

PROMĚNLIVOST TEPLoty VZDUCHU V PROSTŘEDÍ MĚSTSKÉ ZÁSTAVBY

Air temperature variability of town agglomeration environment

Sulovská S., Kožnarová V.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Abstrakt

Proces urbanizace podstatně mění přirozené vlastnosti zemského povrchu a atmosféry. Tyto změny mají vliv na záření, teplotu, vlhkost a aerodynamické charakteristiky ve městě. Nahrazování vegetace ve městech budovami a cestami vede v porovnání s nezastavěným okolím k nárůstu teploty vzduchu. Pláště budov, cesty a chodníky absorbují sluneční záření a od nich se pak následně ohřívá přilehlá vrstva okolního vzduchu. Tento fenomén se nazývá tepelným ostrovem města.

Předložená práce s názvem „Proměnlivost teploty vzduchu v prostředí městské zástavby“ se zabývá problematikou urbánní meteorologie, tepelného ostrova a faktorů s nimi souvisejícími v podmínkách pražské aglomerace.

Cílem předložené práce je posoudit vliv tepelného ostrova a analyzovat teplotní podmínky Prahy v průběhu teplého období roku. K tomuto účelu jsme si vybraly maximální a minimální teploty vzduchu ze stanic Ruzyně, Karlov a Klementinum. Vytvořily jsme databázi těchto teplotních charakteristik pro období od roku 1990 do 2009. Vztah teplotních charakteristik v zastavěné a nezastavěné oblasti je vyjádřen rovnicí a grafy.

Klíčová slova: urbánní meteorologie, tepelný ostrov, Praha

Abstract

The process of urbanization in principle changes natural properties of the Earth surface and atmosphere. Those variations have leverage over the solar radiation, temperature and aerodynamic properties.

Urban areas tend to have higher air temperatures than their rural surroundings as a result of gradual surface modifications that include replacing the natural vegetation with buildings and roads. The term Urban Heat Island describes this phenomenon. The surfaces of buildings and pavements absorb solar radiation and become extremely hot, which in turn warm the surrounding air.

Submitted work called „Air temperature variability of town agglomeration environment“ put mind to urbane meteorology problems of heat island and elements associated with them in the sphere of Prague town agglomeration environment.

The aim of this paper is to evaluate the influence of the heat island and analyzed heat condition during warm season in Prague. For this purpose we have chosen maximum and minimum air temperatures data for stations Ruzyně, Karlov and Klementinum. We have created a database of temperature characteristics for period between 1990 and 2009. The

relationship between the temperature characteristic in urban and rural area is described with equations and charts.

Key words: urban meteorology, heat island, Prague

Úvod

Klima města se výrazně liší od podnebí volné krajiny. Při podrobnějších měřeních najdeme rozdíly i v jednotlivých částech větších měst – mezi centrem a okrajovými částmi, typem a hustotou zastavění, umístění průmyslu, zeleně, vodních ploch apod. Změnou přirozeného prostředí za městský povrch se změnila aerodynamické, tepelné a vodní procesy v atmosféře.

Městský tepelný ostrov je ovlivněn zástavbou, která vykazuje znatelně vyšší teplotu než její okolí. Teplotní rozdíly jsou větší v noci než ve dne, a v zimě než v létě a jsou nejvýraznější při slabém větru či bezvětrí. Hlavní příčinou tepelných ostrovů je překrytí původní plochy vegetace pozemními komunikacemi a budovami. Asfalt a beton, které jsou použity, nemají schopnost přijímané sluneční záření využít a přeměnit na chemickou či jinou energii, jak tomu probíhá u vyšších rostlin. Kromě toho se v sídlech typu průmyslových aglomerací uvolňuje ze spalovacích procesů všeho druhu velké množství ztrátového tepla do přízemní vrstvy ovzduší, což se projeví zvýšením její teploty. Druhotným přispěvatelem je přebytečná tepelná energie dodávaná do jednotlivých domů a bytů a z nich unikající. Spolu s tím, jak roste přeměna původní krajiny, roste i teplota v centrech tepelných ostrovů.

Tepelný ostrov sídel vyvolává zcela přirozeně vlastní cirkulační systém existencí výstupných vzdušných proudů. Nad městem se vlastní proudění vzduch deformuje, stoupá zde výška vrstvy mísení a na její horní hranici se zintenzivňuje turbulentní inverze. Proto se tedy tepelný ostrov stává důležitým činitelem ovlivňujícím rozptyl škodlivin (Symon, Petr, 1982).

Mezi příčiny vzniku tepelného ostrova patří větší absorpce krátkovlnné radiace způsobená účinkem geometrického uspořádání města na albedo, celkově větší plocha, která může absorbovat sluneční záření, a schopnost městských materiálů dobře uchovávat teplo. To znamená, že čím více slunečního záření dopadne přes den na městský povrch, tím více se v městských materiálech uloží tepla. Toto teplo se uvolňuje, ohřívá okolní vzduch a tím dochází k rozvoji tepelného ostrova. (Beranová, Huth, 2003).

Albedo určitého povrchu není konstantní, ale kolísá během dne i roku. Sekundární změny odrazivých vlastností povrchu jsou způsobeny např. srážkami, orosením, jinovatkou, sněhovou pokrývkou, žloutnutím porostu, vysycháním, zavadáním (Kožnarová, 1986).

Materiál a metody

Na území hlavního města Prahy je poměrně hustá síť stanic sledujících pravidelně průběh počasí, kterou dnes spravuje Český hydrometeorologický ústav. Meteorologické stanice se liší odlišnými geografickými podmínkami, které se projevují i v klimatologických charakteristikách. V našem případě budeme pracovat s daty ze tří pražských observatoří. Pro bližší představu je třeba si tyto stanice stručně popsat.

Klementinum

V objektu Klementina se nachází nejstarší pražská meteorologická stanice. Pravidelná meteorologická měření na této klementinské hvězdárně byla zahájena už v roce 1752. Samostatná měření teploty a tlaku vzduchu jsou však do roku 1774 značně neúplná. Původně probíhalo měření teploty vzduchu dvakrát denně, ráno při východu Slunce a odpoledne kolem 15. hodiny. Od roku 1800 do konce roku 1839 byla prováděna pozorování a měření každé dvě hodiny, počínaje východem Slunce až do 22 hodin. Na konci 19. století se pozorovalo

a měřilo jen třikrát denně, v 7, 14 a 21 hodin. V tuto dobu probíhá měření i dnes. Díky dlouhé řadě měření a poloze budovy v samotném středu Prahy, je tato stanice ideální při výzkumu tepelného ostrova města

Karlovy

Klimatologická měření a pozorování na stanici Praha – Karlov byla zahájena 1. 1. 1920. Stanice je umístěna v jihozápadní části budovy matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, Ke Karlovu 3, Praha 2, na věži, která převyšuje okolní budovy. Meteorologické přístroje jsou umístěny na plošině věže ve výšce 27 m nad terénem a 260,5 m n. m. Dnem 1. 8. 2002 byl na tomto pracovišti zahájen provoz kombinovaného typu stanice, tzn., že v době 07-21 h je to stanice s lidskou obsluhou a mezi 21-07 hodinou je stanicí automatickou (bez lidské obsluhy).

Ruzyně

Stanice Praha – Ruzyně se nachází na území letiště, kde byla původně umístěna i celá synoptická služba, která zabezpečovala mimo jiné i leteckou činnost na území ČR a na mezinárodních leteckých tratích. Začátkem 60. let 19. století se v Praze letecká meteorologická služba oddělila od synoptické, když ta se z letiště na Ruzyni přestěhovala do nových prostorů zámku v Komořanech (Krška, Šamaj, 2001).

Stanice	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Nadmořská výška
Karlovy	14° 25' v. d.	50° 04' s. š.	235 m
Klementinum	14° 25' v. d.	50° 04' s. š.	191 m
Ruzyně	14° 15' v. d.	50° 06' s. š.	364 m

Výchozím zdrojem předložené analýzy byla data Českého hydrometeorologického ústavu publikovaná v bulletinu „Denní přehled počasí“, a databáze minimální a maximální denní teploty vzduchu (zdroj ČHMÚ). Klasifikace synoptických situací pochází z Katalogu povětrnostních situací každoročně zveřejňovaném v časopise Meteorologické zprávy. Zde je již provedena revize (v pracovní verzi jsou dostupné na stránkách ČHMÚ). Pro vytvoření databáze jsme použili revidované údaje.

