

## Specifika městského klimatu na příkladu středně velkého města

### Specifics of the urban climate on the example of medium-sized city

Jaroslav Rožnovský, Hana Pokladníková, Tomáš Středa  
Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 Brno

#### Abstract

The character of the active surface affected by buildings, air pollution and production of waste heat are the main factors that shape the specific urban climate (so-called heat island city - Urban Heat Island). In this paper the specifics of urban climate at the level of medium-sized city was defined from viewpoint of their temporal and spatial variability. Meteorological elements, having a dominant influence on the organisms and from the viewpoint of possible health risks (air temperature, temperature extremes, air moisture) were evaluated in particular. The databases of two standard climatological stations with longer time series (Brno-Turany - measurements since 1961, Brno-Zabovresky - measurements since 1987) are possible to use to determine temporal variability. The data from measurements of automatic weather stations (Mendlovo square and Jundrov) were used to obtain more detailed information on the spatial variability of climatic conditions of selected urbanized area.

**Key words:** urban heat island, urban climate

#### Úvod

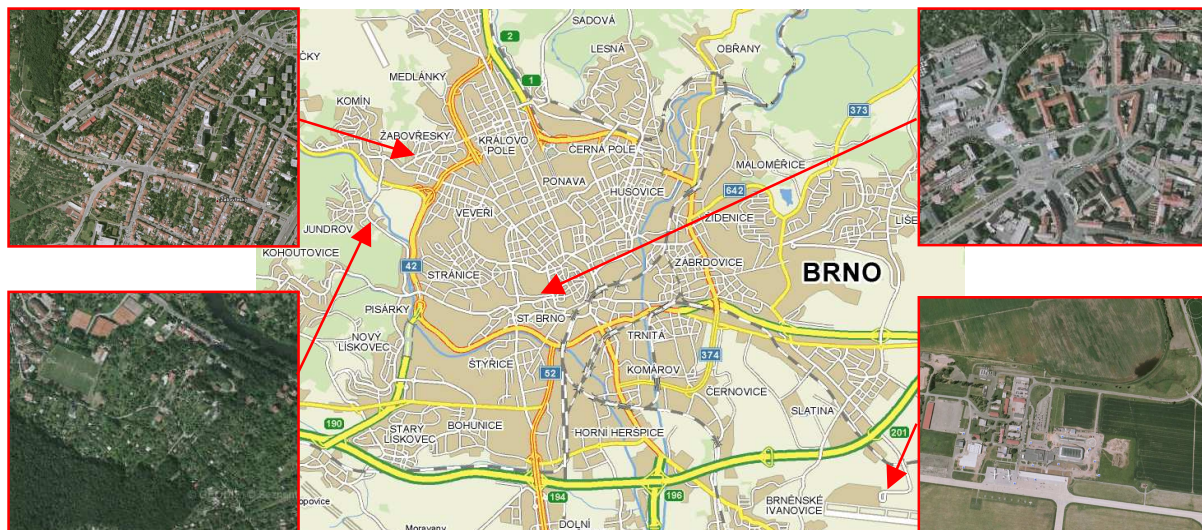
Charakter aktivního povrchu ovlivněného zástavbou, znečištění atmosféry a produkce odpadního tepla jsou hlavními faktory formujícími specifické klima měst (tzv. tepelný ostrov města – Urban Heat Island). V práci byla specifika městského klimatu na úrovni středně velkého města definována z hlediska jejich časové a prostorové variability. Hodnoceny byly zejména meteorologické prvky, mající dominantní vliv na organismy a z pohledu možných zdravotních rizik (teplota vzduchu, teplotní extrémy, vlhkost vzduchu). Více autory byla prokázána zvýšená úmrtnost obyvatelstva v důsledku vln horka: v Chicagu v roce 1995 (Karl et al., 1997), v Lisabonu (Dessai, Suraje, 2002), v Paříži v roce 2003 (Schär et al., 2004). Podle Alcoforado a Andrade (2006) dosahuje maximální rozdíl v průměrné denní teplotě vzduchu mezi centrem Lisabonu a okolím 2,5 °C. Obdobné hodnoty uvádí také Bottyán et al. (2005) pro Debrecen. V případě maximálních teplot vzduchu uvádí Fortuniak et al. (2006) rozdíl mezi centrem Lodže a příměstskou krajinou až 8 °C.

