



Palacký University
Olomouc

MÍSTNÍ KLIMATICKÉ ZÓNY PŘI STUDIU SOUČASNÉHO A BUDOUCÍHO KLIMATU MĚSTA

Jan Geletič^{1,2}

Michal Lehnert³

Martin Jurek³

¹ Geografický ústav, Masarykova Univerzita v Brně, Brno, Česká republika

² CzechGlobe - Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., Brno, Česká republika

³ Katedra Geografie, Univerzita Palackého v Olomouci, Česká republika

Osnova

1. Úvod
2. Místní klimatické zóny (LCZ)
3. Klasifikace LCZ v ČR
4. LCZ a teplota vzduchu
5. LCZ a povrchová teplota
6. Modelování klimatu města
 - 6.1. Jaké klima bylo ve městech?
 - 6.2. A jaké klima tam bude?
7. Shrnutí

Úvod

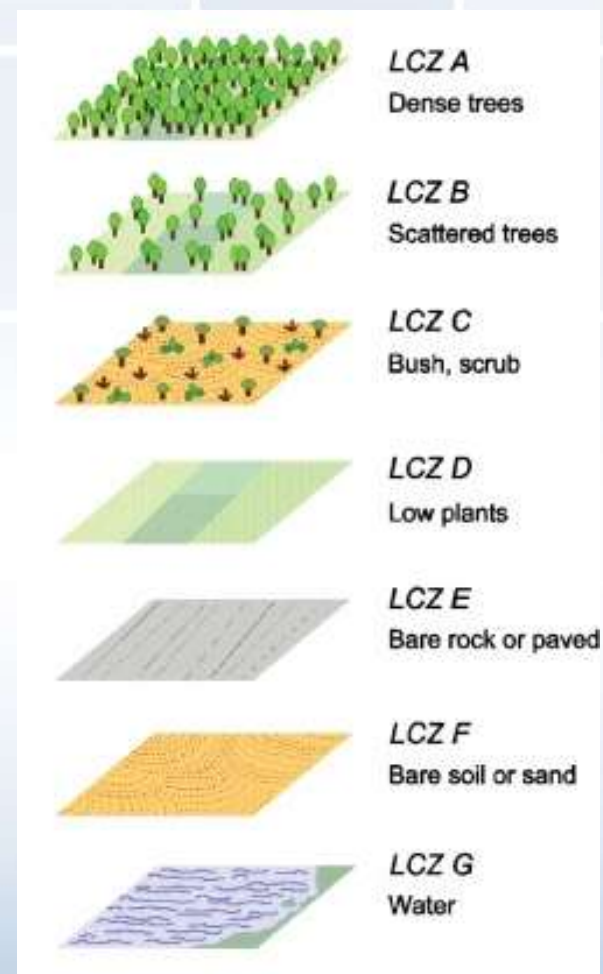
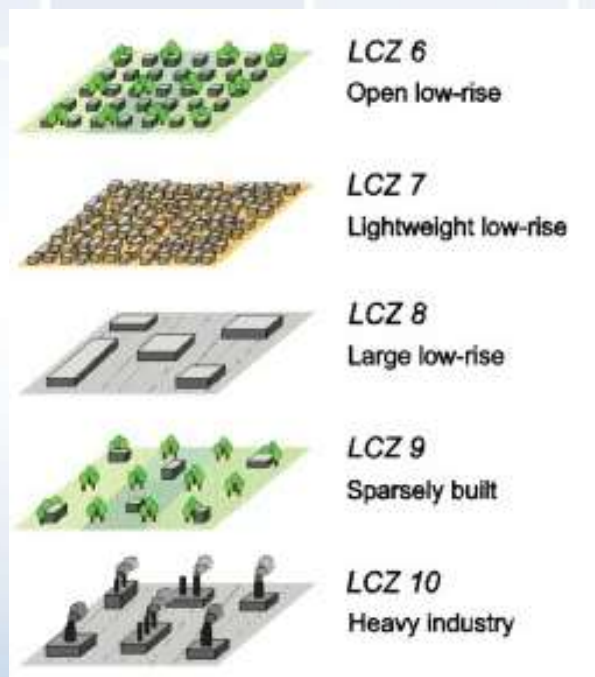
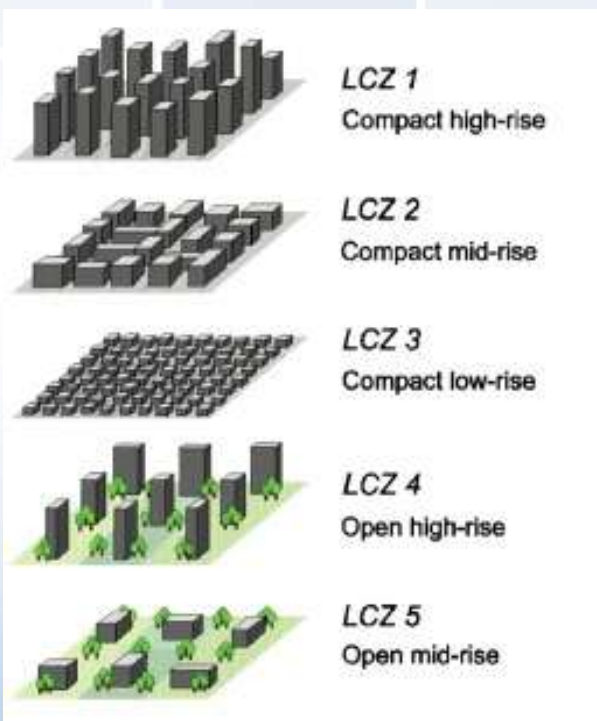
- Více než polovina populace světa žije ve městech (v ČR je podíl městského obyvatelstva podle ČSÚ 2014 více než 70 %)
- Městská zástavba se současně neustále rozšiřuje do okolní krajiny (Ouředníček et al. 2013)
- O fyzické struktuře města, která je důležitá pro komplexní posouzení environmentálních procesů v městské krajině, je stále málo ucelených informací (WUDAPT 2016)
- Při studiu městského klimatu se stále více prosazuje koncept tzv. místních klimatických zón (LCZ)

Úvod

- Místní klimatické zóny (LCZ) – definovány jako areály se stejnými vlastnostmi povrchu, strukturou, materiály a lidskou aktivitou, které v horizontálním měřítku dosahují stovek metrů až několika kilometrů (Stewart, Oke 2012)
- Koncept LCZ původně vytvořen pro popis okolí městských klimatických stanic (Stewart, Oke 2012)
- V současnosti používán také jako mapovací metoda (např. Bechtel, Daneke 2012; Lelovics et al. 2014; Geletič, Lehnert 2016)

Místní klimatické zóny

- 10 typů zástavby
- 7 typů land cover
- + možné kombinace (např. LCZ 8_D)



Základní parametry LCZ

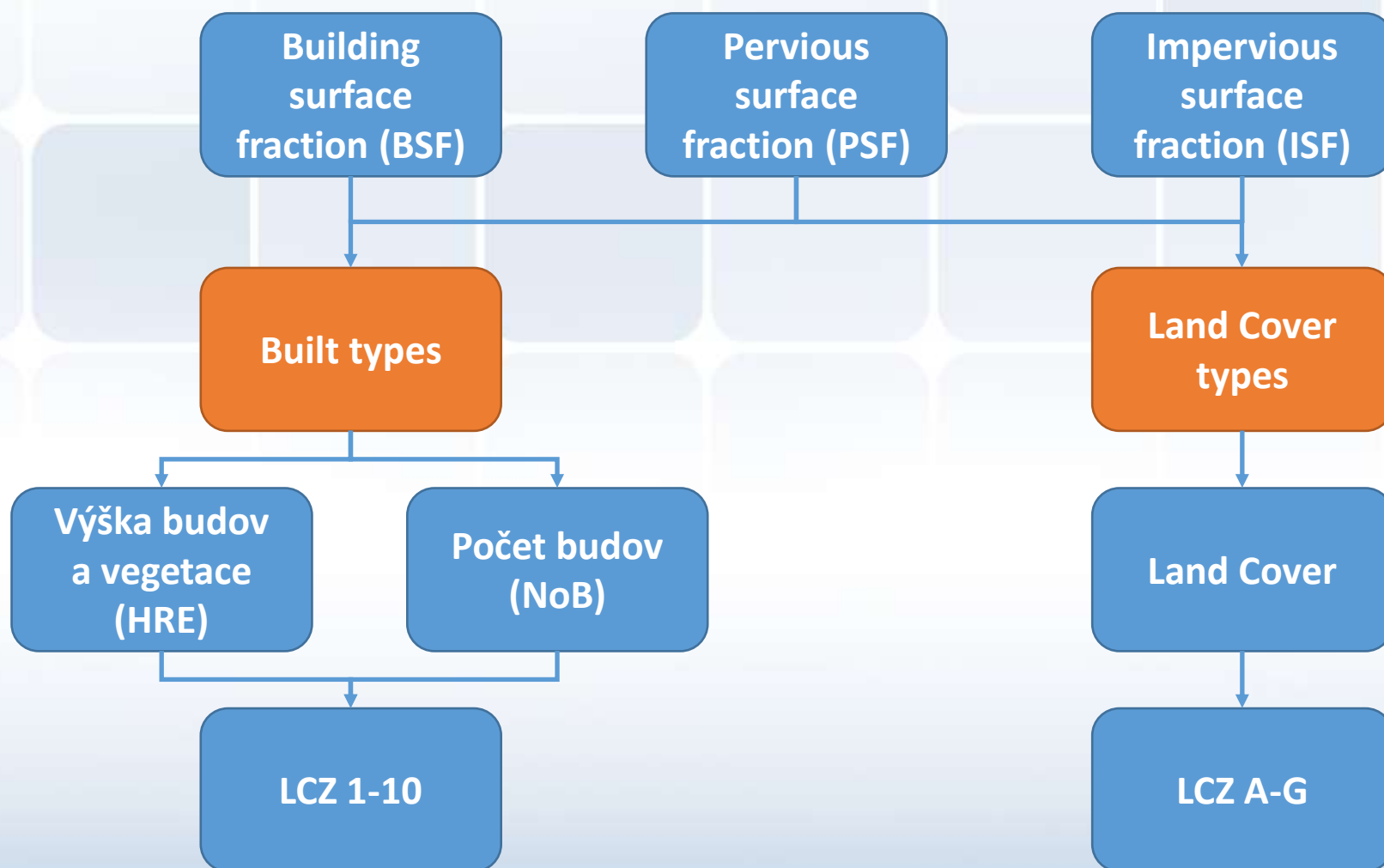
- Každá zóna je charakterizována typickými hodnotami parametrů
 - Sky-view factor
 - Aspect ratio (poměr výšky zástavby k šířce ulice)
 - Procento povrchu pokrytého budovami; BSF
 - Procento povrchu pokrytého nepropustnými materiály (kromě budov); ISF
 - Procento povrchu pokrytého propustnými materiály; PSF
 - Výška elementů drsnosti povrchu; HRE
 - Kategorie drsnosti povrchu

Metody klasifikace LCZ

1. Data z DPZ (např. Bechtel, Daneke 2012; Pesaressi et al. 2016)
 - Snadno dostupná data, levné, univerzální (např. LANDSAT, SPOT, SENTINEL, atd.), náročné na správné definování trénovacích ploch, menší přesnost
2. Vektorové GIS databáze (Geletič, Lehnert 2016)
 - Drahá data (zejména 3D), částečně univerzální, velmi přesné (např. ZABAGED, OpenStreet Maps, atd.)
3. Kombinace DPZ a GIS (např. Gál et al. 2015)
 - Klasifikace metodou DPZ je zpřesněna o vektorové databáze

Jak vytvořit mapu místních
klimatických zón pro všechna
větší města v ČR?

