



Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta

Identifikácia mestských ostrovov tepla na podklade satelitných údajov: prípadová štúdia Bratislava

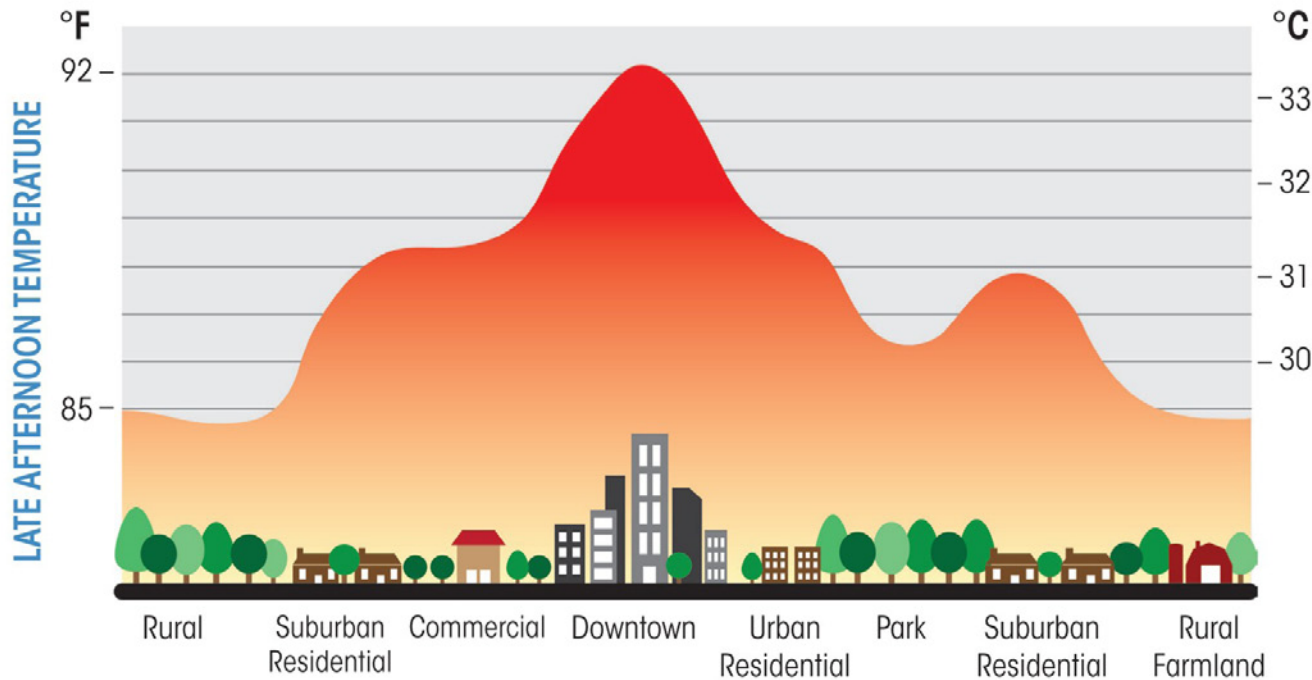
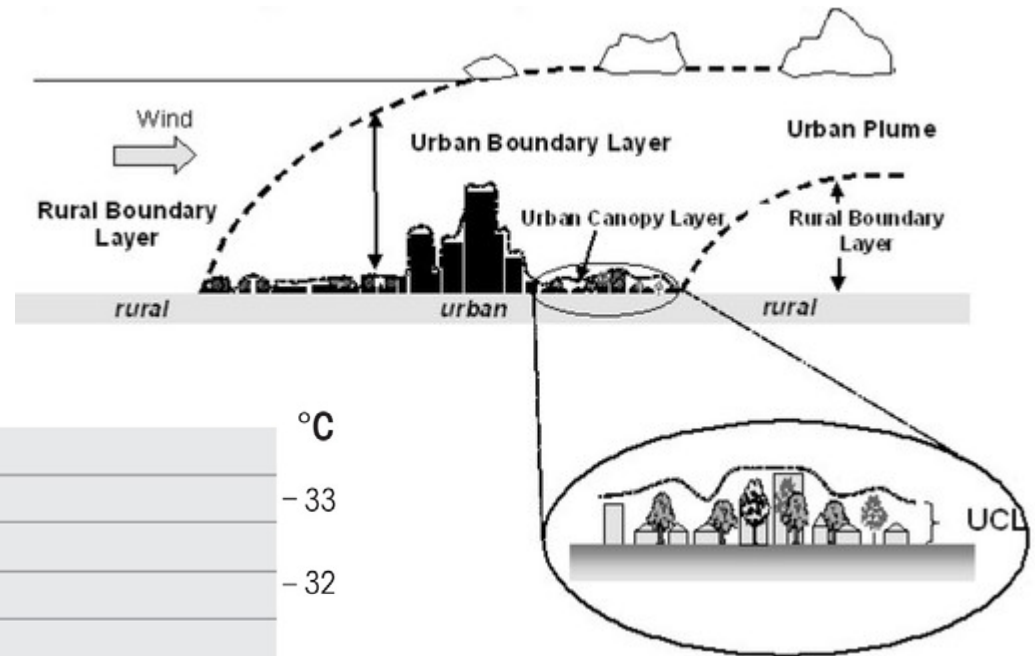
Hana Stanková, Gabriela Chlapečková

Mestský ostrov tepla

URBAN HEAT ISLAND (UHI)

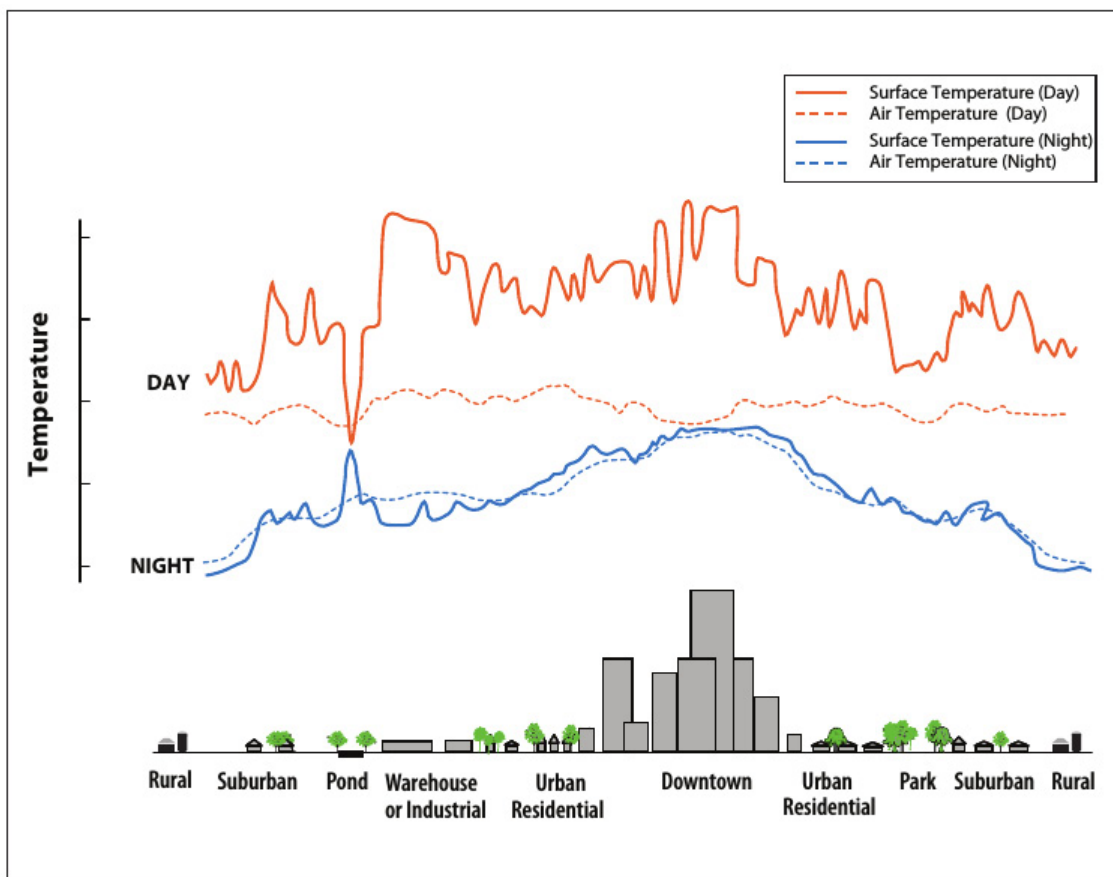
Surface UHI

Atmospheric UHI $\left\{ \begin{array}{l} \text{Canopy Layer UHI} \\ \text{Boundary Layer UHI} \end{array} \right.$