Pro charakteristiku letního období se používají tzv. „teplé“ charakteristické dny – den tropický a den letní a dále se vyhodnocují vlny veder neboli horké vlny. Tropický den je den, v němž maximální teplota vzduchu byla 30 °C nebo vyšší; letní den je den, v němž maximální teplota vzduchu byla 25 °C nebo vyšší. Pro účely studie bylo jako horká vlna definováno minimálně tří denní období letních veder, během něhož dosahují maximální denní teploty 30 °C a více.

Mezi tzv. „chladné“ charakteristické dny patří den mrazový, ledový a arktický. Mrazový den je den, ve kterém minimální teplota vzduchu byla nižší než 0 °C; ledový den je den, ve kterém maximální teplota vzduchu byla nižší než 0 °C arktický den je den, v němž maximální teplota vzduchu byla -10 °C nebo nižší. Souvislé minimálně tří denní období s minimální teplotou menší než 0 °C je možno označit jako vlnu ledových dní (ledová vlna) (Sobíšek et al., 1993).

#### Metodika

K určení časové proměnlivosti byla využita databáze z měření na standardních klimatologických stanicích ČHMÚ s delšími řadami pozorování (Tuřany – měření od r. 1961, Žabovřesky – měření od r. 1987). K získání detailnějších informací o prostorové variabilitě klimatických podmínek vybraného urbanizovaného území byla kromě zmíněných stanic využita i data z měření účelové sítě městských automatických meteorologických stanic na Mendlově náměstí – lokalita v centru Brna a v Jundrově – lokalita spíše příměstského charakteru ležící v západní části Brna (Obr. 1, 2 a 3, Tab. 1)



Obr. 1 Mapa města Brna s leteckými snímky hodnocených oblastí, Zabovřesky – vlevo nahoře, Jundrov – vlevo dole, Mendlovo náměstí – vpravo nahoře, Tuřany – vpravo dole

Tab. 1. Charakteristika vybraných stanic

	Městské klima		Příměstské klima	
	Žabovřesky	Mendlovo nám.	Tuřany	Jundrov
počátek měření	1987	2006	1958	2006
nadmořská výška	235	208	241	257
typ stanice	součást staniční sítě	účelová stanice	součást staniční sítě	účelová stanice



Obr. 2 Klimatologické stanice reprezentující městské klima (vlevo - Žabovřesky, vpravo - Mendlovo náměstí)



Obr. 3 Klimatologické stanice reprezentující příměstské klima (vlevo – Tuřany, vpravo – Jundrov)

### Hodnocené charakteristiky:

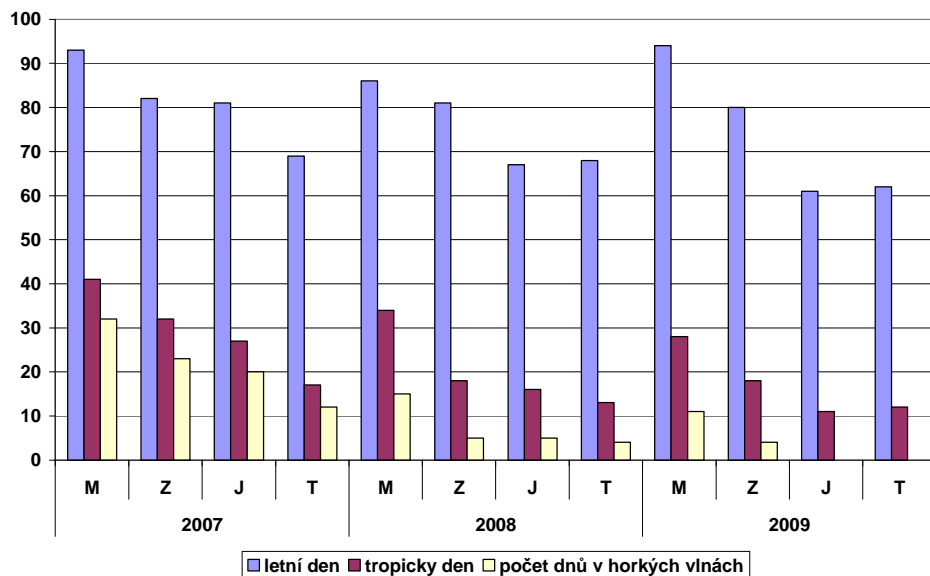
Počet letních a tropických dnů a počet dnů v horkých vlnách (Obr. 4, Tab. 2)

Počet mrazových a ledových dnů a počet dnů v ledových vlnách (Obr. 5, Tab. 3)

Průběh maximální a minimální teploty vzduchu v letních měsících červenec a srpen (Obr. 6 až 11, Tab. 4, 5)

Průběh maximální a minimální teploty vzduchu v zimních měsících prosinec a leden (Obr. 12. až 15, Tab. 6, 7)