Princip GIS metody pro ČR



Velikost základní mapovací jednotky

- Jaká je optimální velikost „pixelu“?
- 100–150 m (Bechtel, Daneke 2012), 100 m (Geletič, Lehnert 2016)
- Zohledňovat okolní pixely?



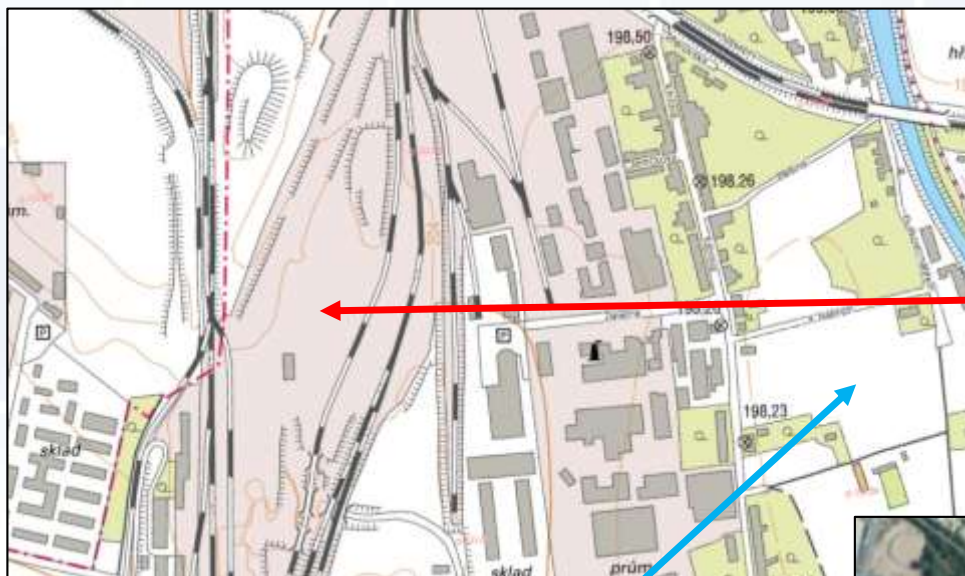
Zdroje dat

- ZABAGED

- Digitální vektorový model ČR zpracovaný podle jednotné metodiky (1 : 10 000)
- 123 geografických tříd (s detailním popisem land cover)



Oprava chyb v ZABAGED

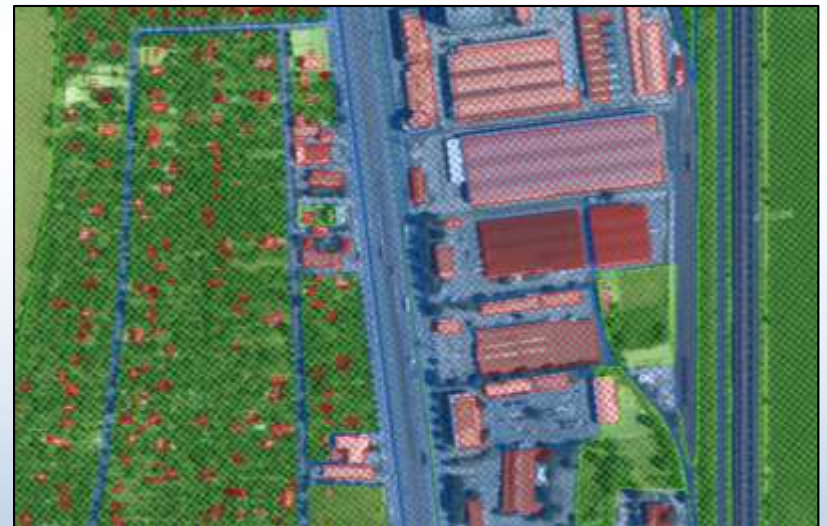
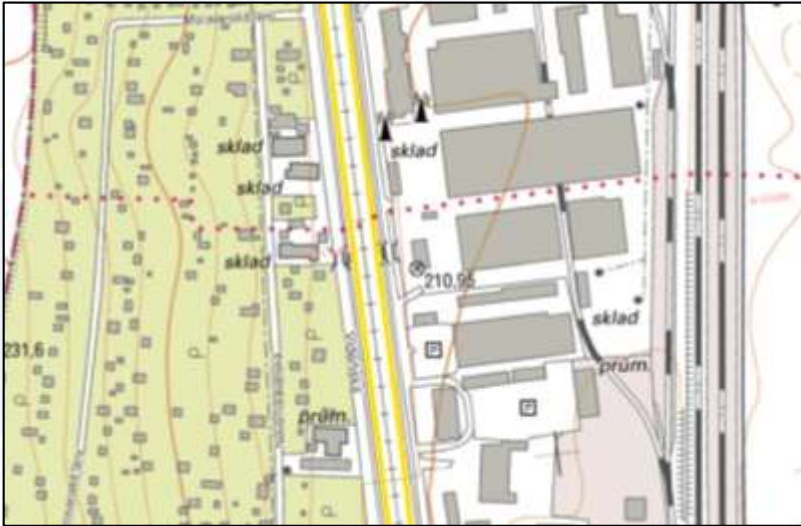


Opravdu jde
o průmyslový areál?

Opravdu se jedná o pole?



Land Cover



3D data

- Velmi těžké je získat, drahá!!!
- Mnoho různých formátů
 - Počet podlaží / pater (UIR-ADR + OpenStreet Maps)
 - „Blokový“ model (ČÚZK, bez informace o výšce)
 - Relativní výšky (ČÚZK)
 - Absolutní výšky (ČÚZK, Brno, Praha)
 - CAD výstupy z fotogrammetrického mapování (Hradec Králové, Praha)
 - ? DMR 5G (ČÚZK) ?
- Od roku 2022 by měla být 3D data z DMR 5G součástí ZABAGED (nyní se řeší datový model)

