

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE



Radek Tomšů

Analýza denních minimálních a maximálních teplot vzduchu na stanici Praha-Klementinum

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: **Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.**

Studijní program: Fyzika, obor Meteorologie a klimatologie

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí doc. RNDr. Jaroslavě Kalvové, CSc. za její pomoc a cenné rady při tvorbě této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval vedoucímu oddělení meteorologie a klimatologie na pobočce Praha RNDr. Luboši Němcovi a také vedoucí oddělení meteorologie a klimatologie na pobočce ČHMÚ v Ústí nad Labem ing. Dáše Richterové za informace, které mi laskavě poskytli.

Na závěr děkuji ČHMÚ za poskytnutí dat a údajů k této práci.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 8.8.2007

Radek Tomšů

Obsah

<u>1. ÚVOD.....</u>	<u>6</u>
<u>2. METEOROLOGICKÁ STANICE</u>	
<u>V PRAZE - KLEMENTINU.....</u>	<u>9</u>
<u>2.1 Historie stanice.....</u>	<u>9</u>
<u>2.2 Umístění teploměrů.....</u>	<u>11</u>
<u>2.3 Měření teploty.....</u>	<u>12</u>
<u>3. HOMOGENITA KLEMENTINSKÉ TEPLOTNÍ ŘADY.....</u>	<u>14</u>
<u>3.1 Možné příčiny narušení homogenity.....</u>	<u>14</u>
<u>4. EXTRÉMNÍ TEPLoty V KLEMENTINU.....</u>	<u>19</u>
<u>4.1 Teplotní rekordy v období 1775 – 2006.....</u>	<u>19</u>
<u>4.2 Vybrané extrémní hodnoty.....</u>	<u>28</u>
<u>4.3 Rekordy denních maximálních teplot a povětrnostní situace.....</u>	<u>30</u>
<u>4.4 Dny s charakteristickými teplotami.....</u>	<u>34</u>
<u>5. ZMĚNY DENNÍCH MAXIMÁLNÍCH A MINIMÁLNÍCH TEPLot.....</u>	<u>38</u>
<u>5.1 Vyhodnocovací metody.....</u>	<u>38</u>
<u>5.2 Změny denních maximálních a minimálních teplot vzduchu v Praze – Klementinu a na vybraných stanicích v okolních zemích v období 1879 - 2006...40</u>	<u>40</u>
<u>5.3 Změny denních maximálních a minimálních teplot vzduchu v Praze – Klementinu a v porovnání se stanicemi v Čechách v letech 1961-2006.....49</u>	<u>49</u>
<u>6. ZÁVĚR.....</u>	<u>65</u>
<u>Použitá literatura</u>	<u>69</u>

Příloha

Název práce: Analýza denních minimálních a maximálních teplot vzduchu na stanici Praha-Klementinum

Autor: Radek Tomšů

Katedra: Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

E-mail vedoucího: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

Abstrakt: Dlouhodobá a nepřetržitá měření teploty vzduchu v pražském Klementinu (termínová pozorování probíhají od roku 1775, maximální a minimální teplota vzduchu se měří od roku 1881) jsou vhodná pro analýzu možných změn klimatu. Při zkoumání teplotních extrémů na této stanici byl zjištěn zvýšený výskyt rekordních denních maximálních teplot ve druhé polovině 20. a v 21. století, zejména pak v posledních 20 letech, které nesouvisí se zesílením vlivu pražského městského tepleného ostrova. V posledních přibližně 50 letech zároveň dochází k velmi nízkému výskytu rekordních denních minimálních teplot, které pravděpodobně souvisí se zesílením vlivu pražského městského tepleného ostrova, ale také s oteplením v posledních desetiletích. Změna cirkulace je pravděpodobně pouze částečnou příčinou zvýšeného výskytu rekordních denních maximálních teplot. U maximálních teplot došlo mezi obdobími 1961-83 a 1984-2006 k oteplení přibližně o 1 °C ve všech ročních obdobích kromě podzimu. U minimálních teplot došlo mezi obdobími 1961-83 a 1984-2006 k oteplení přibližně v průměru o 0,5 °C

Klíčová slova: maximální a minimální teplota vzduchu; klementinská teplotní řada; teplotní rekordy

Title: Analysis of minimum and maximum air temperatures in Prague-Klementinum station

Author: Radek Tomšů

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Supervisor's e-mail address: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

Abstract: Long-term and continuous air temperature measurements at Prague-Klementinum (regular time observations are carried out since 1775, maximum and minimum air temperatures have been measured since 1881) are suitable for the analysis of possible climate changes. While researching the temperature extremes at this station, the increased occurrence of records of daily maximum air temperatures was documented in the second half of the 20th century, especially in the last 20 years, which is not connected to forcing Prague's urban heat island. There is a very rare occurrence of records of daily minimum air temperatures in the last 50 years, which is probably connected to forcing Prague's urban heat island, but also to the warming in the last decades. The change in the circulation is probably only a partial reason for high frequency of records of daily maximum air temperatures. There is warming about 1 °C by maximum air temperatures between periods 1961-83 a 1984-2006 in every season, except autumn. There is average warming about 0,5 °C by minimum air temperatures between periods 1961-83 a 1984-2006.

Keywords: maximum and minimum air temperature; temperature series of the Klementinum; temperature records

1. ÚVOD

V posledních desetiletích se stále častěji diskutuje nad tématem globálního oteplování a s ním souvisejících změn klimatu. Odpovědi na celou řadu otázek spojených s problémem možné změny klimatu jsou velice složité a na některé z nich zatím bohužel odpověď neznáme. Stále panují určité spory zejména v otázce míry vlivu člověka na klima na Zemi a zejména v tom, nakolik se vliv člověka liší od přirozené variability klimatu, v krajním případě je-li tento vliv vůbec nějaký.

Posledním významným příspěvkem světových klimatologů na téma změn klimatu byla Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC WGI (Mezivládní panel pro klimatickou změnu – pracovní skupina I) z února 2007 [13], podle které je většina pozorovaného zvýšení globálních průměrných teplot od poloviny 20. století velmi pravděpodobně (znamená více než 90% pravděpodobnost) důsledkem pozorovaného nárůstu koncentrací antropogenních skleníkových plynů. To je významná změna oproti vydání Třetí hodnotící zprávy, kde byla tato pravděpodobnost stanovena na více než 66 %. Lidské vlivy jsou podle této zprávy nyní více rozpoznatelné i u dalších aspektů klimatu, včetně ohřevu oceánů, průměrných teplot nad kontinenty, teplotních extrémů a polí proudění.

Časté masmediální dezinterpretace faktů také vnášejí do otázek kolem teplotních změn další chaos. Veřejnost a část masmédií hovoří dokonce někdy o krátkodobém několikadenním oteplení či ochlazení jako o důkazu, který potvrzuje či vyvrací globální oteplování. Takový závěr samozřejmě nelze vyvodit, protože žádný krátkodobý výkyv nemůže nic v otázce globálních změn dokázat či vyvrátit. Pouze sledováním dlouhodobých trendů můžeme rozpoznat charakter možných změn klimatu.

Česká republika, jako jedna z mála zemí na světě, má k dispozici unikátní nepřerušenu řadu teplotních měření, která pochází z pražského Klementina. Klementinská teplotní řada může velice dobře posloužit k rozboru klimatických výkyvů v průběhu posledních více než dvou století a rovněž k posouzení vlivu člověka na vývoj klimatu.

Tato práce se nesnaží řešit současný vědecko-společenský či politicko-ekonomický rozpor mezi dvěma protichůdnými názorovými proudy. Jednu stranu názorů reprezentují zejména ti, podle nichž je vliv člověka na klima prokazatelný či dokonce nezvratitelný a jako protipól stojí názory oponentů, kteří považují vliv člověka na klima na Zemi za malý, nepodstatný, zanedbatelný či vůbec žádný. Samozřejmě také existuje široké názorové spektrum těch, kteří se pohybují mezi výše uvedenými názorovými proudy. Téma této diplomové práce může přispět svým malým dílem do rozsáhlé problematiky týkající se potenciálních změn klimatu. Jedině skládáním jednotlivých malých částí je možno dospět k rozumnému závěru, který rozřeší otázky kolem možného globálního oteplování nebo změn klimatu. Pravděpodobně však řešení tohoto značně komplikovaného problému bude otázkou i pro další desetiletí, než se nalezne skutečně objektivní a jistější odpověď na otázky se změnami klimatu spojené.

V souvislosti s globální změnou klimatu se často diskutuje konkrétní problém, zda nedochází ke zvýšenému výskytu extrémních jevů. V této diplomové práci byla zvolena analýza teplotních extrémů. Klementinská řada je vzhledem ke své unikátní délce, pečlivosti, s jakou byla měření vedena i zpracovávána, k téměř neměnnému umístění měřících přístrojů z hlediska zeměpisné polohy, velice vhodná pro analýzu extrémních teplotních jevů.

