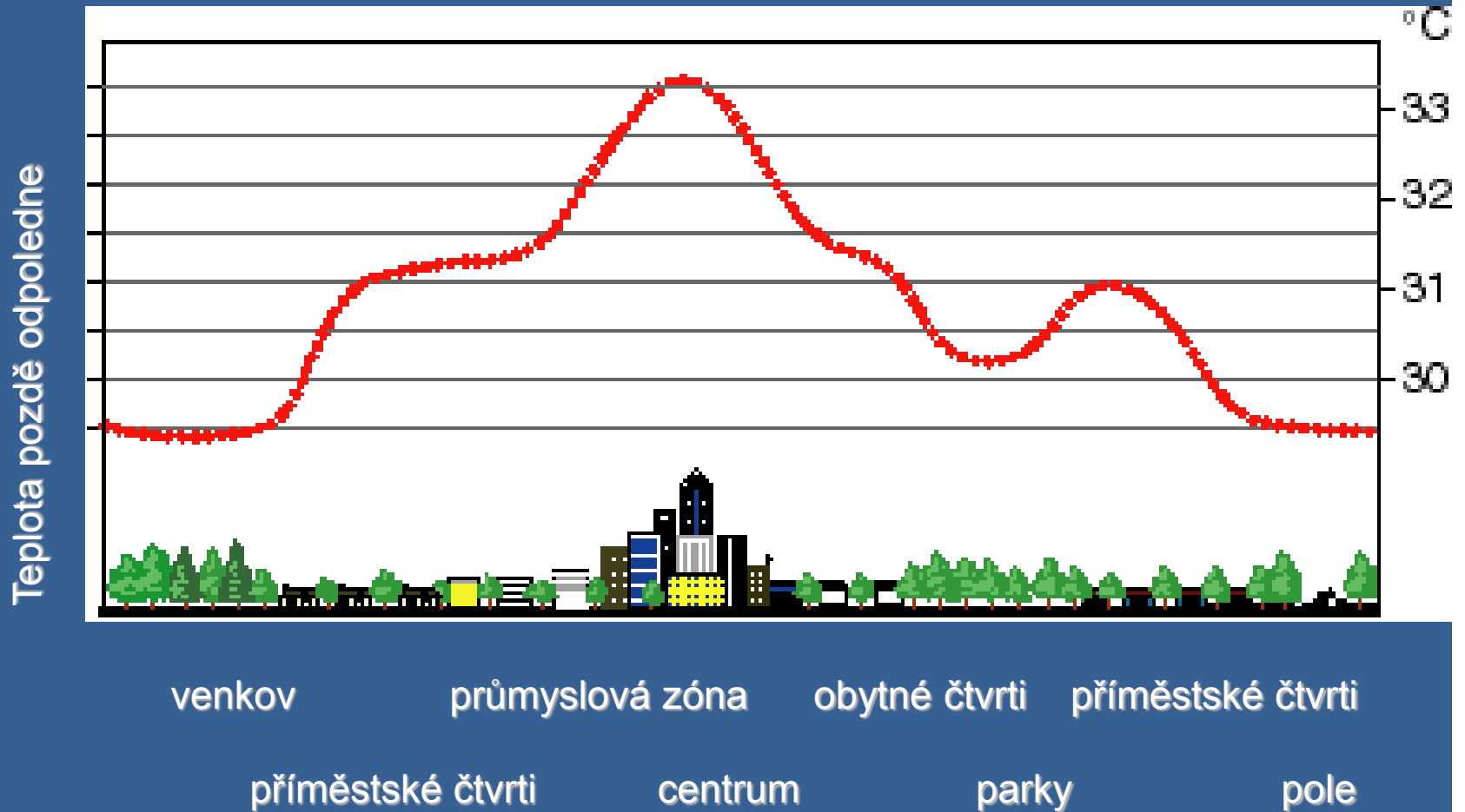


Průměrná teplota vzduchu v Praze trend za 10 let (1961-2016)



Tepelný ostrov města

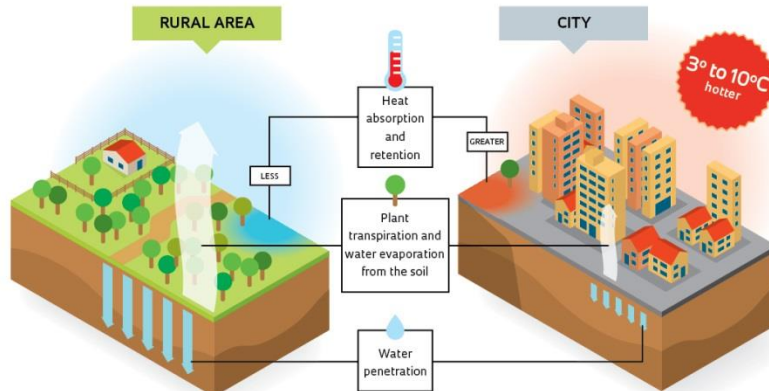
Náčrt profilu tepelného ostrovu města



Tepelný ostrov města

- **Geometrie města** – mnohonásobný odraz a absorpce záření v površích zvětšují intenzitu absorpce tepla (tzv. efekt kaňonů), zeslabení větru
- **Změna aktivního povrchu** – použití umělých materiálů (asfalt, beton) s odlišnými absorpčními tepelnými vlastnostmi než přirozený povrch => změna energetické bilance
- **Zmenšení intenzity vypařování vody** (kanály, menší množství vegetace ...)
- **Odpadní teplo** vznikající lidskou činností (topení, průmysl, doprava ...)

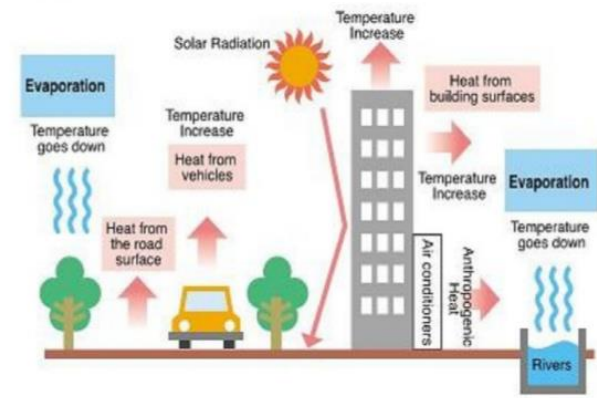
Why the urban heat island effect occurs



22. 6. 2017

What is an Urban Heat Island?

● The Urban Heat Island Effect

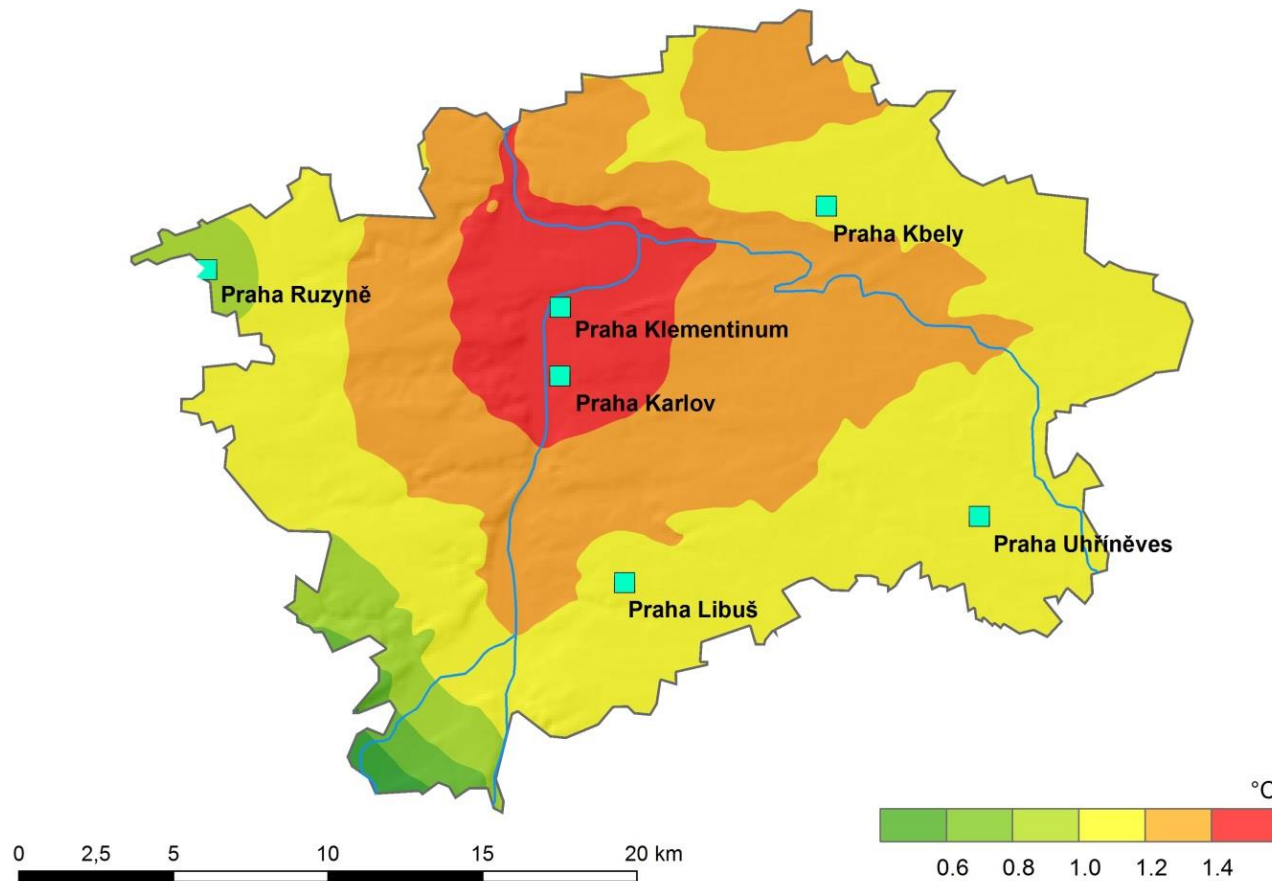


Tepelný ostrov města

- Vlivem růstu městské populace, rozšiřování zástavby, růstu spotřeby elektřiny a zintenzívnění průmyslu a dopravy dochází k **zesilování intenzity pražského MTO**
- Za období 1961-2016:
 - **0,16 °C/10 let pro minimální teploty**
 - **0,08 °C/10 let pro průměrné denní teploty**
 - 0,03 °C/10 let pro maximální teploty