Struktura pixelu

BSF = 13,9 %

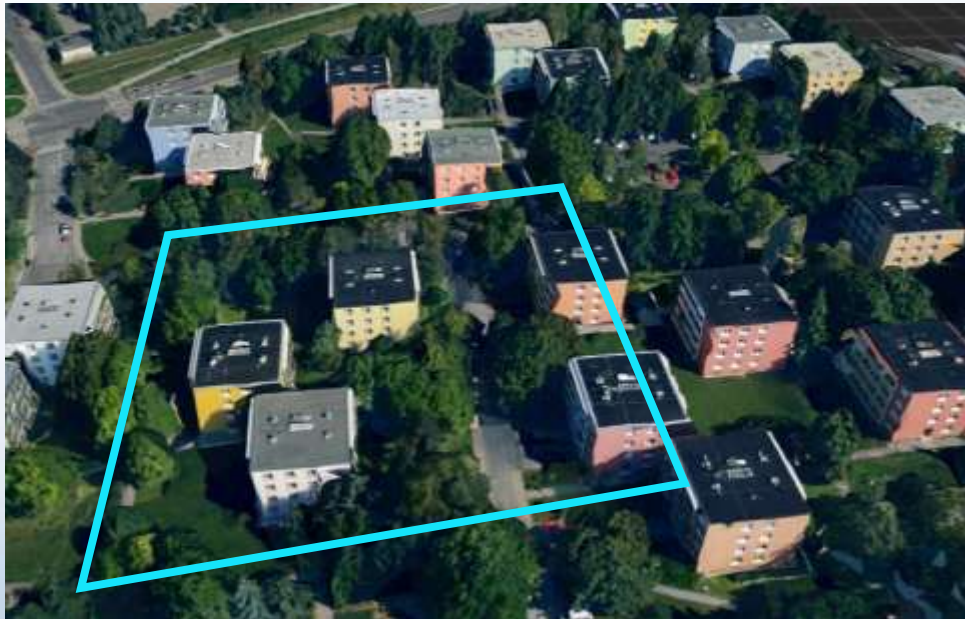
ISF = 19,9 %

PSF = 66,2 %

HRE = 13,7 m

NoB = 6

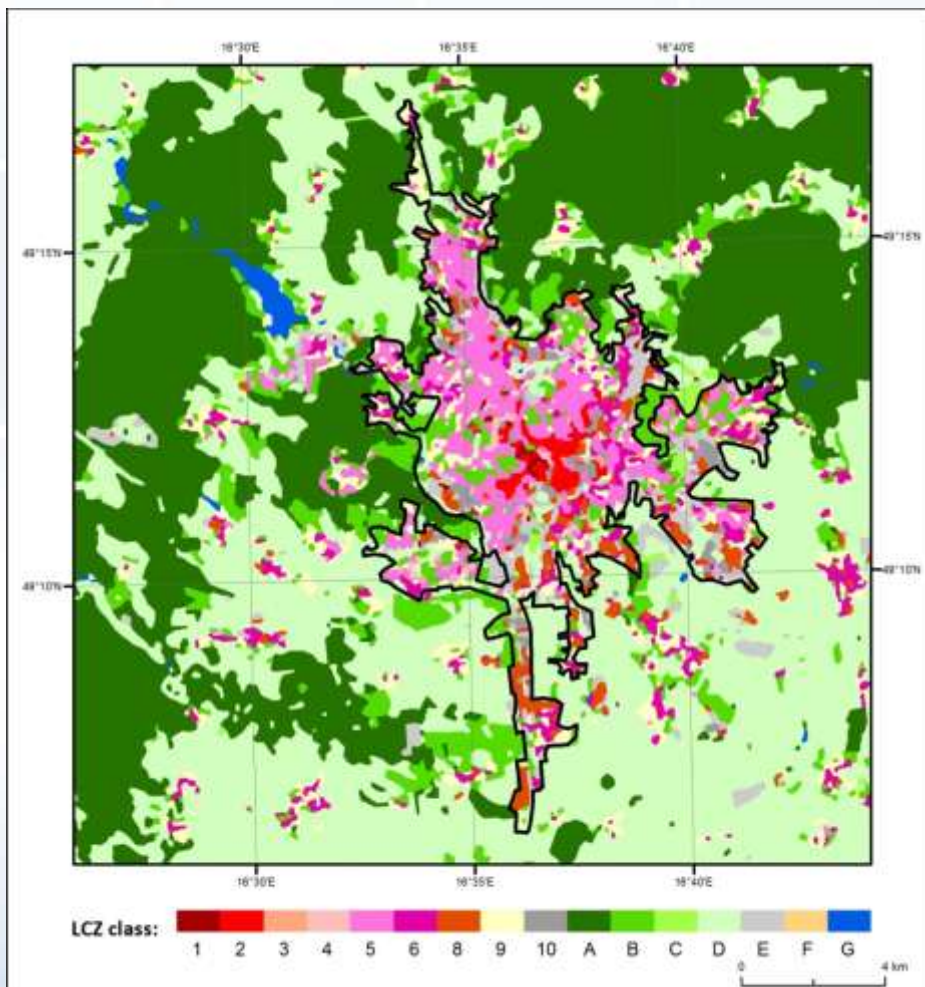
=> **LCZ 5**



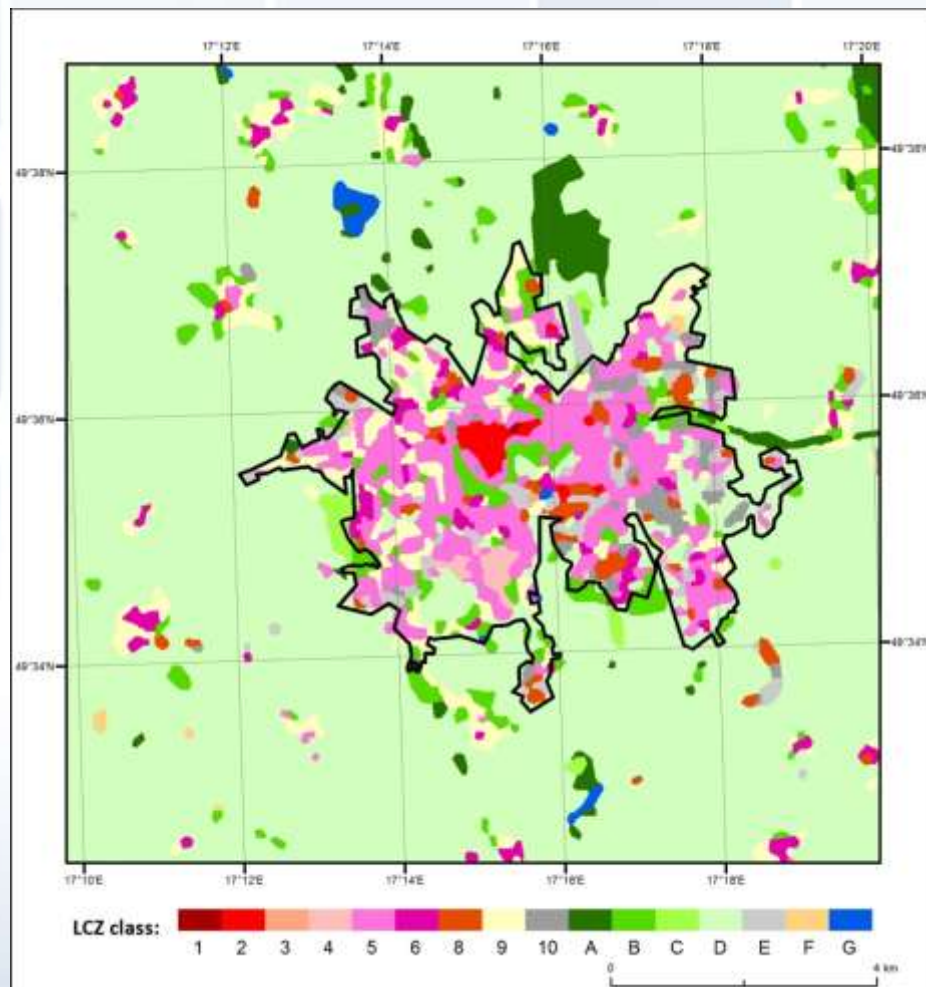
Validace

- Pro všechna města se srovnával 10% vzorek dat určený expertní analýzou, tzn.:
 - Brno: 6 250 testovacích pixelů
 - Hradec Králové: 990 pix.
 - Olomouc: 1 927 pix.
- První číslo udává úspěšnost klasifikace před agregací, číslo v závorce vyjadřuje úspěšnost po agregaci výsledků; údaje jsou v %
 - Brno: 88,67 (86,72)
 - Hradec Králové 78,69 (81,01)
 - Olomouc 87,45 (87,21)

Výsledek



BRNO

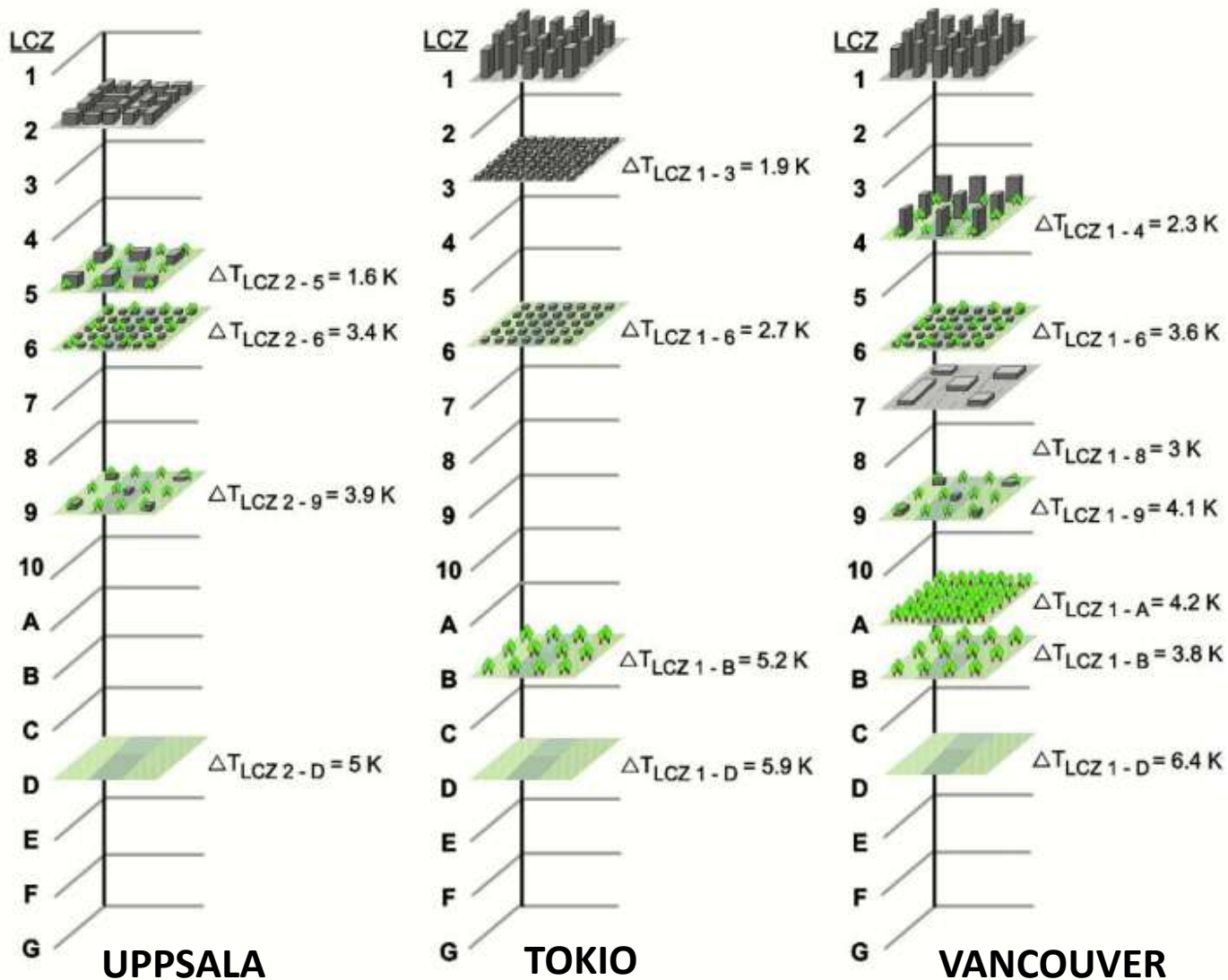


OLOMOUC

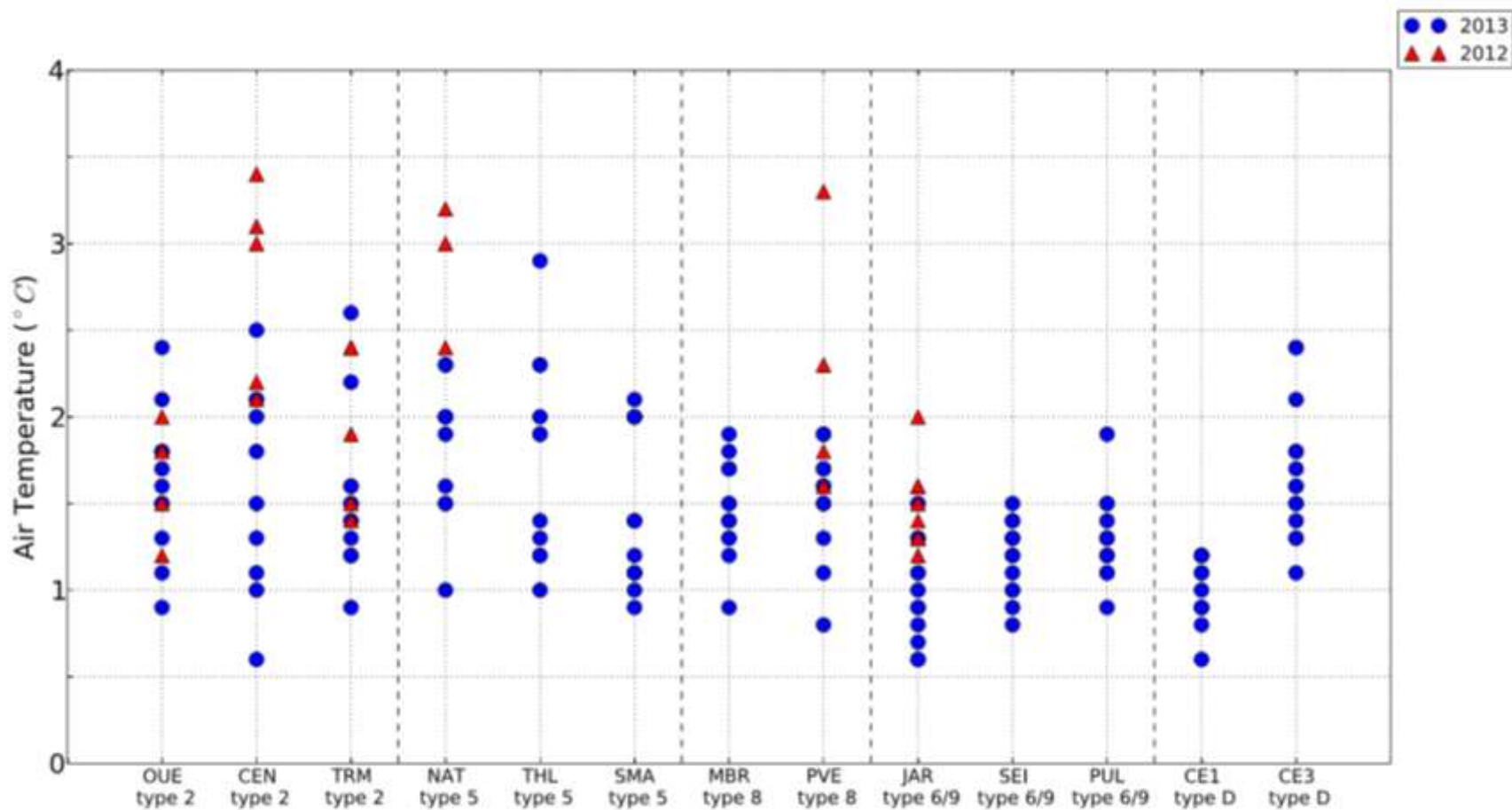
Existují významné teplotní
rozdíly mezi jednotlivými
místními klimatickými zónami?