Cíle diplomové práce byly stanoveny následovně:

- shrnout poznatky o měření teploty vzduchu v Praze-Klementinu, pozornost věnovat výskytu nehomogenit v časových řadách průměrných ročních (popřípadě sezónních nebo vybraných měsíčních) teplot uváděných v literatuře
- provést podrobnou analýzu výskytu denních maximálních a minimálních teplot vzduchu z hlediska výskytu extrémních jevů a vyhodnotit překračování teplotních rekordů v klementinské řadě.
- získané poznatky porovnat s informacemi získanými analýzou jiných vybraných evropských řad, které jsou zařazeny do projektu „The European Climate Assessment & Dataset project ECA&D.

Zásadní vliv na celou analýzu má samozřejmě homogenita klementinské řady, protože u takto dlouhých řad se nemůžeme vyvarovat řadě problémů. Z hlediska teplotních maxim a minim může být vlivů na měření teploty vzduchu v průběhu 232 let poměrně značné množství. Proto je část diplomové práce věnována právě těmto možným vlivům, a to zvláště ve vztahu k rekordům denních maximálních a minimálních teplot.

Druhá část práce analyzuje teplotní extrémny z hlediska četnosti v celém období měření, dále výskyt povětrnostních situací během rekordních teplot a také výskyt dní s určitými charakteristickými teplotami.

Třetí část práce je zaměřena na analýzu vývoje denních TMAX a TMIN teplot v Praze-Klementinu v porovnání v prvním případě s vybranými stanicemi okolních států (Rakousko, Německo) ve druhém případě pak s vybranými stanicemi na území České republiky.

2. METEOROLOGICKÁ STANICE V PRAZE - KLEMENTINU

2.1 Historie stanice

Jednou z nejstarších meteorologických observatoří ve střední Evropě a nejstarší v České republice vůbec je stanice v Praze – Klementinu. Historie této observatoře spadá až do poloviny 18. století. V roce 1752 začal tehdejší ředitel klementinské hvězdárny Josef Stepling (1716-1778) vést první systematická měření meteorologických prvků. Slovo systematická je zde nadmíru důležité, protože již v 17. století můžeme najít první přístrojová měření teploty vzduchu na pražské koleji sv. Klimenta, která ovšem neměla dlouhého trvání [15].

Podle [6] spadá počátek nepřetržitých meteorologických pozorování na rok 1769. Měření z let 1769-1774 však nejsou úplná a tak souvislá řada teplotních měření začíná 1. ledna roku 1775, kdy bylo podle Seydla [17] „započato pravidelné denní měření změn meteorologických prvků, důležitých pro studium pražské povětrnosti“. V době meteorologa a ředitele hvězdárny v Klementinu Antonína Strnada (1746-1799), který byl Steplingovým nástupcem, nastala „zlatá éra“ klementinských měření. Právě Strnad měl největší zásluhu na tom, že se počínaje rokem 1775 začala pravidelně denně měřit teplota vzduchu. Jeho dalším významným počinem bylo mimo jiné také brzké zařazení stanice do pozorovací sítě mannheimské meteorologické společnosti, jejíž byl Strnad členem a která pro Klementinum zdarma dodala přístroje pro měření a mimo jiné také podporovala vznik mezinárodní sítě meteorologických stanic na severní polokouli.

Strnadovým nástupcem ve „zlaté éře“ Klementina byl páter Martin Alois David (1757-1836), který taktéž významně přispěl k tehdejšímu věhlasu klementinské observatoře. Dalšími významnými pokračovateli v 19. století byli adjunkt Adam Bittner, klimatolog a geomagnetik Karel Kreil (1798-1862) a právník – meteorolog Karel Fritsch (1812-1879).

V roce 1852 převzal vedení Pražské hvězdárny Josef Jiří Böhm. Pro observatoř to byla doba úpadku [8]. Vzhledem k nedostatku financí byly přístroje ve špatném technickém stavu a neudržovaly se. Nedochovalo ani k přezkušování a oceňování teploměrů, měřilo se jen třikrát denně. Jednalo se o vůbec nejhorší období Klementina v jeho historii. O zlepšení podmínek se zasloužil až Böhmův nástupce Karel Hornstein (1824-1882), který si uvědomil, jakou významnou historickou hodnotu má dlouhá řada pozorování v Klementinu [19].

Dalším důležitým pokračovatelem po Hornsteinovi byl první profesor meteorologie na pražské univerzitě František Augustin (1846-1908). Měl největší podíl na rozvoji meteorologie v 19. století v Čechách. Neváhal například zřizovat stanice z vlastních prostředků. Dával velký důraz na zavedení stálé staniční sítě pozorování počasí (meteorologických prvků) a také přikládal velký význam matematicko-statistickým metodám zpracování klimatických řad. Dokládá to například jedna z mnoha jeho publikací, obsáhlá monografie o chodu meteorologických prvků v Praze z roku 1888 [1], která vychází právě z pozorování v Klementinu.

Od konce 19. století až do současnosti se na stanici vystřídala celá řada pozorovatelů a všichni si bezesporu zaslouží díky dnešním meteorologům a klimatologům za jejich obětavost při zachování měření. Na posledním místě, nikoli však významem, je nutné zmínit ještě jméno dr. Václava Hlaváče (1899-1987), jehož rozsáhlá práce o Klementinu (vyšla tehdy v českém [7] a také německém [6] vydání) z poloviny 30. let přinesla významné shrnutí do té doby dosti roztržitých teplotních záznamů. Záznamy byly psány německy, latinsky a česky a mnohdy bylo velice obtížné rozluštit korektní údaje, navíc se při měření teploty používaly různé teplotní stupnice (viz kapitola 2.3) Hlaváč ve své práci věnoval rozsáhlou část korekci přístrojů, především teploměrů. Teplotní údaje byly opraveny na základě odchylek mezi teploměry [7]. Nepřetržitá měření teploty vzduchu trvají v současné době na místě pražského Klementina již úctyhodných 232 let.

2.2 Umístění teploměrů

Teploměry ve dvoře pražského Klementina byly umístěny na třech místech. Bylo to na věži pražské hvězdárny, v prvním patře budovy u kostela a ve druhém patře stejné budovy. Nákres umístění je uveden na obrázku 1 v příloze. Z nákresu je patrné, že vzdálenost věže a budovy za kostelem je přibližně 25 metrů.

Od roku 1752 do konce roku 1844 byl teploměr umístěn na věži hvězdárny ve 4. patře 39 metrů vysoko nad nádvořím. Kolem roku 1785 (tento údaj je nejistý) se začalo se souběžným měřením za oknem na severní stěně budovy vedle kostela, kde se měří do dnešní doby. Teploměr byl zpočátku umístěn ve 2. patře budovy 11 metrů nad povrchem nádvoří. Zde se měřilo v letech 1785 – 1844, dále pak od roku 1846 do 29. května 1889 a naposledy během celého roku 1934. Teploměry byly přemísťovány mezi druhým a prvním patrem budovy za kostelem nebo se měřilo souběžně. V prvním patře taktéž za oknem (6,5 metrů nad zemí) se měřilo od 4. února 1789 do konce roku 1800, poté od 1. července 1839 do 31. prosince 1845 a nakonec od počátku roku 1889 do dnešní doby [19].

Teploměr je tedy v současné době umístěn na budově vedle kostela v nadmořské výšce 197 metrů na zeměpisných souřadnicích $14^{\circ} 25'$ východní délky a $50^{\circ} 05'$ severní šířky, ve výšce asi 6,5 metrů nad zemí. Nachází se na severní stěně budovy v plechové budce a je okolními budovami kryt tak, že na něj po celý rok nesvítí slunce. Povrch nádvoří pod stanicí je v současné době složen z jedné poloviny z kostek a z druhé poloviny z asfaltu. Aspekty povrchu jsou zmíněny v kapitole o homogenitě. V současné době jsou k dispozici také souběžná měření ze sousední (umístěné bezprostředně vedle plechové budky) žaluziové budky. Zjištěná průměrná roční odchylka průměrné denní teploty mezi teploměry umístěnými v obou budkách je $0,3^{\circ}\text{C}$. Žaluziová budka vykazuje vyšší hodnotu (zjištěno na základě ústního sdělení bývalého ředitele pražské pobočky ČHMÚ RNDr. Luboše Němce). Žaluziová budka obsahuje minimální a maximální teploměry, které měří extrémní teploty od roku 1881. Plechová budka extrémní teploměry neobsahuje [19].

2.3 Měření teploty

V ranných obdobích měření teploty v Klementinu nebyly stanoveny klimatické termíny měření tak, jak je tomu dnes.

Počáteční záznamy z období od roku 1775 do roku 1781 obsahují dvě pozorování denně. Měřilo se ráno (na jaře, na podzim a v zimě při východu slunce a v létě dvě hodiny po východu slunce) a odpoledne v 15 hodin, někde je uváděno i v 16 hodin [17]. Z těchto let chybí tyto denní záznamy :

Rok 1775: 13. a 14.2., 9.5., 9.6. a odpolední termíny 23.-26.9.