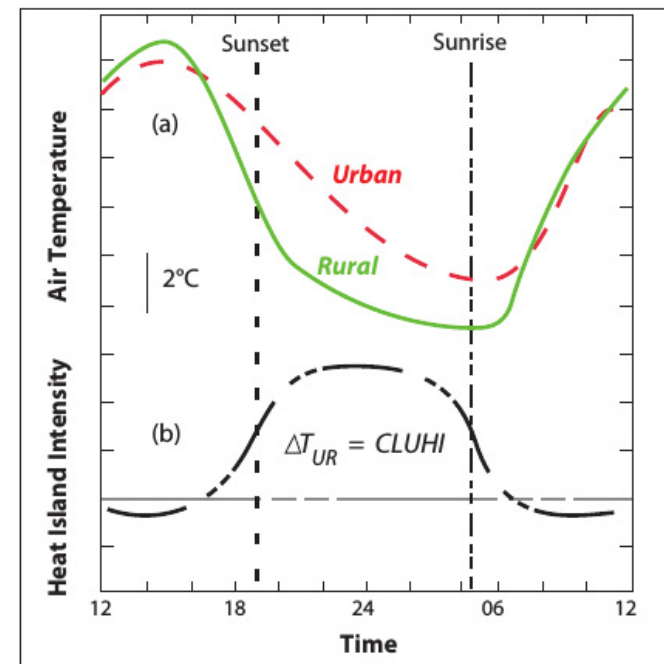


Mestský ostrov tepla

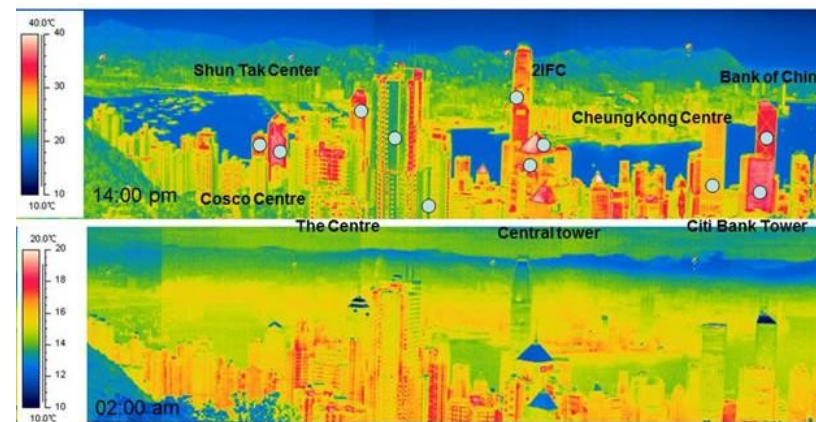
Teplota povrchu a teplota vzduchu




Modified from Voogt, 2000



Modified from Oke, 1982, and Runnalls and Oke, 2000



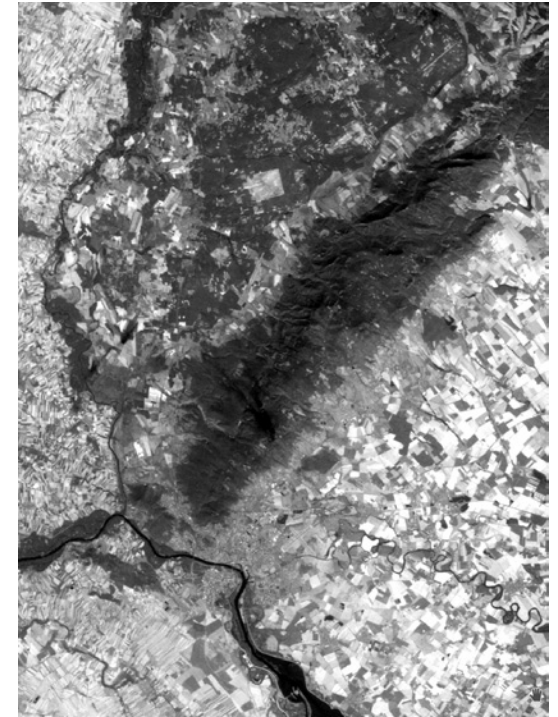
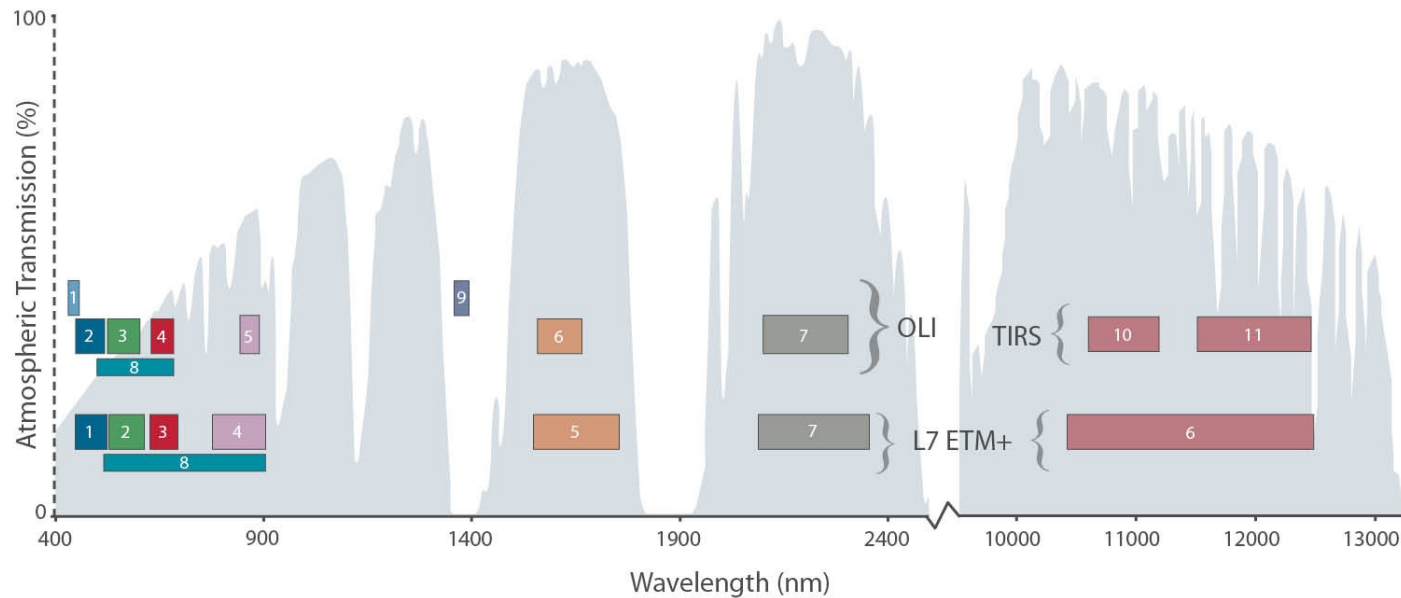
Termálny diaľkový prieskum Zeme

termálne infračervené žiarenie (TIR) 

Satelit / Snímač	Priestorové rozlíšenie	Periódna snímania	Začiatok snímania
NOOA / AVHRR	1 km	12 hod.	1970
SMS / GOES	4 km	3 hod.	1974
Meteosat / MVIRI, SEVIRI	3 km	15 min.	1977
Terra, Aqua / MODIS	1 km	12 hod.	2000
NPP / VIIRS	375 m / 750 m	1 deň	2012
ERS, Envisat / ATSR, AATSR	1 km	7-14 dní	1991
Sentinel-3A / SLSTR	1 km	1-2 dni	2016
Landsat / MSS, TM, ETM+, TIRS	100 m	16 dní	1978
Terra / ASTER	90 m	16 dní	2000

Identifikácia SUHI v Bratislave

4 scény Landsat 7 + 12 scén Landsat 8 z rokov 2011 až 2015



Výpočet LST z termálnych snímok

EMR (Electromagnetic Radiation) —► LST (Land Surface Temperature)

Single Channel metódy – 1 termálne pásmo (Landsat TM, ETM+, ...)