Tepelný ostrov města

- Rozdíl ročního průměru minima teploty vzduchu v letech 2001-2010 a 1961-1971



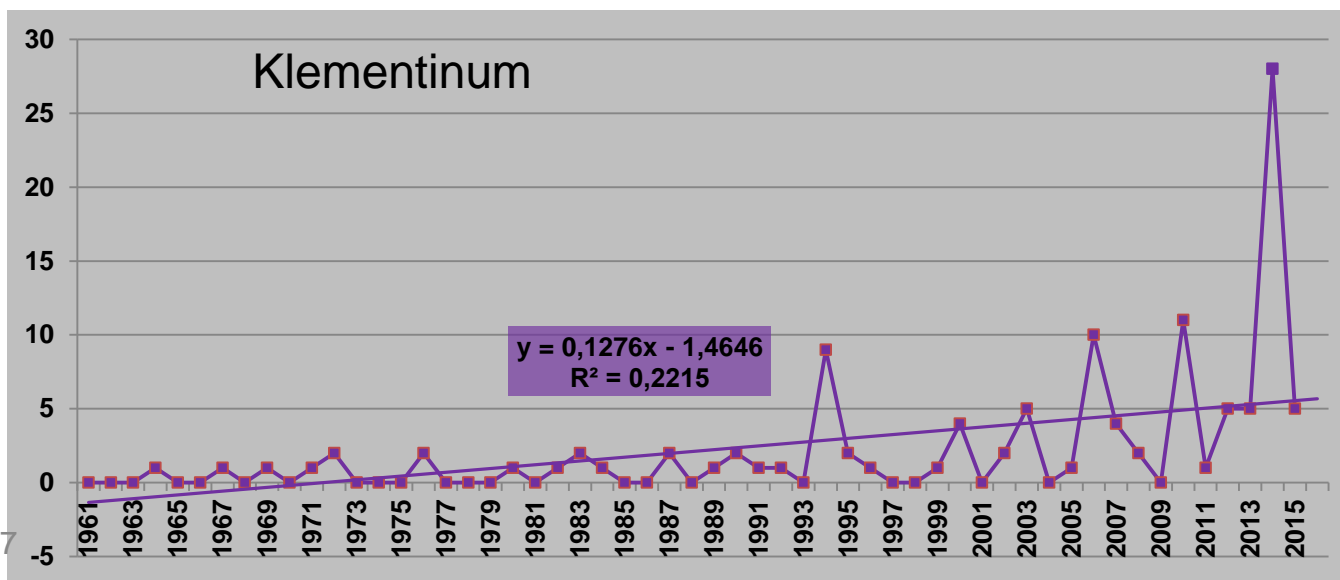
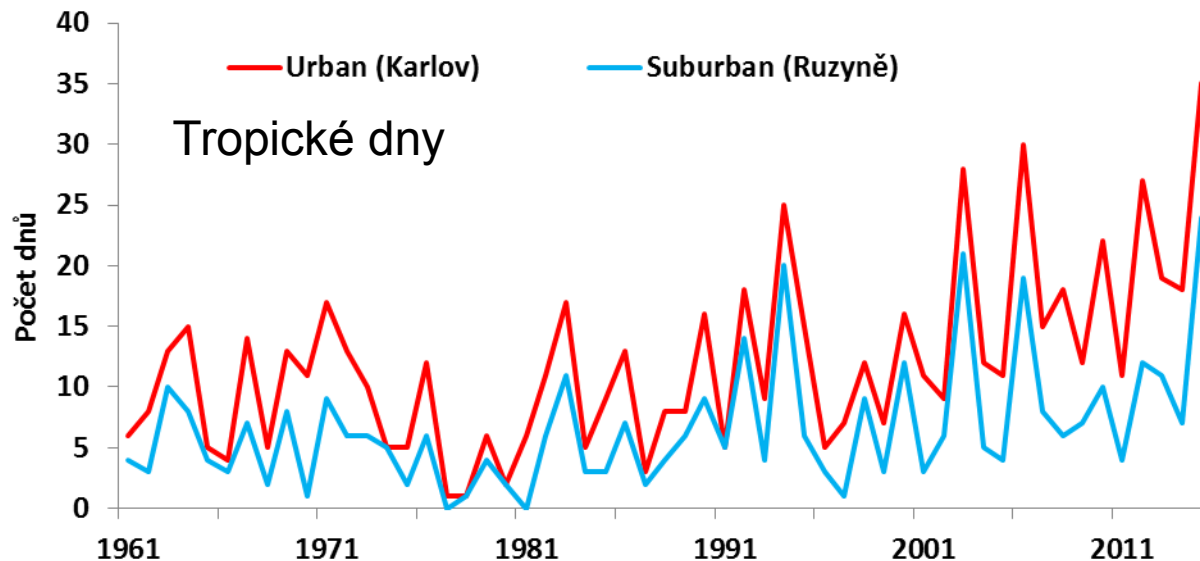
Trend výskytu horkých a studených dnů

- Větší růst letních dnů a tropických dnů/nocí v centru (žluté stanice) než na okraji (oranžově)

Stanice	Letní den	Tropický den	Tropická noc	Mrazový den	Ledový den	Arktický den
KARLOV	4.72	2.02	0.34	-4.50	-2.00	-0.19
KLEMENTINU	4.29	1.53	1.27	-3.37	-2.23	-0.17
LIBUŠ	5.01	2.11	0.13	-3.33	-1.73	-0.21
RUZYŇ	3.45	1.04	0.01	-3.85	-1.63	-0.25

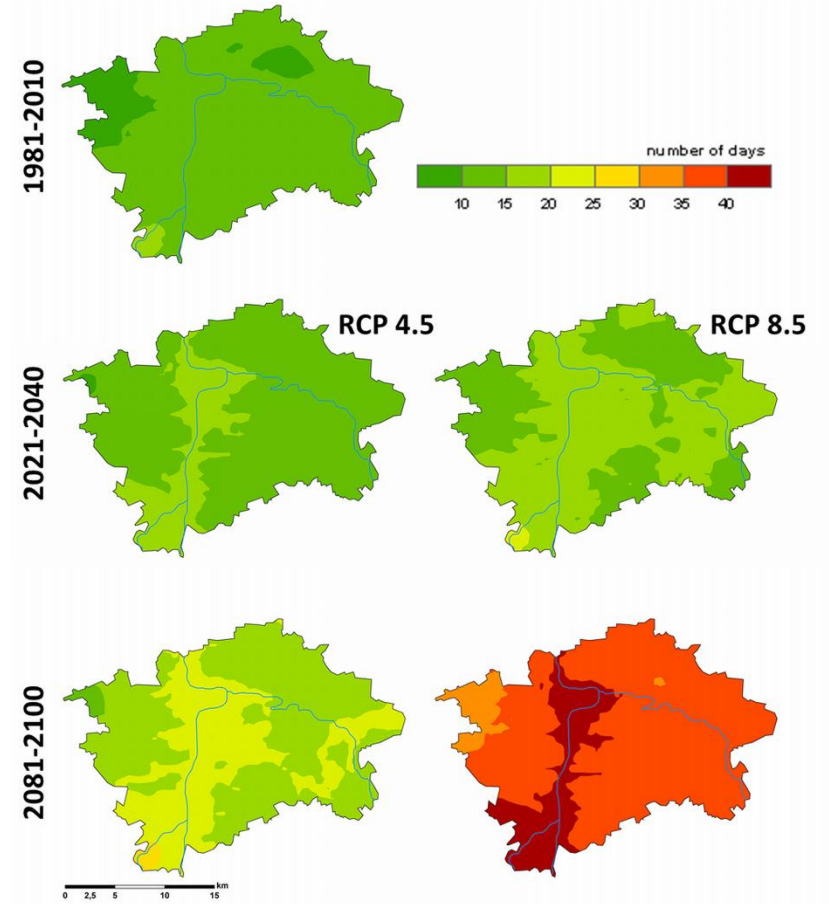
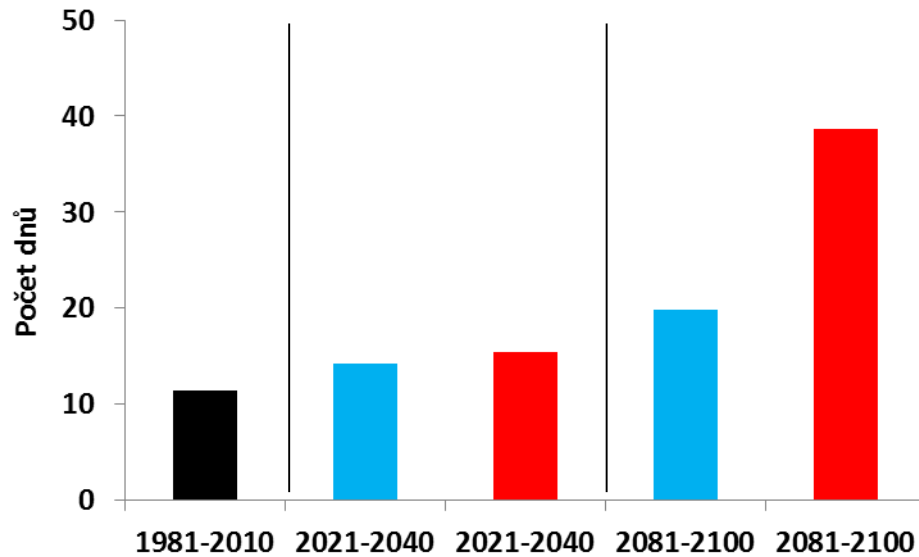
Trend: dnů/10 let

Tropické dny a noci v Praze



Praha a budoucí výhled

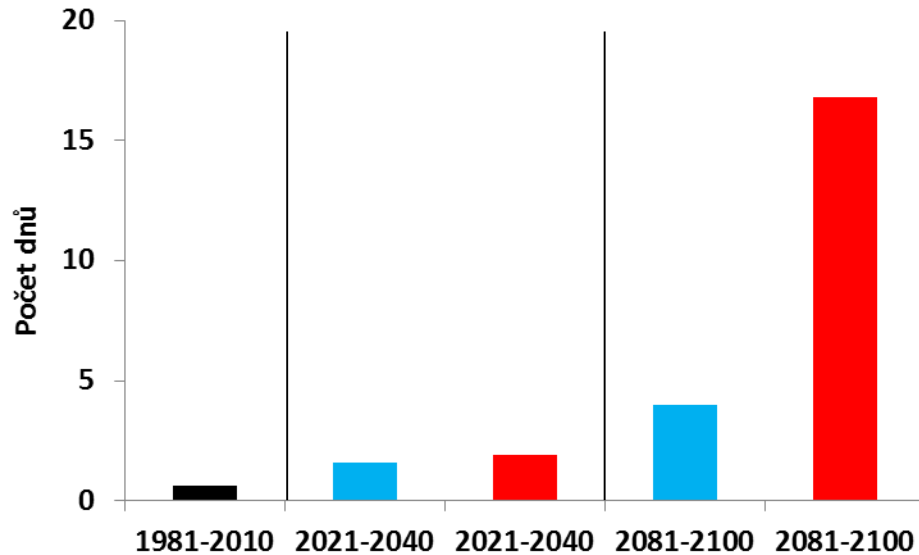
Tropické dny



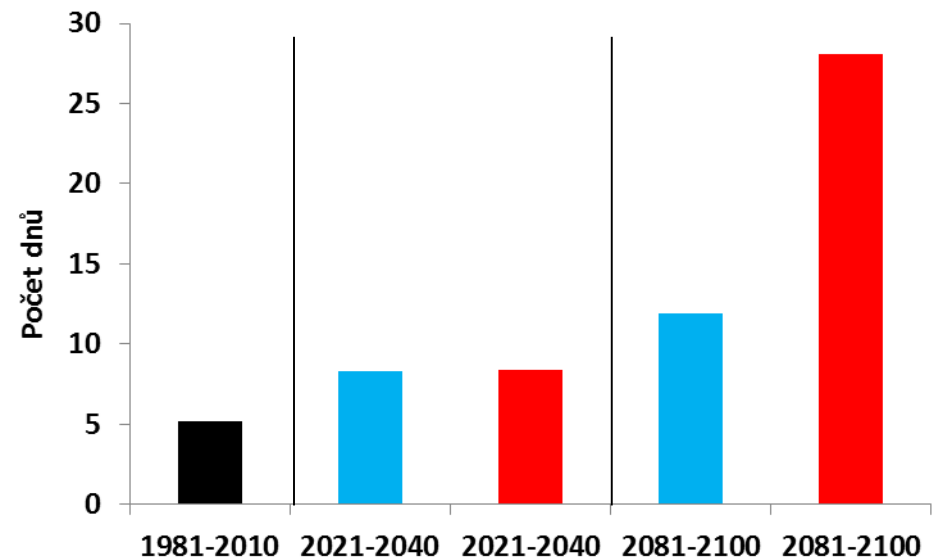
Černá = současnost, modrá = RCP 4,5,
červená RCP 8,5