Teplota vzduchu

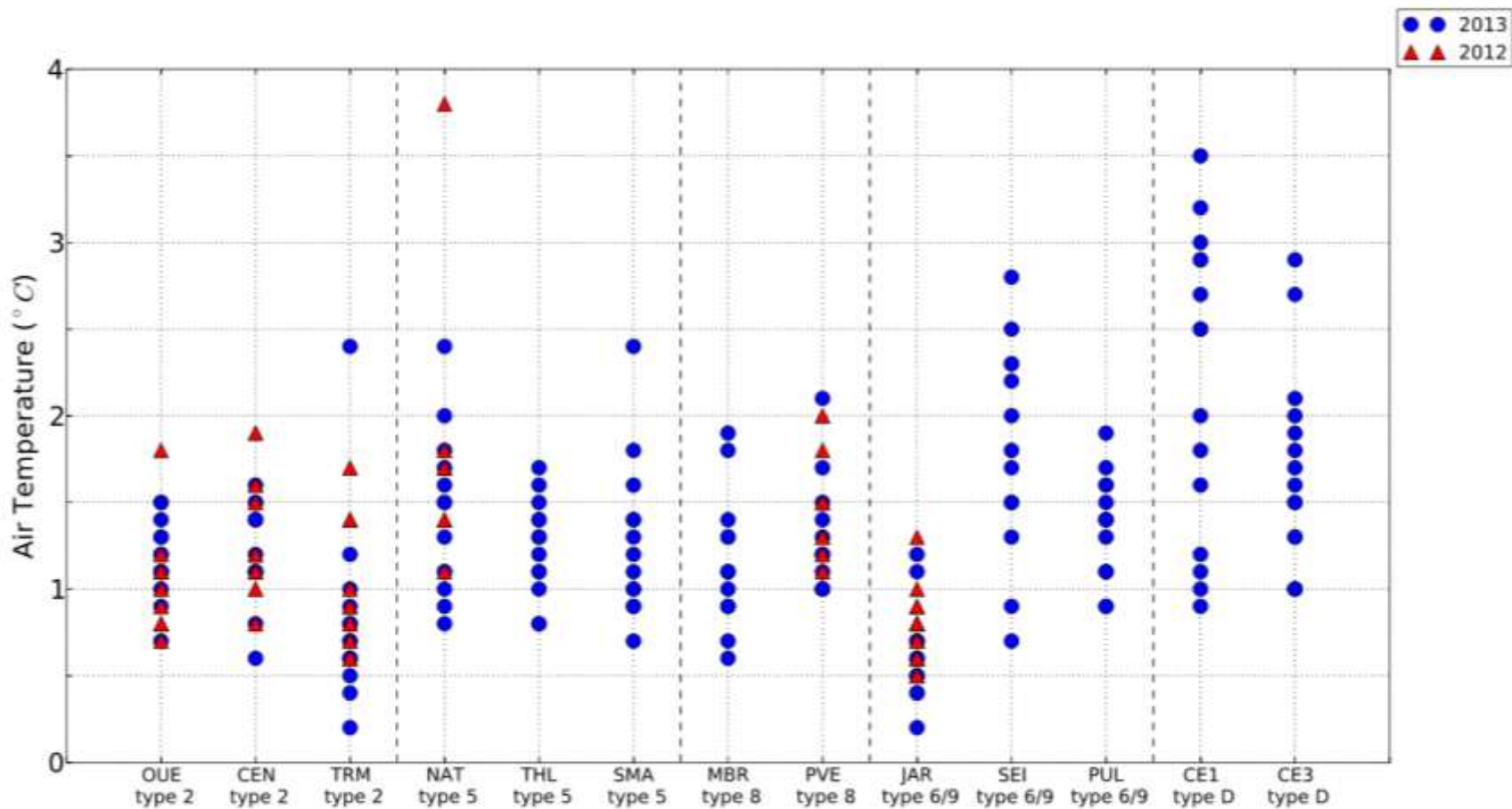
Zdroj: Stewart, Oke 2012



Denní amplituda T_{2m}



Noční amplituda T_{2m}

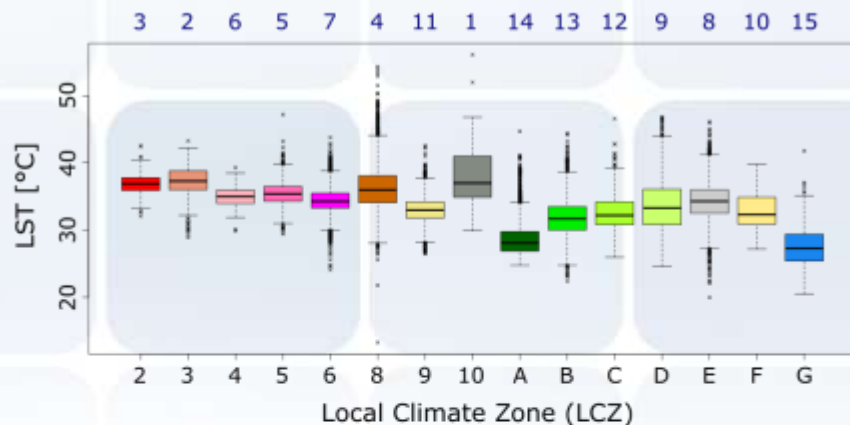


Povrchová teplota

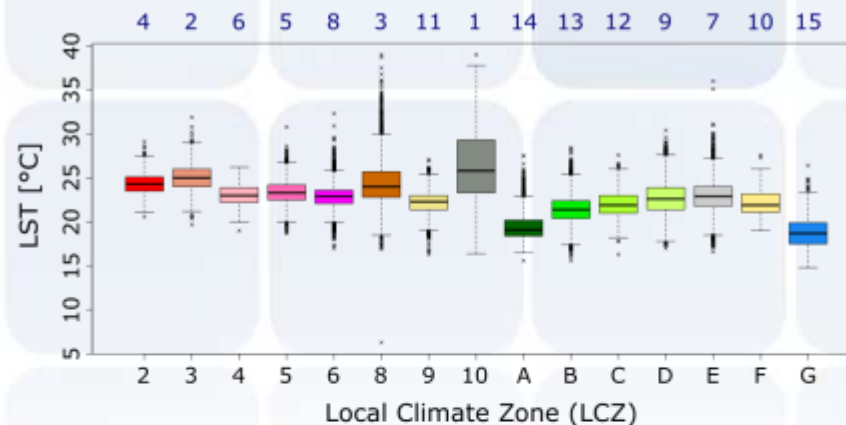
- Jsou rozdíly povrchových teplot mezi jednotlivými LCZ statisticky významné?
- Liší se povrchová teplota jednotlivých LCZ v Brně a v Praze (modelová města)?
- 16 snímků ze 2 družic (ASTER a LANDSAT-8) z různých let a vegetačních období (celkem 8 pro Brno a 8 pro Prahu)
- Všechny snímky jsou bezoblačné!
- Test pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a mnohonásobného porovnávání (Tukey HSD)
- Prezentované výsledky jsou pro Prahu