## Výsledky

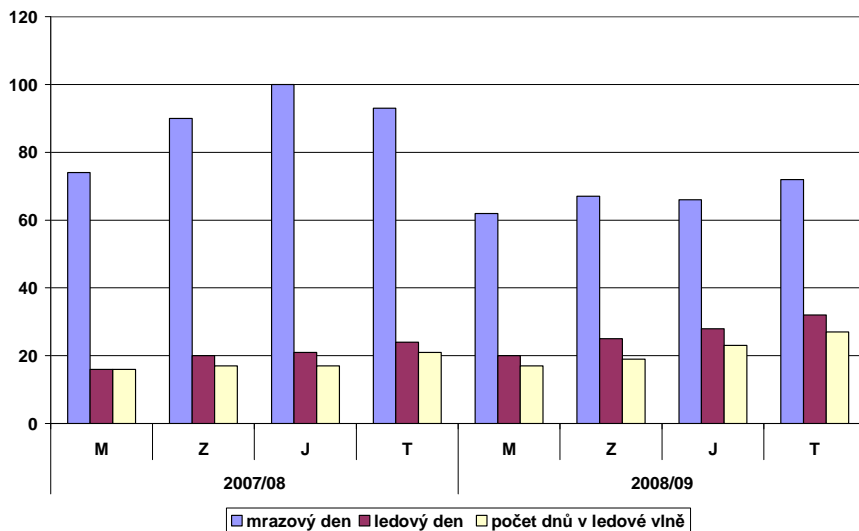


POZN: M – Mendlovo náměstí  
 Z – Žabovřesky  
 J – Jundrov  
 T – Tuřany

Obr. 4 Počet „teplých“ charakteristických dnů na sledovaných stanicích

Tab. 2 Vyhodnocení horkých vln na sledovaných stanicích (TS = teplotní suma)

Klimatologická stanice	2007			2008			2008		
		délka vlny	TS		délka vlny	TS		délka vlny	TS
Mendlovo Nám.	3	25.5. až 27.5.	126,9	3	21.6. až 23.6.	99,0	3	30.6. až 2.7.	93,1
	4	10.6. až 13.6.	124,0	5	29.6. až 3.7.	157,1	5	13.7. až 17.7.	160,6
	10	14.7. až 23.7.	346,8	7	26.7. až 1.8.	227,1	3	26.8. až 28.8.	94,6
	3	26.7. až 28.7.	92,4						
	4	6.8. až 9.8.	132,9						
Žabovřesky	4	13.8. až 16.8.	130,2						
	4	24.8. až 27.8.	125,7						
	3	25.5. až 27.5.	93,0	5	28.7. až 1.8.	158,0	4	14.7. až 17.7.	127,2
	5	8.6. až 12.6.	155,6						
	3	19.6. až 21.6.	96,1						
Tuřany	8	14.7. až 21.7.	279,9						
	4	6.8. až 9.8.	128,3						
	8	14.7. až 21.7.	268,2	4	28.7. až 31.7.	124,2			
Jundrov	4	6.8. až 9.8.	124,8						
	5	8.6. až 12.6.	151,9	5	12.7. až 1.8.	156,8			
	3	19.6. až 21.6.	94,0						
	8	14.7. až 21.7.	277,8						
	4	6.8. až 9.8.	129,0						