Praha a budoucí výhled

Tropické noci



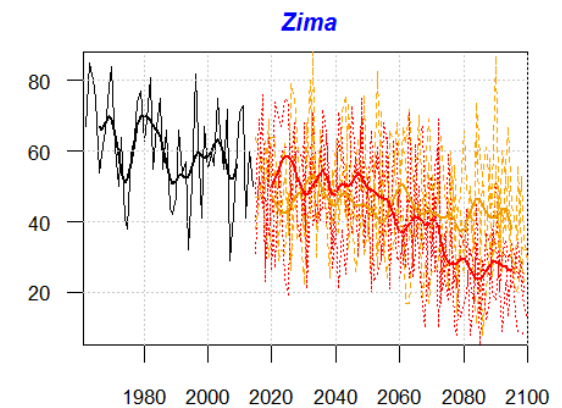
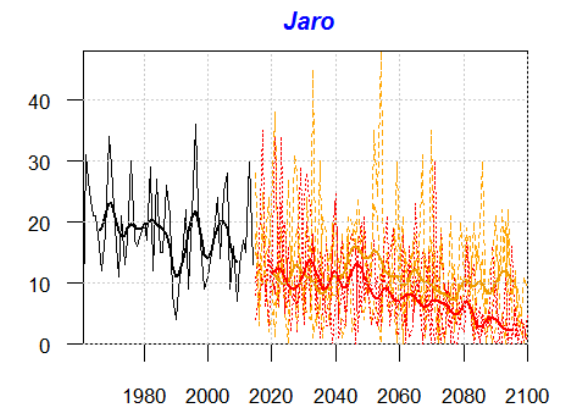
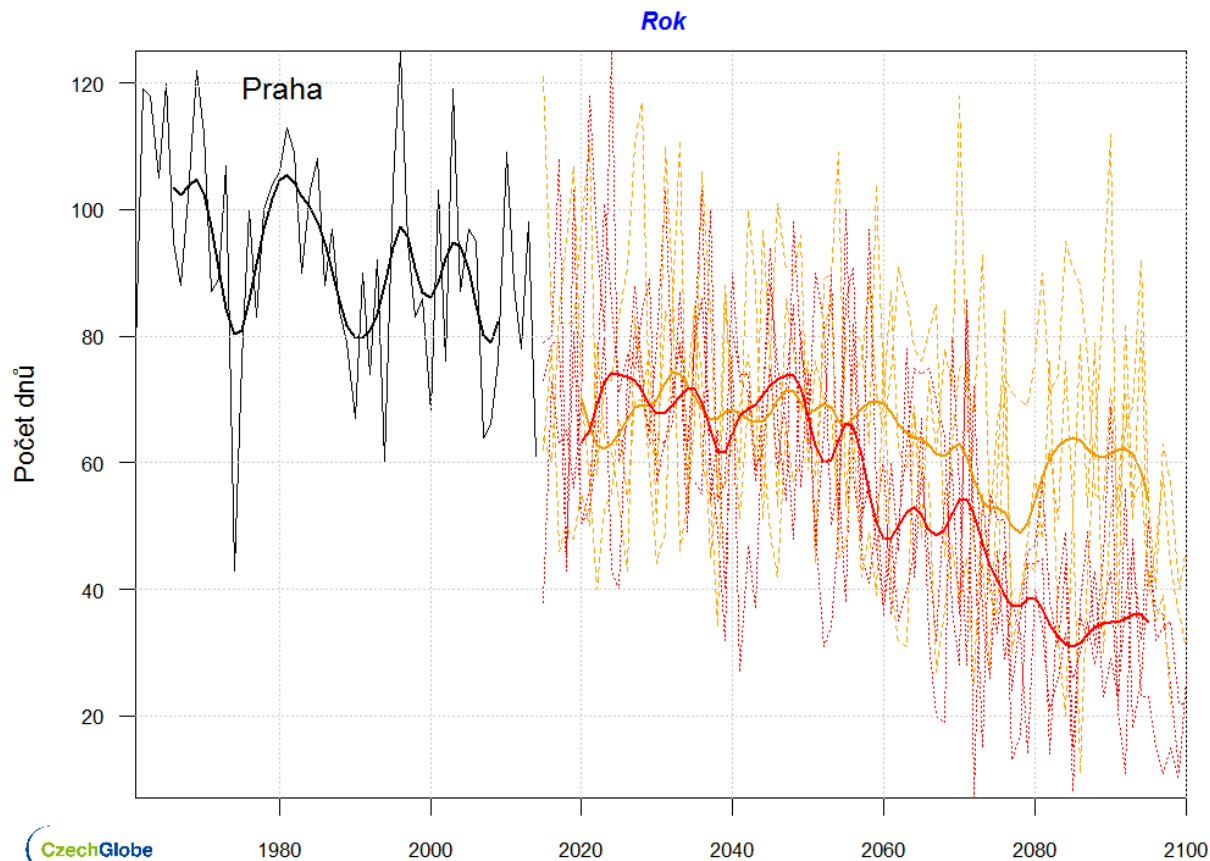
Horké vlny (3 a více dnů s maximální teplotou nad 30°C)



Černá = současnost, modrá = RCP 4,5,
červená RCP 8,5

Indexy extremity – počet mrazových dní (minimální teplota $\leq 0^{\circ}\text{C}$)

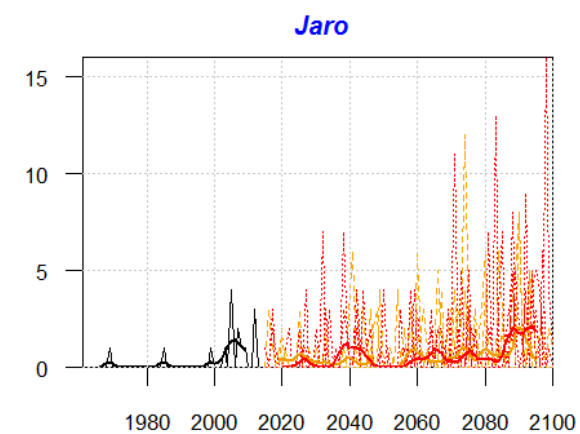
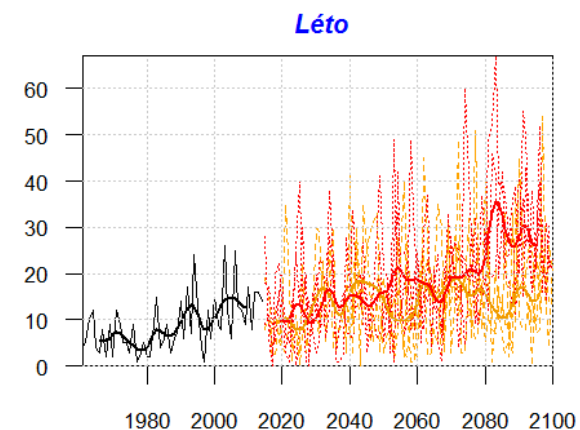
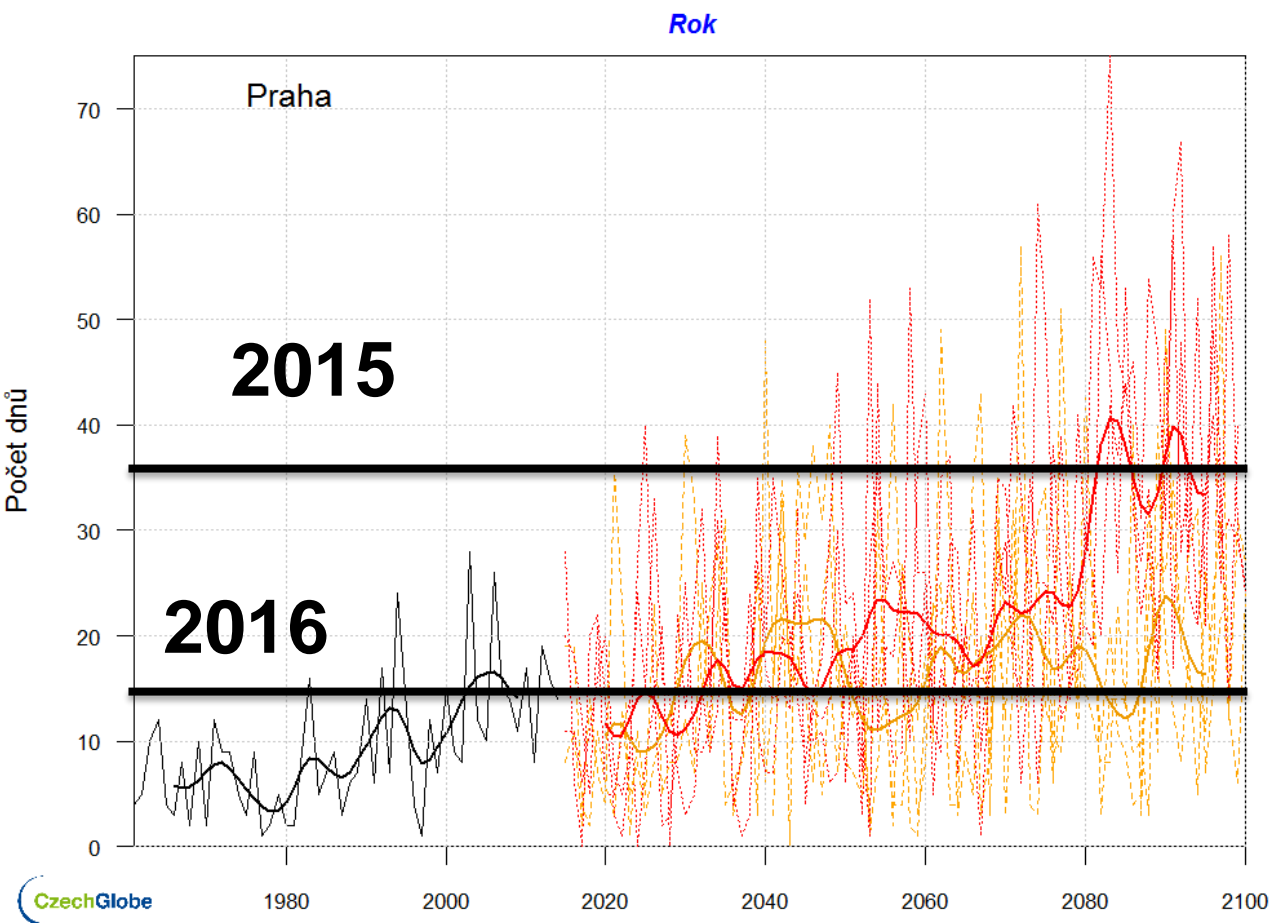
- Nevýhoda pro horské oblasti
- Výhoda pro města – méně topení, méně sněžení, dříve roztává sněhová pokrývka



Červená čára je RCP 8.5, oranžová je emisní scénář 4.5



Indexy extremity – počet tropických dní (maximální teplota >30°C)