Povrchová teplota - ASTER

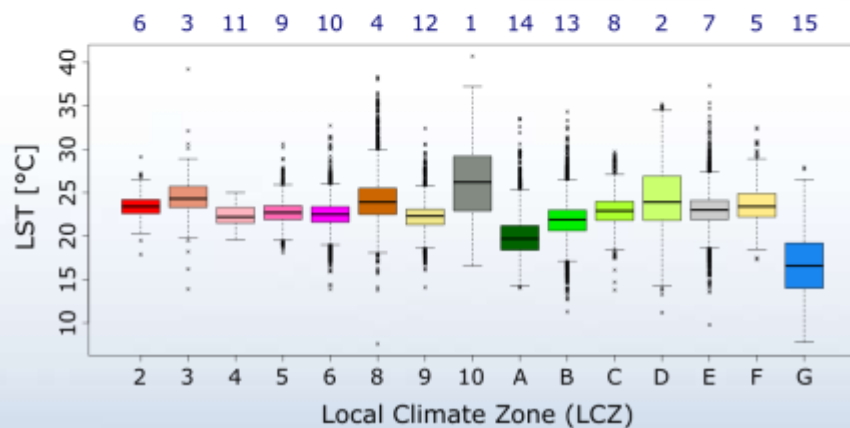
(a) AST_20060807



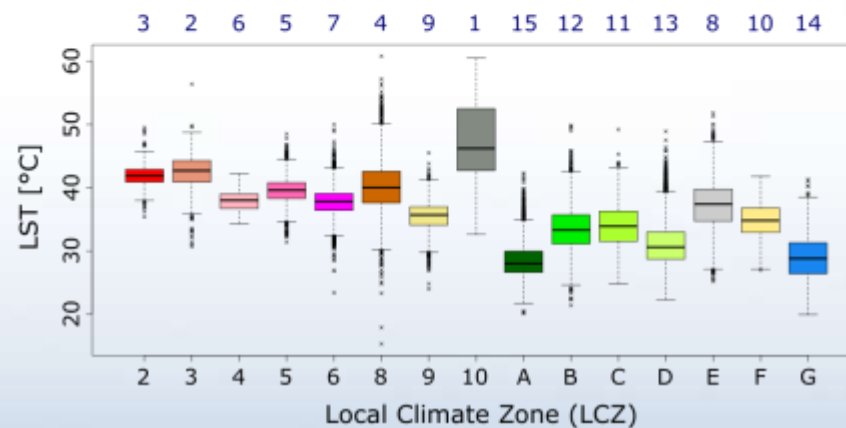
(b) AST_20070921



(c) AST_20080331

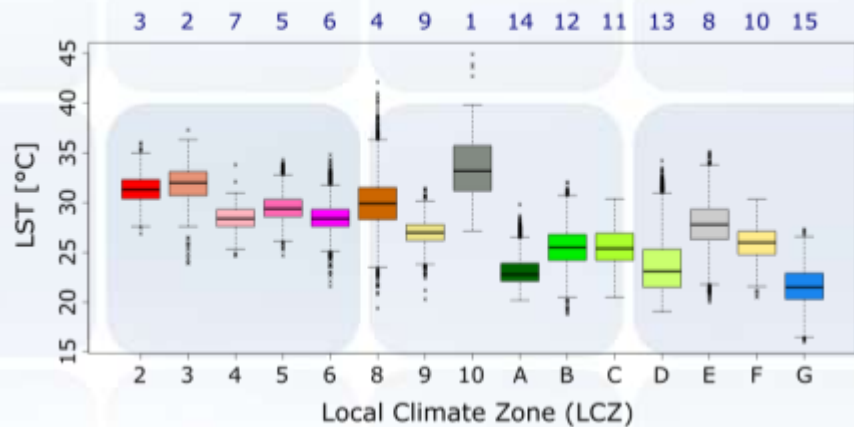


(d) AST_20110628

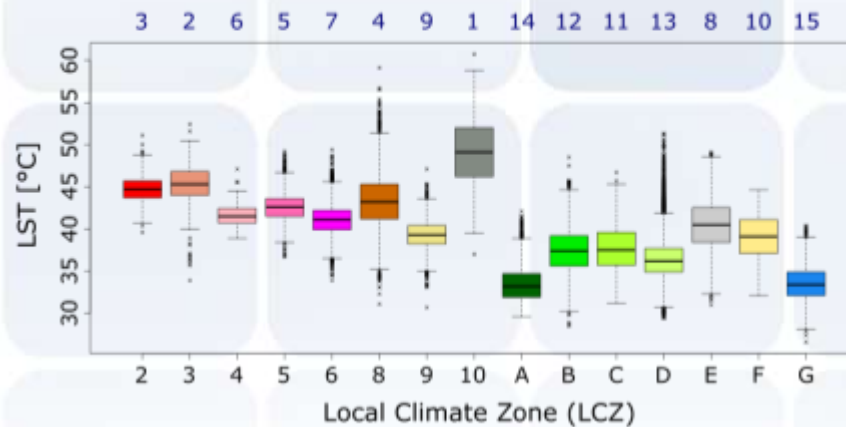


Povrchová teplota – LANDSAT-8

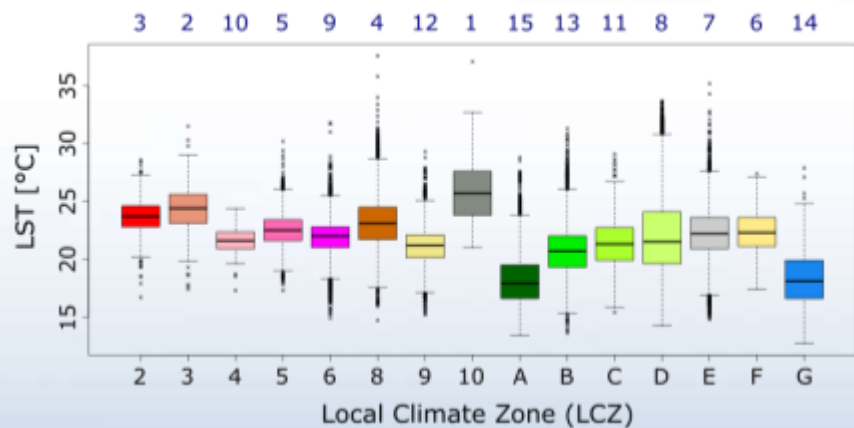
(e) LT8_20130515



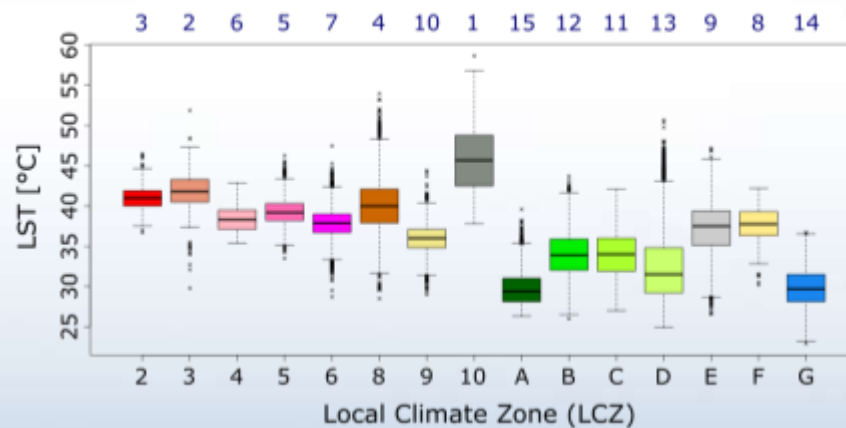
(f) LT8_20130727



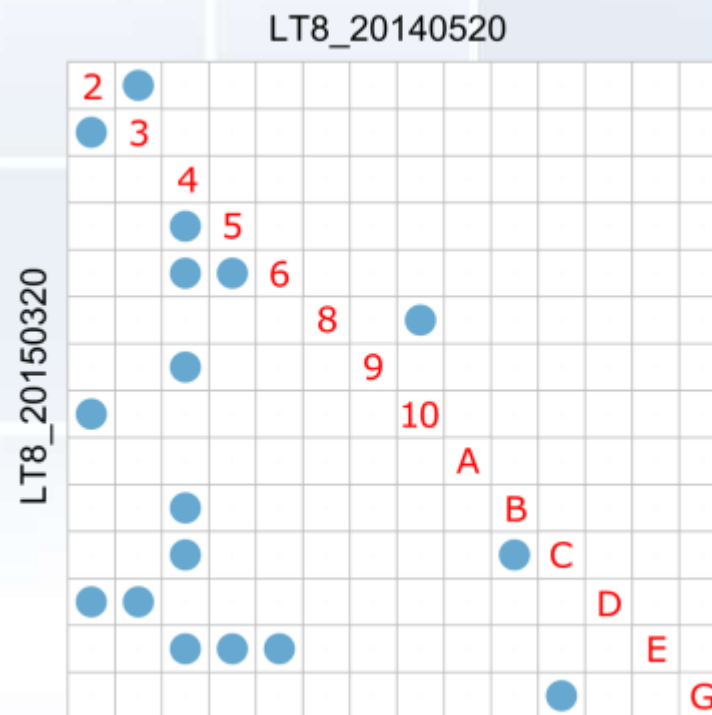
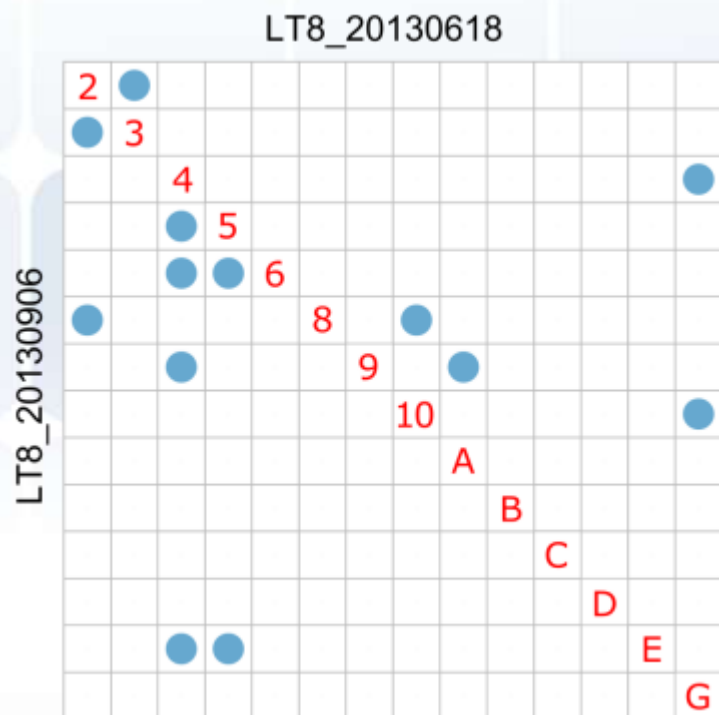
(g) LT8_20130803