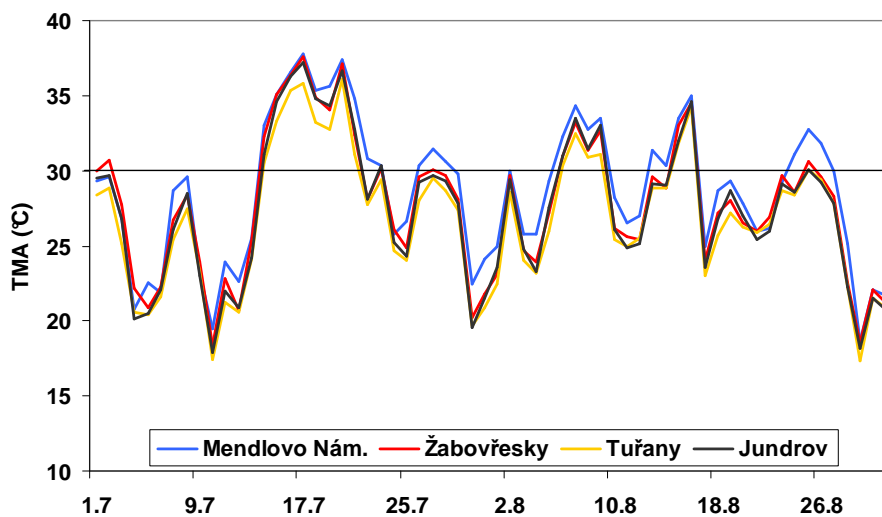


POZN: M – Mendlovo náměstí  
 Z – Žabovřesky  
 J – Jundrov  
 T – Tuřany

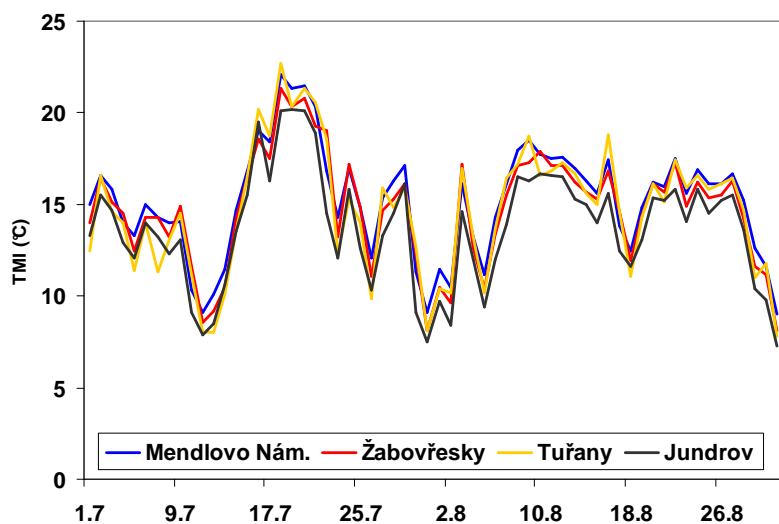
Obr. 5 Počet „chladných“ charakteristických dnů na sledovaných stanicích

Tab. 3 Vyhodnocení ledových vln na sledovaných stanicích (TS = teplotní suma)

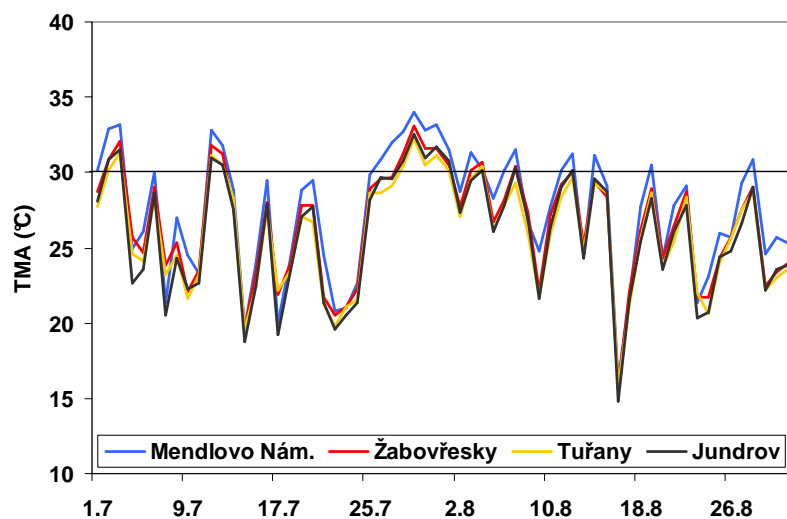
Klimatologická stanice	2007/08			2008/09		
	délka vlny	TS		délka vlny	TS	
Mendlovo Nám.	13	19.12. až 31.12.	-30,7	8	28.12. až 4.1.	-18
	3	3.1. až 5.1.	-5,6	9	6.1. až 14.1.	-33,9
Žabovřesky	13	19.12. až 31.12.	-33,7	19	28.12. až 15.1.	-56,4
	4	3.1. až 6.1.	-7,1			
Tuřany	16	16.2. až 31.12.	-39,7	19	29.12. až 15.1.	-65,8
	5	2.1. až 6.1.	-7,9			
Jundrov	13	19.12. až 31.12.	-39,6	23	26.12. až 18.1.	-74,6
	4	3.1. až 6.1.	-7,5			