Červená čára je RCP 8.5, oranžová je emisní scénář 4.5

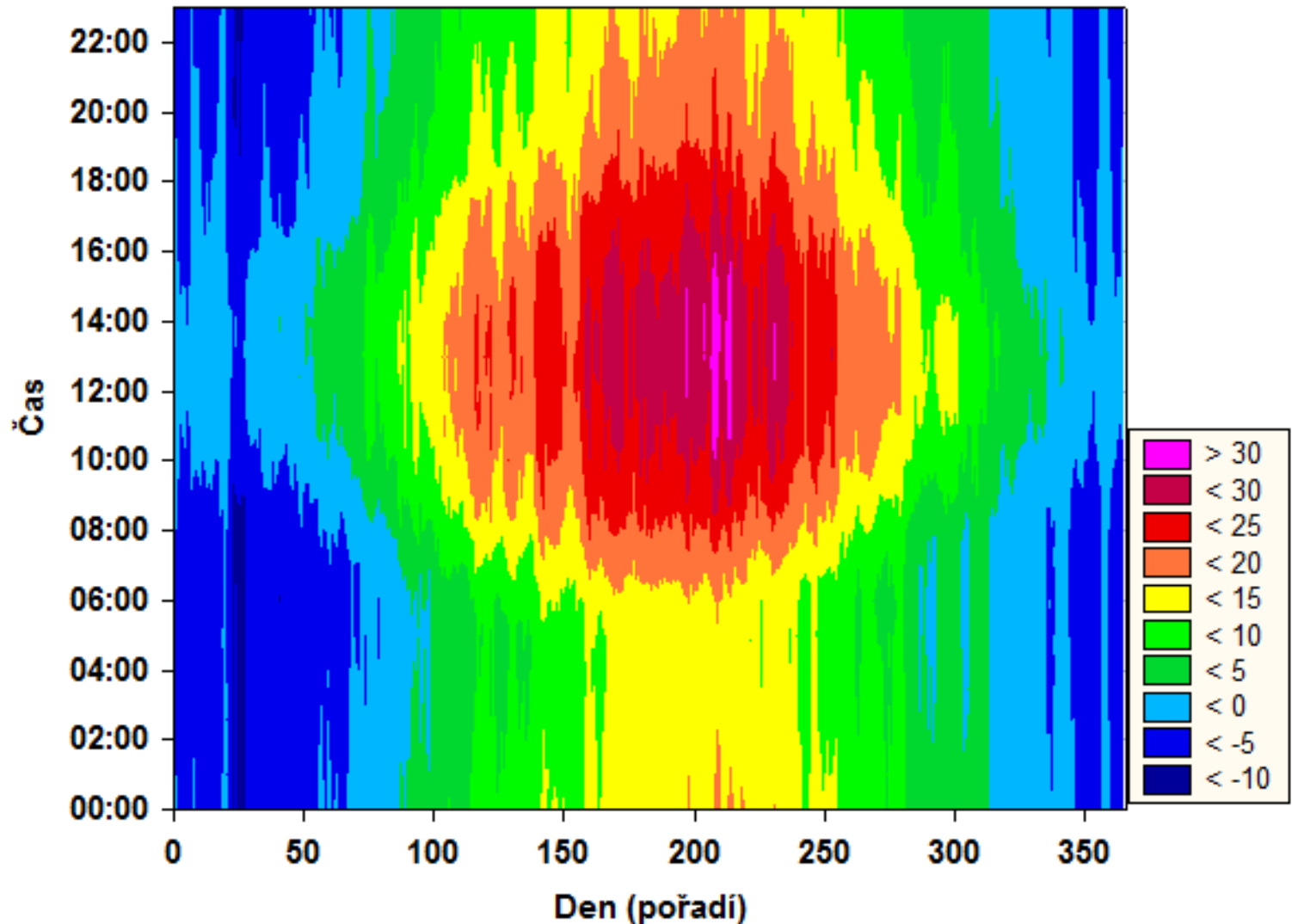


Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Obyčejná teplota vzduchu není optimální pro vyjádření vnímání člověka => proto zavedeny tepelné indexy
- Jedním z nich je PET – fyziologicky ekvivalentní teplota
- Uvažuje celkový účinek teploty vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu a toků radiace
- Současně umožňuje kombinaci s energetickou bilancí člověka (vliv oblečení, pohlaví, výšky apod.)
- Od 26 °C začíná **mírný** tepelný stres, nad 34 °C **silný** a nad 43 °C **extrémní** stres z tepla

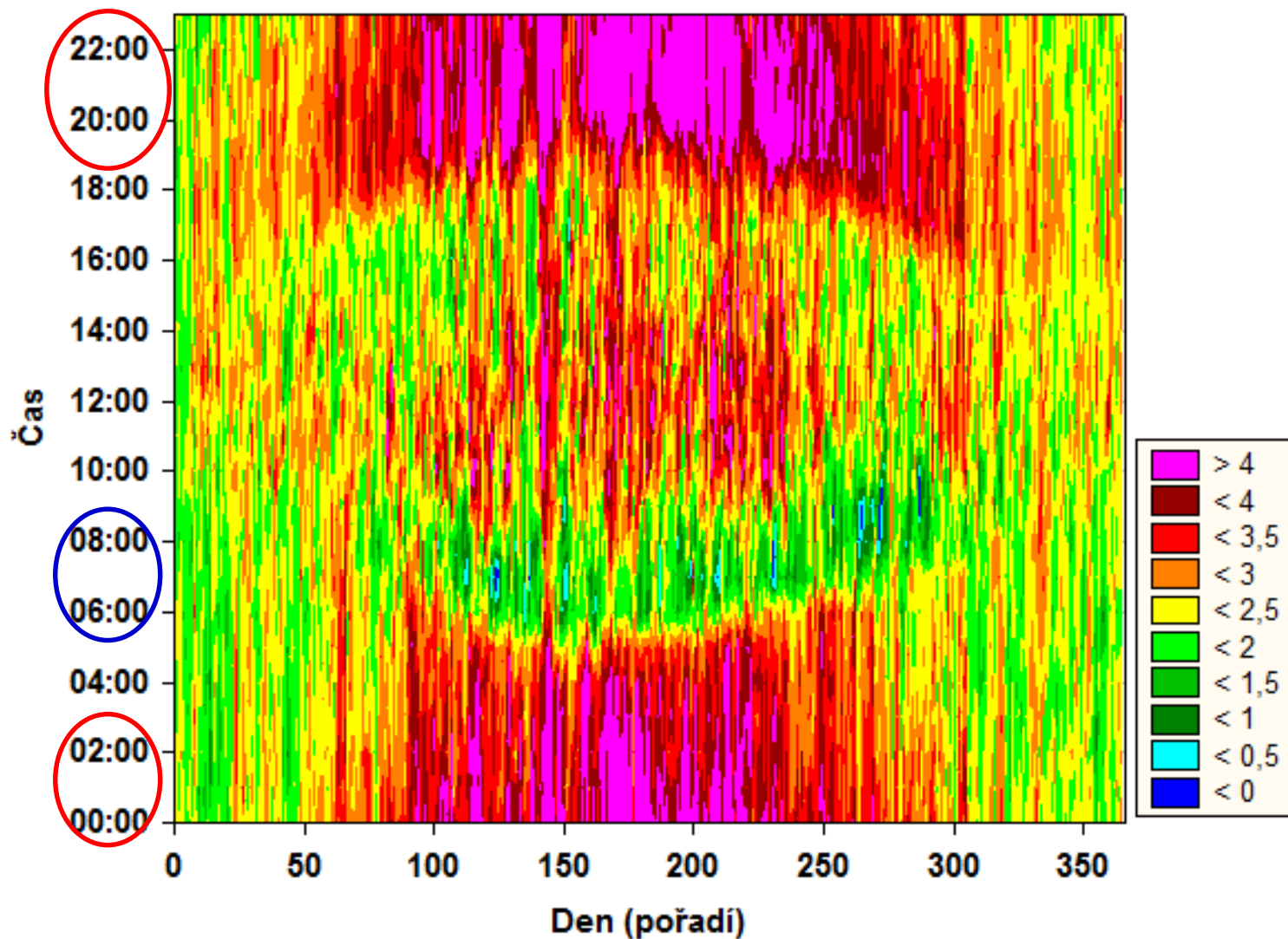
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Praha Karlov, roční/denní chod PET



Fyziologicky ekvivalentní teplota

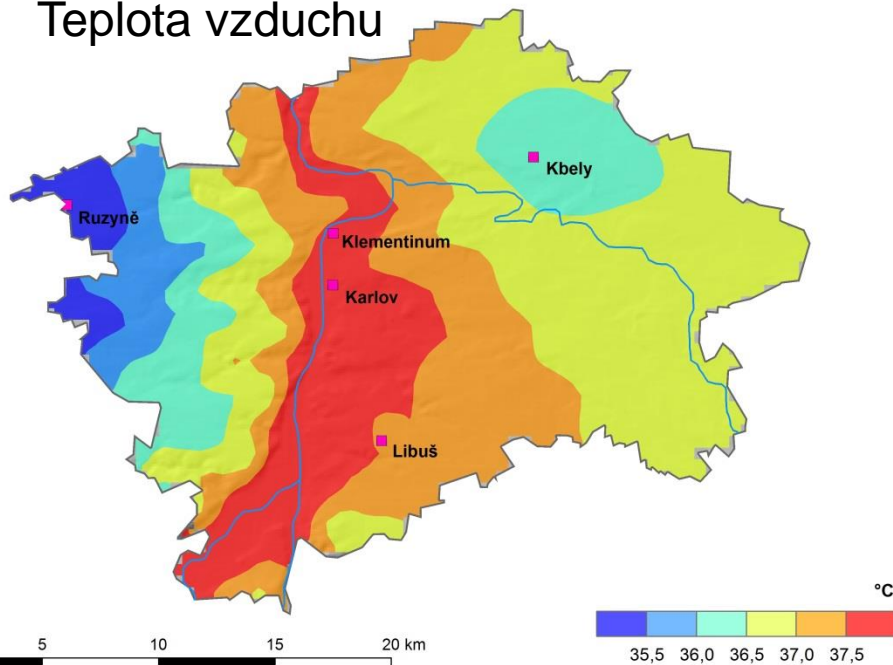
- Rozdíly PET stanic Praha Karlov a Praha Ruzyně, roční/denní chod



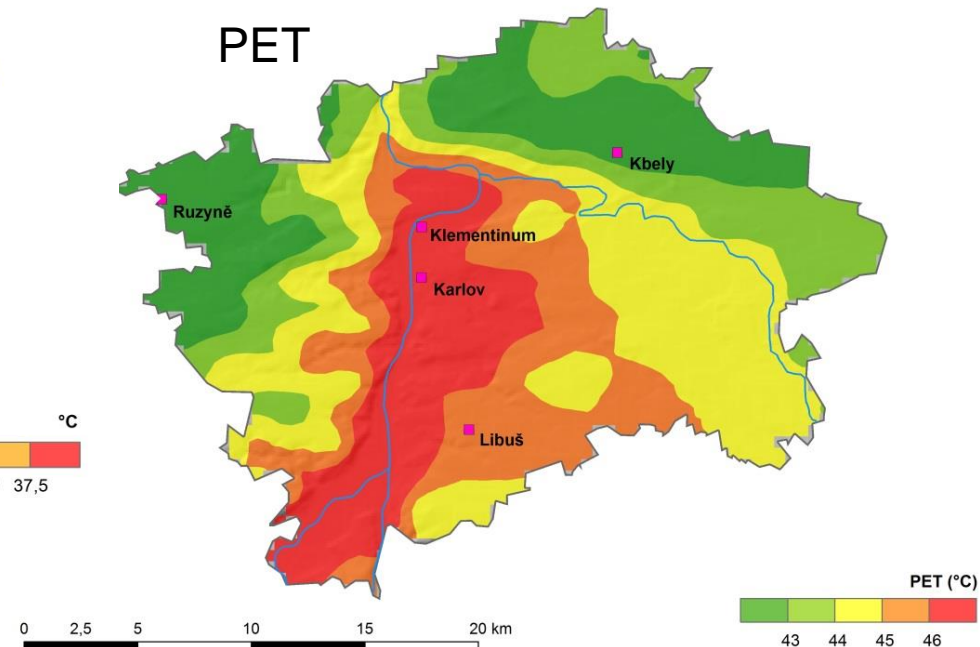
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Příklad horkého dne 28. 7. 2013