Rok 1776: 25.-30.4., 11.9., 24.9. a ranní termín 25.9.

Rok 1777: 24.-26.7.

Rok 1778: 15.9.

Rok 1779: 20. a 21.7.

V roce 1781 došlo k důležité změně. Pozorování teploty začala být prováděna třikrát denně. V letech 1781-1784 se pozorovalo v časech 7, 15 a 21 hodin. Z tohoto období chybí údaje z těchto dní: 31.1. a 31.10. 1782 a 31.1. a 31.8. 1783. V letech 1785-1791 (ve 2.patře budovy u kostela) se měřilo v 7, 14 a 21 hodin. Údaje z let 1788 až 1790 chybí, z roku 1787 je znám pouze denní průměr. Od roku 1789 (4.2.) se však konala souběžná měření Davidova v 1. patře. Termíny byly stanoveny na 7 nebo 8 hod., 15 hod. a 21 nebo 22 hodin. Blížily se tedy standardním dnes používaným klimatickým termínům [19].

Od roku 1800 do roku 1843 obsahují záznamy celkem 8 pozorování denně. Po celou dobu se vždy měřilo v 10 a 12 hodin. Ostatní termíny se posouvaly tak, aby byla zachycena denní maximální a minimální teplota. Souběžně se měřila teplota ve věži hvězdárny ve 12 hodin a později také v prvním a posledním pozorovacím termínu. Od roku 1844 do roku 1869 se měřilo pomocí termografu a k dispozici jsou z tohoto období teploty po hodinách. Běžná odečítání z teploměru se v období 1853-1869 konala třikrát denně. Od roku 1870 se měřilo v sudých hodinách. V roce 1881 byly do dřevěné žaluziové budky poprvé umístěny také maximální a minimální teploměry. Došlo tím ke zpřesnění do té doby ne tolik exaktního měření maximálních a minimálních teplot. V posledním

období, které začalo rokem 1918 se měří ve standardních klimatických termínech – tzn. v 7, 14 a 21 hodin středoevropského času [19].

Měření se prováděla pomocí celé řady teploměrů, jejichž podrobnější popis lze nalézt především v Hlaváčově publikaci [7]. Měřilo se v několika stupnicích, v tehdejší době hojně používané Réaumurově stupnici a také Fahrenheitově stupnici. Chybějící extrémní teploty v záznamech do roku 1881 vypočítal Hlaváč na základě termínových hodnot [7].

3. HOMOGENITA KLEMENTINSKÉ TEPLOTNÍ ŘADY

3.1 Možné příčiny narušení homogenity

Problematika homogenity dlouhodobých teplotních řad je velice rozsáhlá. V řadě dlouhé 232 let se samozřejmě může vyskytnout řada nejasností, za jakých podmínek měření probíhala.

V historii proběhla celá řada analýz, které se zabývaly kolísáním klementinské teplotní řady. Podrobně shrnul tato zkoumání Štěpánek [18]. Například podle Brázdila lze výraznější sestupný trend v ročních hodnotách před polovinou 19. století v porovnání s následným oteplením vysvětlit podobnými projevy v podunajské oblasti jižního Německa, Rakouska a Maďarska. I z pohledu Hlaváče byla řada teplotních měření homogenní, protože v průběhu měření nedošlo ke změně umístění stanice.

Naproti tomu Pejml má o kvalitě měření v počátcích klementinské řady jisté pochybnosti, protože porovnáním s jinými stanicemi (např. z Rakouska) vykazuje tato řada několik typů nehomogenit a to především týkajících se rozptylu, úrovně a trendu.

První problémy vznikly na úplném počátku měření, kdy nemáme stoprocentně zajištěnu kalibraci meteorologických přístrojů. V důsledku brzkého zařazení klementinské stanice do sítě mannheimské meteorologické společnosti však byla tato potíž odstraněna ještě v počátcích měření teploty. Na počátku měření byl mannheimský venkovní teploměr umístěn na severní straně věže hvězdárny a o něco málo později na místo, kde se nachází teploměry až dodnes, tedy do druhého resp. prvního patra za okno budovy vedle kostela. V celé rozsáhlé historii se používalo velké množství teploměrů, velice podrobně se jim věnoval dr. Václav Hlaváč ve své publikaci [7] z roku 1937. Podrobně píše i o zavedení extrémních teploměrů v roce 1881. Velmi pečlivě byly již na začátku 19. století mapovány korekce mezi jednotlivými teploměry. Výjimku

tvoří pouze období 50. a 60. let v 19. století, kdy nedocházelo k přezkoušení teploměrů a údaje z tohoto období by mohly nést znaky systematických chyb.

Jako nanejvýš prozíravé se ukázalo umístit teploměry na severní stranu budovy, kde jsou velice dobře kryty před přímým slunečním zářením. Předěšlo se tak tradičním problémům s přímým ozařováním teploměru nebo plechové budky, což by jinak mohlo vést ke znehodnocení měření. Měření však zpočátku (zejména v 18. století) probíhala na věži hvězdárny na severní straně, kde v letním období mohlo v ranních a večerních hodinách docházet k přímému ozáření teploměru slunečním zářením a tím ovlivnění měření z tohoto období. Tato zjištění částečně potvrzuje analýza minimálních teplot z 18. století a počátku 19. století, která v některých obdobích vykazuje vyšší hodnoty.

Tento fakt částečně koresponduje se zjištěním Štěpánka [18], který se ve své rozsáhlé publikaci o variabilitě teploty vzduchu na území ČR věnoval homogenizaci této řady. Zjistil zejména větší odchylky mezi teplotními řadami okolních států a stanicí v Klementinu v prvních desetiletích pražského měření, což by mohlo vypovídat o možné nehomogenitě klementinské řady. Nicméně při nízkém počtu srovnávacích stanic z okolí (na počátku období v roce 1775 byly pouze dvě) a samozřejmě i jejich možných problémech s homogenitou řady, nemusí být toto zjištění zcela jednoznačné.

Při současném umístění teploměrů může být měření ovlivněno výrazným stíněním okolních budov. Tento efekt může zapříčinit menší prohřívání vzduchu zejména v dopoledních hodinách. Z historického hlediska se však stínící budovy téměř nezměnily a homogenita by neměla být touto skutečností porušena.

Další možný vliv mohly mít na homogenitu přestavby budov v areálu pražského Klementina. První přestavba se uskutečnila v roce 1863, kdy byla bezprostředně před stanicí vystavěna jednopatrová budova akademického gymnázia. V příloze ji nalezneme na obrázku 1 tence vyznačenou. Budova však byla v letech 1924 až 1929 odstraněna a prostor před stanicí se opět více uvolnil. Budova částečně zúžila prostor pro proudění vzduchu mezi stanicí a protějšími stavbami. Vliv budovy ale nebyl patrně tak významný, protože stavba nedosahovala velké výšky a z nákresu je patrné, že nezabírala příliš místa v prostoru nádvoří. Přesto mohla mít stavba určitý vliv na proudění vzduchu pod budku. Vliv na teplotu vzduchu mohlo mít i přímé intenzivní ozáření budovy

gymnázia sluncem. Z analyzovaných teplotních dat ovšem nevyplývá jakýkoliv teplotní zlom připadající zhruba na rok 1863 nebo na druhou polovinu 20. let 20. století [19].

Umístění meteorologické budky na nádvoří v Klementinu je nestandardní na rozdíl od běžných stanic, kde je okolní prostranství kolem meteorologické budky přísně vytyčeno předpisy. Na těchto stanicích je daleko větší prostor pro proudění vzduchu. Budka v Klementinu není v předepsané výšce 2 metry nad zemským povrchem, ale ve výšce 6,5 metru. Proto při určitých ojedinělých typech synoptických situací může nastat problém s odvětráváním nádvoří pod budkou. Pro většinu situací je ale stanice umístěna úměrně vysoko, aby docházelo k dostatečnému promíchávání vzduchu [19].

Dalším problémem je povrch nádvoří. V 18. a 19. století, se povrch neměnil. Byl po celou dobu složen z kostek. Ve 20. století došlo ke změnám a část povrchu je nyní asfaltová. Asfaltový povrch by mohl svými specifickými vlastnostmi, především ve velmi teplých dnech, ovlivnit teplotní poměry v okolí budky. Přímo pod stanicí je sice povrch složen výhradně z kostek, ale ve vzdálenosti několika metrů je již povrch asfaltový. Ve vzdálenosti více než 10 metrů od budky pak dochází k jeho ozáření sluncem po většinu roku. V období kolem letního slunovratu v poledních hodinách je místo přímého ozařování asfaltové části nádvoří blíže k budce (méně než 10 metrů). Oblast bezprostředně pod budkou je jinak chráněna před přímým slunečním zářením okolními budovami z východní, jižní a severní strany. Lze tedy usuzovat, že by změna povrchu neměla mít vliv na homogenitu měření teploty [19].