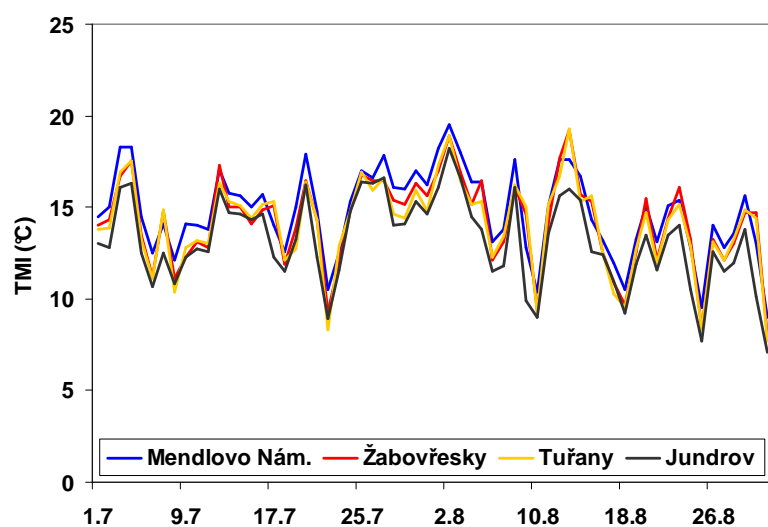
Obr. 6 Průběh maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2007



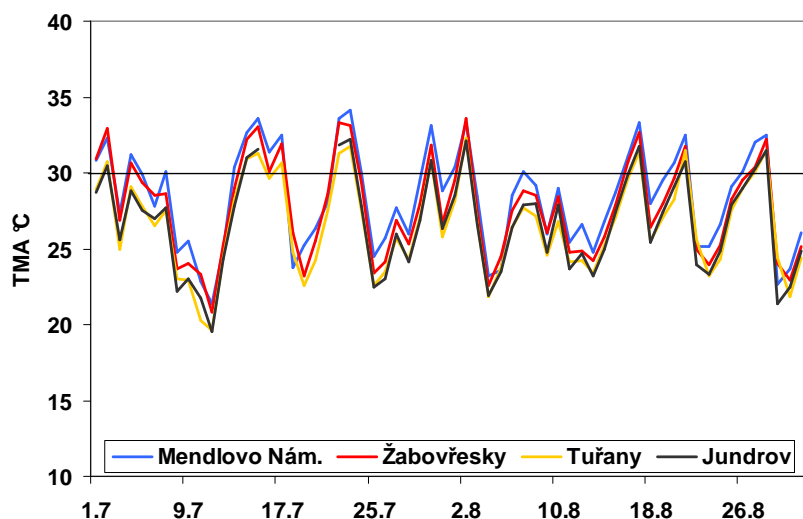
Obr. 7 Průběh minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2007



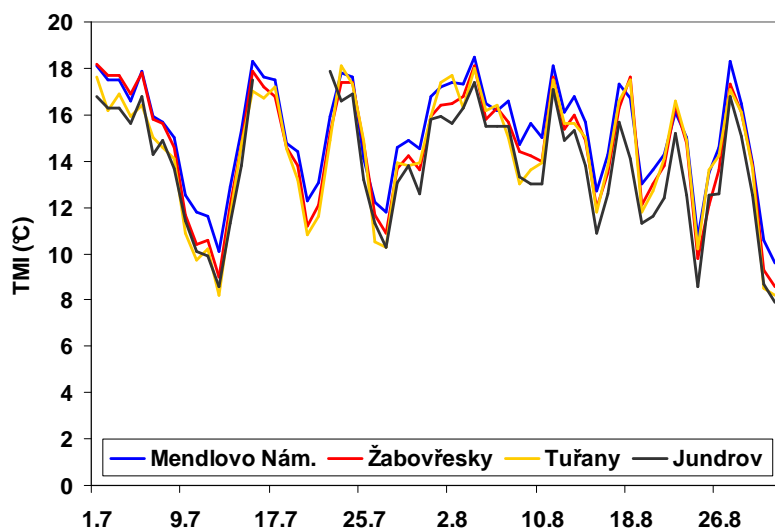
Obr. 8 Průběh maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2008



Obr. 9 Průběh minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2008



Obr. 10 Průběh maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2009



Obr. 11 Průběh minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období červen a červenec 2009