Teplota vzduchu

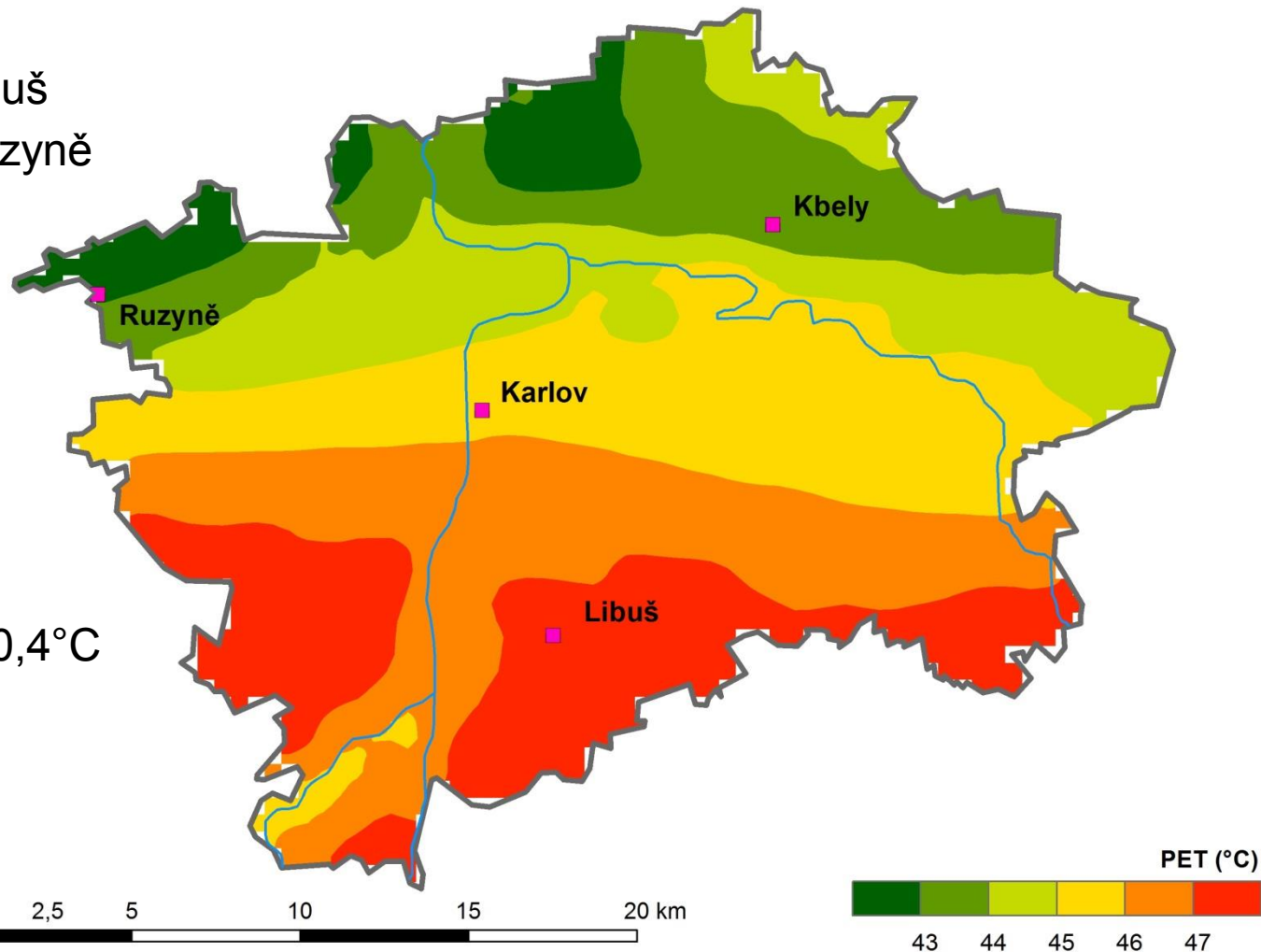


PET



Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Nejteplejší den v historii Prahy
- 20.8.2012
- PET 47,9°C Libuš
- PET 42,8°C Ruzyně



- TMA
- Dobřichovice 40,4°C
- Libuš 39,6°C
- Karlov 38,1°C
- Ruzyně 37,4°C

Město a člověk – zhodnocení dopadů UHI

- Snížení počtu dnů s tepelným stresem vlivem chladu
- Menší počet ledových a mrazových dnů
- Snížení spotřeby energie na vytápění v zimě

- Delší vlny vedra v létě
- Zkrácení doby komfortu v noci
- Zvýšení tepelné zátěže, nárůst zdravotních rizik pro seniory a děti
- Méně vhodný pobyt venku během letních měsíců
- Zvýšení spotřeby elektřiny v létě (klimatizace)
- Zvětšení nárůstu teploty ve městech v důsledku globální změny klimatu

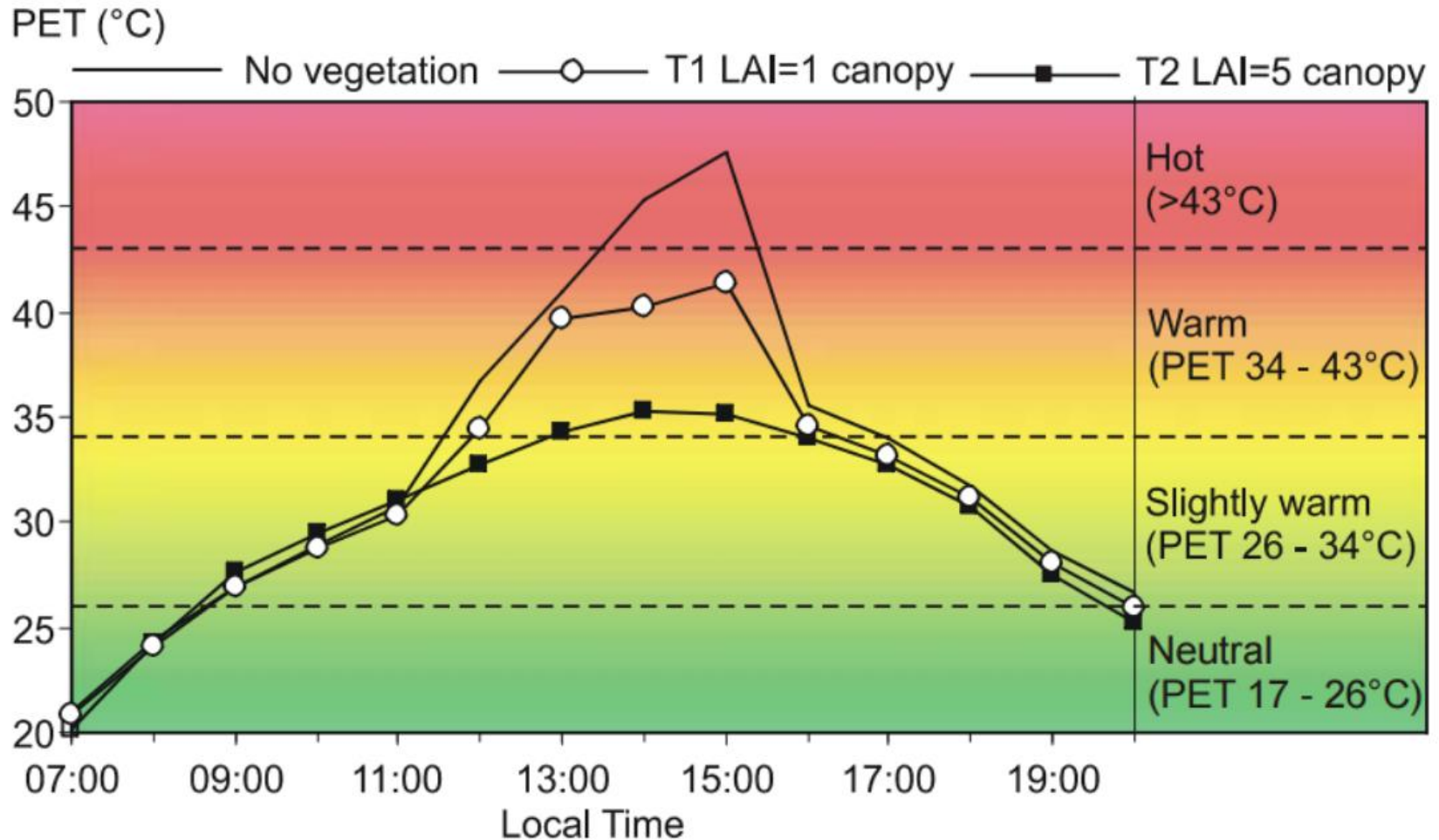
Má cenu nějak řešit UHI?

- ROZHODNĚ ANO, neboť:
 - zvýšení teploty vlivem UHI má negativní vliv na zdraví
 - počet úmrtí roste exponenciálně s teplotou - při horkých vlnách vlivem vyšší teploty (*hlavně tam, kde obyvatelstvo není na vyšší teploty aklimatizováno*)
 - hlavní problém je zejména zvýšení nočních teplot a s tím spojené nedostatečné ochlazení vnitřních prostor
 - UHI vede ke zvýšení výdajů na klimatizaci (*např. LA - v létě zvýšení T_{max} o 1°C znamená zvýšení spotřeby elektřiny o*

Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Pasivně“ - změnit režim aktivit tak, aby dopad UHI na člověka byl co nejmenší
 - klimatizace vnitřních prostor
 - omezení aktivit v nejteplejších částech dne/roku
 - opuštění měst v nejteplejších částech roku/dne

Denní chod teploty vzduchu ve třech typech ulic (bez vegetace, s řídkou výsadbou a hustou výsadbou) a s ní spojená změna indexu PET v Sao Paolu (Spangenberg et al. 2008)



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



22. 6. 2017



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Aktivně“- snížit ohřívání budov a ulic ve městech energeticky šetrnými metodami
 - vnější stínění oken (okenice, žaluzie)

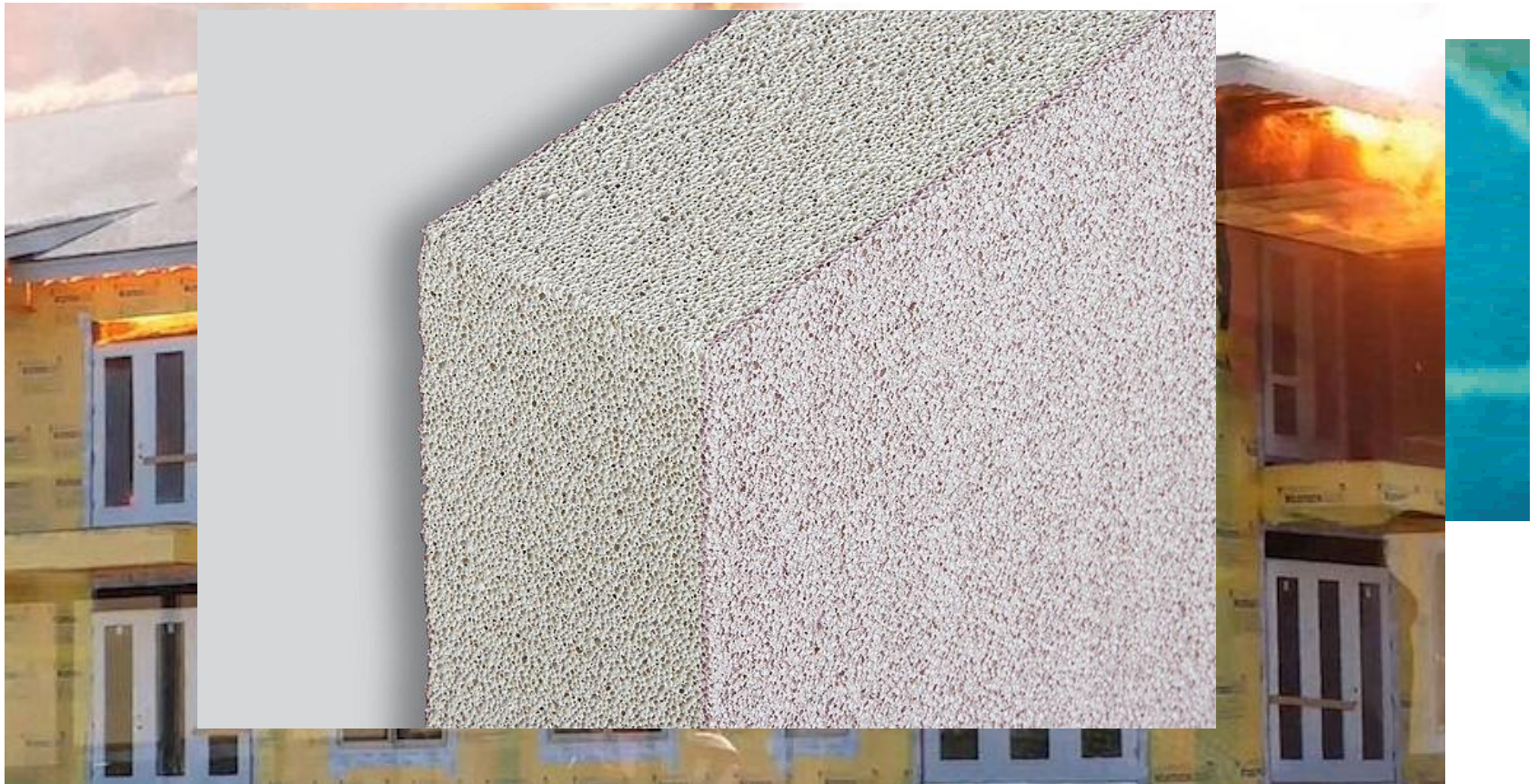
Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Aktivně“- snížit ohřívání budov a ulic ve městech energeticky šetrnými metodami
 - vnější stínění oken (okenice, žaluzie)
 - co nejlepší tepelné vlastnosti použitých stavebních materiálů

Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Aktivně“- snížit ohřívání budov a ulic ve městech energeticky šetrnými metodami
 - vnější stínění oken (okenice, žaluzie)
 - co nejlepší tepelné vlastnosti použitých stavebních materiálů
 - zelené střechy a stěny budov

Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Aktivně“- snížit ohřívání budov a ulic ve městech energeticky šetrnými metodami
 - vnější stínění oken (okenice, žaluzie)
 - co nejlepší tepelné vlastnosti použitých stavebních materiálů
 - zelené střechy
 - použití takových materiálů, které pohlcují méně záření

Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



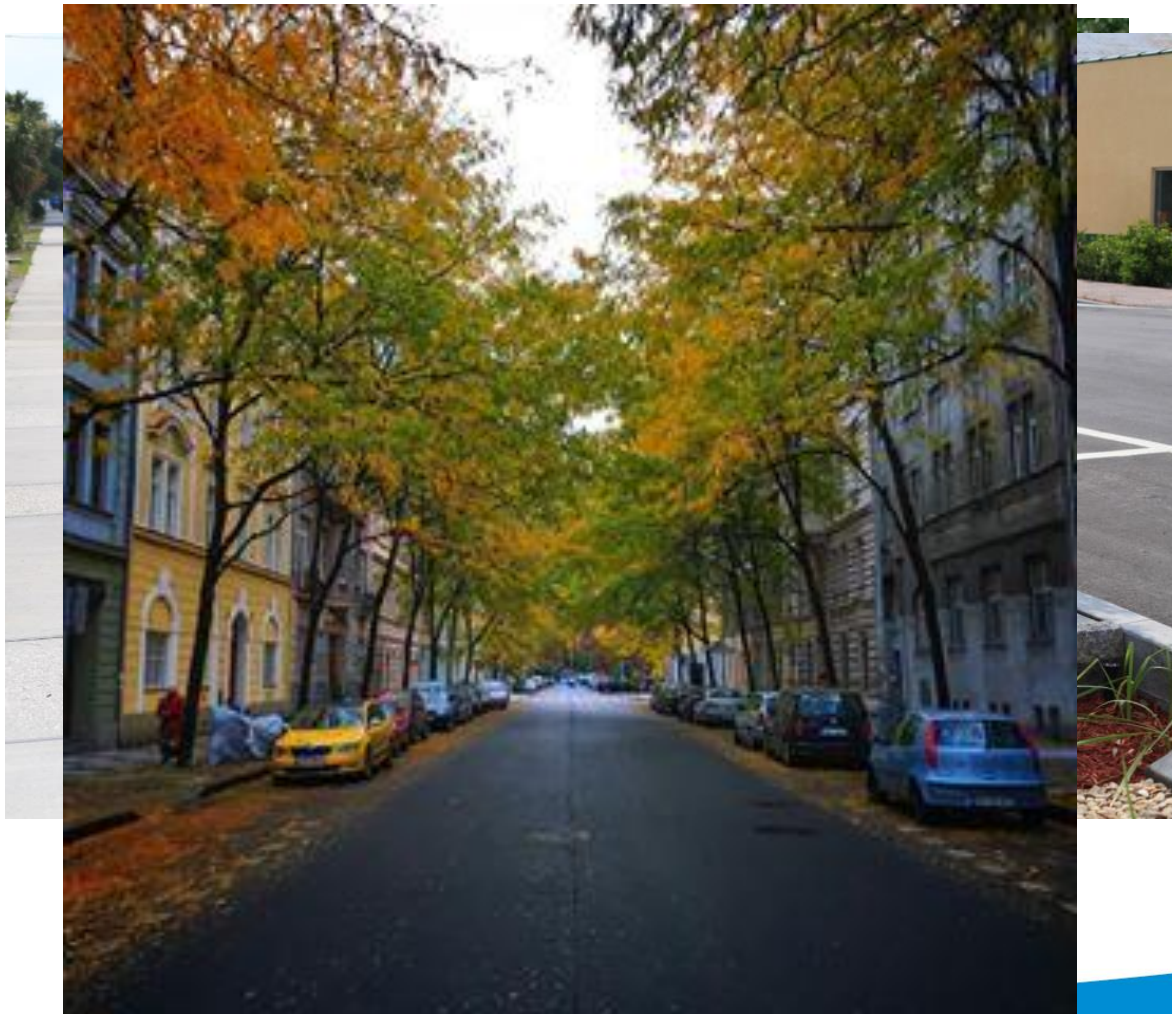
22. 6. 2017



Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

- „Aktivně“- snížit ohřívání budov a ulic ve městech energeticky šetrnými metodami
 - vnější stínění oken (okenice, žaluzie)
 - co nejlepší tepelné vlastnosti použitých stavebních materiálů
 - zelené střechy
 - použití takových materiálů, které pohlcují méně záření
 - **FUNKČNÍ ZELEŇ !!!** ... a zvýšení výparu

Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?

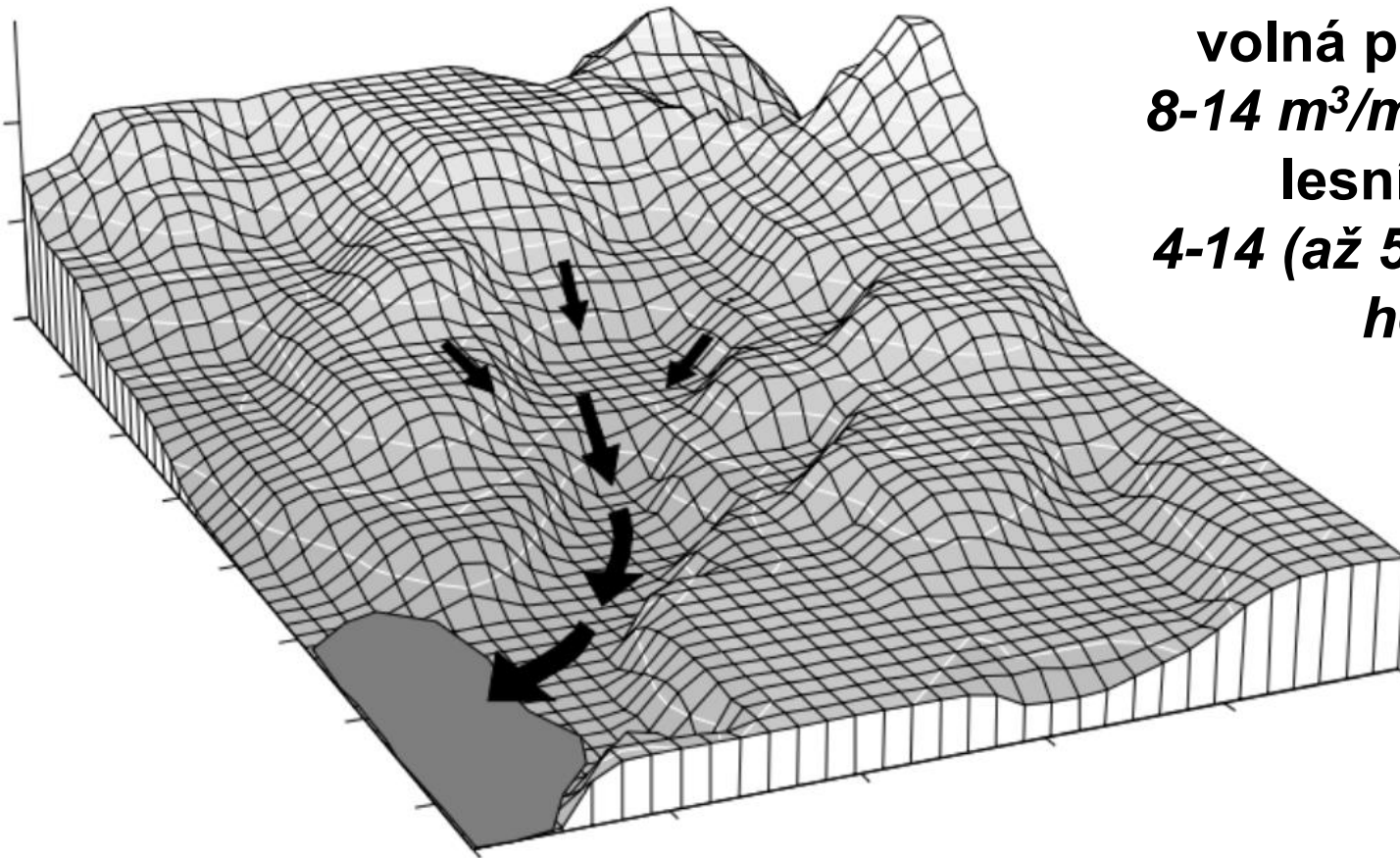


Jak lze zmírnit negativní dopady UHI?