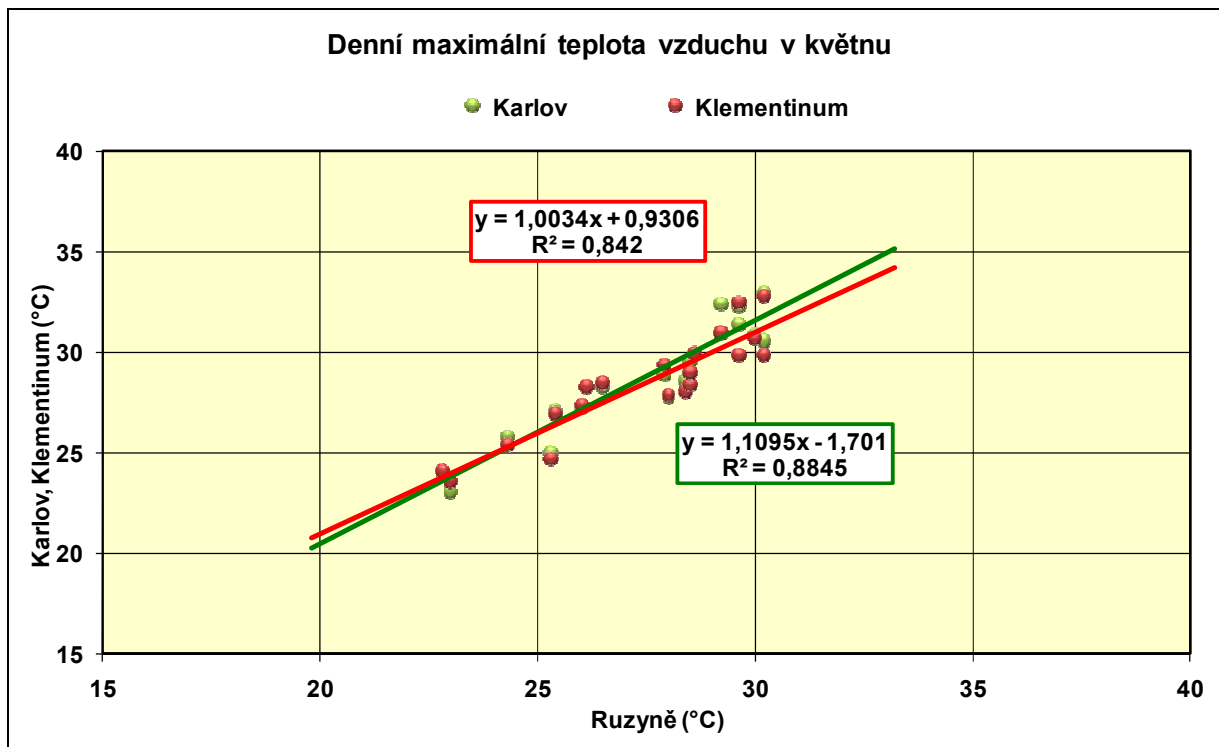
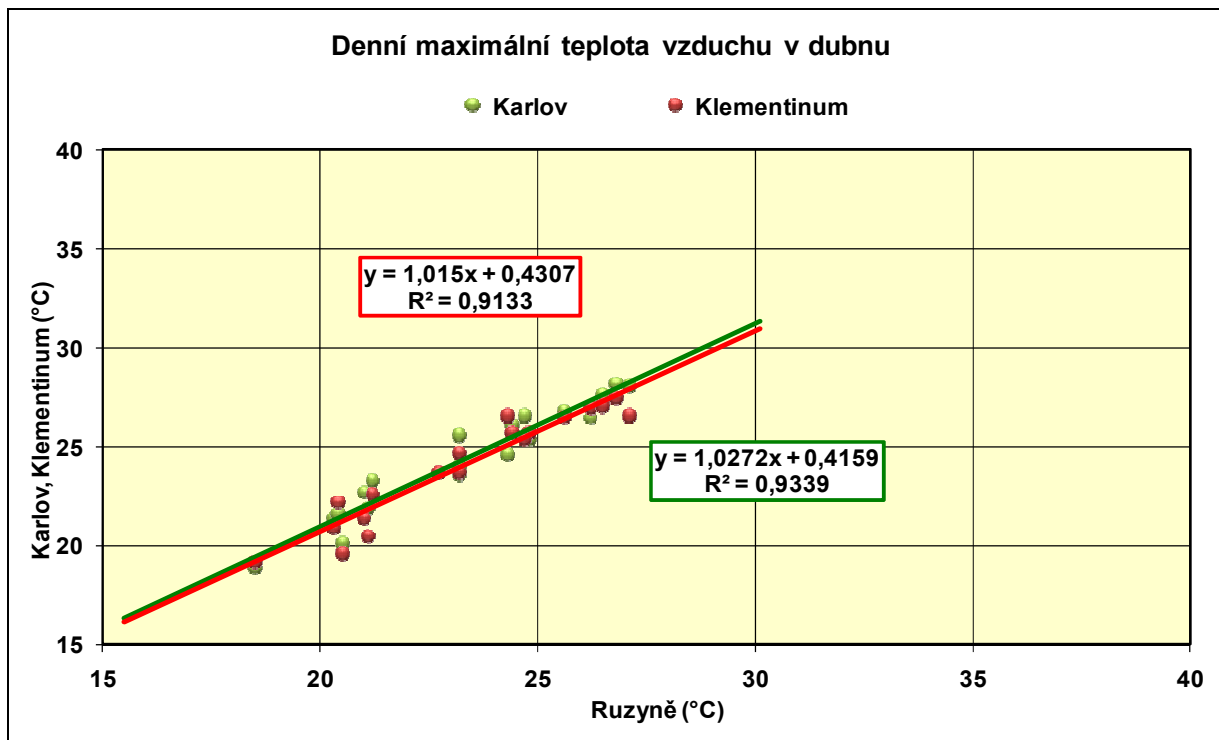
Při sledování proměnlivosti denních extrémů (minima a maxima teploty vzduchu) v každém měsíci jsme jako referenční zvolili stanici Ruzyně. Z důvodů značné náročnosti zpracování denních dat (manuální vyhledávání v archivních materiálech) jsme pro srovnávání denních maxim a minim zvolili dvacetiletou řadu a to z období 1990 až 2009.

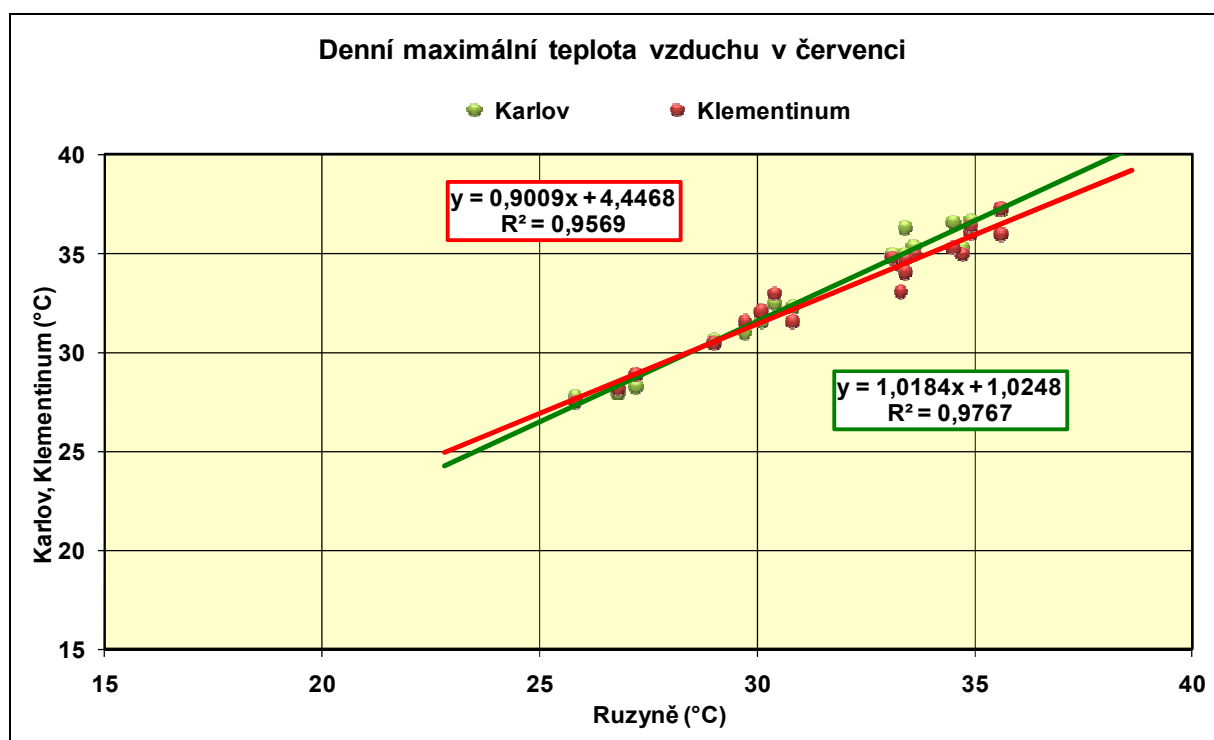
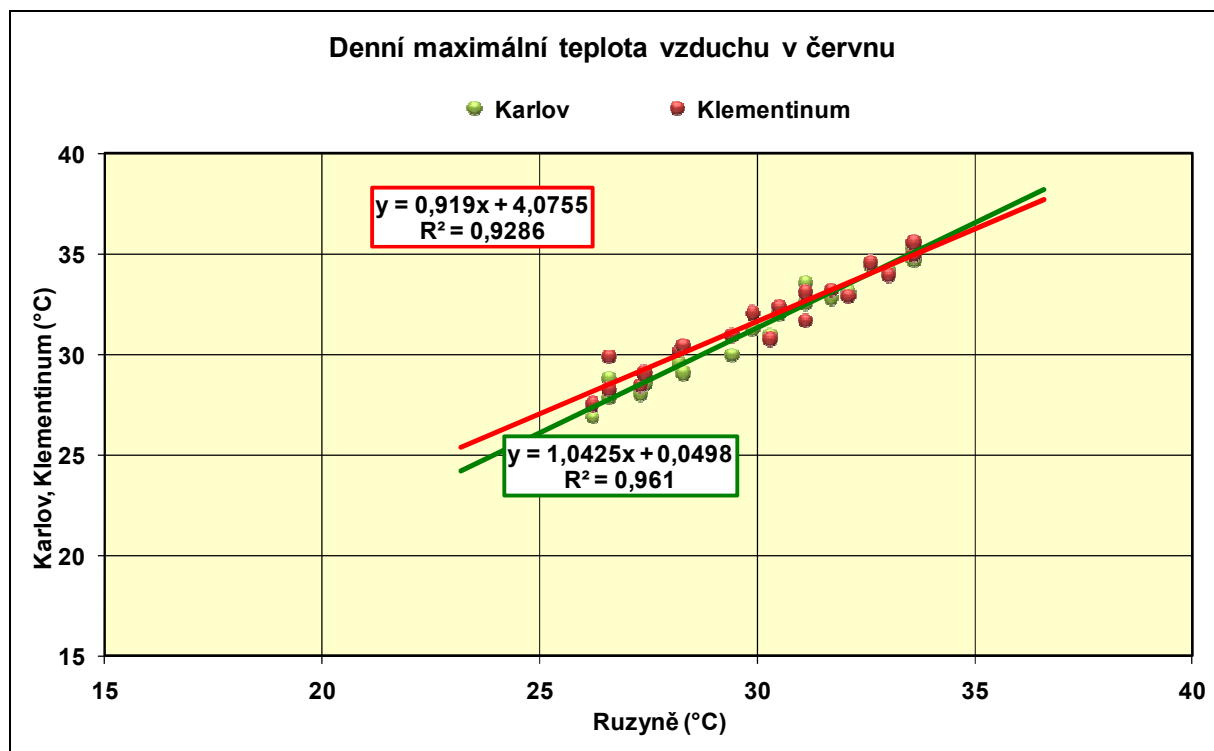
V každém z analyzovaných měsíců jsme našly pro stanici Ruzyně nejnižší denní minimum teploty v měsíci - t_{min_m} . Následně jsme dohledaly v Denních přehledech počasí teplotu denního minima (t_{min}) pro nalezený den pro stanici Karlov a Klementinum. Obdobně jsme postupovaly i v případě vyhledávání párových hodnot nejvyšších denních maxim v měsíci v Ruzyni - t_{max_m} a t_{max} . K výsledkům byly přiřazeny i synoptické situace komplexně ovlivňující povětrnostní podmínky daného dne.