Další lokalitou, která prodělala výraznou změnu v průběhu let, je řeka Vltava. Během 20. století došlo vlivem vystavění vltavské kaskády ke značnému zvýšení teploty vody v řece, zejména v zimním období. Řeka dnes prakticky nezamrzá, a to ani při silných mrazech. Naopak ještě v první polovině 20. století Vltava často a poměrně silně zamrzala. Při převládajícím proudění vzduchu právě od řeky (v těchto místech je široká 200 až 300 metrů) je zde určitá možnost, že by mohlo dojít k ovlivnění teploty vzduchu na stanici, a to zejména při extrémně chladných situacích, kdy může řeka mít oteplující účinky. Proti tomu stojí ten fakt, že ačkoli je řeka vzdálena od stanice necelých 200 metrů, je výrazně oddělena od observatoře komplexem několika budov (od klementinských budov

až po domy v Křížovnické ulici). Právě bariéra domů může tento efekt tlumit [19].

Tradičním problémem teplotních řad stanic umístěných ve městech je dále tepelný ostrov města. Observatoř Klementinum je od počátku své existence umístěna v samotném centru města ve velice husté městské zástavbě. Na konci 18. století nebyl městský tepelný ostrov zdaleka tak významný jako ve století devatenáctém a dvacátém. Vzhledem k prudkému rozvoji průmyslu ve městě a také v důsledku dalších aktivit člověka došlo postupně k významným teplotním proměnám na území celého města. Tento vliv tedy nezanedbatelně působí na dlouhodobý vývoj řady teplotních měření. Podrobně se vlivu tepelného ostrova města na vývoj teploty v Klementinu věnovali ve své práci např. Budíková a Brázdil [3]. V této práci dospěli k závěru, že v letech 1922-1995 mohlo dojít k oteplení města v zimě a na jaře o 0,06 °C za 10 let, na podzim o 0,05 °C za 10 let a k nejmenšímu oteplení došlo v létě o 0,01 °C za 10 let. Další analýzu provedl v roce 1988 klimatolog L. Němec, který se ve své práci věnoval přímo analýze pražského městského tepelného ostrova. Z fragmentů jeho práce a na základě jeho ústních sdělení byla zjištěna odchylka od hodnot odvozených v závislosti na nadmořské výšce. K dispozici bylo 30 měřících stanic v Praze a jejím bezprostředním okolí. V období 1901-1950 byla zjištěna odchylka pro Klementinum 0,82 °C, v období 1951-1980 dokonce 1,24 °C (v lednu 1,19 °C, v červenci 1,3 °C). Uvedené údaje se týkají průměrných ročních teplot.

Podrobně se ve své práci [2] věnovali tepelnému ostrovu města také Beranová a Huth. Zkoumali především intenzitu tepelného ostrova za různých synoptických podmínek. Dospěli k závěru, že trend vzrůstu intenzity tepelného ostrova během let 1961–1990 byl 1,2 °C/100 let. Největší trend vzrůstu intenzity je podle [2] v létě a nejmenší v zimě a největší intenzity tepelného ostrova se vyskytují v anticyklonálních situacích ve všech ročních obdobích kromě jara. Trendy intenzity tepelného ostrova se podle [2] liší i podle převládajícího směru proudění.

U teplotních extrémů je ale situace komplikovanější. Zatímco například při bezvětrí nebo slabém proudění se tepelný ostrov města může projevit silně, tak při silnějším proudění (dle ústního sdělení L. Němce se tato hodnota pohybuje cca kolem 8 m/s) jeho vliv může zeslábnout až zaniknout. Typickým případem

jsou zimní jihozápadní nebo západní situace, kdy při silném proudění větru v přízemních vrstvách dochází ke smazání teplotních rozdílů mezi městem a okolím. Právě při těchto situacích dochází k častému překonávání rekordních teplotních maxim pro jednotlivé dny, zejména pak v zimních měsících.

Nicméně ani v letních měsících nebylo pozorováno, že by byla ve městech naměřena výraznější odchylka při nejvyšších maximech teploty oproti oblastem mimo města (viz také kapitola 5.3). Při výskytu vysokých hodnot maxim teploty vzduchu bývají nejvyšší hodnoty naměřeny spíše na stanicích mimo městskou zástavbu. Městský tepelný ostrov se v letním období nejvýrazněji projevuje ve večerních, nočních a ranních hodinách, kdy jsou pozorované rozdíly mezi teplotou ve městech a mimo ně největší (dle sdělení L. Němce na základě jeho rozsáhlé analýzy pražského městského tepelného ostrova z roku 1988). V těchto časech však již vyšší teplota nemá vliv na hodnotu nejvyššího denního maxima teploty.

Z výše uvedeného vyplývá, že změna cirkulace může také výrazně přispět ke zvýšení výskytu dnů s rekordní denní maximální teplotou. Podrobněji je tomuto tématu věnována kapitola 4.3, ve které se zkoumá závislost překonání rekordních teplotních maxim na povětrnostních situacích v daný den.

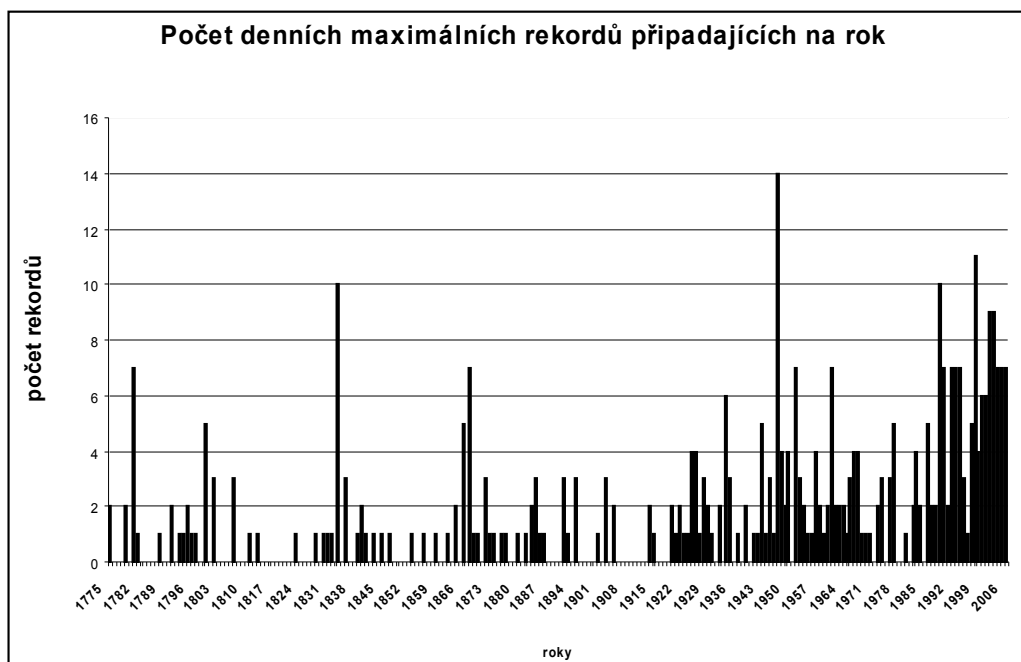
4. EXTRÉMNÍ TEPLoty V KLEMENTINU

4.1 Teplotní rekordy v období 1775 – 2006

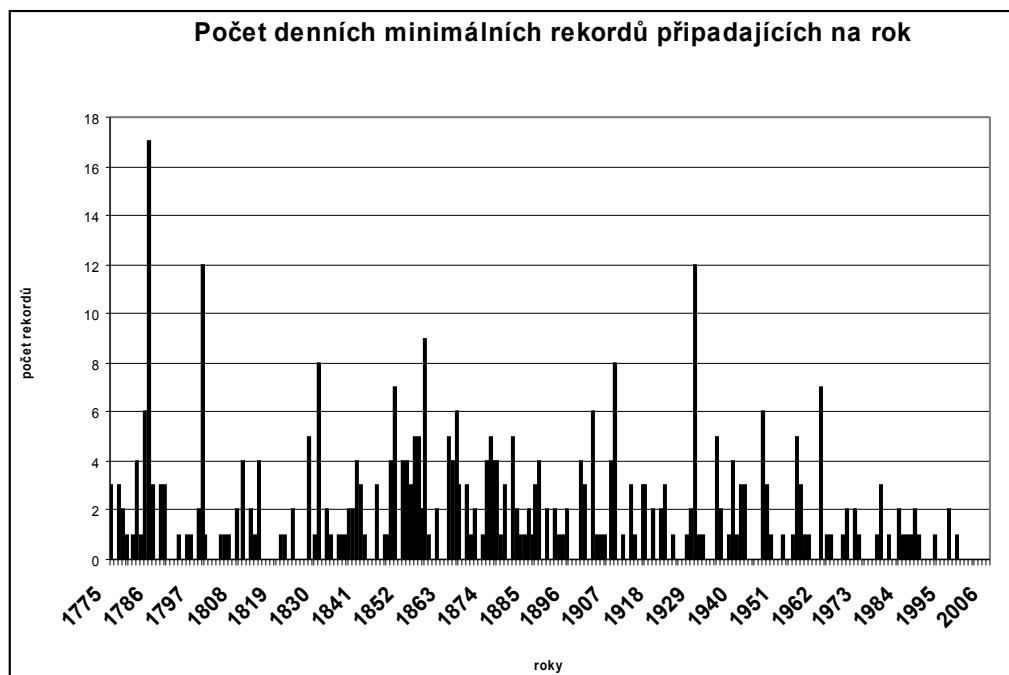
Na počátku si stanovíme, co budeme v dalším rozumět pod teplotním rekordem u denních maximálních (TMAX) a denních minimálních (TMIN) teplot vzduchu. U TMAX se za rekord považuje jednak vůbec nejvyšší (absolutní maximum), jednak nejnižší (absolutní minimum) teplota vzduchu pro daný den roku zaznamenaná za celou předchozí historii měření. Podobně je tomu u denních minimálních teplot. V dalším se zaměříme pouze na analýzu výskytu „teplých“ rekordů u TMAX, tedy překračování nejvyšší dosud naměřené hodnoty TMAX pro daný den a podobně na překračování „studených“ rekordů u TMIN. Často především v médiích užívaným zkráceným termínem je maximální (minimální) teplotní rekord pro daný den.