Proudění studeného vzduchu podmíněné gravitací (noční ochlazování)

Intenzita produkce
studeného vzduchu:
volná prostranství:
8-14 m^3/m^2 za 1 hodinu
lesní plochy:
**4-14 (až 54) m^3/m^2 za 1
hodinu**



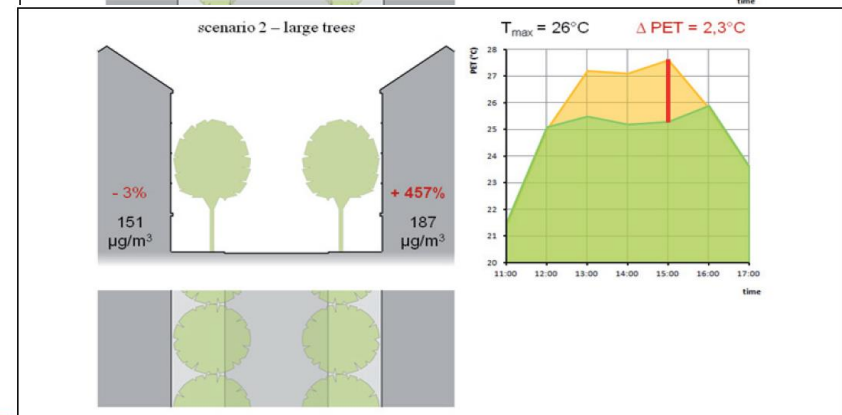
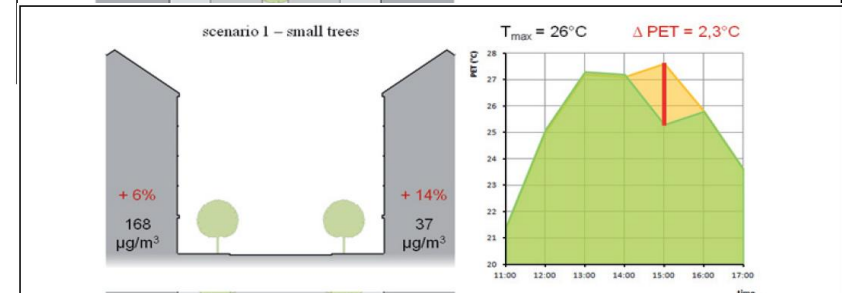
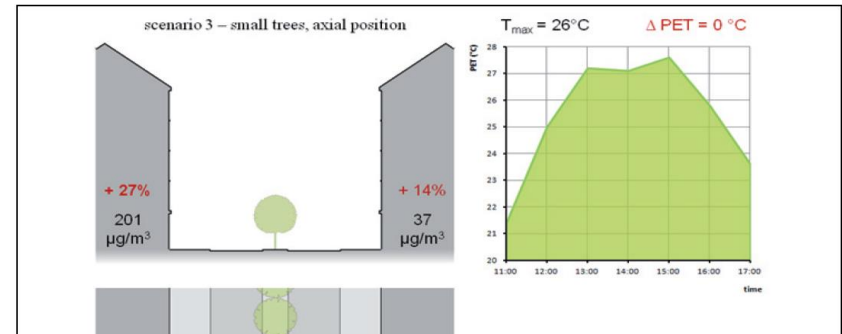
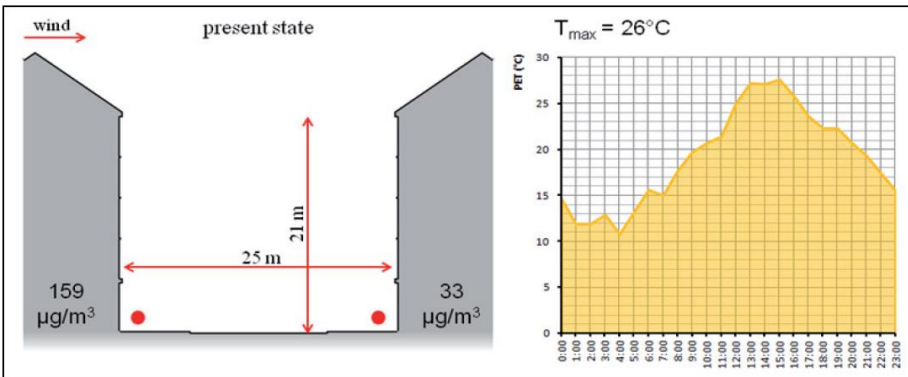
Vliv zelených oblastí/pásů, parků, skupin stromů ...

- **Rozsáhlý městský park (přes 2 h) se vzrostlými stromy ovlivňuje klima i přes 500 m od svých hranic**
- **Chladicí efekt stromů (skupiny) – do cca 80 metrů (během denních hodin a při slunečném počasí), výraznější při větším počtu stromů (může být vyšší noční minimum než v okolí)**
- **Parky bývají chladnější nejvýrazněji během nejteplejších částí dne (při slunečném počasí)**
- **Zlepšení retenční schopnosti srážek**

Modelování dopadů změn prostředí měst



Modelování dopadů změn prostředí měst

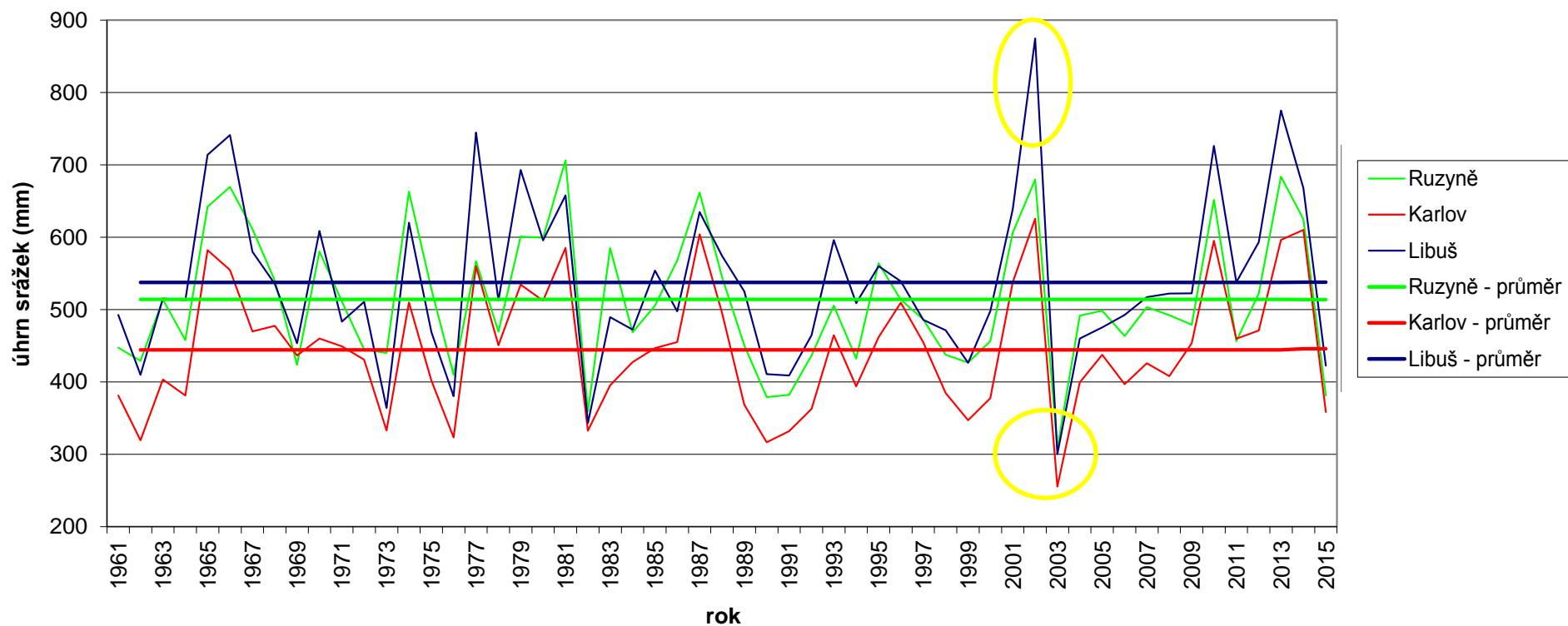


- Dochází k oteplování, roste počet teplých a extrémně teplých dnů i nocí, klesá počet dnů studených
- Do konce století **další nárůst teploty** i teplých dnů
- Negativní dopady oteplování prohlubuje **městský tepelný ostrov**
- Množství ročních srážek se příliš nezmění – rozdíly mezi modely
- Změní se charakter srážek – **stoupne množství intenzivních srážek** (bouřky) a zároveň se zvýší počet za sebou jdoucích dnů bez srážek
- Kvůli zvýšené teplotě a nevýrazné změně v množství srážek bude větší výpar a tedy **větší tendence k suchu**