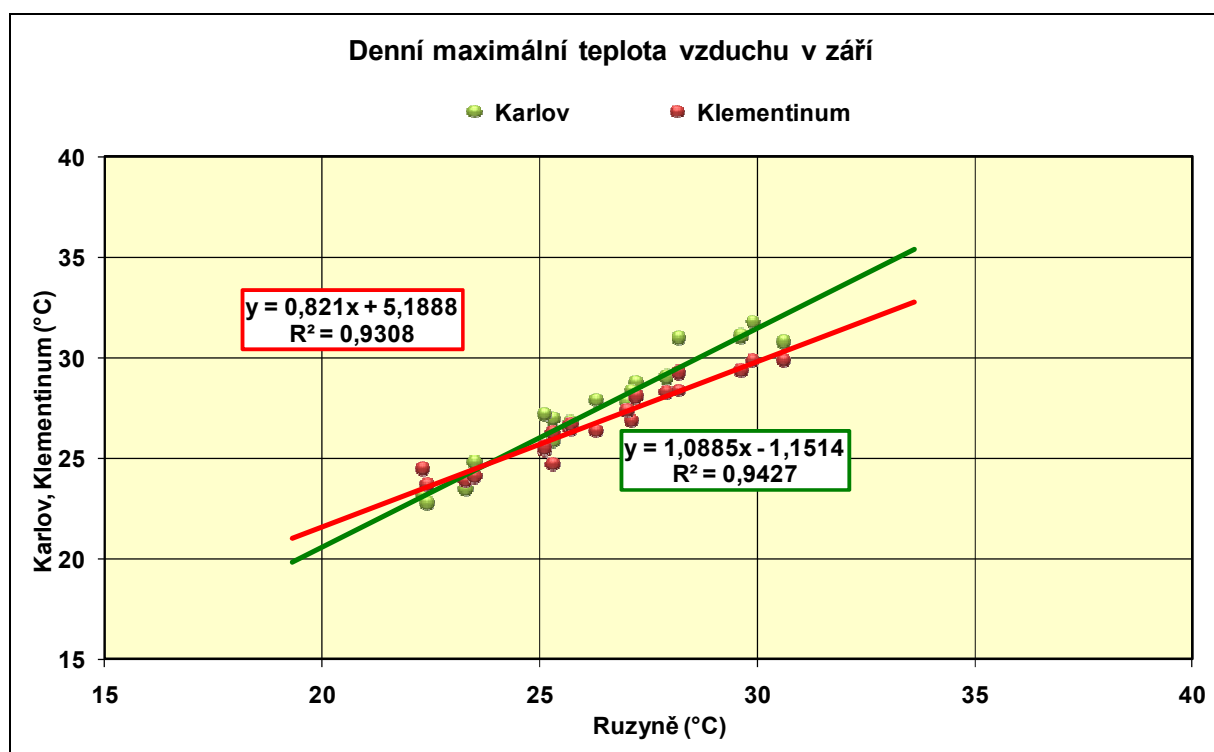
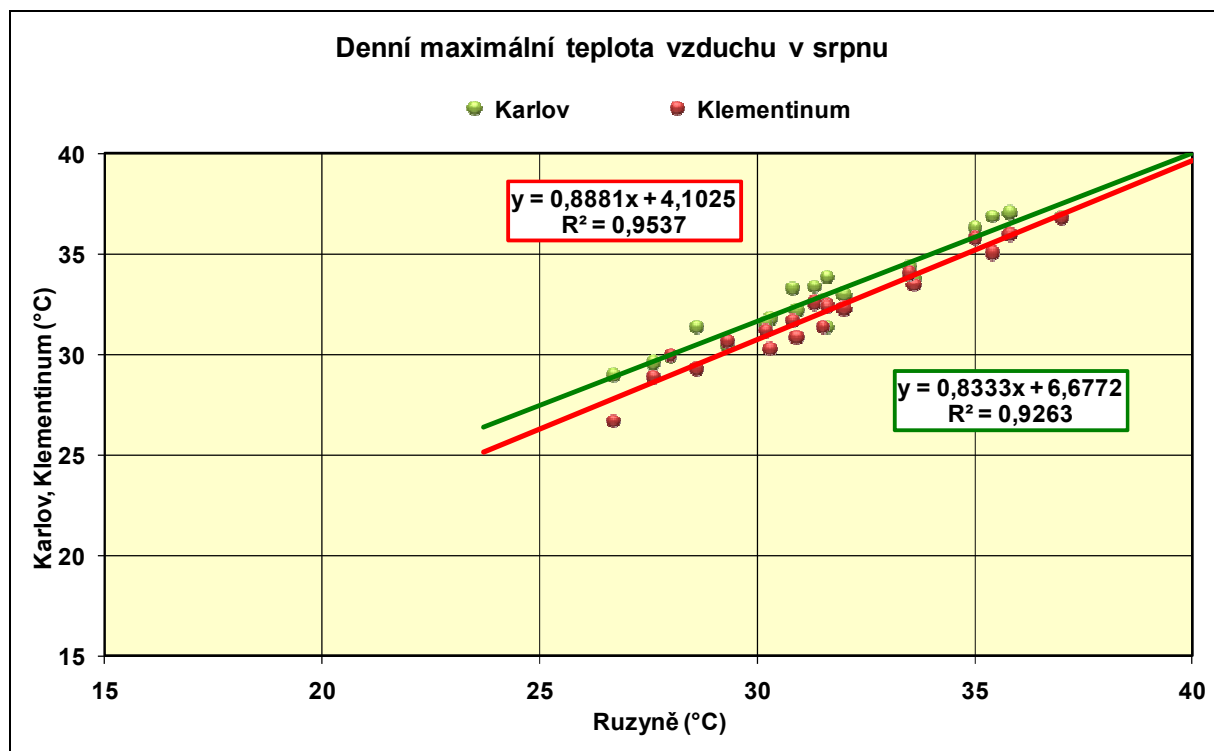
Vztah minimální teploty vzduchu (t_{min}) v Praze Karlově a Klementinu v jednotlivých měsících vůči t_{min_m} na stanici Ruzyně byl vyjádřen lineární závislostí. Stejně jsme postupovaly při zpracování vztahu denních maximálních teplot (t_{max_m} , t_{max})

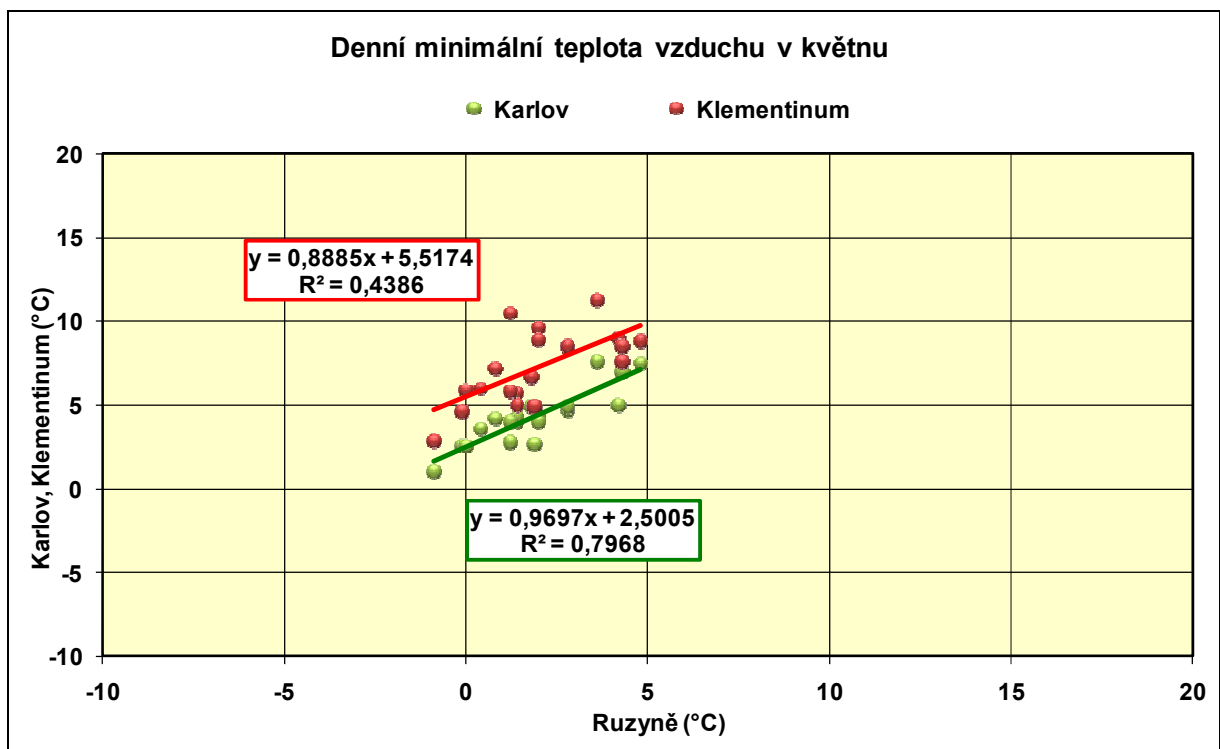
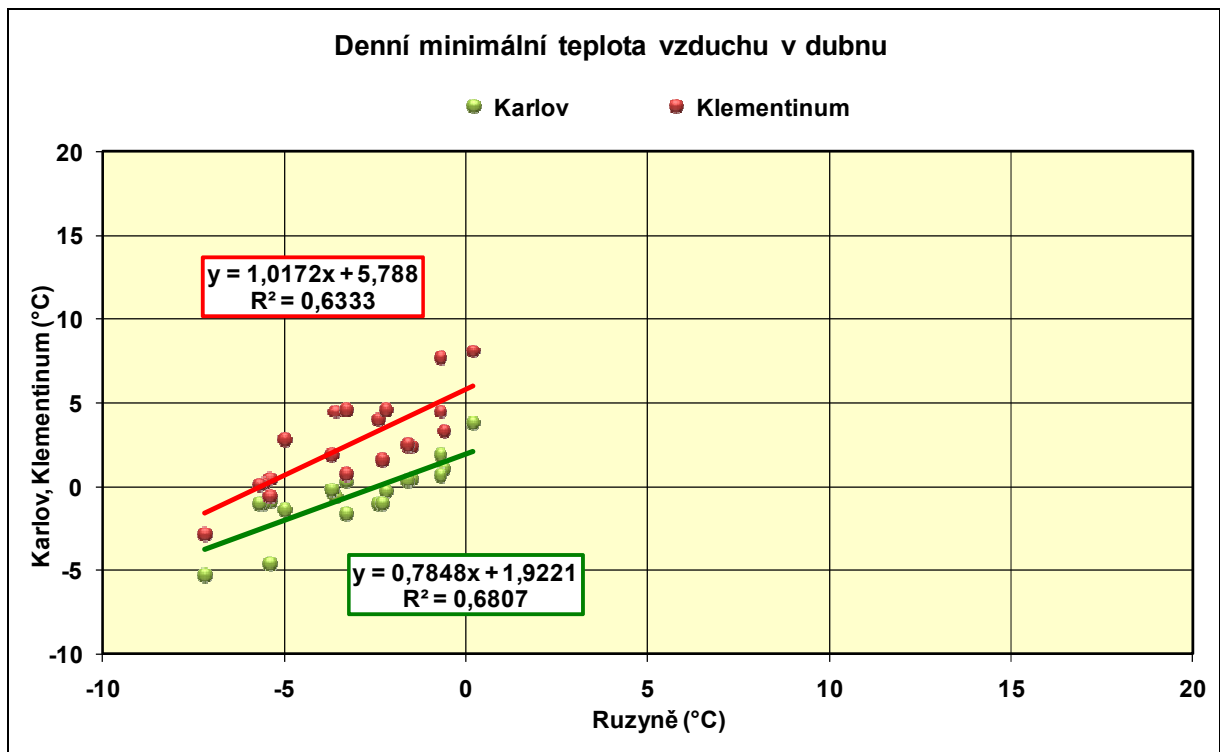
Výsledky