Split Window metódy – dve a viac termálnych pásiem (Landsat TIRS, MODIS, ...)

Výpočet LST z termálnych snímok

EMR (Electromagnetic Radiation) → LST (Land Surface Temperature)

Single Channel metódy – 1 termálne pásmo (Landsat TM, ETM+, ...)

Split Window metódy – dve a viac termálnych pásiem (Landsat TIRS, MODIS, ...)

inverzia RTE (Radiative Transfer Equation):

$$L_{TOA} = \tau \varepsilon B_{T_s} + L_U + \tau(1 - \varepsilon)L_D$$

L_{TOA} žiarenie zachytené senzorom (top-of-atmosphere)

B_{T_s} žiarenie čierneho telesa s povrchovou teplotou T_s

L_U žiarenie atmosféry (upwelling radiance)

L_D spätné žiarenie atmosféry (downwelling radiance)

τ transmisivita (priepustnosť) atmosféry

ε emisivita povrchu

inverzia Planckovho zákona:

$$B_{T_s} = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda k T_s}} - 1 \right)} \rightarrow T_s = \frac{C_2}{\lambda \ln \left(\frac{C_1}{\lambda^5 B_{T_s}} + 1 \right)}$$

h Planckova konštanta

c rýchlosť svetla

k Boltzmannova konštanta

λ vlnová dĺžka emitovaného žiarenia

$$T_s = \frac{K_2}{\ln \left(1 + \frac{K_1}{B_{T_s}} \right)}$$

Výpočet LST z termálních snímků

EMR (Electromagnetic Radiation) → LST (Land Surface Temperature)

Single Channel metody – 1 termální pásmo (Landsat TM, ETM+, ...)

Split Window metody – dve a viac termálních pásiem (Landsat TIRS, MODIS, ...)

Artis a Carnahan (1982):

$$T_s = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda T_B}{C_2} \ln \epsilon}$$

T_B jasová teplota (brightness temperature)

$$C_2 = \frac{hc}{k}$$

všeobecná rovnica:

$$T_s = a_0 + \sum a_i T_i$$

T_i jasová teplota dvoch blízkych kanálov

Yu et al. (2014) – RTE metoda s pásmom B10 z Landsat 8 – RMSE < 1 K

Atmosférické korekcie

Atmospheric Correction Parameter Calculator (Barsi et al., 2005)

<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

Year: <input type="text" value="2013"/>	Month: <input type="text" value="7"/>	Day: <input type="text" value="29"/>
GMT Hour: <input type="text" value="9"/>	Minute: <input type="text" value="41"/>	
<hr/>		
Latitude: <input type="text" value="48.15"/>	Longitude: <input type="text" value="17.12"/>	
<small>+ is North, - is South</small>		<small>+ is East, - is West</small>
<input type="radio"/> Use atmospheric profile for closest integer lat/long help		
<input checked="" type="radio"/> Use interpolated atmospheric profile for given lat/long help		
<hr/>		
<input checked="" type="radio"/> Use mid-latitude summer standard atmosphere for upper atmospheric profile help		
<input type="radio"/> Use mid-latitude winter standard atmosphere for upper atmospheric profile help		
<hr/>		
<input checked="" type="radio"/> Use Landsat-8 TIRS Band 10 spectral response curve		
<input type="radio"/> Use Landsat-7 Band 6 spectral response curve		
<input type="radio"/> Use Landsat-5 Band 6 spectral response curve		
<input type="radio"/> Output only atmospheric profile, do not calculate effective radiances		
<hr/>		
Optional: Surface Conditions		
<small>(If you do not enter surface conditions, model predicted surface conditions will be used. If you do enter surface conditions, all four conditions must be entered.)</small>		
Altitude (km): <input type="text"/>	Pressure (mb): <input type="text"/>	
Temperature (C): <input type="text"/>	Relative Humidity (%): <input type="text"/>	
<hr/>		
Results will be sent to the following address:		
Email: <input type="text"/>		
<input type="button" value="Calculate"/>		
<input type="button" value="Clear Fields"/>		

Atmosférické korekcie

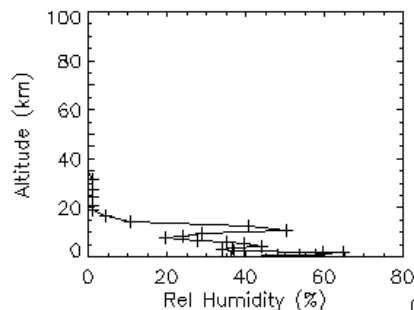
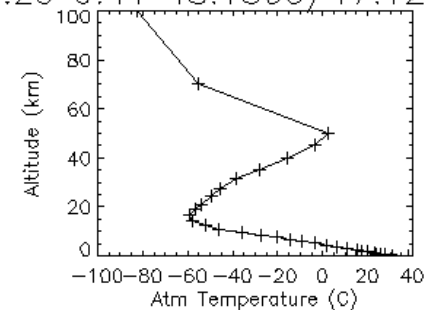
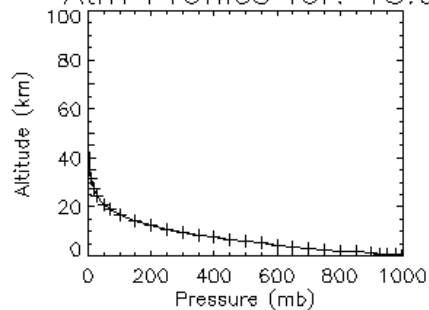
Atmospheric Correction Parameter Calculator (Barsi et al., 2005)

<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

Date (yyyy-mm-dd): 2013-07-29
Input Lat/Long: 48.150/ 17.120
GMT Time: 9:41
L8 TIRS Band 10 Spectral Response Curve
Mid-latitude summer standard atmosphere
User input surface conditions
Surface altitude (km): -999.000
Surface pressure (mb): -999.000
Surface temperature (C): -999.000
Surface relative humidity (%): -999.000

Band average atmospheric transmission: 0.61
Effective bandpass upwelling radiance: 3.38 W/m²/sr/um
Effective bandpass downwelling radiance: 5.25 W/m²/sr/um

Atm Profiles for: 13.07.29 9:41 48.1500/17.120



t = 0.61
Lu = 3.38
Ld = 5.25

Generated for: stankova at t2016.10.18.9.47.37

Korekcia emisivity

LSE (Land Surface Emissivity) – pomer medzi vyžarovaním šedého telesa a čierneho telesa o rovnakej teplote (hodnoty od 0 do 1)