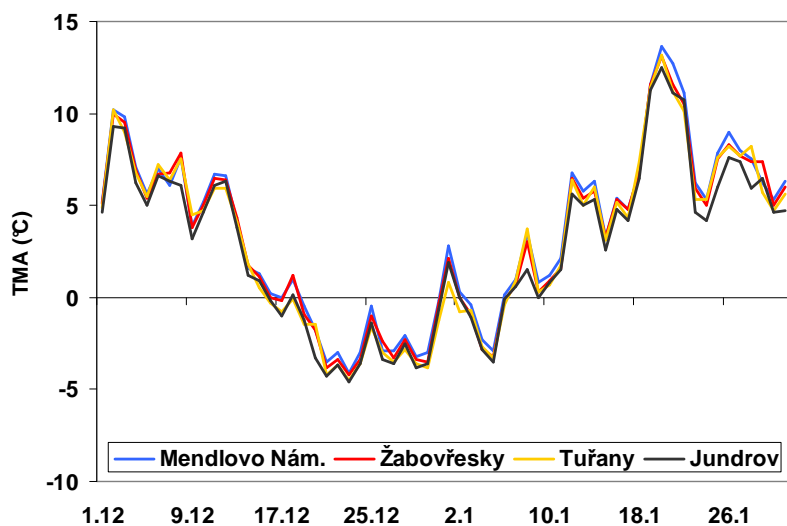
Tab. 4 Vyhodnocení maximálních tepot na sledovaných stanicích v období červenec a srpen

Klimatologická stanice	2007		2008		2009	
	prům. TMA	abs. TMA	prům. TMA	abs. TMA	prům. TMA	abs. TMA
Mendlovo Nám.	28,7	37,8	27,5	34,0	28,4	34,1
Žabovřesky	27,7	37,6	26,5	33,1	27,7	33,6
Tuřany	26,8	36,1	26,0	32,2	26,6	32,3
Jundrov	27,4	37,2	25,9	32,5	26,7	32,2
maximální diference	1,9	1,7	1,5	1,8	1,7	1,9

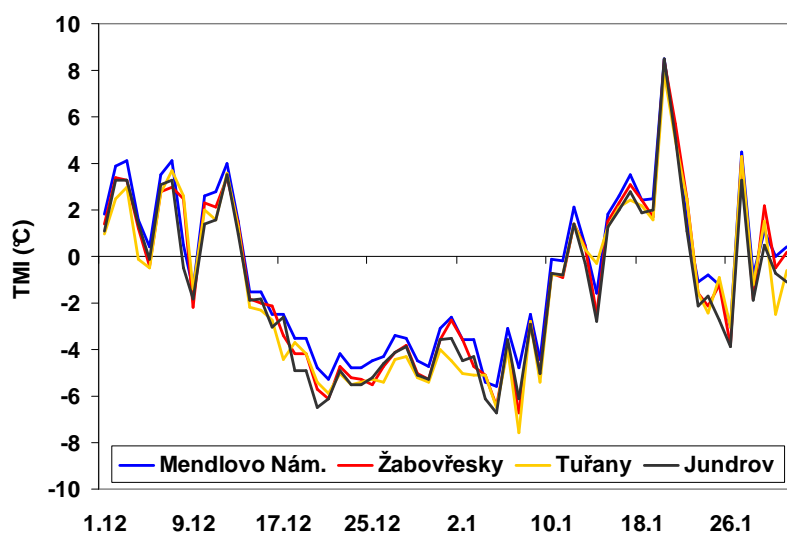
Tab. 5 Vyhodnocení minimálních tepot na sledovaných stanicích v období červenec a srpen

Klimatologická stanice	2007		2008		2009	
	prům. TMI	abs. TMI	prům. TMI	abs. TMI	prům. TMI	abs. TMI
Mendlovo Nám.	15,2	9,0	14,8	9,0	15,1	9,6
Žabovřesky	14,7	8,1	14,2	7,9	14,6	8,6
Tuřany	14,7	7,8	14,1	7,7	14,3	8,2
Jundrov	13,7	7,3	13,2	7,1	13,8	7,9
maximální diference	1,5	1,7	1,6	1,9	1,4	1,7