(h) LT8_20150606

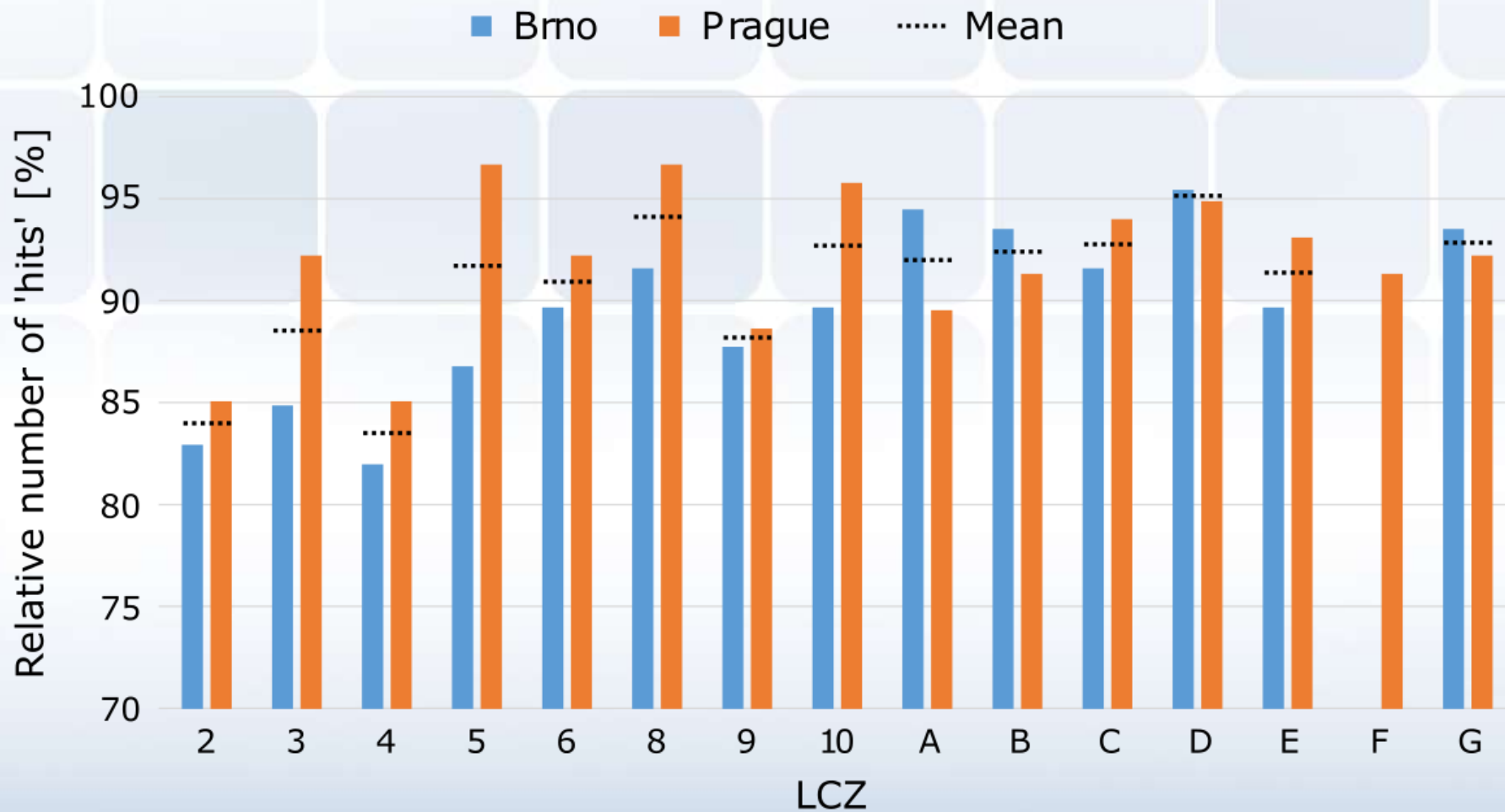


Tukey HSD



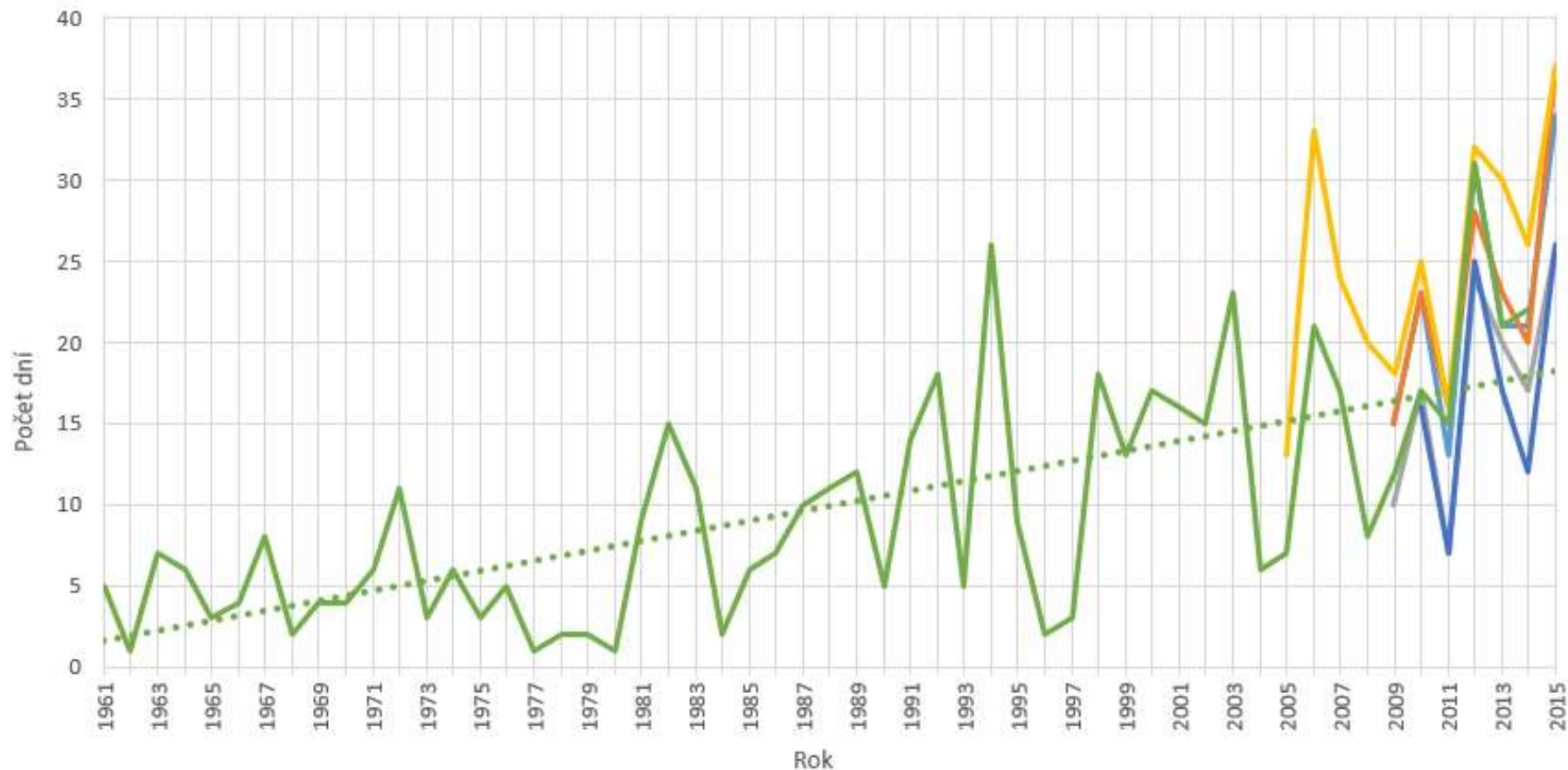
LCZ	2	3	4	5	6	8	9	10	A	B	C	D	E	F	G
ASTER	81,4	86,7	82,5	91,4	88,9	90,7	82,3	89,7	90,7	91,6	90,7	95,3	89,8	92,9	93,5
LANDSAT-8	85,5	89,8	83,5	91,3	92,8	96,5	94,1	95,6	93,7	93,3	94,7	94,5	91,6	86,9	92,4

Relativní úspěšnost diferencí



Mohou být LCZ užitečné při modelování současného a budoucího klimatu města?
(příklad: tropické dny)

Počet tropických dní na stanicích



Stanice

ALA_BOTA ALA_FILO ALA_HROZ ALA_MEND ALA_SCHO Brno-Tuřany Lineární (Brno-Tuřany)

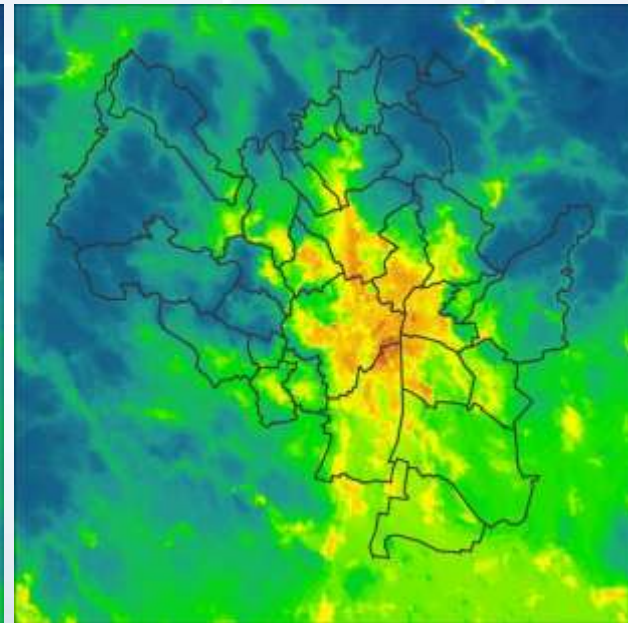
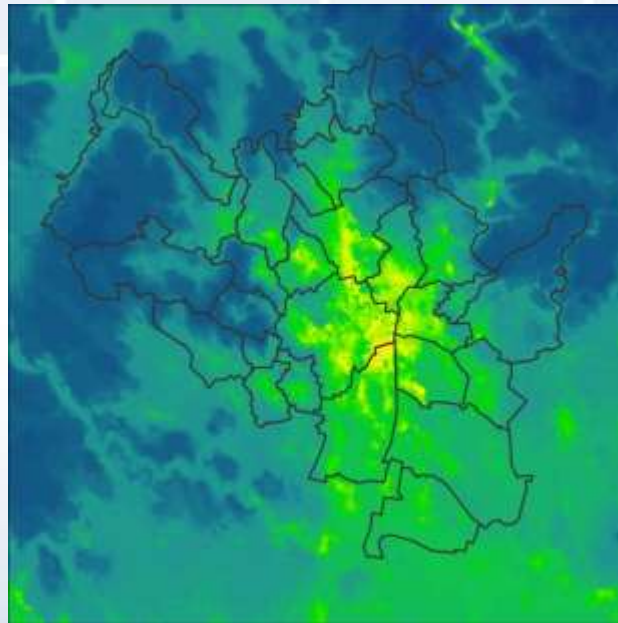
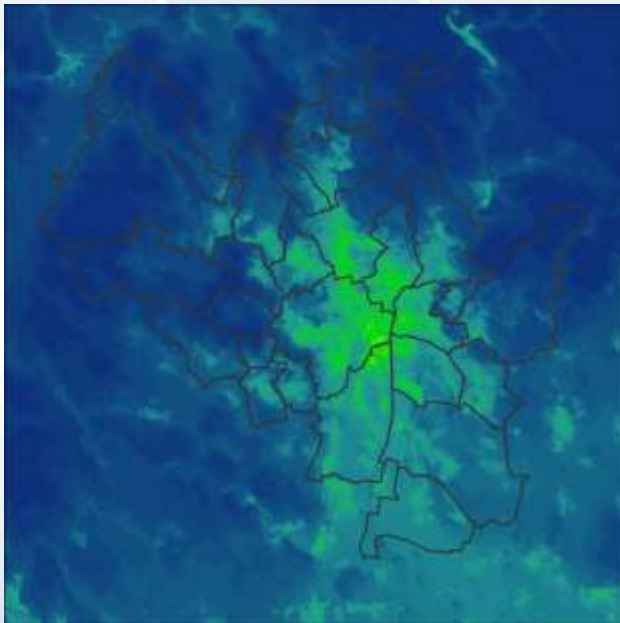
Jak to vypadalo v prostoru?