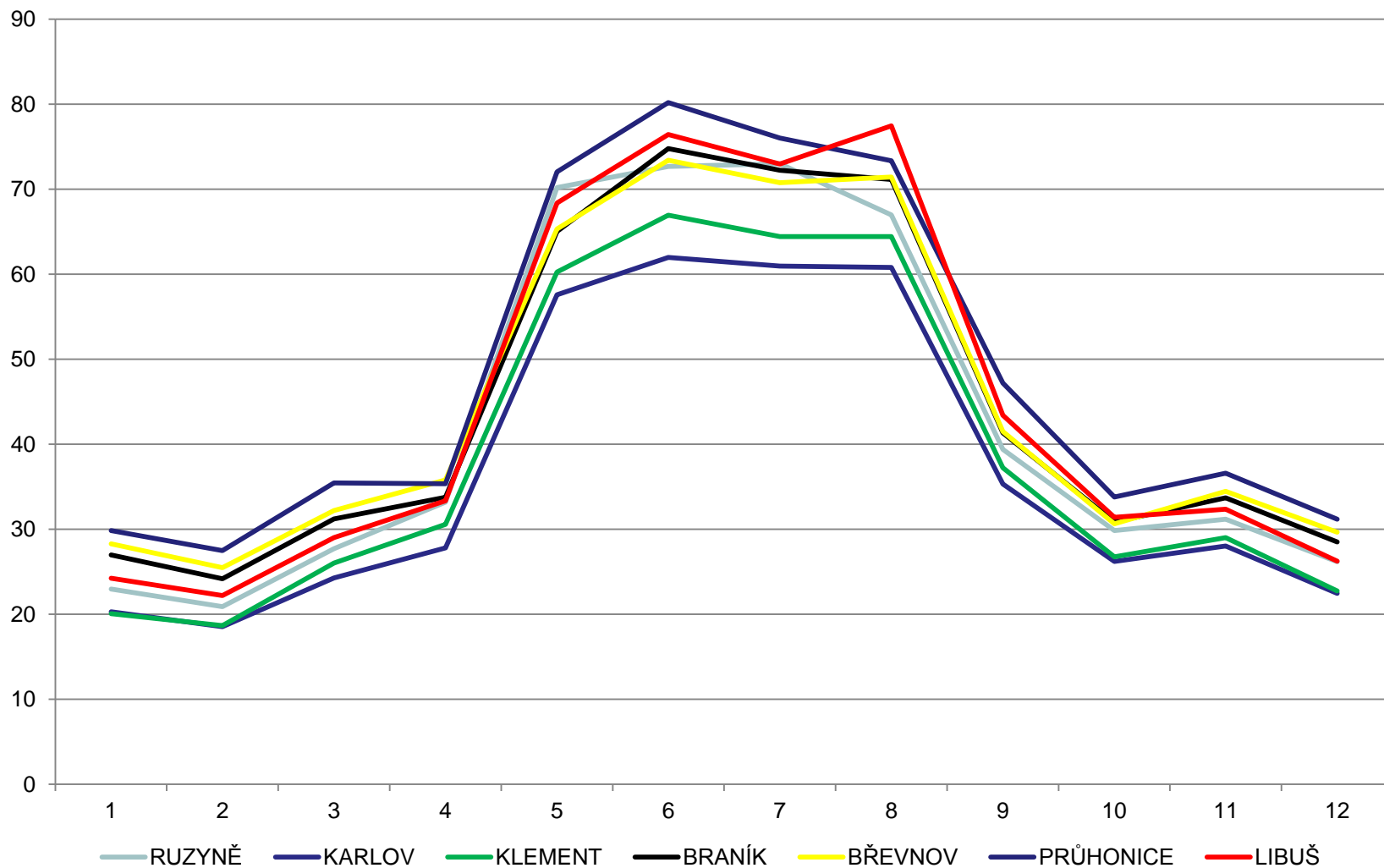
Děkuji za pozornost

Srážky v Praze

Průměrný roční úhrn srážek

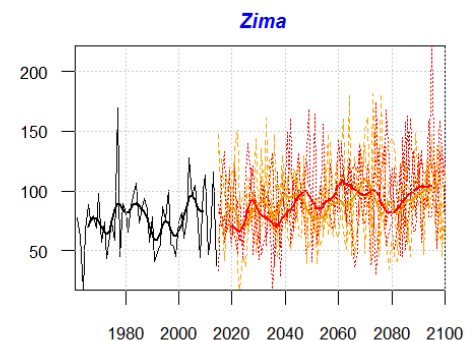
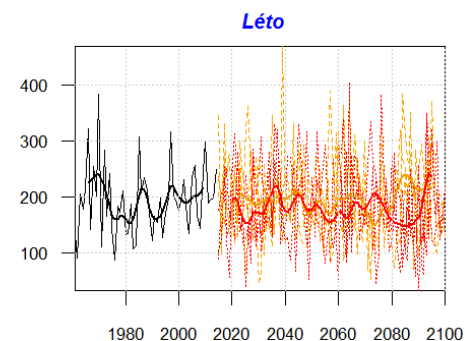
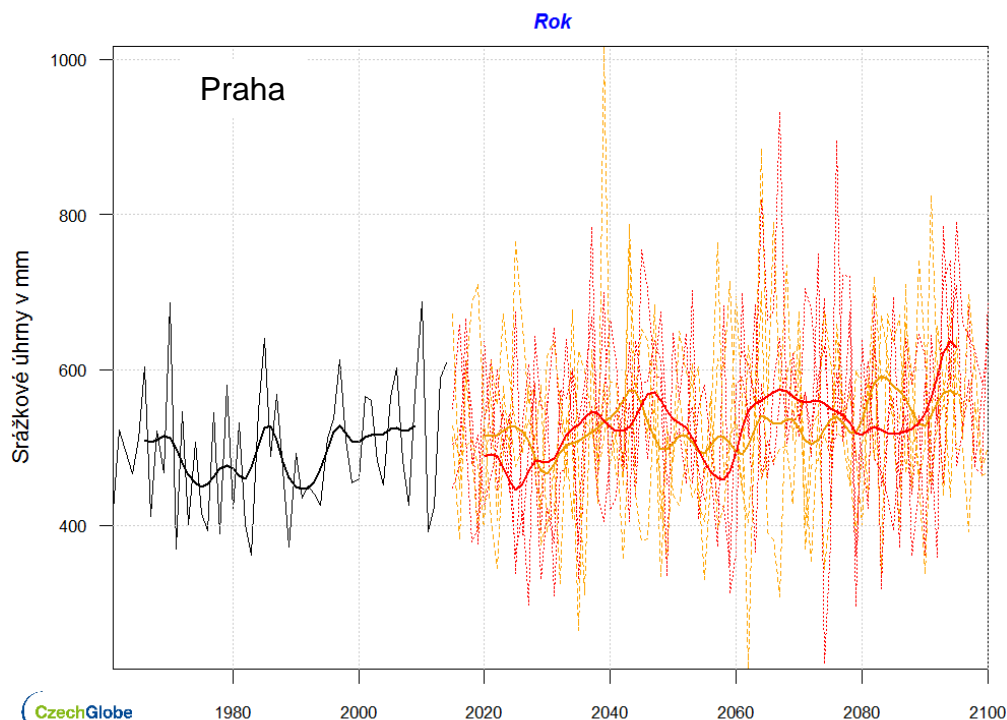


Srážky v Praze



Srážky - budoucnost

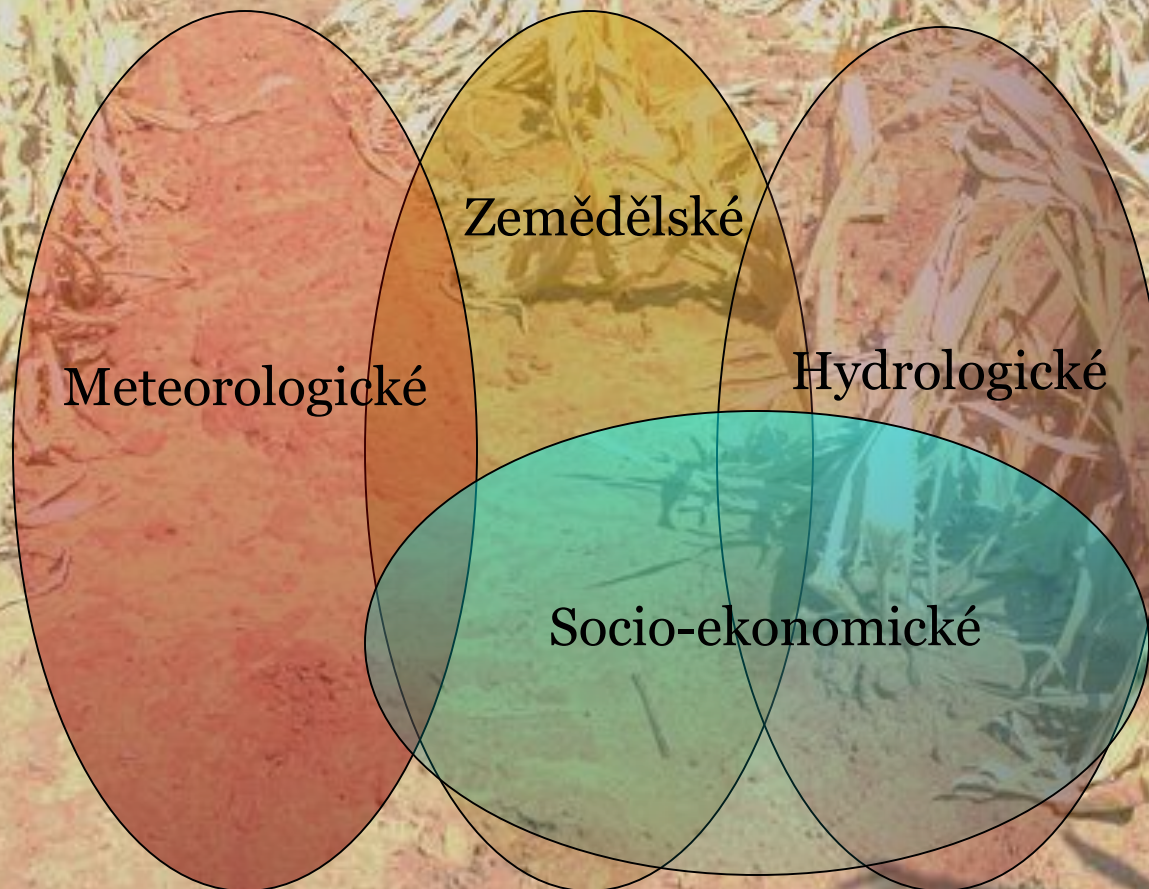
Emission scenario	Period	YEAR	DJF	MAM	JJA	SON
rcp45	2021-2040	106.6	109.3	105.9	105.0	107.4
rcp45	2041-2060	107.0	110.5	111.5	100.9	108.7
rcp45	2061-2080	110.3	115.9	115.1	104.4	109.5
rcp45	2081-2100	112.7	114.0	119.3	107.5	112.4
rcp85	2021-2040	106.5	110.6	109.3	103.4	106.2
rcp85	2041-2060	112.2	120.4	115.4	105.8	112.3
rcp85	2061-2080	113.7	126.1	118.7	104.3	113.8
rcp85	2081-2100	116.3	135.1	123.5	102.4	115.9



Červená čára je RCP 8.5, oranžová je emisní scénář 4.5

Sucho

Pokles významu klimatologických příčin (např. deficitu srážek)



22. 6. 2017

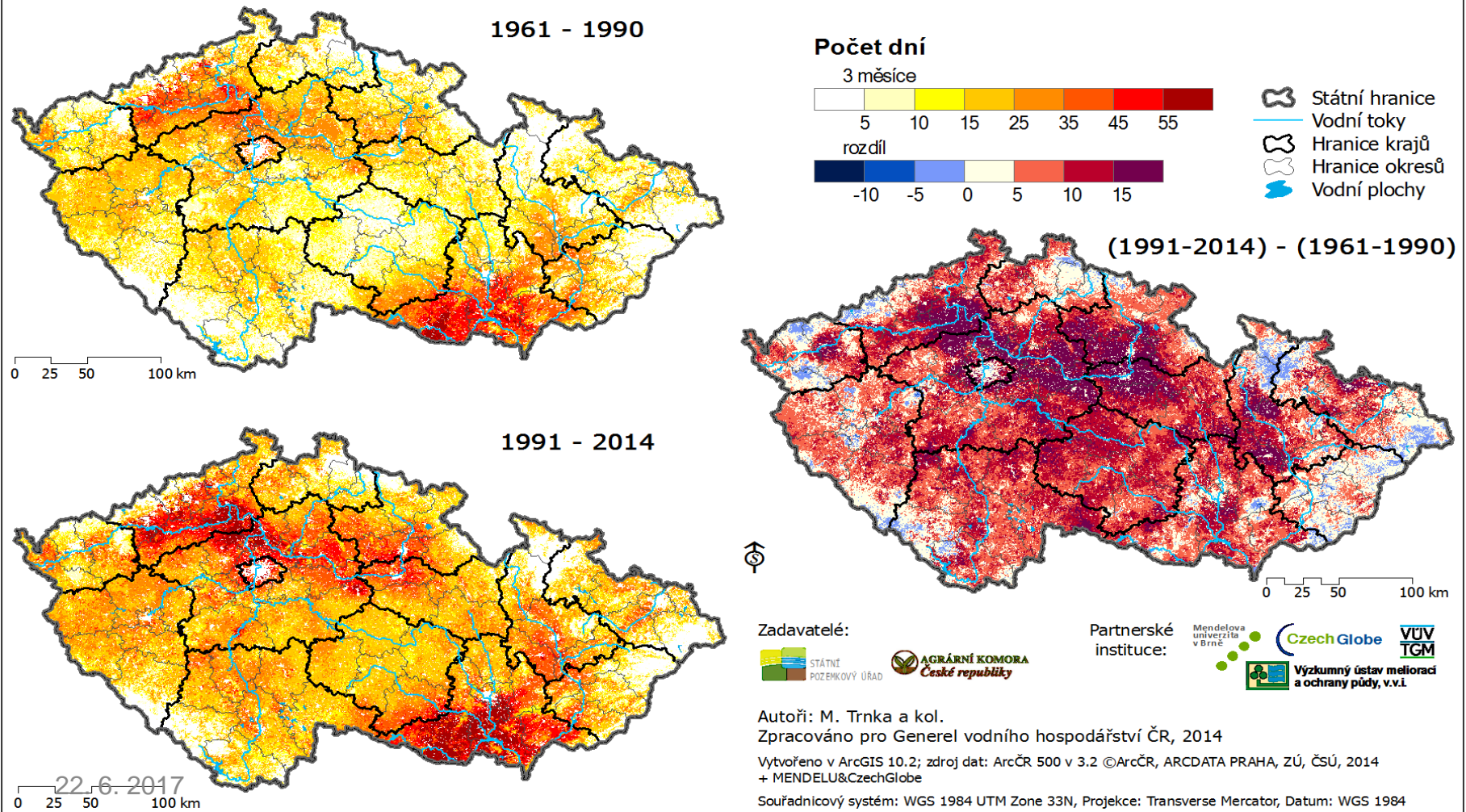
Trvání epizody sucha

Sucho nahodilé

- Nepravidelně se vyskytující období podnormálních srážek, trvající několik týdnů, měsíců i roků
- Ve vegetačním období bývá srážkový deficit doprovázen často i nadnormálními teplotami, nižší relativní vlhkostí vzduchu, malou oblačností a delším trváním slunečního svitu
- Tyto meteorologické prvky mají pak za následek vyšší evapotranspiraci, čímž se dále zvyšuje nedostatek vody (vláhy)

Je sucho v ČR častějším fenoménem?

VÝVOJ POČTU DNÍ S PŮDNÍ VLHKOSTÍ POD BODEM SNÍŽENÉ DOSTUPNOSTI PRO ROSTLINY V POVRCHOVÉ VRSTVĚ PŮDY (DUBEN-ČERVEN)



- Teplota vzduchu v Praze
- Městský tepelný ostrov
- Biometeorologický pohled na teplotu vzduchu
- Budoucí vývoj teploty vzduchu
- Srážky a sucho v Praze