čistá voda	0.98-0.99
zelená veg.	0.96-0.99
suchá veg.	0.88-0.94
vlhká pôda	0.95-0.98
suchá pôda	0.92-0.94
asfalt / betón	0.91-0.97

metódy založené na krajinnej pokrývke

metódy založené na NDVI

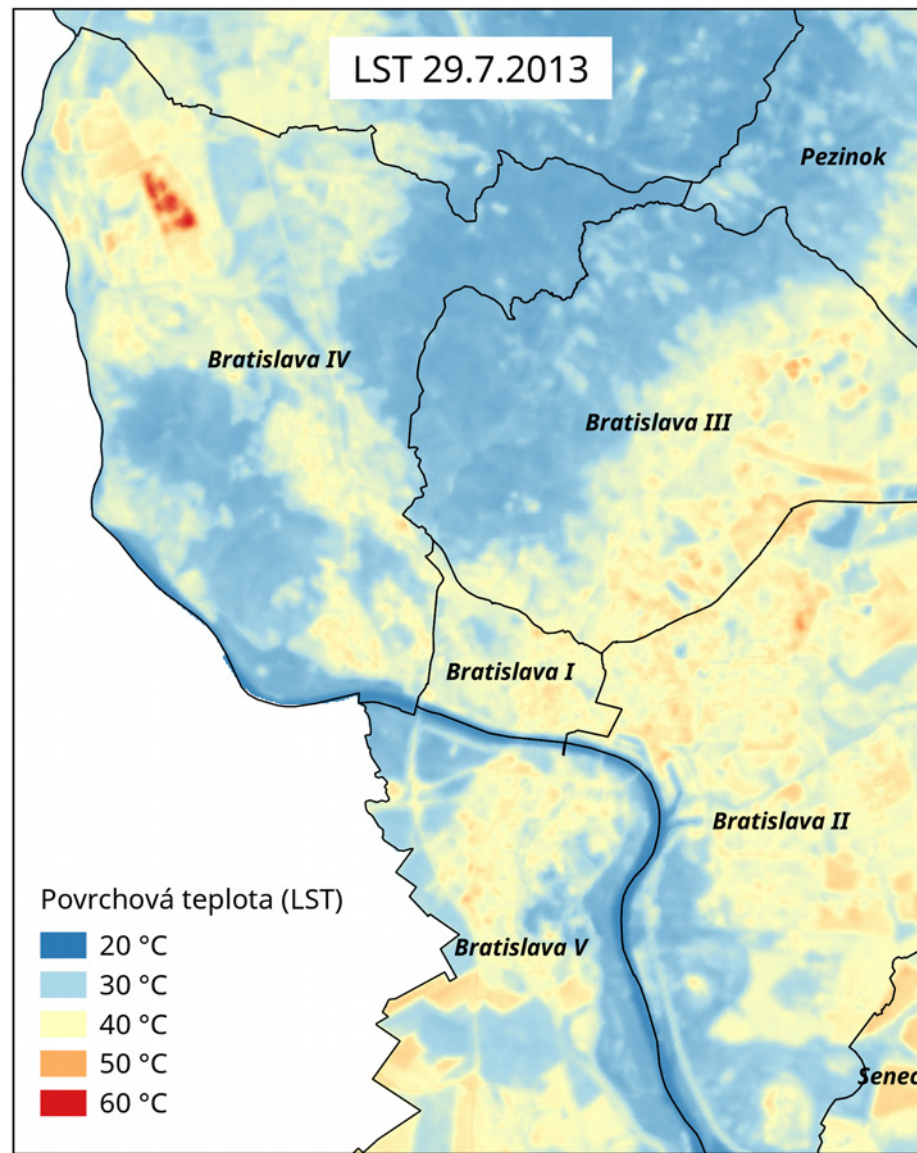
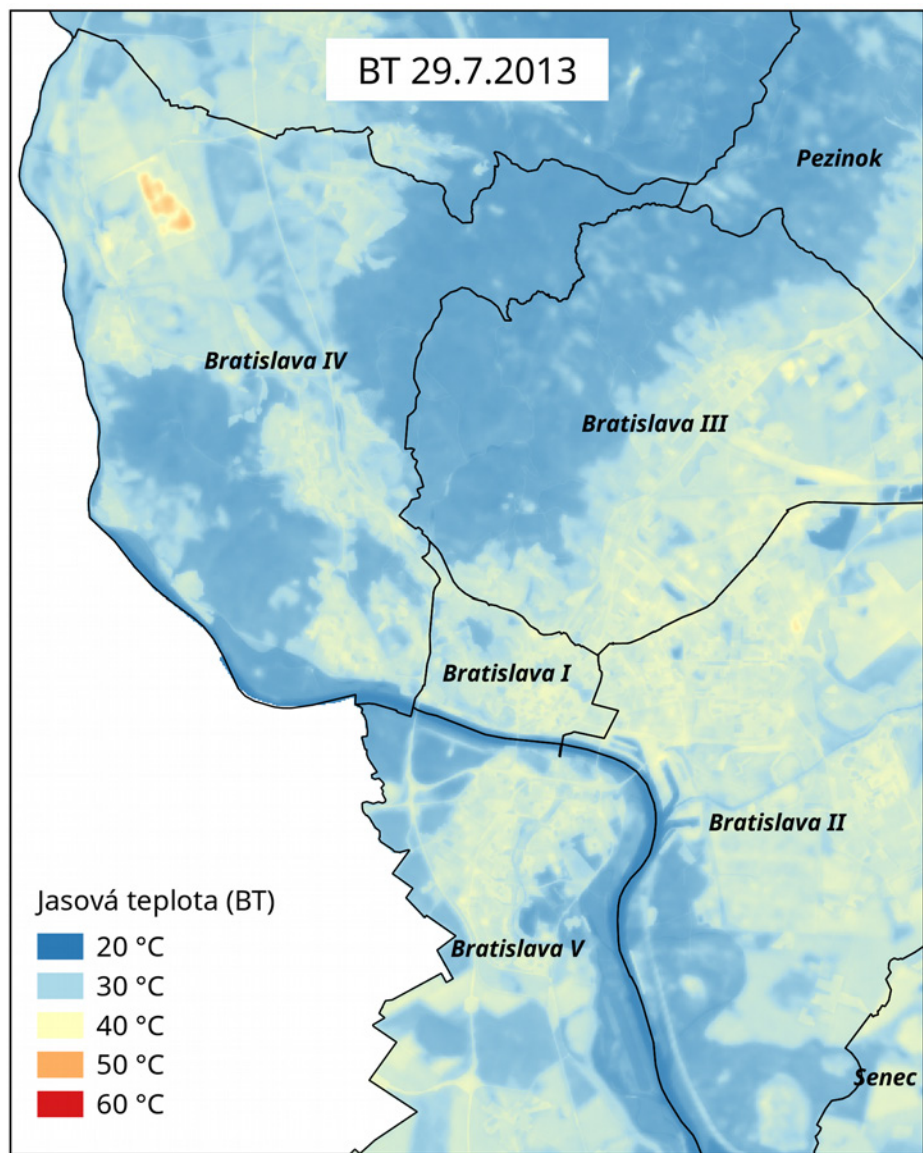
spektrálne indexy nezávislé od teploty (TISI)

metódy separácie teploty a emisivity (TES)

...