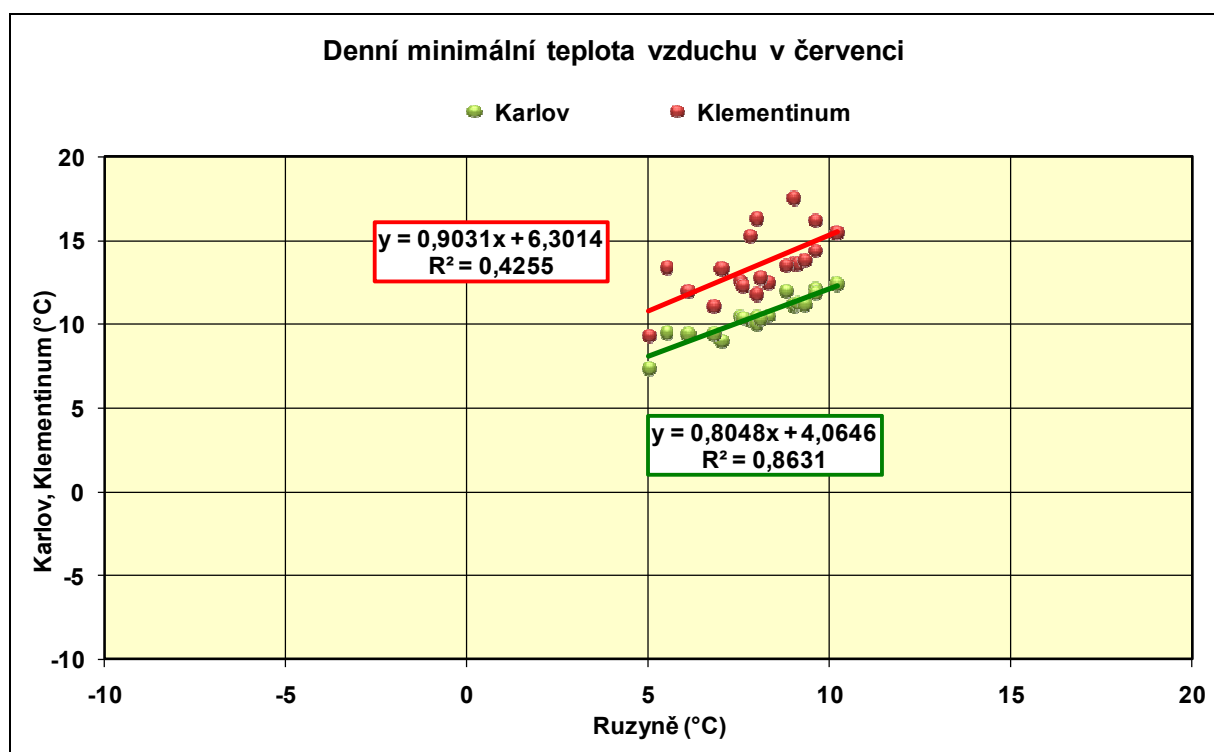
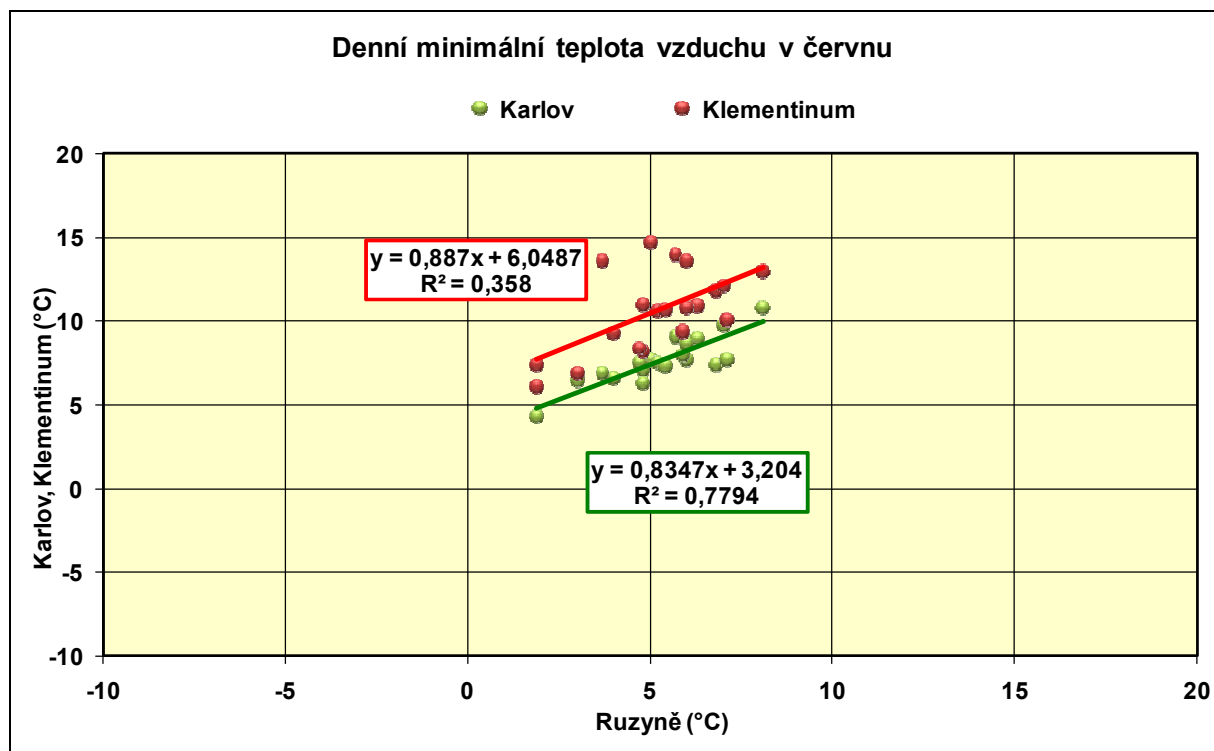
Výsledky jsou pro přehlednost zpracovány do grafů a závislosti popsány pomocí rovnice přímky.

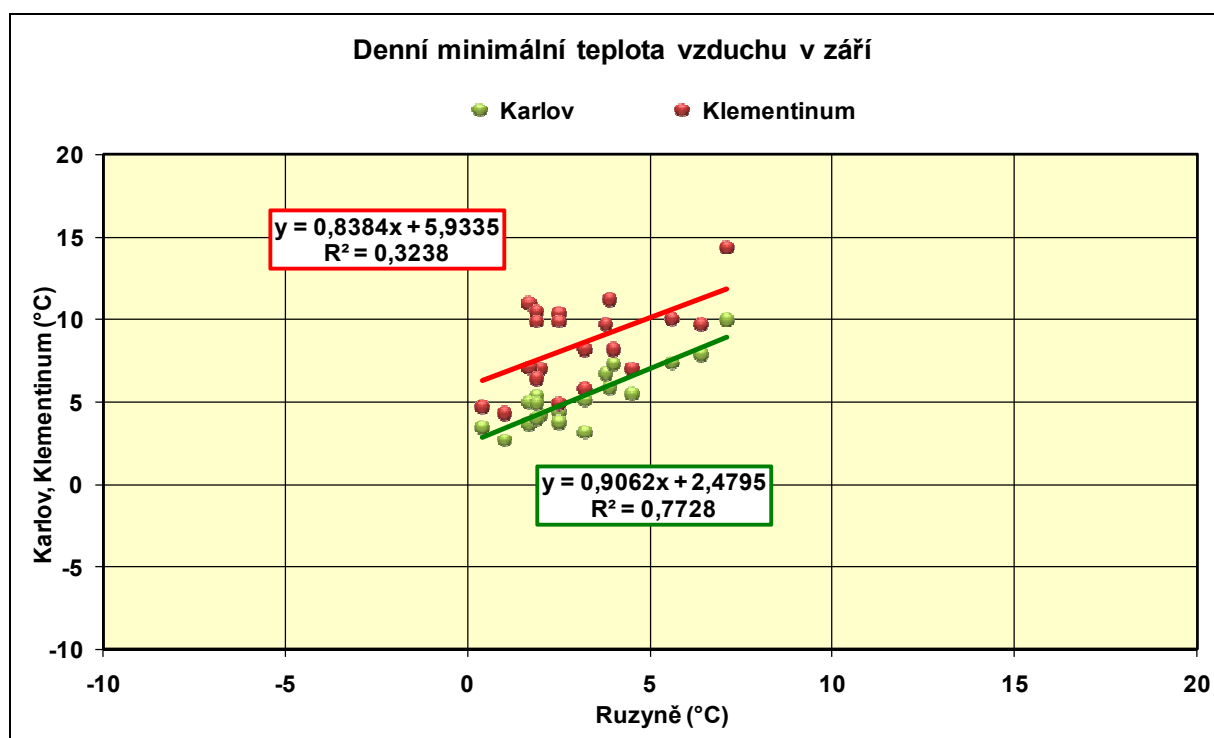
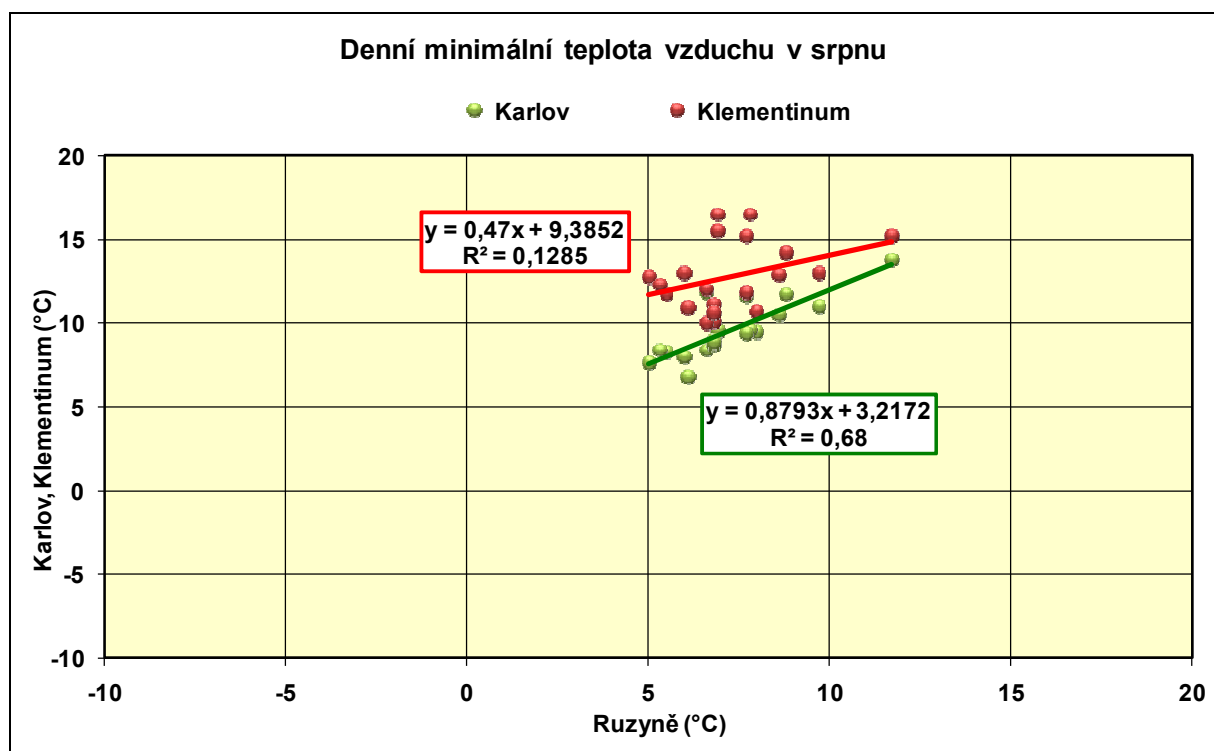