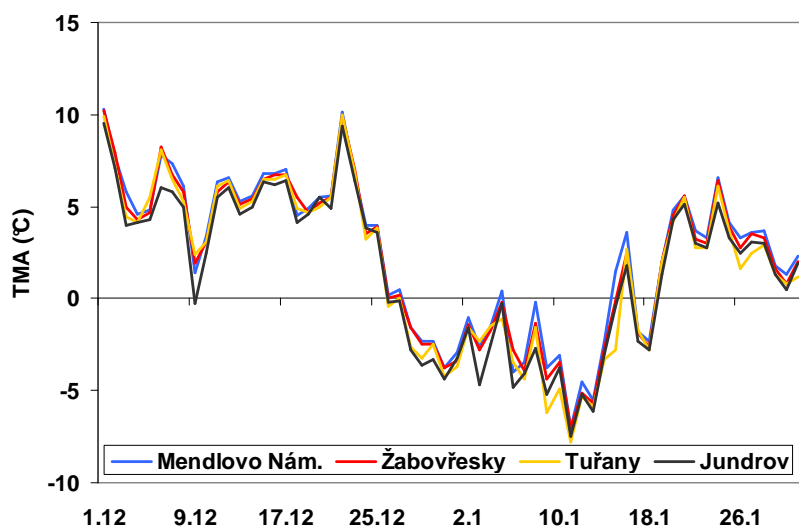




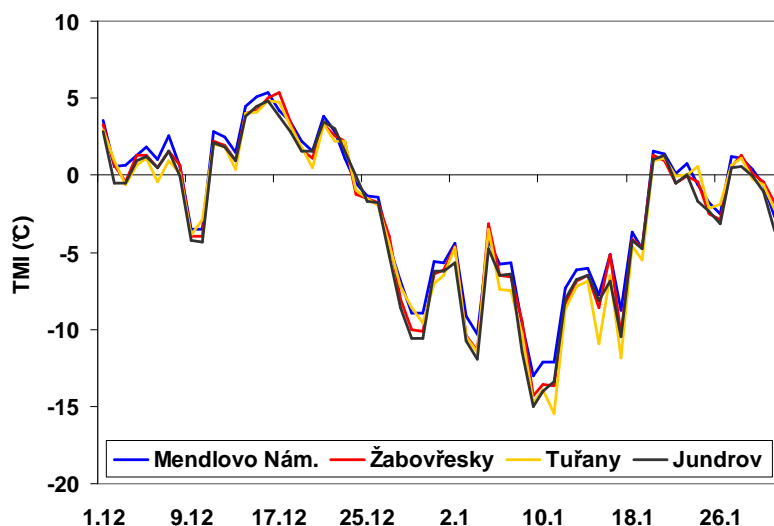
Obr. 12 Průběh maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období prosinec a leden 2007/08



Obr. 13 Průběh minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období prosinec a leden 2007/08



Obr. 14 Průběh maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období prosinec a leden 2008/09



Obr. 15 Průběh minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích za období prosinec a leden 2008/09

Tab. 6 Vyhodnocení maximálních teplot na sledovaných stanicích v období prosinec a leden

Klimatologická stanice	2007 /2008		2008/2009	
	prům. TMA	abs. TMA	prům. TMA	abs. TMA
Mendlovo Nám.	3,5	13,6	2,3	10,3
Žabovřesky	3,2	13,1	2,1	10,2
Tuřany	3,0	13,2	1,8	10,0
Jundrov	2,7	12,5	1,5	9,5
maximální diference	0,7	1,1	0,8	0,8

Tab. 7 Vyhodnocení minimálních teplot na sledovaných stanicích v období prosinec a leden

Klimatologická stanice	2007 /2008		2008/2009	
	prům. TMI	abs. TMI	prům. TMI	abs. TMI
Mendlovo Nám.	-0,7	-5,6	-2,2	-13,0
Žabovřesky	-1,2	-6,7	-2,6	-14,3
Tuřany	-1,4	-7,6	-2,9	-15,5
Jundrov	-1,5	-6,7	-2,9	-15,0
maximální diference	0,7	2,0	0,8	2,5

Tab. 8 Vybrané statistické charakteristiky určené na základě průměrných denních teplot vzduchu (TAVG)

T AVG	Mendlovo Nám.	Žabovřesky	Tuřany	Jundrov
Průměr	11,1	10,7	10,5	10,4
Chyba stf. hodnoty	0,24	0,25	0,25	0,25
Medián	10,9	10,5	10,5	10,3
Modus	3,1	22,0	3,9	20,6
Směr. odchylka	8,1	8,2	8,1	8,0
Rozptyl výběru	65,7	66,8	66,2	64,2
Špičatost	-0,939	-0,878	-0,854	-0,851
Šikmost	-0,086	-0,065	-0,110	-0,123
Rozdíl max-min	39,7	42,0	40,6	40,4
Minimum	-10,1	-12,8	-12,9	-11,5
Datum výskytu	20.12.2009	20.12.2009	20.12.2009	20.12.2009
Maximum	29,5	29,2	27,7	28,9
Datum výskytu	20.7.2007	20.7.2007	20.7.2007	20.7.2007
TS	12215	11741	11499	11089



Tab. 9 Vybrané statistické charakteristiky určené na základě maximálních denních teplot vzduchu (TMA)