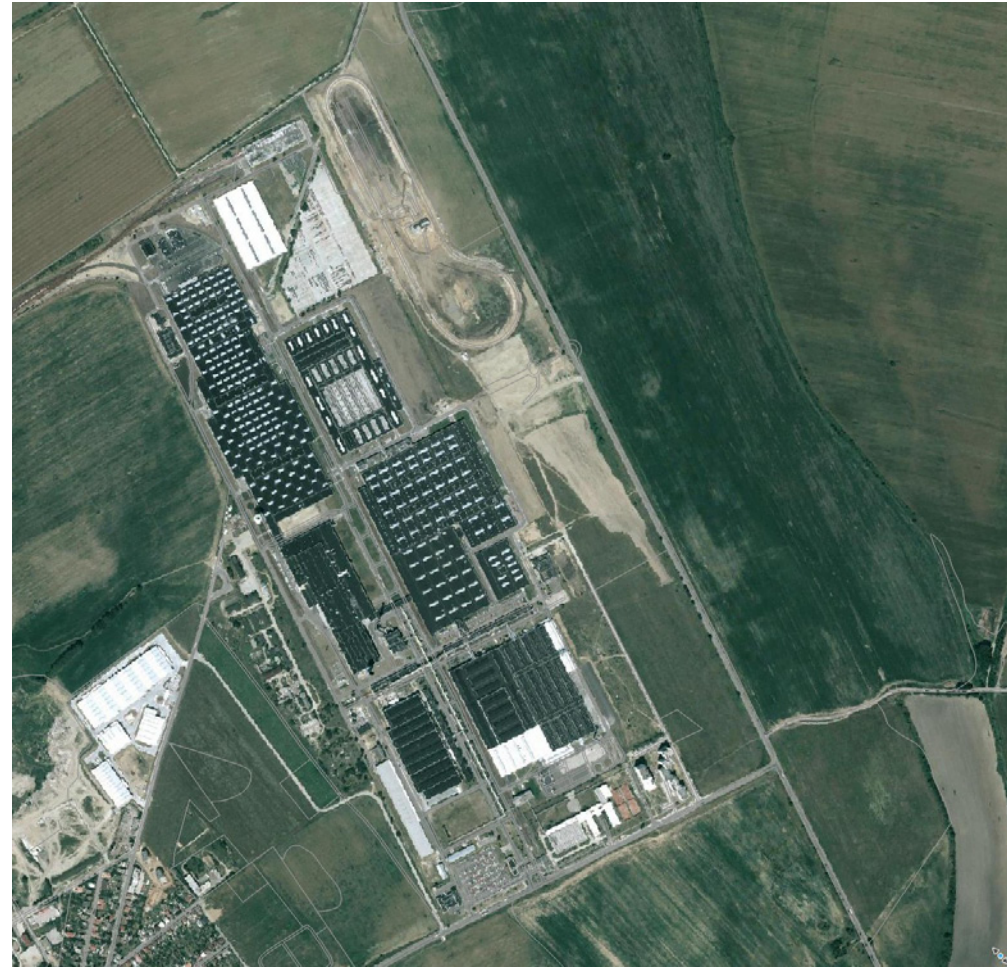


Jasová a povrchová teplota v Bratislave



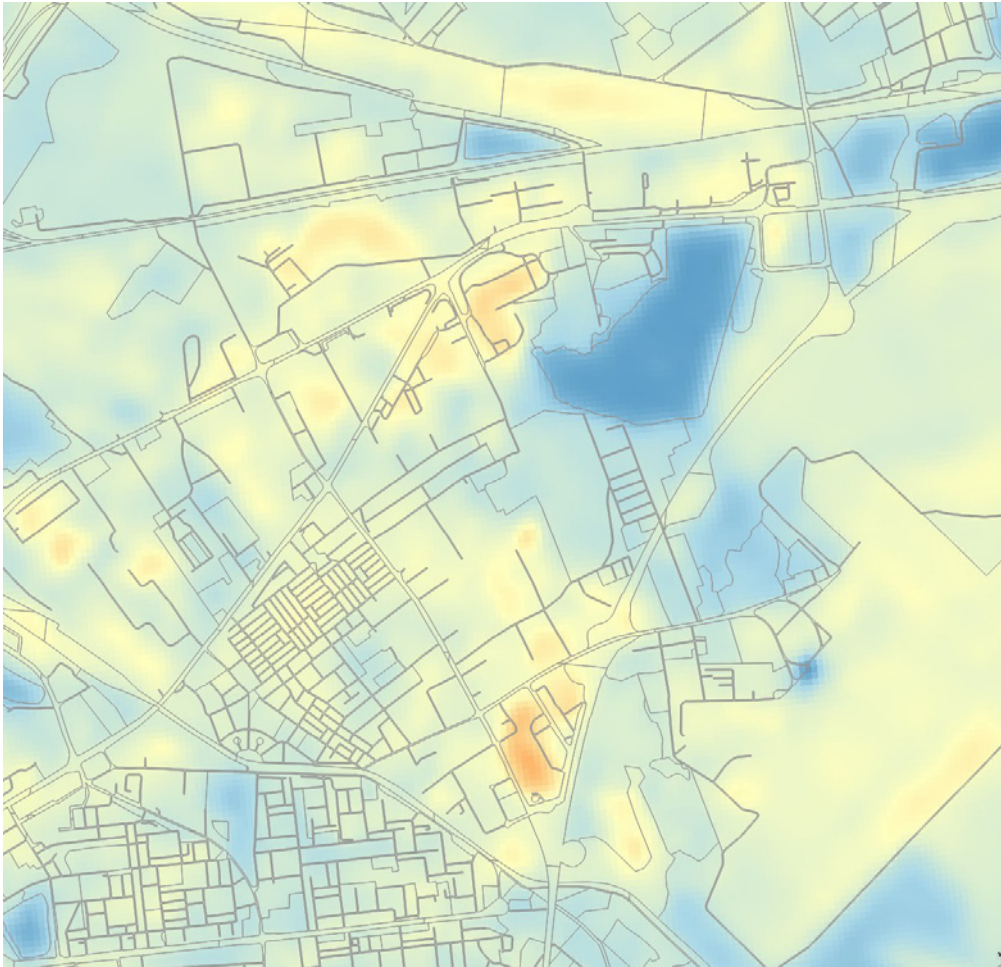
Povrchová teplota v Bratislave

najvyššia povrchová teplota – strechy závodu Volkswagen v Devínskej Novej Vsi (50-60°C)