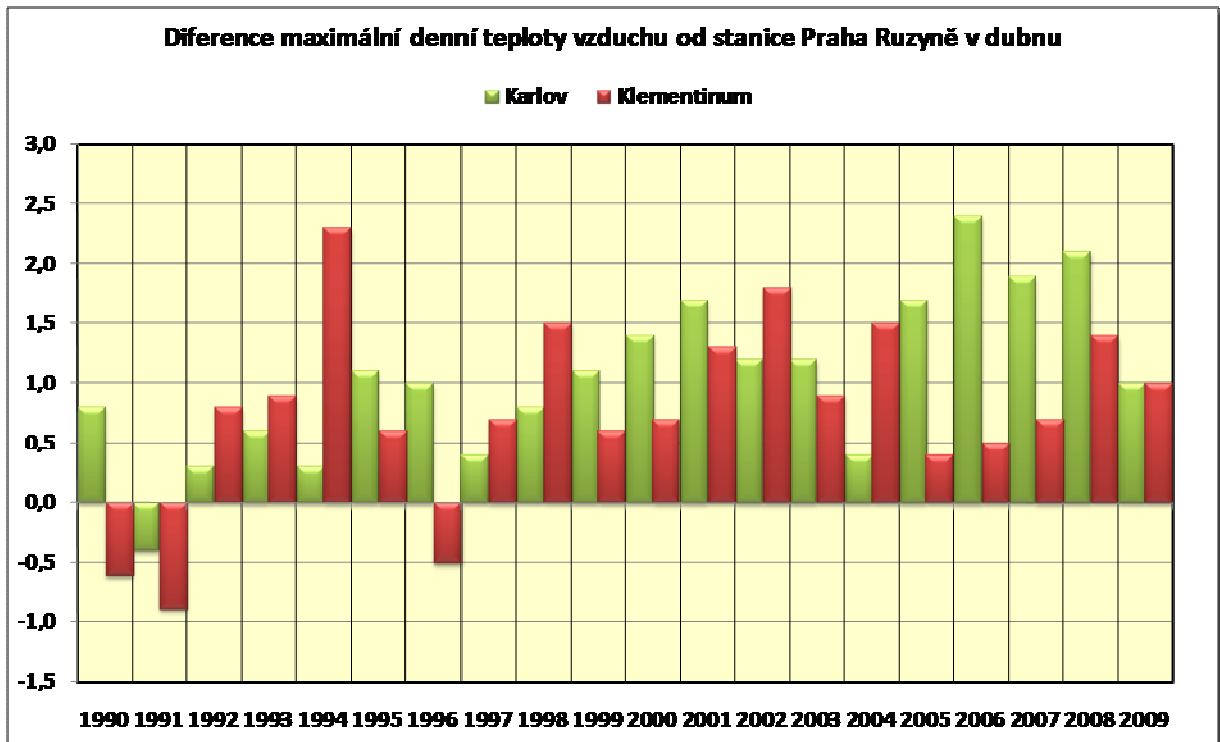
Rovnice vyjadřující vztah denní maximální teploty vzduchu (t_{max}) na stanicích Karlov a Klementinum vůči nejvyšší denní teplotě vzduchu (t_{max_m}) na stanici Ruzyně. Absolutní člen regresních rovnic ukazuje na vyšší teplotu na stanici Klementinum než na Karlově, výjimku tvoří měsíc srpen. Strmost směrnice přímky je však větší u stanice Karlov, mimo již námi zmiňovaný měsíc srpen.

	Karlovy	Klementinum
	denní minimum (t _{min})	
duben	$y=0,7848x+1,9221$	$y=1,0172x+5,7880$
květen	$y=0,9697x+2,5005$	$y=0,8885x+5,5174$
červen	$y=0,8347x+3,2040$	$y=0,8870x+6,0487$
červenec	$y=0,8048x+4,0646$	$y=0,9031x+6,3014$
srpen	$y=0,8793x+3,2172$	$y=0,4700x+9,3852$
září	$y=0,9062x+2,4795$	$y=0,8384x+5,9335$

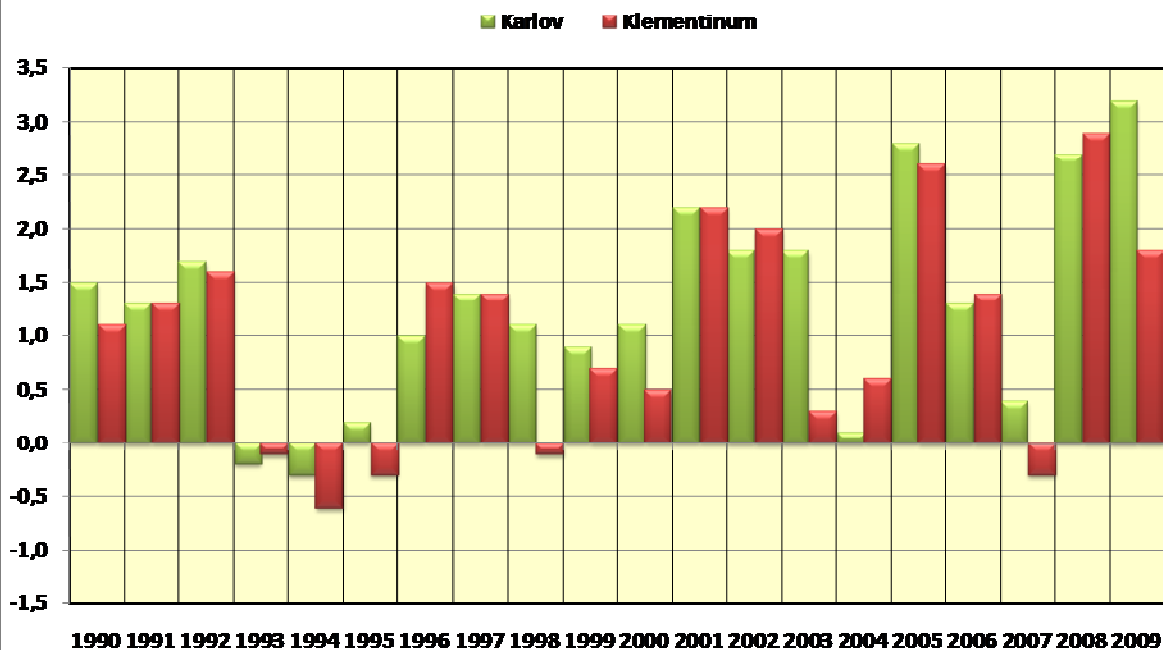
Rovnice charakterizující vztah denní minimální teploty vzduchu (t_{min}) na stanicích Karlov a Klementinum vůči nejnižší denní teplotě vzduchu (t_{min,m}) na stanici Ruzyně. Absolutní člen regresních rovnic ukazuje na vždy výrazně vyšší teplotu na stanici Klementinum než na Karlově.

	Karlovy	Klementinum
	denní maximum (t _{max})	
duben	$y=1,0272x+0,4159$	$y=1,0150x+0,4307$
květen	$y=1,1095x-1,7010$	$y=1,0034x+0,9306$
červen	$y=1,0425x+0,0498$	$y=0,9190x+4,0755$
červenec	$y=1,0184x+1,0248$	$y=0,9009x+4,4468$
srpen	$y=0,8333x+6,6772$	$y=0,8881x+4,1025$
září	$y=1,0885x-1,1514$	$y=0,8210x+5,1888$

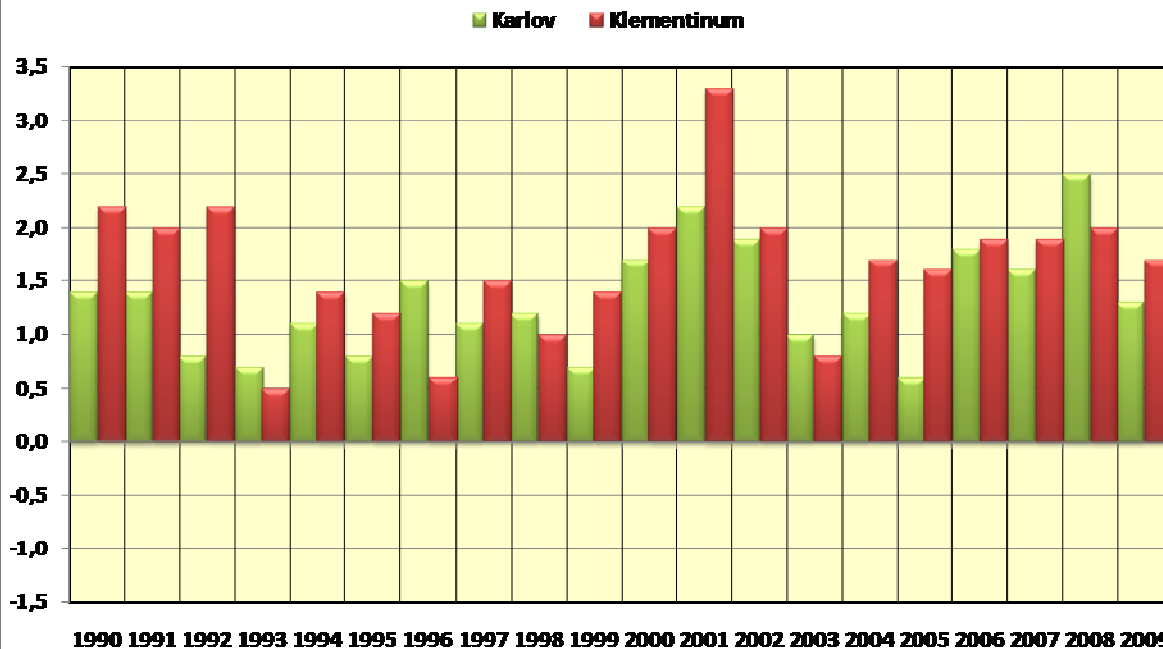
Tepelný ostrov města byl vyjádřen jako difference denního maxima na stanicích v centru (Karlov, Klementinum) vůči Ruzyni v grafické podobě.