Na obr. 1 je pro každý rok uveden počet rekordů u denních maximálních teplot, které platily do 31.12. 2006, na obr. 2 analogicky počet rekordů u denních minimálních teplot. V příloze jsou v tabulce 1 uvedeny hodnoty rekordů pro všech 366 dní v roce platné k 31. prosinci 2006 včetně roku výskytu. Počet rekordů připadajících na jednotlivá 29-letá období je uveden v tabulce 1. Vzhledem k délce období 232 let byla zvolena netradiční délka, 29 let, kratších porovnávaných období. Z tabulky 1 je zřejmé, že k překračování rekordů u maximálních teplot docházelo ve zvýšené míře zejména v posledním období. Nejvyšší četnost vykázal rok 1947, ze kterého pochází celkem 14 rekordů denních maximálních teplot platných do současnosti (do 31.12. 2006), druhým v pořadí je rok 1998 s 11 dosud platnými rekordy, dále pak roky 1834 a 1989 s celkem 10 dosud platnými rekordy a pak roky 2002 a 2003, ze kterých pochází celkem 9 platných rekordů teplotních maxim. Celkově připadá na období 1978-2006 35,7 % všech rekordů denních maximálních teplot. V posledním období dochází k častému překračování rekordů maximálních teplot výrazně častěji i

v porovnání s předešlými obdobími 1920-1948 nebo 1949-1977, a to zhruba dvojnásobně.

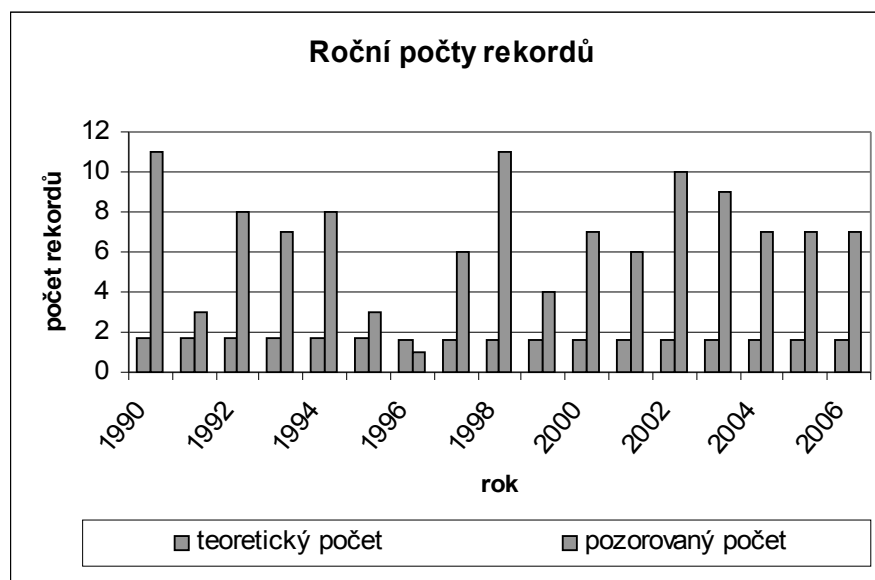


Obr. 1 Počet platných rekordů denní maximální teploty vzduchu připadajících na každý rok (platný k 31.12. 2006)

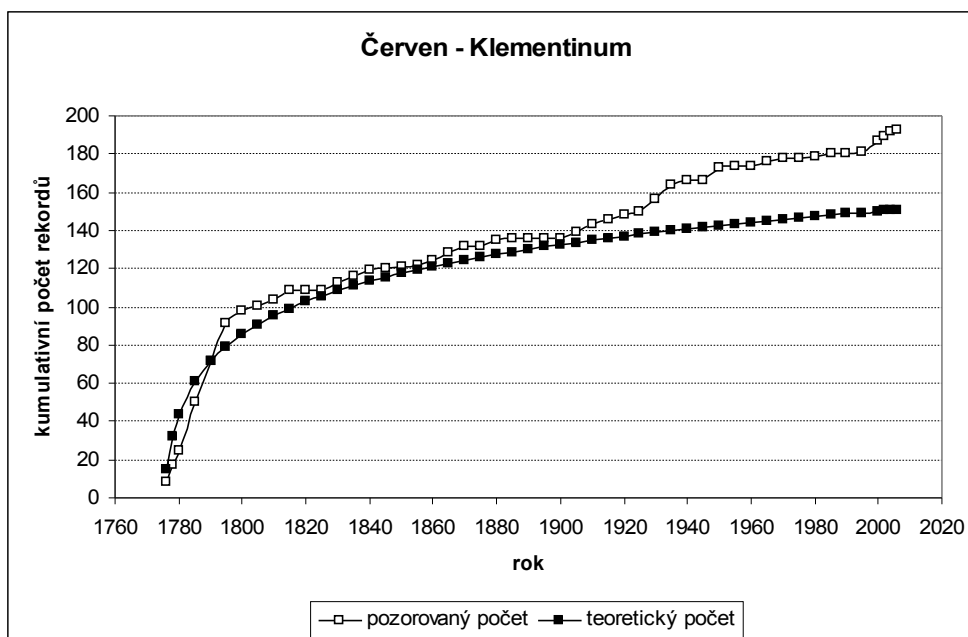


Obr. 2 Počet platných rekordů denní minimální teploty vzduchu připadajících na každý rok (platný k 31.12. 2006)

Pokud by příslušná teplotní řada byla stacionární, pak by k překračování rekordů docházelo s rostoucí délkou pozorování méně a méně často, intervaly mezi výskytem rekordů by se prodlužovaly. Za předpokladu, že rozdělení pravděpodobnosti denních maximálních teplot je exponenciálního typu, se dá ukázat [16], že roční počet rekordů pro rok s pořadovým číslem t od počátku měření je přibližně roven $365/t$. Pro rok 2000, který je 226. rokem od počátku měření, to představuje pouze 1,62 rekordů. Ve skutečnosti však došlo k překročení dosavadního rekordu TMAX v tomto roce sedmkrát. Na obr. 3 jsou uvedeny počty očekávané a skutečný počet překročení rekordů TMAX pro roky 1990 až 2006. Je zřejmé, že pozorovaný počet rekordů je několikanásobně vyšší. Na obr. 4 jsou pro ilustraci vyneseny pro měsíc červen pozorované kumulativní počty překračování rekordů (pro k -tý rok součet počtu rekordů za předchozí roky plus za rok k) a kumulativní počty odpovídající křivce $30/t$, kde t je pořadí roku počítané od počátku pozorování. Z obr. 4 je dobře patrné, že během 20. století se obě křivky postupně odchyľují, pozorovaný počet překročení je vyšší než by odpovídalo časové řadě bez trendu.



Obr.3. Roční počty rekordů maximálních teplot pro období 1990 až 2006. Teoretické počty odpovídají $365/t$, kde t je pořadové číslo roku od počátku pozorování (pro rok 1990 je t rovno 216)



Obr. 4. Porovnání kumulativního počtu pozorovaných rekordů a rekordů odpovídajících křivce 30/t pro měsíc červen.

Pokud se týká tzv. studených rekordů, z tab. 1 je dobře patrná velice nízká četnost (17) rekordů TMIN v posledním období. Období s téměř shodně nízkou četností překračování výskytu rekordů denních minimálních teplot (20) se ale vyskytlo také na začátku 19. století. Z údajů vyplývá rovněž postupný pokles výskytu rekordů denních minimálních teplot zhruba od poloviny 19. století na polovinu až třetinu, který je patrný i na obr. 2.