Povrchová teplota v Bratislave

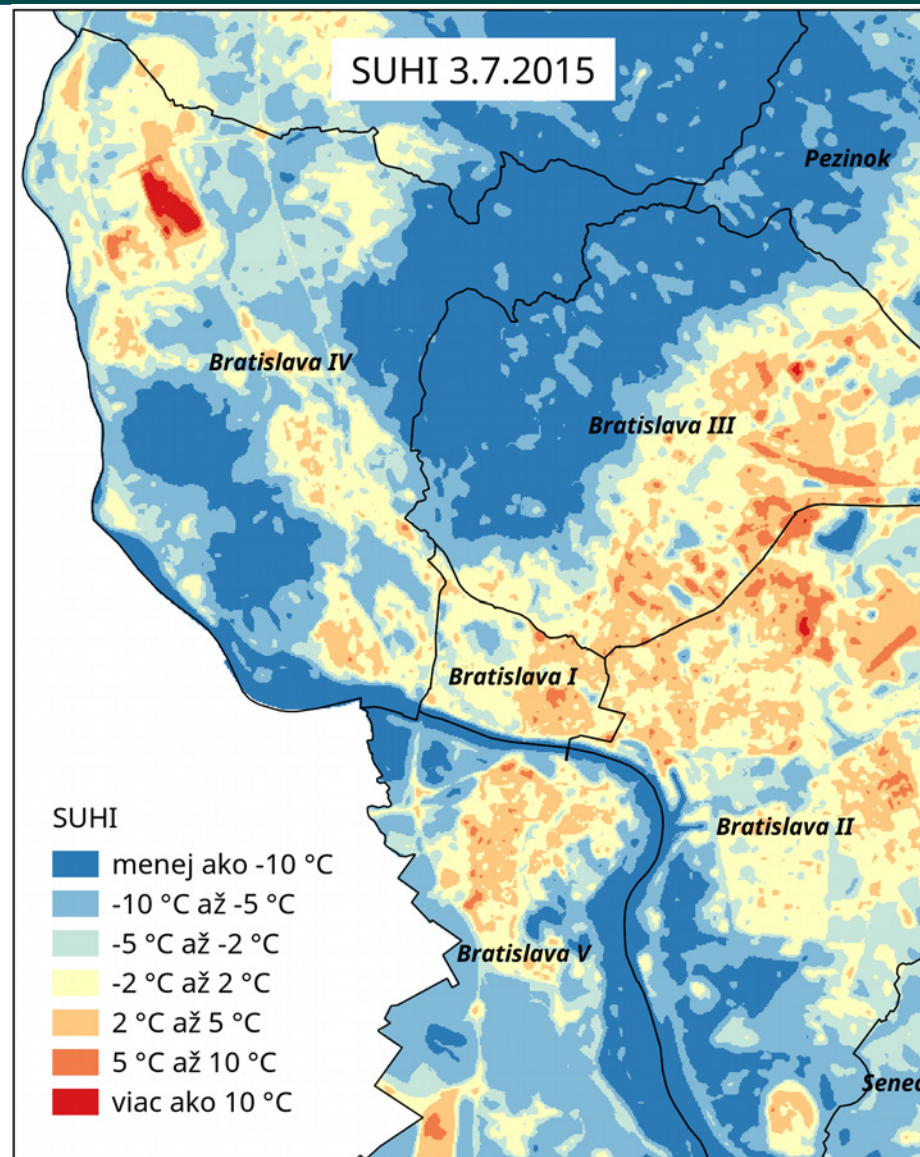
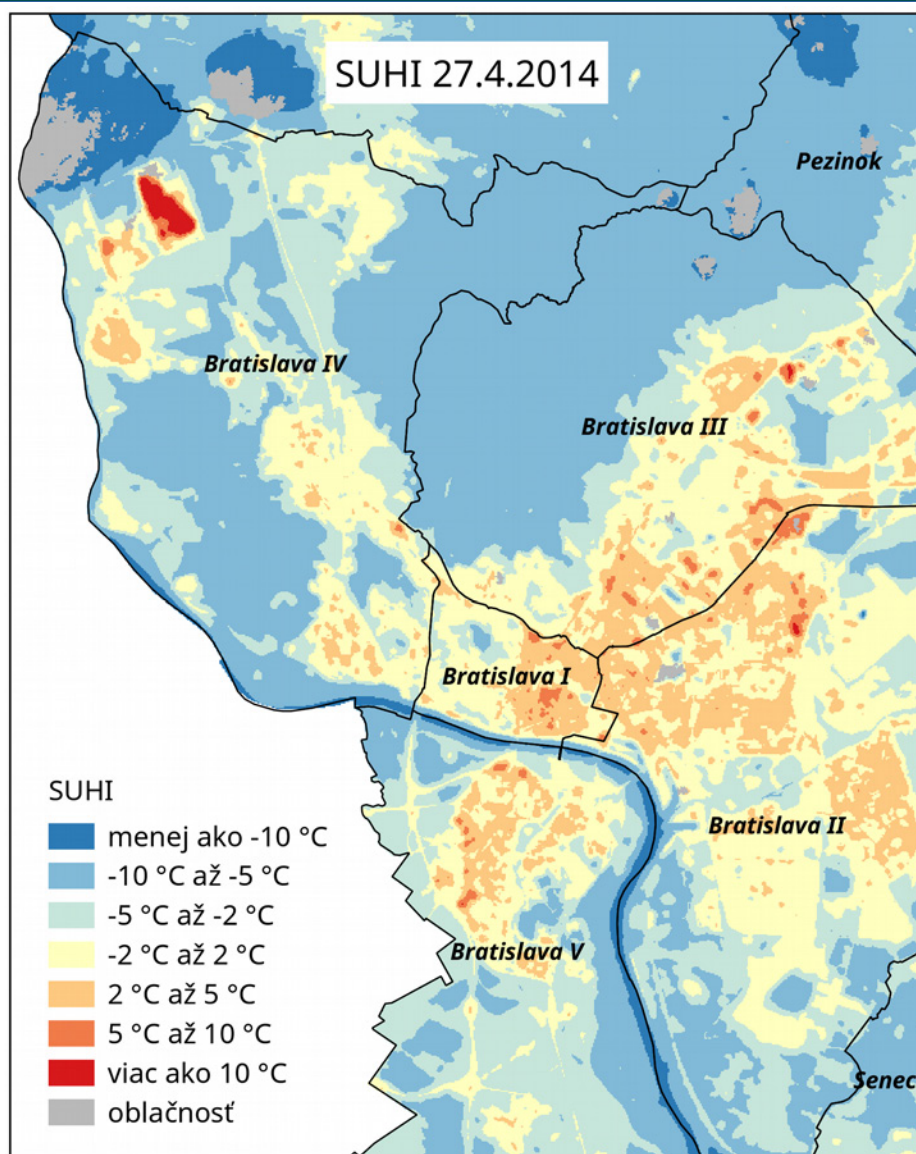
vysoké povrchové teploty – strechy skladov, nákupných centier (40-50°C)