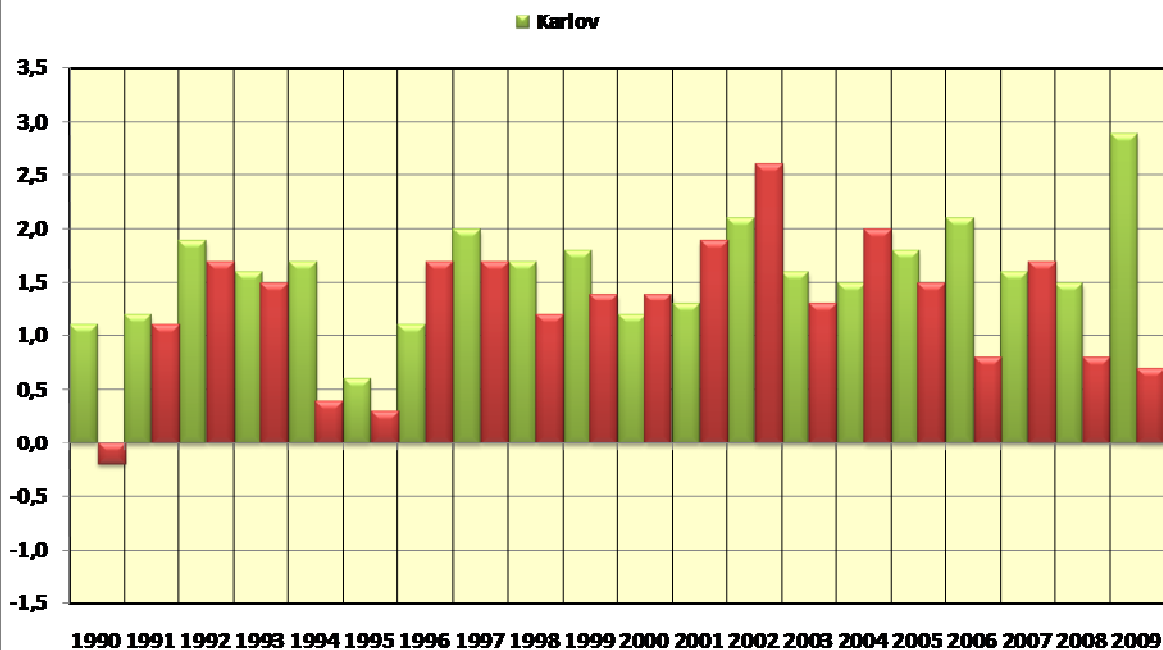
Diference maximální denní teploty vzduchu od stanice Praha Ruzyně v květnu



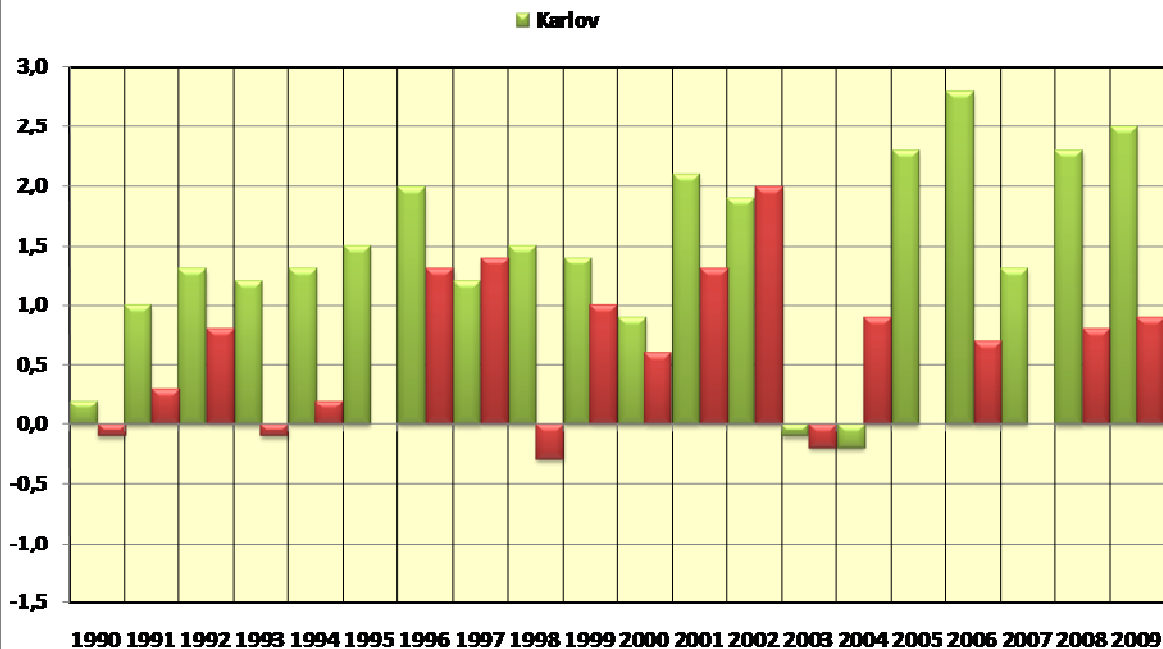
Diference maximální denní teploty vzduchu od stanice Praha Ruzyně v červnu

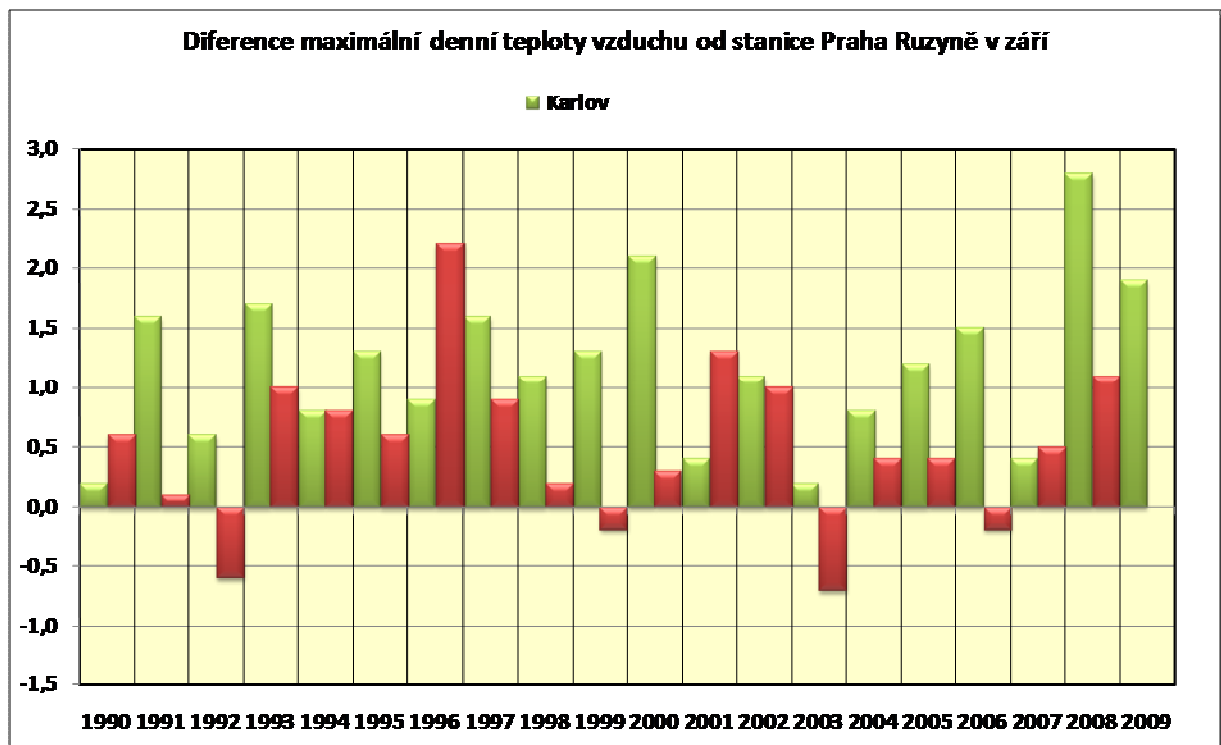


Diference maximální denní teploty vzduchu od stanice Praha Ruzyně v červenci



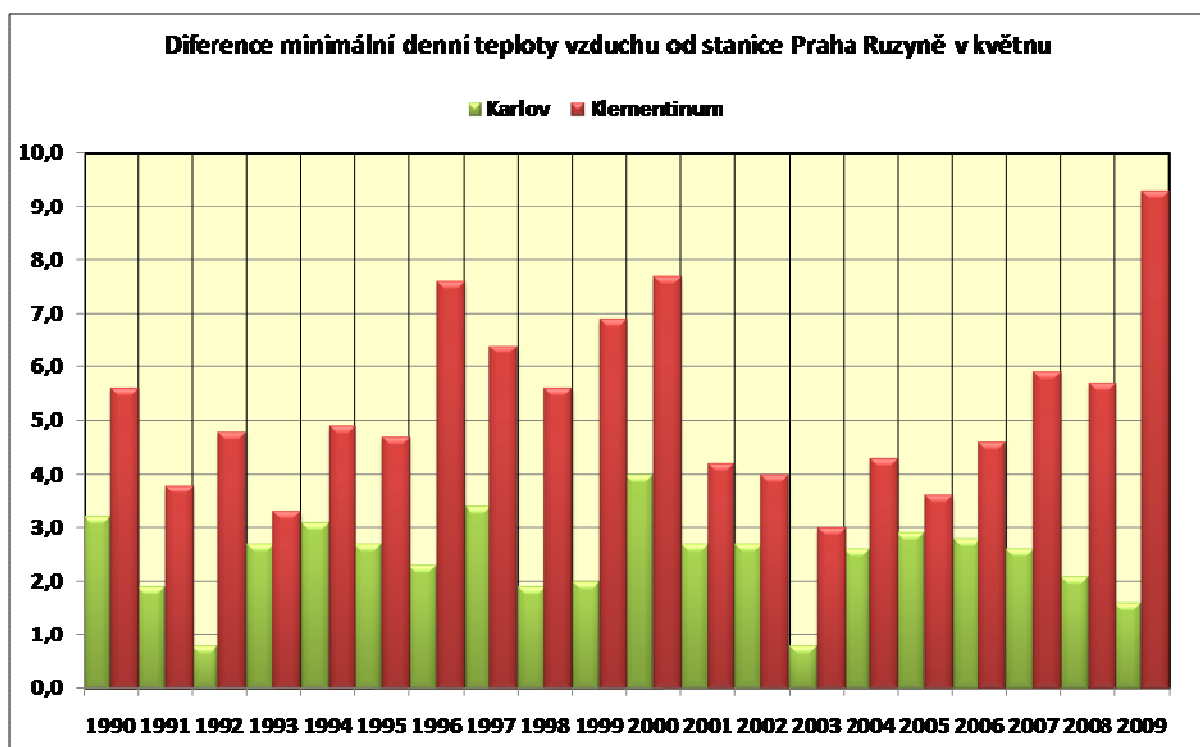
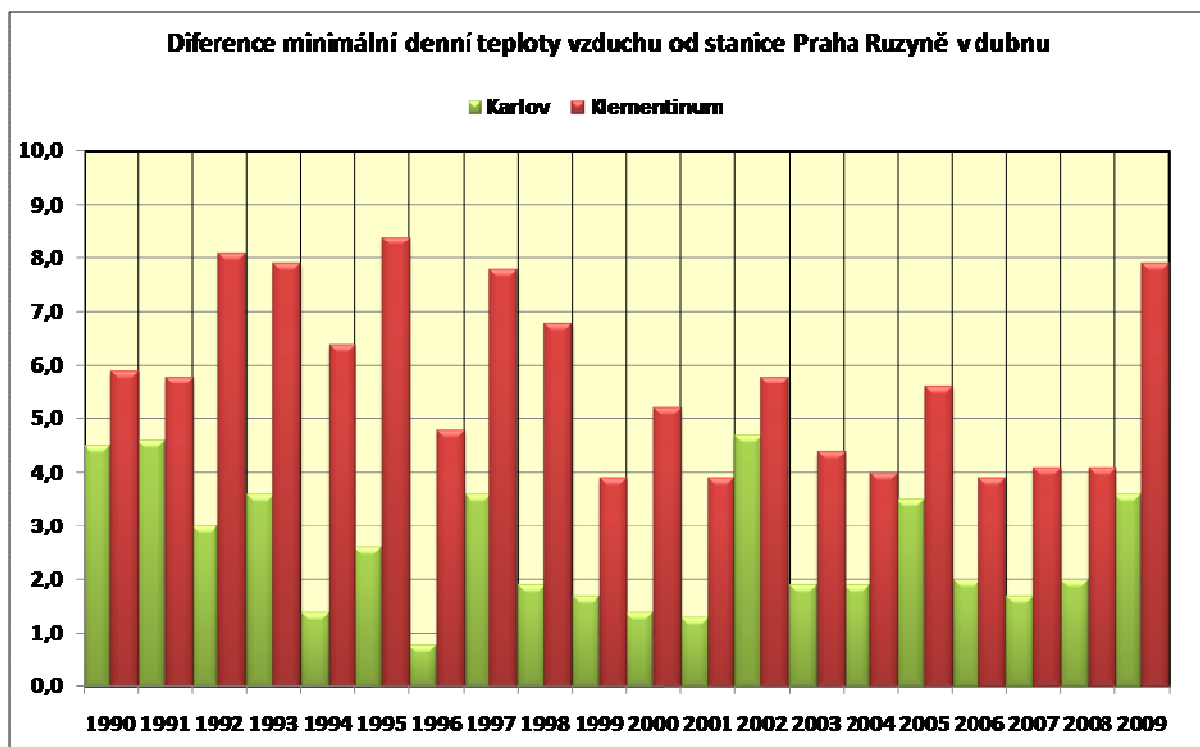
Diference maximální denní teploty vzduchu od stanice Praha Ruzyně v srpnu