Období	Výskyt rekordních denních TMAX	Výskyt rekordních denních TMIN
1775-1803	29	65
1804-1832	10	36
1833-1861	23	67
1862-1890	33	67
1891-1919	16	47
1920-1948	66	51
1949-1977	70	29
1978-2006	137	16

Tab. 1: Počet rekordů denních TMAX a TMIN pocházejících z daného 29-letého období platných k 31.12.2006

Z přílohy je do tabulky 2 vybráno 25 vůbec nejnižších a nejvyšších hodnot denních minimálních a maximálních teplot. Mezi pětadvaceti nejteplejšími dny z hlediska rekordů denních TMAX v Klementinu se desetkrát vyskytly dny v krátkém období 1990-2006 (roky 1992, 1994, 1998, 2000, 2003, 2005 a 2006), což představuje 40 % všech případů! Navíc 18. a 19. století je zastoupeno pouze šestkrát tj. 24 % všech případů, ačkoli délkou přesahuje polovinu řady. Naopak mezi pětadvaceti nejchladnějšími (z hlediska rekordů denních TMIN) dny je 20. a 21. století zastoupeno pouze pětkrát (roky 1929 a 1956), což činí pouze 20 % případů. V tabulkách 3 a 4 jsou uvedeny četnosti výskytu 10 resp. 20 největších hodnot rekordů TMAX a TMIN připadající na jednotlivá století. 20. století bylo pro naše účely rozšířeno až do roku 2006. Také tyto tabulky ukazují jednoznačný nárůst četnosti rekordů denních TMAX v posledních 106 letech. Osm z 10 nejvyšších hodnot bylo navíc dosaženo v posledním půlstoletí! Naproti tomu u rekordů denních TMIN je v tab. 3 ve 20. století uveden pouze jediný z 10 případů a to až na 10. místě. Jedná se o únor 1929, který je vůbec nejchladnějším měsícem v celé historii klementinského měření. Tento měsíc měl průměrnou teplotu -11 °C. Tehdy také byla zaznamenána vůbec nejnižší teplota na českém území v Litvínovicích u Českých Budějovic ($-42,2$ °C).

U hodnocení TMAX a TMIN je nutné uvést, že do roku 1880 se extrémní teploty samostatně neměřily. Do té doby byly pouze odhadovány. Na jejich odhad se použily výsledky tehdejšího měření (Hlaváč [7]). V určitém období se termíny měření přizpůsobovaly tak, aby byly zachyceny denní minimální a maximální teploty. Měření prováděná podle extrémních teploměrů byla započata až v roce 1881.

V tab. 5 se nachází rozložení 30 největších hodnot denních TMAX a TMIN. Je zde patrná zvýšená četnost rekordů denních TMAX v posledních 29 letech oproti všem předchozím obdobím. Naopak vysoká četnost rekordů denních TMIN je v nejstarším a třetím nejstarším 29-letém období.

pořadí	Rekordy TMAX	rok výskytu	den výskytu	Rekordy TMIN	rok výskytu	den výskytu
1	37,8	1983	27.7	-27,6	1785	1.3
2	37,6	1957	7.7	-27,5	1830	31.1
3	37	1793	18.7	-27,2	1789	5.1
4	36,8	2003	27.6	-27	1779	9.1
5	36,6	1935	5.7	-26,8	1850	22.1
6	36,4	1957	4.7	-26,3	1850	23.1
7	36,4	2005	21.7	-26,2	1799	29.12
8	36,1	1957	11.7	-26,1	1799	13.1
9	36,1	1998	31.7	-25,8	1830	30.1
10	36	1984	1.8	-25,7	1929	12.2
11	36	1994	17.8	-25,6	1929	11.2
12	36	1994	9.8	-25,4	1789	8.1
13	35,9	2005	30.6	-25,4	1799	14.1
14	35,9	1892	5.8	-25,2	1784	6.1
15	35,8	1992	21.6	-25,2	1785	28.2
16	35,7	1950	30.7	-25,1	1789	7.1
17	35,7	1830	19.8	-25	1849	10.1
18	35,6	2000	14.8	-24,8	1850	21.1
19	35,6	1994	23.8	-24,8	1929	3.2
20	35,6	1892	15.7	-24,8	1853	26.12
21	35,5	1952	20.7	-24,7	1929	13.2
22	35,3	2006	18.8	-24,6	1830	4.2
23	35,3	1853	6.7	-24,3	1956	10.2
24	35,2	1928	12.7	-24,2	1799	15.1
25	35,2	1892	8.8	-24,1	1830	2.2

Tab. 2: Nejvyšších 25 rekordů denních maximálních a minimálních teplot v Klementinu v období 1775 až 2006

Období	počet výskytů rekordů TMAX	Období	počet výskytů rekordů TMIN
1775-1800	1	1775-1800	5
1801-1900	0	1801-1900	4
1901-2006	9	1901-2006	1

Tab. 3: Výskyt 10 největších rekordů denních maximálních a minimálních teplot rozdělený na 3 období

V tab. 6 je uveden výskyt 30 největších rekordů denních TMAX a TMIN přiřazených k roku výskytu. Z tab. 6 vyplývá, že vůbec nejnižší rekordy denní TMIN jsou intenzivnější a jsou častěji soustředěny do jediného roku. Tím se liší od nejvyšších rekordů denní TMAX, které jsou rozděleny stejnoměrněji a častěji připadá pouze jediná hodnota na rok (16 roků, které mají pouze jeden výskyt rekordu denní TMAX proti 5 letům, které mají jediný výskyt rekordu denní TMIN).

období	počet výskytů rekordů TMAX	období	počet výskytů rekordů TMIN
1775-1800	1	1775-1800	10
1801-1900	3	1801-1900	7
1901-2006	16	1901-2006	3

Tab. 4: Výskyt 20 největších rekordů denních maximálních a minimálních teplot rozdělený na 3 období

Období		Počet rekordů TMAX	Počet rekordů TMIN
1775	1803	2	14
1804	1832	1	0
1833	1861	2	10
1862	1890	2	1
1891	1919	3	0
1920	1948	6	0
1949	1977	5	4
1978	2006	15	1

Tab. 5: Výskyt 30 největších rekordů denních TMAX a TMIN rozdělený na období po 29 letech

Ještě daleko lepší statistikou jsou srovnání rekordů měsíčních maximálních teplot (historicky nejvyšší denní TMAX pro daný měsíc) resp. jejich analogií pro jednotlivé měsíční dekády (historicky nejvyšší denní TMAX pro danou dekádu měsíce). V takovém případě se zamezí dennímu rozkolísání v teplotních rekordech, které může mít u klementinské řady navzdory její délce ještě určitý vliv. V příloze v tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty všech nejvyšších a nejnižších

maxim teploty pro jednotlivé měsíce roku a analogicky tytéž hodnoty pro jednotlivé měsíční dekády.

Rok výskytu	Počet rekordů TMAX	Rok výskytu	Počet rekordů TMIN
1782	1	1779	1
1793	1	1784	1
1830	1	1785	2
1845	1	1788-9*	4
1853	1	1799	6
1865	1	1830	6
1870	1	1849	1
1892	3	1850	3
1922	1	1853	1
1928	2	1929	4
1935	1	1956	1
1943	2		
1950	1		
1952	1	* zima	
1957	3		
1983	1		
1984	1		
1992	2		
1994	4		
1995	1		
1998	2		
2000	1		
2003	1		
2006	2		

Tab.6: Četnosti výskytů 30 nejvyšších rekordů TMAX a 30 nejnižších rekordů TMIN v jednotlivých letech (platné k 31.12. 2006)

Také tato statistika vykazuje stejné chování jako všechny předchozí. Ve výskytu četností v tabulce 7a (po měsících) resp. v tabulce 7b (po dekáдах) připadá nejvíce hodnot u rekordních nejvyšších denních TMAX na přibližně poslední století. V dekádních statistikách je dokonce u rekordních nejvyšších denních TMAX krátké období 2001 až 2005 zastoupeno celkem osmkrát ze všech 36 možných výskytů. Tato skutečnost by mohla ukazovat na poměrně významné změny v období po roce 1990. Dále můžeme srovnávat s výskytem

rekordních nejnižších denních TMAX, která opět spadají především do 18. a 19. století, v posledních 50 letech byly výskyty takových hodnot zaznamenány pouze dvakrát (z 36 možných případů). Proti tomu stojí výskyt 25 případů (z možných 36) u rekordních nejvyšších denních TMAX. Tento značný rozdíl je nejvíce charakteristický pro tuto statistiku.