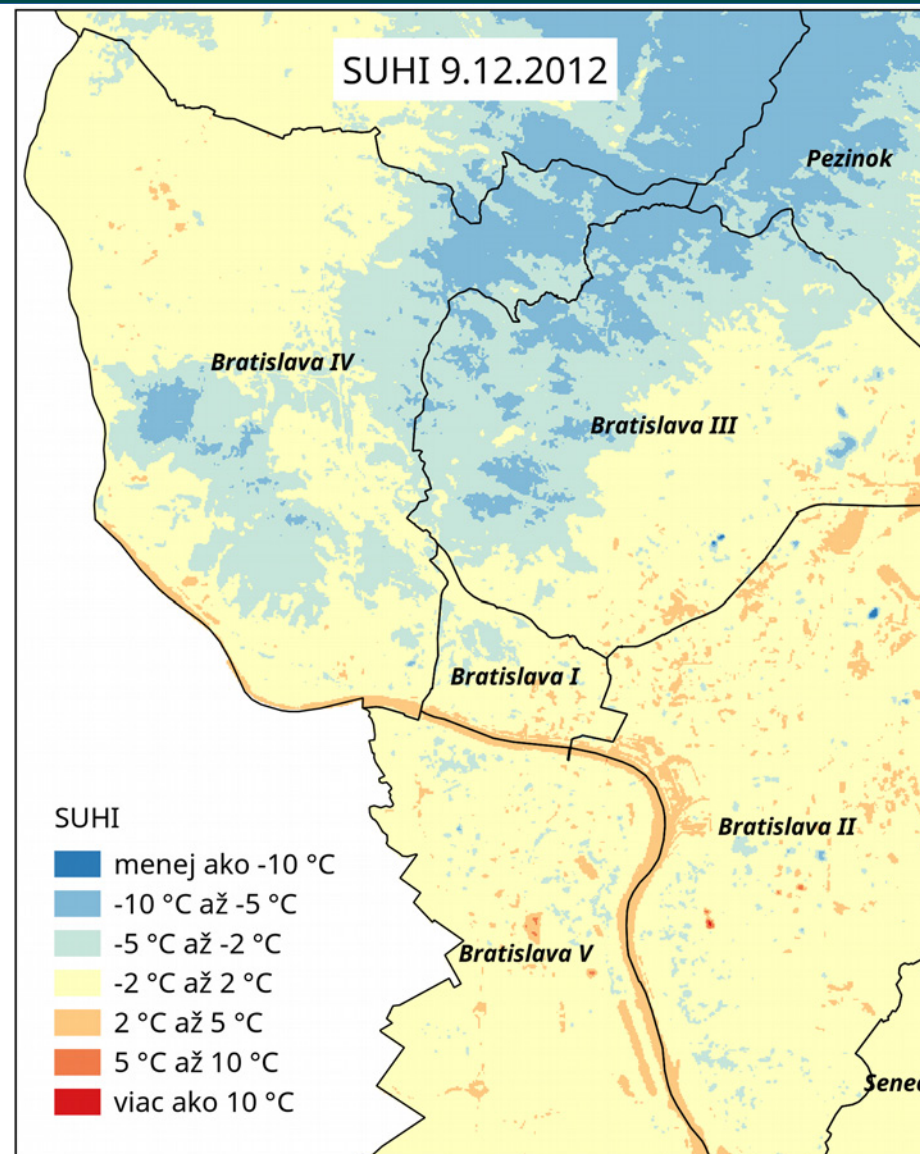
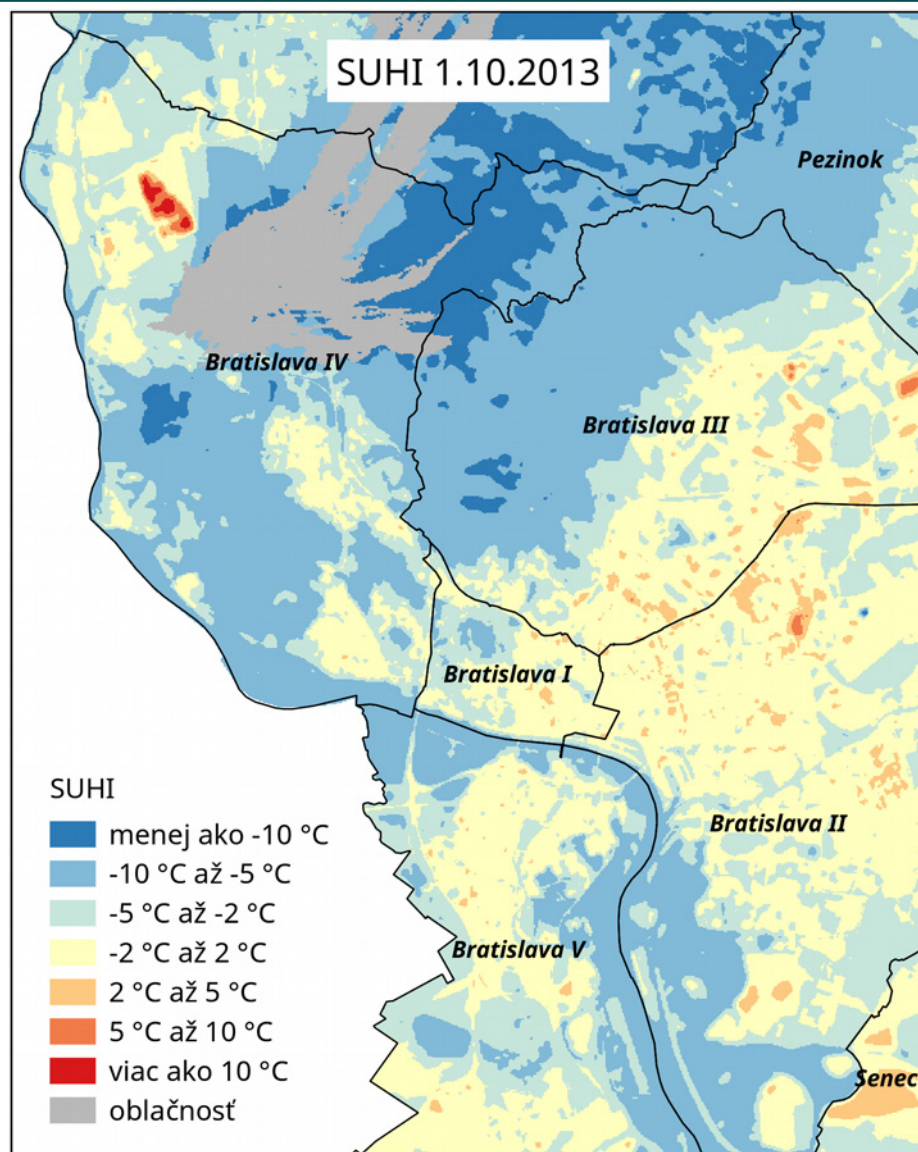
Povrchový mestský ostrov tepla v Bratislave

Intenzita SUHI – rozdiel medzi povrchovou teplotou v meste a v jeho rurálnom okolí
- priemerné teploty zastavaného územia 20 obcí v okolí Bratislavy

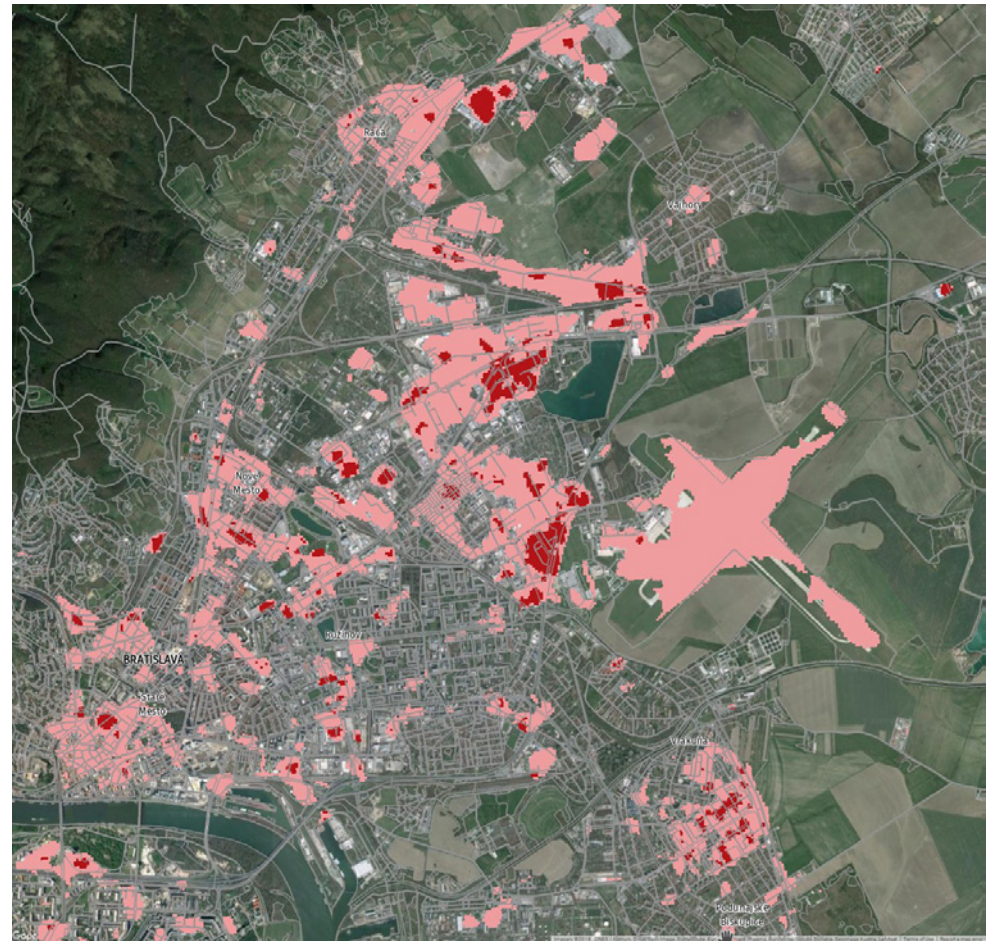
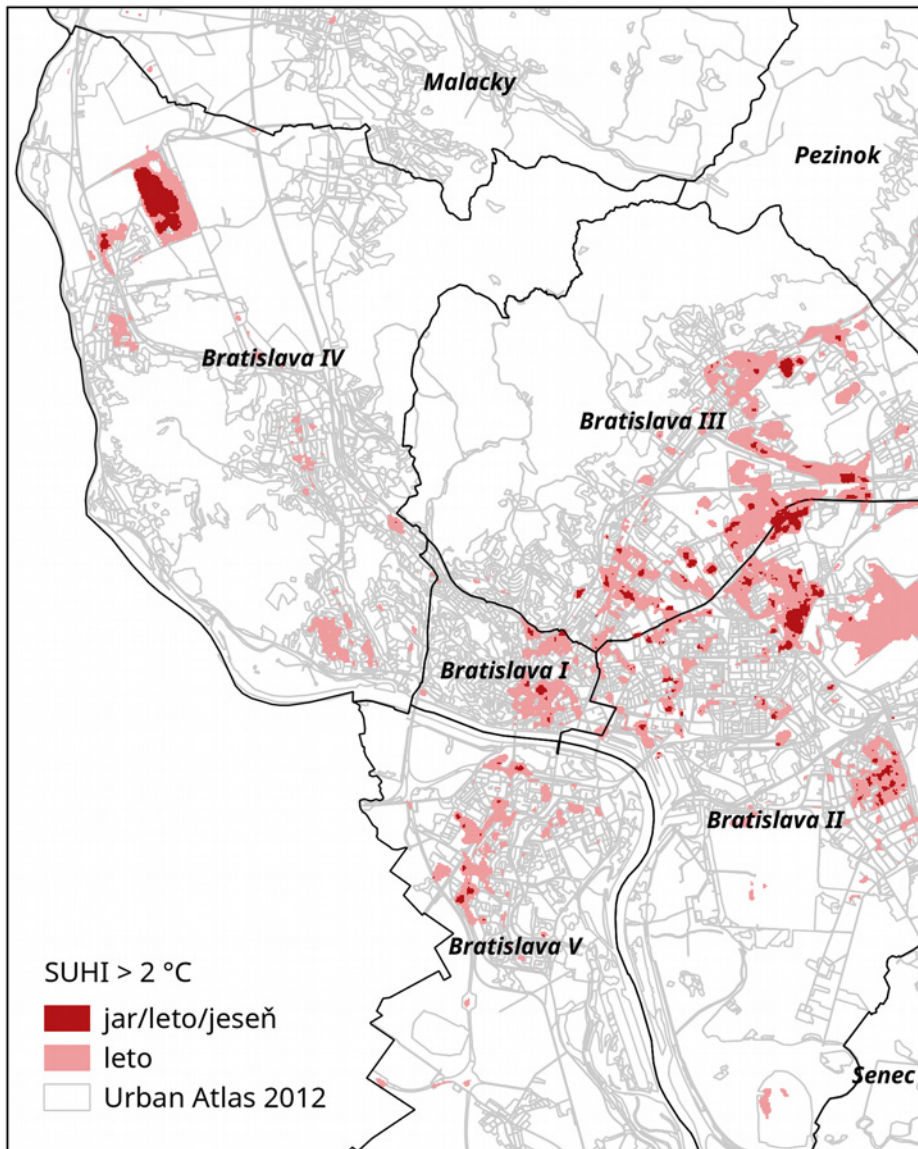
Povrchový mestský ostrov tepla v Bratislave