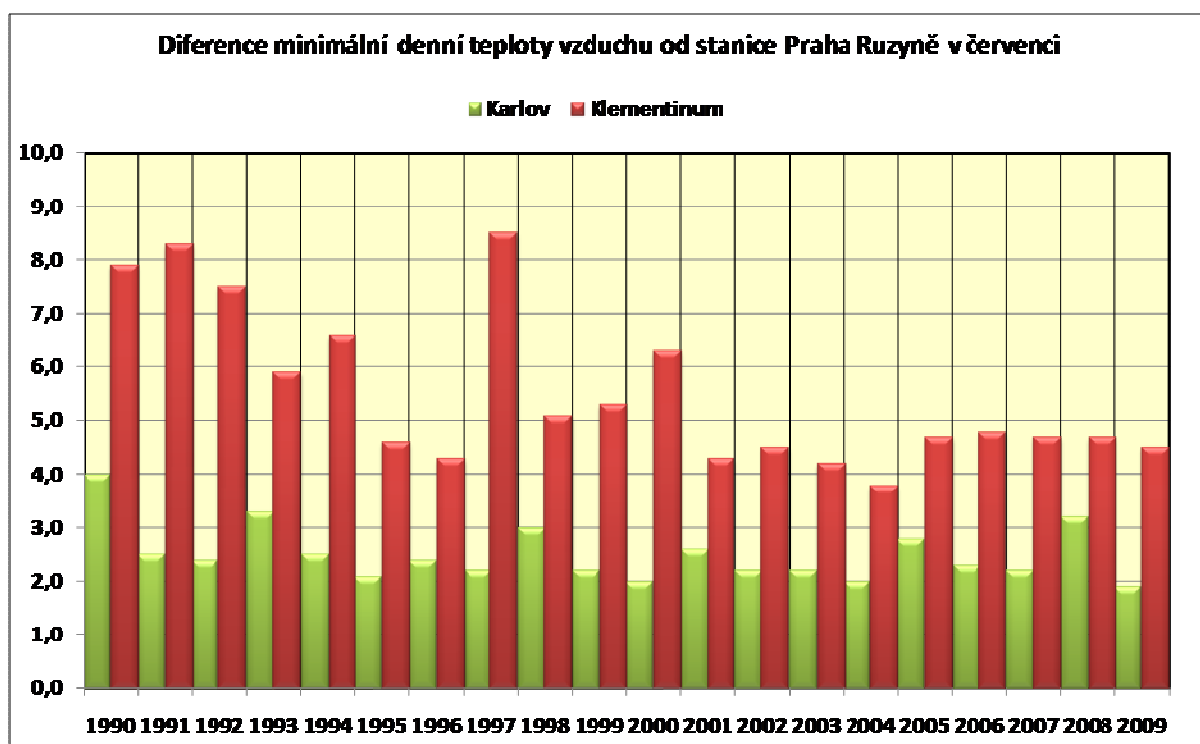
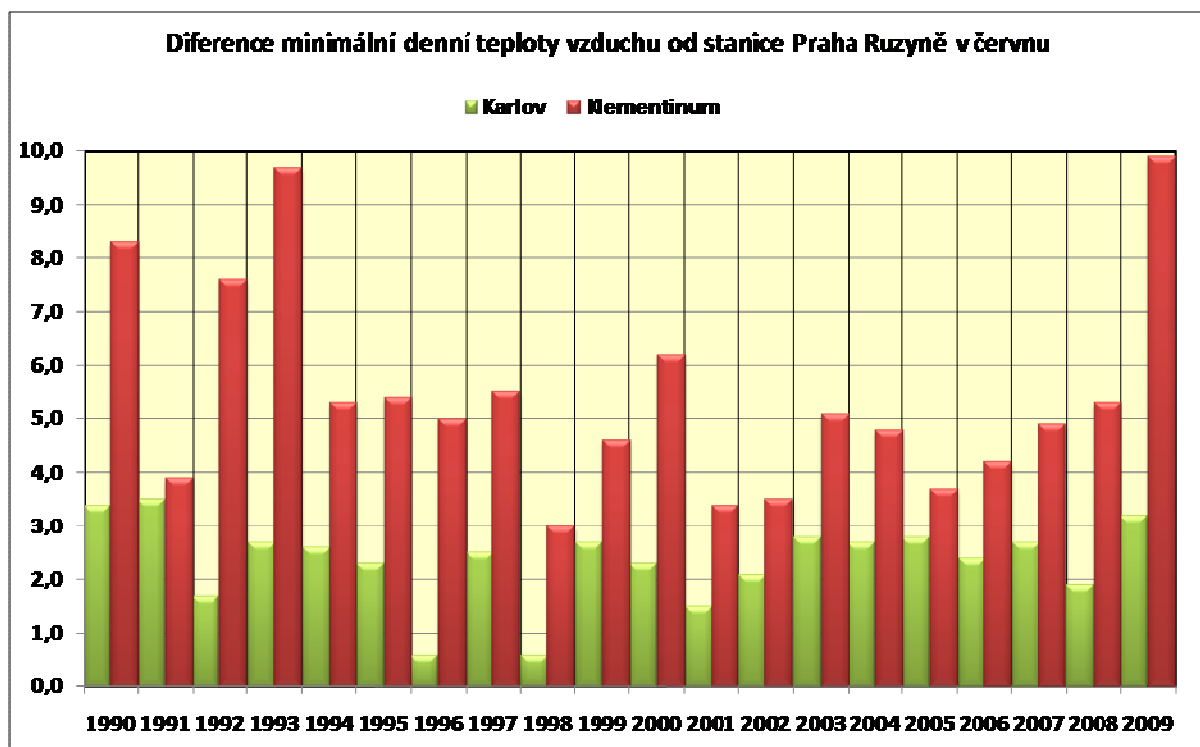


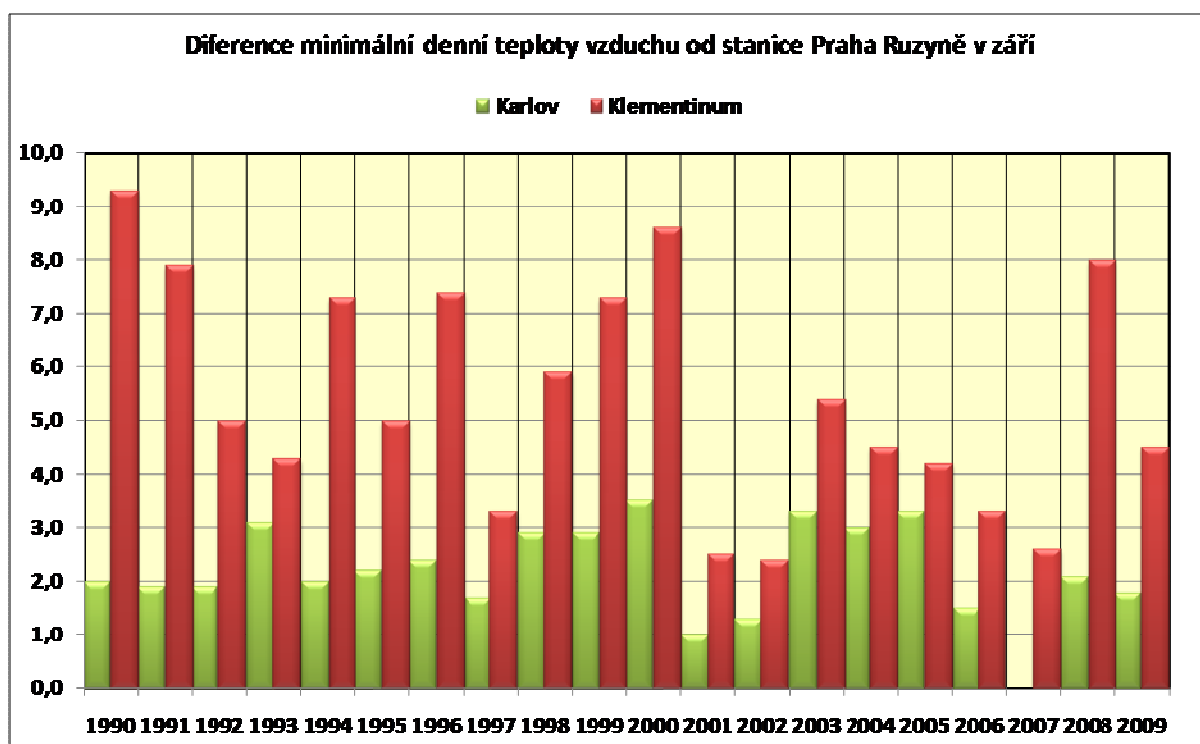
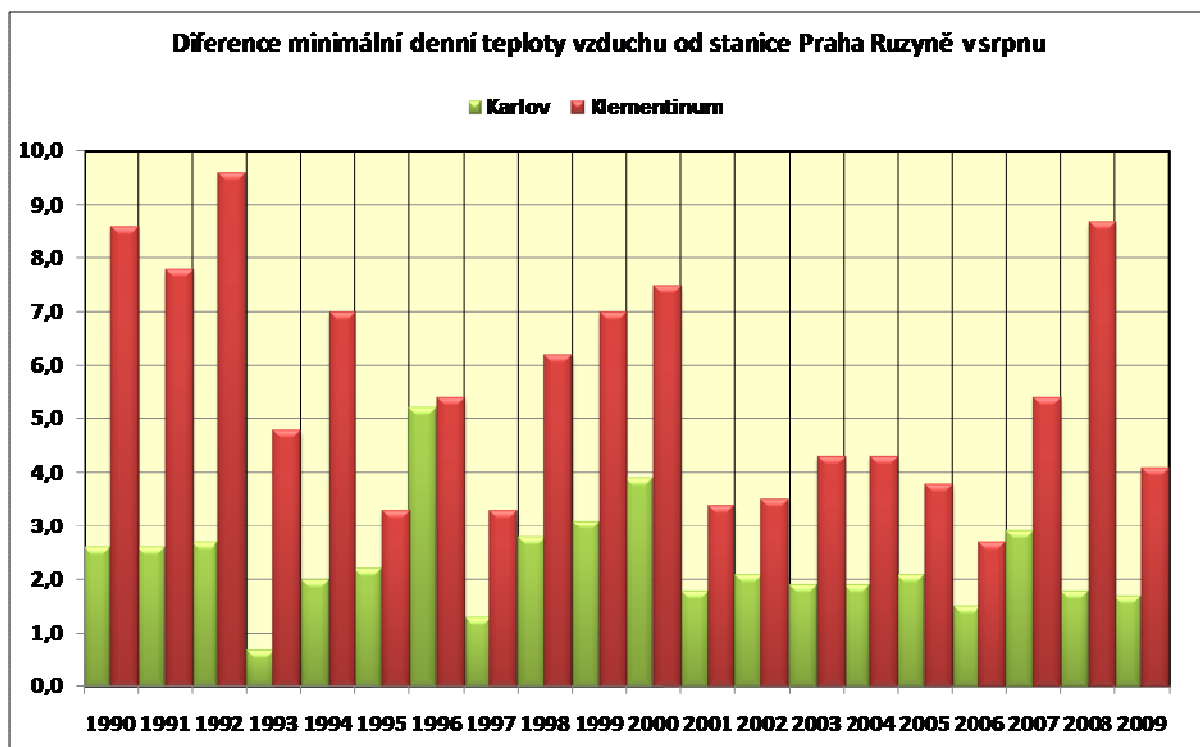