Nejnižší TMAX	Nejvyšší TMAX
1776	1781
1779	1800
1784	1929
1785	1935
1850	1961
1853	1968
1858	1970
1900	1983
1908	1990
1929	1993
1940	2003
1981	2005

Tab. 7a: Roky s výskytem rekordních měsíčních nejnižších a nejvyšších TMAX

1. dekády		2. dekády		3. dekády	
Nejnižší TMAX	Nejvyšší TMAX	Nejnižší TMAX	Nejvyšší TMAX	Nejnižší TMAX	Nejvyšší TMAX
1779	1781	1775	1793	1779	1800
1784 (2x)	1929	1776	1915	1785	1853
1785	1957	1786	1934	1787	1925
1786	1961 (2x)	1799	1947	1850	1926
1831	1970	1840	1958	1853	1935
1839	1990	1865	1967	1858 (2x)	1968
1875	1991	1881	1969	1865	1983
1897	1994	1900	1977	1867	1990
1912	1998 (2x)	1908	1993	1908	2001
1956	2003	1913	2002	1931	2002
1983		1929	2003	1940	2003
		1981	2004		2005

Tab. 7b: Roky s výskytem rekordních dekádních nejnižších a nejvyšších TMAX

4.2 Vybrané extrémní hodnoty

Absolutní teplotní minimum v celé historii měření pražského Klementina bylo zaznamenáno 1. března 1785 ($-27,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Nepřipadá tedy na nejchladnější měsíce roku. Podobně nízká teplota ($-27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) byla naměřena také 31. ledna 1830.

Absolutní maximum teploty připadá na dosud nejteplejší den v dějinách teplotních měření na území České republiky. 27. července 1983 byla v Praze – Klementinu naměřena teplota $37,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. V Praze – Uhřetěvsi ve stejný den dosáhla teplota $40,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Zajímavým příkladem současných extrémů byl 5. březen 1998, kdy teplota vystoupila při silném jihozápadním proudění na $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a překonala do té doby platný rekord denní TMAX pro daný den o téměř $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (obvykle jsou hodnoty do té doby platného rekordního maxima teploty vzduchu překonány o $1\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$, jen velice výjimečně je to více)! O 16 dní tedy byla posunuta hranice, kdy byla od začátku roku poprvé překonána hodnota $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do té doby platila hodnota z 21. března 1974 ($21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dalším obdobným příkladem současných vyšších hodnot teploty je 31. říjen 2001, kdy podobně jako v předchozím případě bylo tehdejší platné maximum pro daný den ($17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ z roku 1942) překonáno o $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nová hodnota rekordu je $22,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a výrazně tak vybočuje z hodnot okolních dní, vyšší teplota připadá totiž až na 19. října ($23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Poslední ze tří vybraných zajímavostí se týká mrazových dní v květnu. Poslední výskyt připadá na 2. květen 1935. Od tohoto data nebyl mrazový den v květnu zaznamenán, ačkoli do té doby jich byl zaznamenáno několik. Více je tomuto tématu věnováno v kapitole 4.4.

Zajímavým fenoménem jsou také dva vybrané roky z počátečního období teplotních měření v Klementinu. V roce 1821 bylo za celý rok dosaženo nejvyšší teploty pouhých $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, v roce 1786 podobně jen $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V porovnání se současností jsou to překvapující a poměrně obtížně představitelné hodnoty. V tabulce 8 je mimo jiné uvedeno, kolikrát se vyskytla teplota $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vyšší pro jednotlivé roky v období 1961-2006. Dále tab. 8 ukazuje, že v posledních 40

letech měl nejméně letních dní (den s $T_{MAX} \geq 25 \text{ °C}$) rok 1980, pouhých 21. Přesto je to přibližně čtyřikrát více než tomu bylo v roce 1786 (pouhých 5 letních dnů) a 1821 (6 letních dnů). Z pohledu většiny dnes žijících obyvatel České republiky by se tedy obě letní období v letech 1786 a 1821 jevila velice pravděpodobně jako extrémně chladná. Rok 1980 měl i nejméně dní s teplotou vyšší než $26,5 \text{ °C}$, a to 8 dní a rovněž se v něm nevyskytl žádný tropický den [11], [12]. Zároveň byl však rok 1980 posledním, kdy se v Klementinu nevyskytl žádný tropický den. Od roku 1981 se v každém roce až dosud alespoň jeden tropický den v roce vyskytl.

Rok	Letní dny	Dny s $T_{MAX} \geq 26,5 \text{ °C}$	Tropické dny
1961	34	24	3
1962	42	28	4
1963	48	34	12
1964	63	44	16
1965	27	17	4
1966	38	22	3
1967	49	34	17
1968	40	24	4
1969	58	40	13
1970	48	32	9
1971	49	40	17
1972	31	26	8
1973	54	35	7
1974	24	19	3
1975	59	37	3
1976	43	28	10
1977	32	17	1
1978	24	13	0
1979	41	26	5
1980	21	8	0
1981	43	23	4
1982	62	36	9
1983	69	51	16
1984	28	18	3
1985	44	29	6
1986	55	33	12
1987	34	19	1

1988	47	27	9
1989	46	25	8
1990	43	34	14
1991	48	29	6
1992	77	51	19
1993	60	34	7
1994	57	48	27
1995	59	45	13
1996	36	22	3
1997	65	42	6
1998	59	39	9
1999	55	36	8
2000	58	38	14
2001	53	34	11
2002	71	45	13
2003	57	66	28
2004	75	37	10
2005	64	37	11
2006	66	47	30
průměr	49	32,5	9,5

Tab. 8: Počet letních dnů, tropických dnů a dnů s TMAX \geq 26,5 °C v Klementinu

4.3 Rekordy denních maximálních teplot a povětrnostní situace

Pro území České republiky se pravidelně sestavuje kalendář synoptických typů od roku 1946. V letech 1946-1990 byl sestavován jednotný kalendář pro celé území tehdejšího Československa, od roku 1991 je sestavován po vzájemné konzultaci meteorologů z ČHMÚ a SHMÚ zvlášť pro území České republiky a zvlášť pro území Slovenské republiky. V této kapitole jsou srovnávány povětrnostní situace od roku 1946 do roku 2006 ve vztahu k výskytu rekordních denních maximálních teplot vzduchu pražského Klementina.

K lepší analýze vztahů by bylo ideální mít povětrnostní situace už od roku 1775. V takovém případě by se dalo uvažovat, zda došlo ke změně cirkulace

během 232-letého období dlouhé klementinské teplotní řady a zda tento fakt mohl mít vliv na teplotu vzduchu, tedy i na častější výskyty rekordních denních maximálních teplot v posledních letech. K dispozici je také katalog povětrnostních situací od roku 1881 od Hesse-Brezowského [5]. Ten je ale určený pro celou střední Evropu a není vhodný pro širší hodnocení rekordů denních TMAX nad českým územím. Pro rozbor tedy zůstávají pouze typizace povětrnostních situací od roku 1946.

V posledních přibližně 20 letech byl zaznamenán zvýšený výskyt nových rekordních denních maximálních teplot (viz kapitola 4.1). Ukázalo se vhodné provést analýzu, za jakých povětrnostních situací dochází nejčastěji k překonávání rekordních denních maximálních teplot. V tabulce 2 v příloze je uveden celkový výskyt typů povětrnostních situací na našem území v určený den, kdy bylo takové rekordní denní teplotní maximum dosaženo. Údaje v posledních dvou sloupcích tabulky 1 obsahují doplňující informace v případě, že se stanovený typ situace vyskytuje v daný den poprvé. Pak je uvedena informace o předchozím typu situace a délce jejího trvání. Tyto doplňující informace zachycují případy, kdy došlo během dne ke změně situace. Při povětrnostních změnách (nejčastěji přechody front) se stává, že ačkoli byl pro daný den vybrán jako převládající nový typ situace, příčinou překonání rekordu byla situace předchozí.

Tab. 9 obsahuje souhrn výskytů povětrnostních situací v jednotlivých měsících. Podle výskytu rekordů denních maximálních teplot je možné rozdělit povětrnostní situace podle četnosti výskytu během celého roku. Všechny povětrnostní situace s vysokou četností výskytu rekordů denních TMAX (četnost 29 a více) trvají v průměru asi 4 dny (viz [14]).

Nejčastější výskyt rekordů denních TMAX (45 případů) připadá na *jihozápadní cyklonální situaci* (SWc₂). Hlavním rysem této situace je frontální zóna orientovaná od jihozápadu k severovýchodu mezi Britskými ostrovy a Baltickým mořem. Od jihozápadu proudí nad naše území teplý vzduch. U typu SWc₂ dochází k překonávání rekordů denních TMAX převážně při výskytu těchto situací od listopadu do dubna, zatímco v létě dochází k jejich překonávání jenom výjimečně. Jihozápadní proudění bývá silnější v chladné polovině roku, protože

tlakové níže postupující severně od Britských ostrovů se v tuto dobu více prohlubují.

Situace s druhým největším výskytem (38 případů) je *jihozápadní anticyklonální situace* (SWa). Frontální zóna je v tomto případě posunuta nad severní oblasti Britských ostrovů a směřuje od jihozápadu k severovýchodu nad Skandinávii. Zejména v oblastech bližších frontální zóně může být zesíleno proudění teplého vzduchu. Rekordy denních maximálních teplot se při této situaci vyskytují v průběhu celého roku s o něco větší četností opět v chladnější polovině roku.