- Relativní počet tropických dní (vztažený ke stanici Brno-Tuřany); referenční období 1961–1990

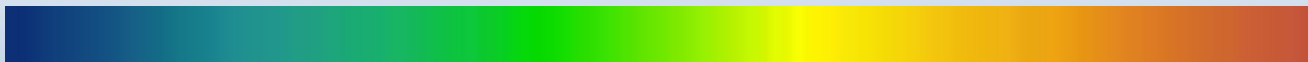
1961-1990

1971-2000

1981-2010

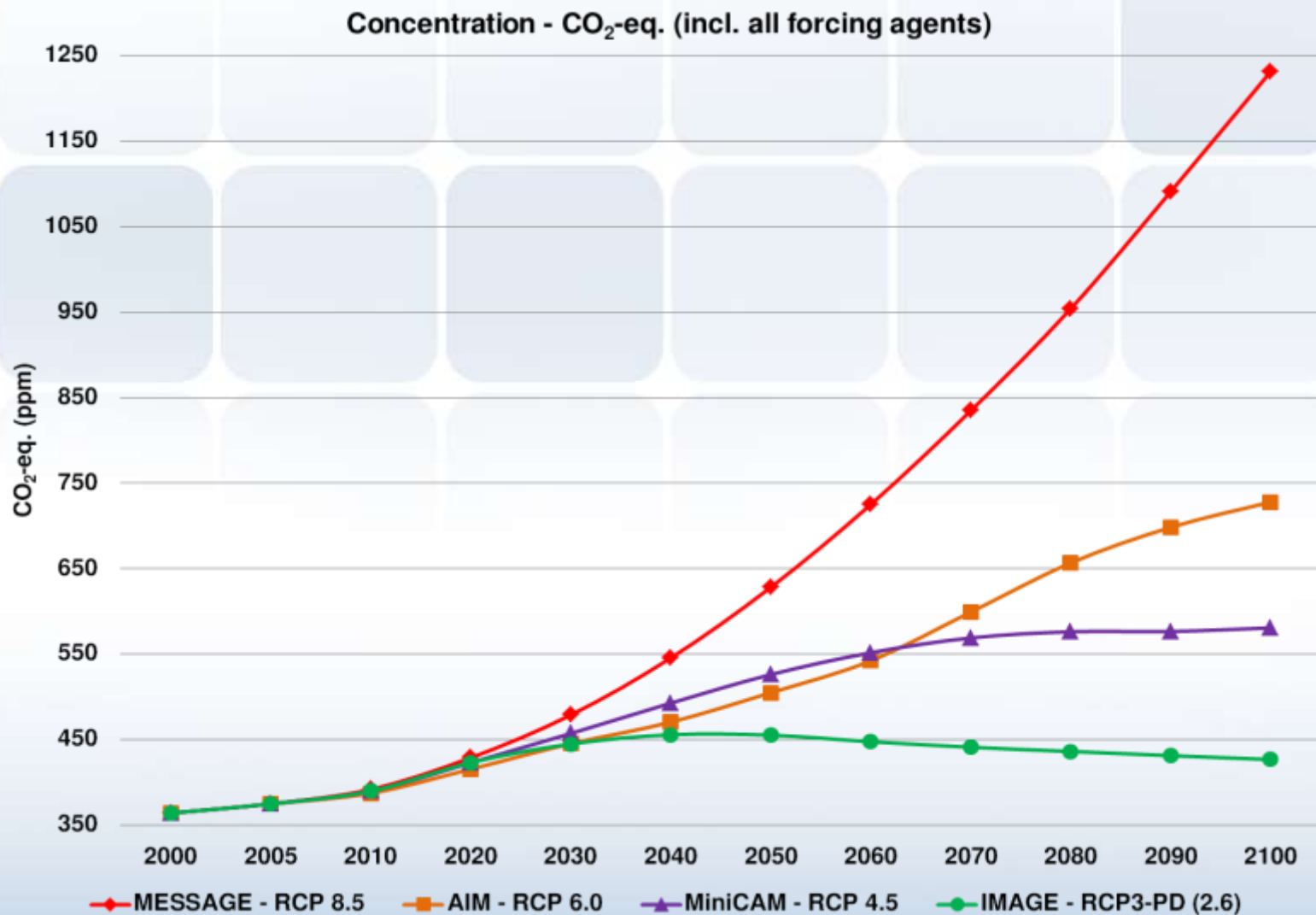


0 %



900 %

Klimatické scénáře



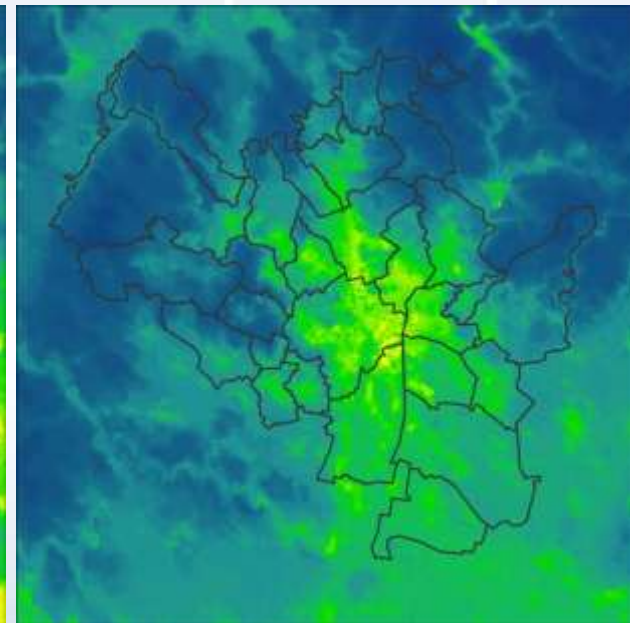
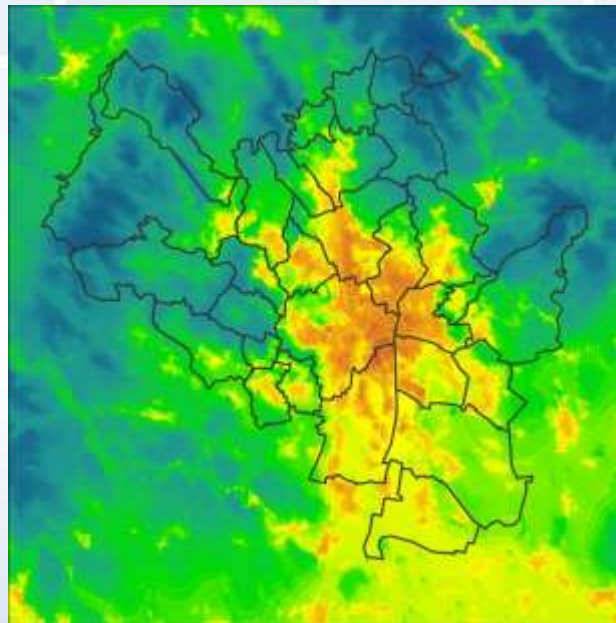
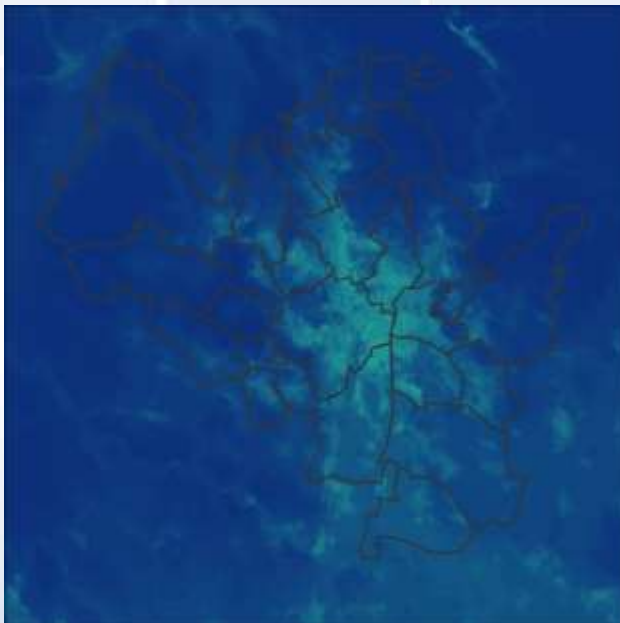
A jak bude? RCP 2.6

- Relativní počet tropických dní (vztažený ke stanici Brno-Tuřany); referenční období 1961–1990

1961-1990

2021-2050

2071-2100



0 %

2000 %

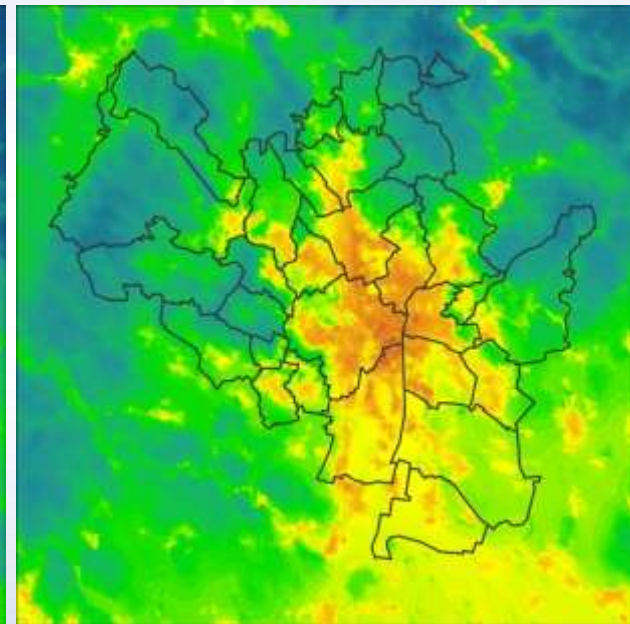
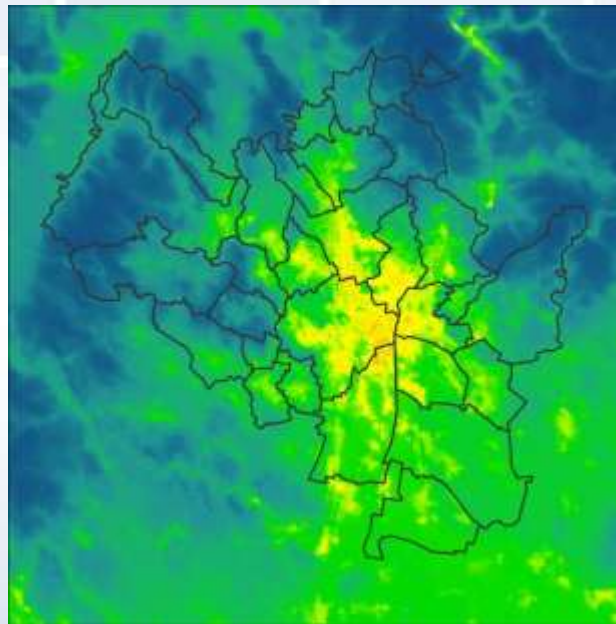
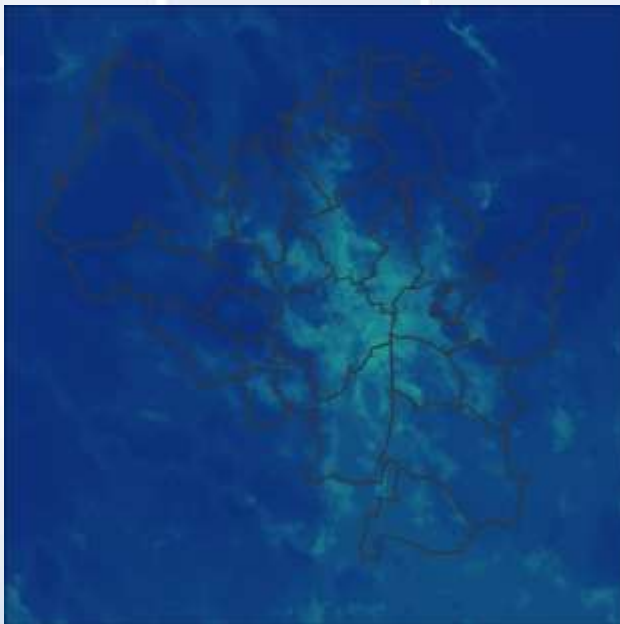
A jak bude? RCP 4.5