TMA	Mendlovo Nám.	Žabovřesky	Tuřany	Jundrov
Průměr	16,2	15,6	15,0	15,2
Chyba stř. hodnoty	0,30	0,30	0,29	0,30
Medián	16,5	15,8	15,4	15,6
Modus	18,3	7,5	5,3	4,6
Směr. odchylka	10,1	9,9	9,6	9,9
Rozptyl výběru	101,7	97,7	92,7	97,5
Špičatost	-1,087	-1,040	-1,009	-1,030
Šikmost	-0,059	-0,059	-0,089	-0,088
Rozdíl max-min	44,8	44,6	43,9	44,7
Minimum	-7	-7	-7,8	-7,5
Datum výskytu	11.1.2009	11.1.2009	11.1.2009	11.1.2009
Maximum	37,8	37,6	36,1	37,2
Datum výskytu	17.7.2007	17.7.2007	20.7.2007	17.7.2007
TS	17783,7	17090,1	16394,4	16229,8

Tab. 10 Vybrané statistické charakteristiky určené na základě minimálních denních teplot vzduchu (TMI)

TMI	Mendlovo Nám.	Žabovřesky	Tuřany	Jundrov
Stř. hodnota	6,6	6,1	6,0	5,6
Chyba stř. hodnoty	0,21	0,21	0,21	0,20
Medián	6,6	6,1	6	5,6
Modus	0,5	0,3	11,1	0,1
Směr. odchylka	6,83	6,90	7,00	6,66
Rozptyl výběru	46,71	47,61	49,02	44,33
Špičatost	-0,712	-0,600	-0,559	-0,526
Šikmost	-0,126	-0,165	-0,178	-0,191
Rozdíl max-min	36,1	37,1	39,4	36,2
Minimum	-14	-15,8	-16,7	-16
Datum výskytu	20.12.2009	20.12.2009	20.12.2009	20.12.2009
Maximum	22,1	21,3	22,7	20,2
Datum výskytu	18.7.2007	18.7.2007	18.7.2007	19.7.2007
TS	7282,3	6733,1	6529,1	6000,9

### Závěr

**Průměrná roční teplota** se pohybuje v rozmezí od 10,4 do 11,1 °C (sestupně M– Mendlovo náměstí, Ž– Žabovřesky, T– Tuřany, J – Jundrov) - diference 0,7 °C

**Maximální roční teplota** se pohybuje v rozmezí od 36,1 do 37,9 °C (sestupně M, Ž, J, T) - diference 1,7 °C

V létě 2007 – diference 1,7 °C

V zimě 2007/08 – diference 1,1 °C

V létě 2008 – diference 1,8 °C

V zimě 2008/09 – diference 0,8 °C

V létě 2009 – diference 1,9 °C

**Minimální roční teplota vzduchu** se pohybuje v rozmezí od -16,7 do -14 °C (vzestupně M, Ž, J, T) - diference 2,7 °C

V létě 2007 – diference 1,7 °C

V zimě 2007/08 – diference 2,0 °C

V létě 2008 – diference 1,9 °C

V zimě 2008/09 – diference 2,5 °C

V létě 2009 – diference 1,7 °C

Počet **letních dnů** kolísá od 178 do 260 (sestupně M, Ž, T, J) - diference 82 dnů

Počet **tropických dnů** kolísá od 42 do 103 (sestupně M, Ž, J, T) - diference 61 dnů

Počet **mrazových dnů** kolísá od 177 do 227 (vzestupně M, Ž, J, T) - diference 50 dnů

Počet **ledových dnů** kolísá od 43 do 66 (vzestupně M, Ž, J, T) - diference 23 dnů

Poděkování:

Výsledky této práce jsou součástí řešení projektu MŠMT ČR č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.

### Literatura

Alcoforado, M., Andrade, H. (2006): Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. Theor. Appl. Climatol. 84: 151 – 159.

- Bottyán Z, Kircsi A, Szegedi S and Unger J. (2005): The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *Int. Journal of Climatol.* 25, 405 – 418.
- Dessai, Suraje (2002): Heat stress and mortality in Lisbon. Part I. Model construction and validation. *International Journal of Biometeorology*, 47 (1): 6 – 12.
- Fortuniak, K., Kłysik, K., Wibig, J. (2006): Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Łódź. *Theor. Appl. Climatol.* 84, 91 – 101.
- Karl, T., Knight, R. (1997): The 1995 Chicago heat wave: How likely is a recurrence? *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 78, 1107 – 1119.
- Schär, C., Vidale, P.L., Luthi, D., Frei, C., Haberil, C., Liniger, M.A., Appenzeller, C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332 – 336.
- Sobíšek, B. et al. *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. 1. vyd. Praha: Academia, 1993. 594 p.