Rozdíl denního maxima teploty vzduchu na stanici Karlov a Klementinum od nejvyšší maximální denní teploty vzduchu na stanici Ruzyně je vyjádřen graficky. Z grafů je patrné, že odchylky od Ruzyně jsou většinou kladné. Z jednotlivých případů záporných odchylek, kterých se ve sledovaném časovém úseku 120 měsíců vyskytlo pouhých 22, připadlo 17 na stanici Klementinum. Největší minusovou odchylku od stanice Ruzyně dosahoval Karlov v dubnu 1991 (-0,4 °C); nejvyšší kladná odchylka maximální teploty vzduchu na stanici Karlov byla v květnu roku 2009 (+3,2 °C). U stanice Klementinum dosáhla největší záporná odchylka -0,9 °C opět v dubnu roku 1991, oproti tomu nejvyšší kladné odchylky dosáhla maximální teplota vzduchu +3,3 °C v červnu roku 2001. V červnu byly veškeré odchylky ve sledovaném časovém úseku vždy kladné, v červenci byla jediná záporná odchylka od stanice Ruzyně pouze v roce 1990 a to opět na stanici Klementinum.

Obdobně byla zpracována i denní minima v jednotlivých měsících teplého půlroku.







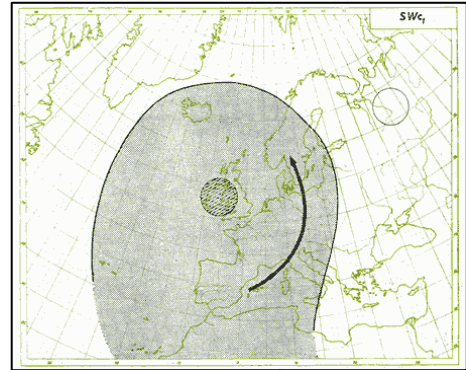
Diference denní minimální teploty vzduchu stanic Karlov a Klementinum od nejnižší minimální denní teploty vzduchu pro stanici Ruzyně byl vždy kladný. U stanice Klementinum dosahovala odchylka minimální teploty vzduchu od nejnižší hodnoty +2,4 °C v září 2002, až po +9,9 °C v červnu 2009. Odchylka denního minima teploty vzduchu stanice Karlov od stanice Ruzyně byla nejnižší v roce 2007, kdy dosáhla 0 °C, oproti tomu nejvyšší byla v srpnu

roku 1996, kdy dosáhla hodnoty +5,2 °C. Z uvedených grafů je patrné, že odchylka pro Klementinum od stanice Ruzyně byla vždy výrazně vyšší než sledovaná odchylka pro stanici Karlov.

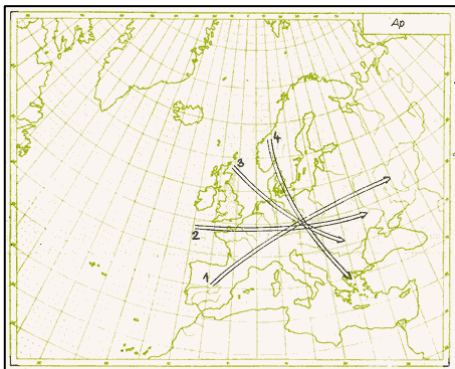
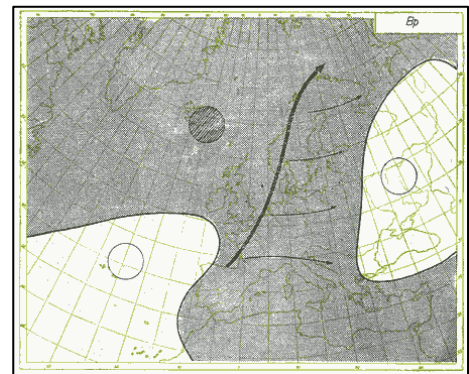
V teplém půlroku byla detekována maximální a minimální denní teplota v daných měsících a po přiřazení maxim k těmto hodnotám na stanicích ve vnitřní Praze byly přiřazeny synoptické situace.

	maximum						minimum					
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
A		3	2	1	1	1	1					1
Ap1	1					1		1			1	1
Ap2	1	1	1	1			3	3	2	3	4	2
Ap3	1			1		1	1	1	1	2		2
Ap4					1							
B		1			1	1	2	2	3	4		
Bp	2	4	1	2	3	4	1		1	1	1	1
C											1	1
Cw					1				1			
Ea		1				1	2	1			1	1
Ec							1	1				1
Nc							1	1	2	1	3	
NEa		1					1	3	1	2	1	2
NEc				1			4	2	2		1	2
NWa	1						1				1	
NWc						1		1			1	
Sa	5	1	1	1	3	1		1				1
SEa	3				1			1				2
SEc	1		1									
SWa	1	1		2	2	1						1
SWc1		3	5	3	4	2						
SWc2	2	2		3	1	2					1	1
SWc3			2	1	1	2	2		1	1	1	
Vfz	1	2							1	2	1	
Wa						1						1
Wal			6	4	1	1			1	3	2	
Wc	1		1					2	2	1		
Wcs									2			

Z tabulky lze vyčíst, že nejčastější výskyt maximální denní teploty v měsíci byl za působení jihozápadní cyklonální situace SWc1. Tato situace se podstatně liší od ostatních jihozápadních situací, které mají výrazně vyjádřenou frontální zónu téměř v zonálním směru. Situace SWc1 je meridionální. Hlavním jejím rysem je totiž stacionární výšková cyklóna v oblasti Britských ostrovů, dobře vyjádřena jak ve výšce, tak i při zemi. Způsobuje ve střední Evropě ve vyšších hladinách jihozápadní proudění poměrně teplého vlhkého vzduchu ze západního Středomoří. Tvoří často rozhraní mezi teplým tropickým vzduchem na Balkáně a vracejícím se polárním vzduchem nad západní Evropou. Na tomto rozhraní vznikají někdy nad severní Itálií a Alpami mělké frontální vlny, které postupují přes naše území k severu.



Druhou nejčastější situací byla brázda postupující přes střední Evropu (Bp), kdy se cyklóna se rozkládá v oblasti Islandu. Vysoký tlak leží západně od Pyrenejského poloostrova a Biskajského zálivu a druhý nad Pobaltím. Mezi těmito anticyklónami postupuje brázda nízkého tlaku od západu k východu, přes střední Evropu. Na frontálním rozhraní, které leží v ose této brázdy, postupují od jihu k severu frontální vlny.



Nejčastější minimální denní teplota v měsíci byla při výskytu putující anticyklony - Ap2. Jedná se o situace, kdy jsou anticyklóny pouze v přízemním tlakovém poli a pohybují se ve směru řídicího proudění přes střední Evropu. Dráha probíhá po 50. rovnoběžce z jižní Anglie přes naše území na Ukrajinu.

Závěr

Z analýzy je patrné, že teplota vzduchu uvnitř města je rozdílná než v okolním venkovském prostředí, což potvrzuje existenci městského tepelného ostrova. Vztah maximální, a minimální teploty vzduchu v intravilánu vůči extravilánu byl vyjádřen grafem a charakterizován rovnicí přímky pro každý měsíc sledovaného období.

Ze zjištěných dat vyplývá, že hodnoty maximální i minimální teploty vzduchu v měsících dubnu až září byly ve vnitřní Praze vyšší oproti Ruzyni; teplota vzduchu na stanici Klementinum je dosahuje vyšších hodnot než na stanici Karlov.

Nejčastější výskyt maximální denní teploty v měsíci byl za působení jihozápadní cyklonální situace SWc1, druhou nejčastější situací byla brázda postupující přes střední Evropu (Bp). Nejčastější minimální denní teplota v měsíci byla při výskytu putující anticyklony - Ap2

Dedikace

Příspěvek byl zpracován a publikován s podporou výzkumného záměru MSM No. 6046070901 „Setrvalé zemědělství, kvalita zemědělské produkce, krajinné a přírodní zdroje“.

Použitá literatura

Beranová B., Huth R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. Meteorologické zprávy 56: 137 – 142.

Kožnarová V. (1986): Celková radiační bilance porostů zemědělských plodin. Vysoká škola zemědělská, Praha, 175 s.

Krška K., Šamaj F. (2001): Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Univerzita Karlova, Praha, 568 s.

Křivancová S., Vavruška F. (1997): Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961 - 1990. Národní klimatický program ČR, sv. 27., ČHMÚ, Praha, 114 s.

Sulovská S. (2010): Proměnlivost teploty vzduchu v zimním období v podmínkách pražské městské zástavby, diplomová práce. FŽP ČZU v Praze, 83.

Sulovská S., Kožnarová V. (2010): Tepelný ostrov města v chladném období roku. Bioklima 2010, ČZU v Praze, 526 s.

Symon K., Petr B. (1982): Bioklima sídel. Bioklimatologie a další vývoj životního prostředí: 92-93.

Kontaktní adresa 1. autora:

Katedra agroekologie a biometeorologie, FAPPZ ČZU v Praze, Kamýcká 957, 16521 Praha 6 Suchdol, sulovska@af.czu.cz