- Relativní počet tropických dní (vztažený ke stanici Brno-Tuřany); referenční období 1961–1990

1961–1990

2021–2050

2071–2100



0 %

2200 %

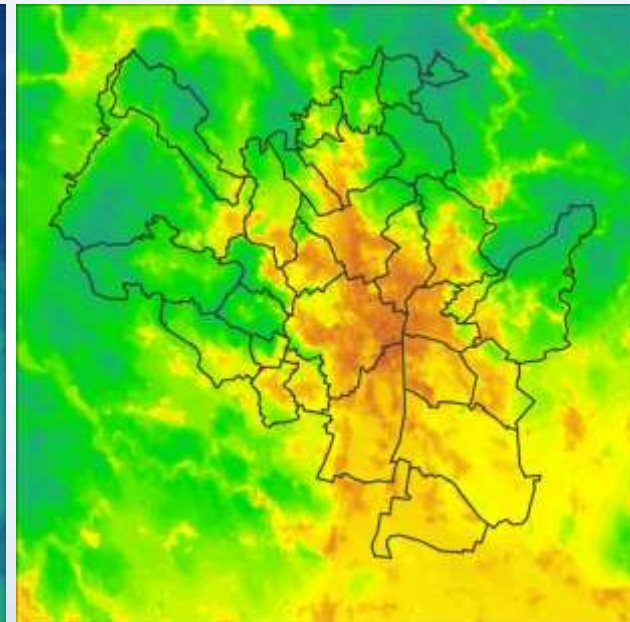
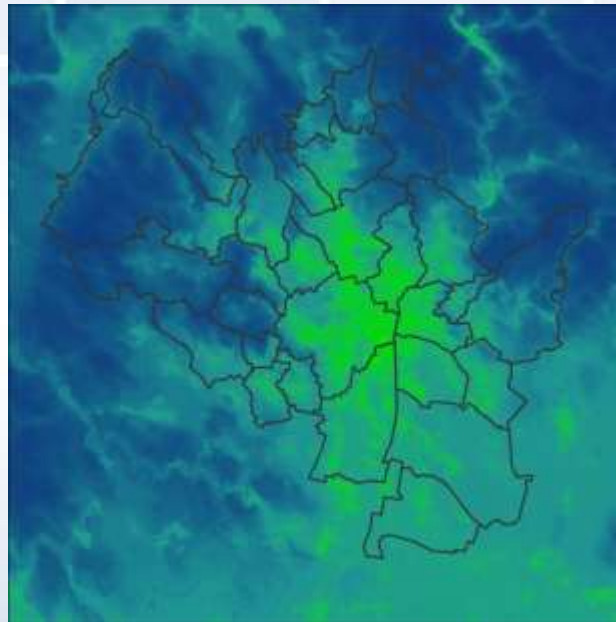
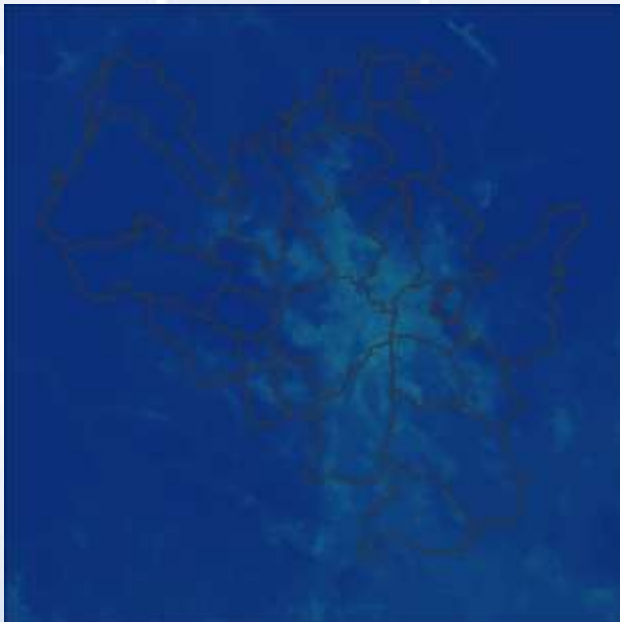
A jak bude? RCP 8.5

- Relativní počet tropických dní (vztažený ke stanici Brno-Tuřany); referenční období 1961–1990

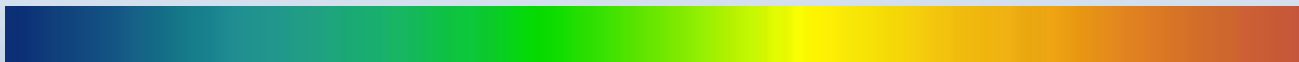
1961–1990

2021–2050

2071–2100



0 %



3800 %

Shrnutí

- LCZ mohou být kvantifikovány i zpětně (např. pomocí archivních leteckých snímků) – lze modelovat historický vývoj intenzity tepelného ostrova města
- LCZ představují velký potenciál pro prostorové analýzy – hlavně modelování teploty vzduchu, antropogenního tepla, atd.
- Praktické využití při plánování adaptačních opatření
- What-if scénáře (WISA) – co se stane, když zde postavíme domy? Změní se klima? Jaká bude změna?

DĚKUJEME ZA POZORNOST...

Související literatura

1. Alexander, P.J.; Mills, G. Local climate classification and Dublin's urban heat island. *Atmosphere* **2014**, *5*, 755–774.
2. Arnfield, A.J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International journal of climatology* **2003**, *23*, 1–26.
3. Bechtel, B.; Alexander, P. J.; Böhner, J.; Ching, J.; Conrad, O.; Feddema, J.; Mills, G.; See, L.; Stewart, I. Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information* **2015**, *4*, 199–219.
4. Bechtel, B.; Daneke, C. Classification of local climate zones based on multiple earth observation data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* **2012**, *5*, 1191–1202.
5. Danylo, O; See, L.; Bechtel, B.; Schepaschenko, D.; Fritz, S. Contributing to WUDAPT: A Local Climate Zone Classification of Two Cities in Ukraine. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* **2015**, *9*, 1841–1853.
6. Gál, T.; Bechtel, B.; Unger, J. Comparison of two different Local Climate Zone mapping methods. In *9th International Conference on Urban Climate*, Toulouse, France, July 2015.
7. Geletič, J.; Lehnert, M. GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Moravian Geographical Reports* **2016**, *24*, 25–35.
8. Geletič, J.; Lehnert, M.; Dobrovolný, P. Modelled spatio-temporal variability of air temperature in an urban climate and its validation: a case study of Brno (Czech Republic). *Hungarian Geographical Bulletin* **2016a**, *65*, 169–180.
9. Geletič, J.; Lehnert, M.; Dobrovolný, P. Land Surface Temperature Differences within Local Climate Zones, Based on Two Central European Cities. *Remote Sensing* **2016b**, *8*, 788.
10. Grimmond, C.B.S. Progress in measuring and observing the urban atmosphere. *Theoretical and Applied Climatology* **2006**, *84*, 3–22.

10. Grimmond, C.B.S.; Ward, H.C.; Kotthaus, S. Effects of urbanization on local and regional climate. In: *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change*, 1st ed.; Seto, K.C., Solecki, W.D., Griffith, C.A., Eds.; Routledge: London and New York, Great Britain, 2016; pp. 169–187.
11. Krayenhoff, E.S.; Voogt, J.A. Daytime thermal anisotropy of urban neighbourhoods: Morphological causation. *Remote Sensing* **2016**, *8*, 108.
12. Leconte, F.; Bouyer, J.; Claverie, R.; Pétrissans, M. Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. *Building and Environment* **2015**, *83*, 39–49.
13. Lehnert, M.; Geletič, J.; Husák, J.; Vysoudil, M. Urban field classification by “local climate zones” in a medium-sized Central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). *Theoretical and Applied Climatology* **2015**, *122*, 531–541.
14. Lelovics, E.; Unger, J.; Gál, T.; Gál, V. Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Climate Research* **2014**, *60*, 51–62.
15. Lindén, J.; Grimmond, C.S.B.; Esper, J. Urban warming in villages. *Advances in Science and Research* **2015**, *12*, 157–162.
16. Stewart, I.D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology* **2011**, *31*, 200–217.
17. Stewart, I.D.; Oke, T.R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2012**, *93*, 1879–1900.
18. Stewart, I.D.; Oke, T.R. Local climate zones and urban climatic mapping. In *The Urban Climatic Map: A Methodology for Sustainable Urban Planning*, 1st ed.; Ren, C., Ng E., Eds.; Routledge: New York, NY, USA, 2015; pp. 397–401.
19. Stewart, I.D.; Oke, T.R.; Krayenhoff, E.S. Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology* **2014**, *34*, 1062–1080.
20. Voogt, J.A.; Oke, T.R. Effects of urban surface geometry on remotely-sensed surface temperature. *International Journal of Remote Sensing* **1998**, *19*, 895–920.
21. Voogt, J.A.; Oke, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment* **2003**, *86*, 370–384.
22. Zuvela-Aloise, M.; Bokwa, A.; Dobrovolný, P.; Gál, T.; Geletič, J., Gulyas, Á., Hajto, M., Hollosi, B.; Kielar, R.; Lehnert, M.; Skarbit, N.; Štastný, P.; Švec, M.; Unger, J.; Vysoudil M.; Walawender J.P. Modelling urban climate under global climate change in Central European cities. In *EGU General Assembly 2015*, Vienna, Austria, April 2015.