Povrchový mestský ostrov tepla v Bratislave



Povrchový mestský ostrov tepla v Bratislave

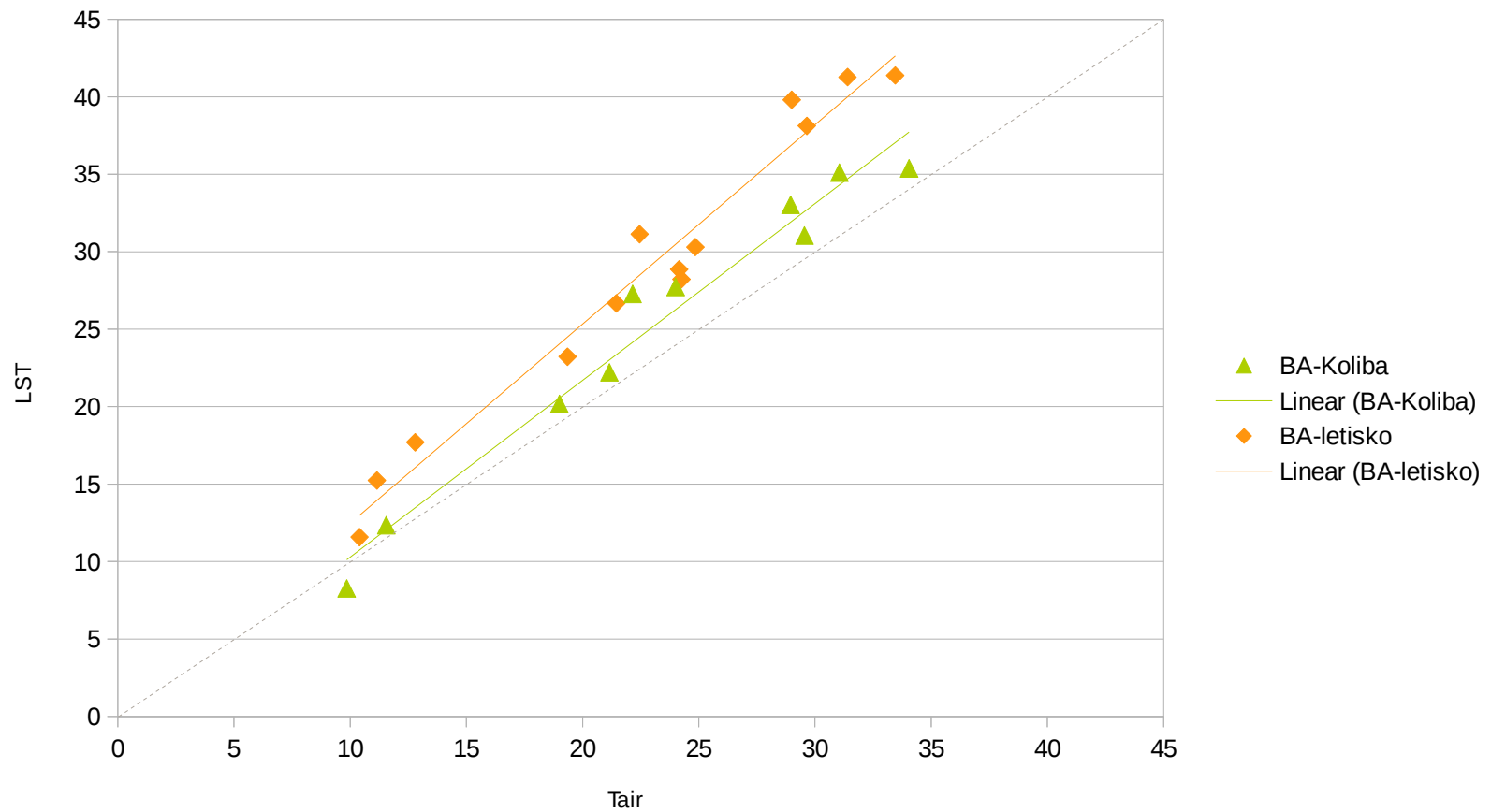


Vzťah LST a krajinnej pokrývky

Priemerná povrchová teplota tried krajinnej pokrývky 3.7.2015

Kód	Krajinná pokrývka	LST [°C]
11100	Súvislá sídelná zástavba (zastavaný povrch > 80%)	39.33
11210	Nesúvislá sídelná zástavba s vysokou hustotou (z.p. 50-80%)	37.11
11220	Nesúvislá sídelná zástavba so strednou hustotou (z.p. 30-50%)	34.58
11230	Nesúvislá sídelná zástavba s nízkou hustotou (z.p. 10-30%)	31.99
11240	Nesúvislá sídelná zástavba s veľmi nízkou hustotou (z.p. < 10%)	32.04
12100	Priemyselné, obchodné, verejné, vojenské a súkromné areály	38.73
12210	Diaľnice, rýchlostné cesty a príslušné areály	36.65
12400	Areály letísk	40.42
14100	Areály sídelnej vegetácie	33.62
14200	Areály športu a zariadení voľného času	35.94
31000	Lesy	28.69
50000	Vodné plochy a toky	24.21

Vzťah LST a teploty vzduchu





Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ
Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta

Ďakujem za pozornosť !

stankova@fns.uniba.sk