Třetí nejčastější výskyt rekordů denních TMAX v pražském Klementinu (34 případů) odpovídá *západní cyklonální situaci* (Wc). Hlavními tlakovými útvary jsou studená níže v oblasti Islandu a Norského moře a teplá tlaková výše se středem na západ od Pyrenejského poloostrova. Frontální zóna leží nad severem Německa a jižním Pobaltím. Pro tuto situaci platí podobná charakteristika jako pro SWc₂. Vyšší výskyt je opět v chladnější polovině roku, konkrétně od listopadu do března a stejné pravidlo platí i pro proudění vzduchu od západu, které je silnější právě v těchto měsících. Měsíc leden je při této situaci charakteristický vůbec nejčetnějším výskytem rekordních denních maxim teploty.

Čtvrtou a předposlední z pěti nejčastěji se vyskytujících situací (četnost 33 případů) - je *anticyklona nad střední Evropou* (A). Střed tlakové níže se nachází nad naším územím nebo poblíž našeho území. Nejčastěji ve druhé polovině období při této situaci, kdy se střed tlakové výše odsouvá na východ, dochází po zadní straně tlakové výše k pronikání velmi teplého vzduchu z jižních oblastí a následnému překonání rekordu TMAX pro daný den. Obvyklé pro tuto situaci je, že k dosažení rekordu dochází nejčastěji od února do září. V období od října do ledna je tato situace obvykle spojena s výskytem inverzního charakteru počasí, který brání překonávání rekordů a teplý vzduch proudí především ve vyšších hladinách.

Pátou velmi často (29) se vyskytující *situací* při výskytu rekordů denních maximálních teplot je *jižní anticyklonální* (Sa). Frontální zóna směřuje od jihozápadu z Biskajského zálivu přes Severní moře nad Skandinávii. Na naše území proudí od jihu až jihovýchodu velice teplý vzduch. Na podzim a v zimním období proudí teplý vzduch většinou pouze ve vyšších hladinách atmosféry a

nedochází k překonávání rekordních denních TMAX. Jejich výskyt je u *Sa* situace spjat s obdobím od března do října. Tento typ situace se nevyskytuje tak často během roku (oproti většině situací asi poloviční četnost výskytu – viz [14]), je zde ale největší pravděpodobnost, že pokud tato situace nastane, dojde k překonání rekordu denní maximální teploty.

Další typy povětrnostních situací nejsou z hlediska četnosti výskytu rekordů denních TMAX tolik významné. Jejich četnost se pohybuje od 0 do 10. Navíc část z nich je pouze případem, kdy během dne došlo ke změně povětrnostní situace a tak výskyt rekordu souvisel spíše s předchozí povětrnostní situací, kterou velice často byla jedna z pěti nejčastěji se vyskytujících.

Nejvyšší výskyt rekordů denních TMAX v období 1946 – 2006 připadá na červen (29 případů) a dále pak na leden a únor (oba 25 případů). Naopak měsíce s nejmenším výskytem rekordů denních TMAX jsou listopad (11 případů) a srpen (13 případů).

Na základě další analýzy bylo zjištěno, že v letech 1989 – 2006 byl proti období 1961 – 1990 mnohem vyšší výskyt situací *Wc* resp. *SWa* (například leden o 26 resp. 75 % vyšší; únor o 23 resp. 111 % vyšší). Při těchto situacích bylo často dosaženo rekordní denní TMAX. Nicméně změna četnosti situací v jednotlivých obdobích nebude jediným důvodem, proč v současnosti dochází k mnohem častějšímu překonávání dosavadních rekordů maximálních teplot vzduchu pro daný den, protože v některých měsících došlo i k většímu nárůstu situací, které nejsou typické pro překonávání do té doby platných rekordů denních maximálních teplot.

typ situace	počet výskytu situace v měsíci												počet výskytu situace
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	rok
A		2	5	2	4	9	3		8				33
Ap				1									1
B					3	1							4
Bp		1	1		1	3		1		1			8
C				1									1
Cv									1				1
Ea				1		3			3				7
Ec										2			2
NEa			2										2
NWa			1										1
NWc		1											1
Sa			1	3	8	1	7	3	3	3			29
SEa			1	1									2
SEc						2							2
SWa	5	7	2	3	1	2	3	2	2	9	2		38
SWc ₁			1	1			1	1					4
SWc ₂	5	7	4	6	2	2		1		3	6	9	45
SWc ₃								3	1			3	7
Vfz		1			1					1			3
Wa	2	1	1						1	2			7
Wal						4	4	2					10
Wc	13	4	3			2				2	3	7	34
Wcs		1											1

Tabulka 9. Výskyt typů povětrnostních situací v letech 1946-2006 při dosažení rekordního denního maxima teploty vzduchu

4.4 Dny s charakteristickými teplotami

Mezi hodnocené dny s charakteristickými teplotami byly zařazeny kromě tradičně posuzovaných (letní, tropické, ledové a mrazové) i některé, které svou hodnotou lépe vystihují změny v teplotních charakteristikách v průběhu jednotlivých období.

Vývoj rekordu s nejdřívějším TMAX > 20		
3.4.	1815	21,4
1.4.	1830	20,2
24.3.	1836	20,9
21.3.	1974	21,3
4.3.	1998	20,5
Vývoj rekordu s nejdřívějším letním dnem		
30.4.	1789	27,2
29.4.	1795	25,7
22.4.	1800	27,7
17.4.	1934	27,6
Vývoj rekordu s nejdřívějším tropickým dnem		
20.5.	1797	30,3
17.5.	1798	31,4
11.5.	1945	30,2
Vývoj rekordu s nejdřívějším TMAX > 35		
18.7.	1793	37
8.7.	1845	35
6.7.	1922	35,1
26.6.	1935	35,6
21.6.	2000	35,6
Vývoj rekordu nejpozdějšího tropického dne		
6.9.	1834	32,2
10.9.	1932	30
20.9.	1947	31,5
Vývoj rekordu nejpozdějšího letního dne		
29.9.	1798	25,9
30.9.	1866	25,5
1.10.	1890	25
4.10.	1929	27
6.10.	1942	26,1
17.10.	1967	25,5

Tabulka 10: Vývoje rekordů pro vybrané TMAX v období 1775-2006

V první řadě se zaměříme na vývoj a změny rekordních teplotních maxim v časové řadě. Byly vybrány stěžejní hodnoty od 20 °C do 35 °C včetně letních a tropických dnů a bylo zjišťováno, nakolik se v historii měnily z hlediska nejdřívější a naopak nejpozdější hodnoty v roce. Opět je zde znatelné posouvání hodnot ve 20. století, kdy jsou významně posouvány dosud platné nejdřívější či nejzazší hodnoty teplot. Nejvíce znatelným posunem je nejdřívější den

s maximální teplotou nad 20 °C, který byl v březnu 1998 posunut o celých 17 dní dřív. Podobně významného posunu se dočkal nejpozdější letní den, jehož hodnota se posouvala vždy jen o pár dnů než přišel 17. říjen 1967 a došlo k posunu o celých 11 dní dál.

Vývoj rekordu s nejdřívějším mrazovým dnem		
5.10.	1784	-1
5.10.	1912	-1,9
4.10.	1947	-0,3
Vývoj rekordu s nejpozdějším mrazovým dnem		
1.5.	1782	-0,8
3.5.	1850	-0,4
4.5.	1864	-0,3
5.5.	1864	-0,5
6.5.	1864	-1,6
19.5.	1876	-0,7

Tabulka 11: Vývoj rekordů denní TMIN < 0 °C v období 1775-2006

Nezbývá než ještě doplnit, na kdy připadají nejčasnější ledový den (21.10.1908) s hodnotou denní maximální teploty -0,2 °C a nejpozdější ledový den (9.4. 1812 a také 1842) s hodnotou maximální teploty -0,1 °C. V případě mrazových dní (tab. 11) je zcela patrná letitost rekordu s nejpozdějším mrazovým dnem, který platí již od roku 1876 (19. května) a je málo pravděpodobné, že by byl v nynějším teplém období překonán, protože naposledy byl mrazový den zaznamenán v květnu v roce 1935 (viz kapitola 4.2).

V průměrném ročním počtu letních, tropických i mrazových dnů došlo k dalším významným změnám. Od počátku období do roku 1990 byl průměrný počet letních dnů v roce 37, za poslední období od roku 1990 do současnosti stoupl průměrný počet letních dnů na 58. Mezi roky s největším počtem letních dnů patří rok 1834 (89 letních dnů), dále pak rok 2003 (83), rok 1868 (79) a shodně se 77 letními dny roky 1947 a 1992. Od roku 1917 nebyl počet letních dní nikdy nižší než 21, od roku 1988 dokonce nikdy nižší než 37 a od roku 1997 dokonce nikdy nižší než 49, zvláště tak teplé poslední desetileté období historie Klementina dosud nepamatuje. Pro úplnost je třeba dodat, že v letech 1815 se

vyskytlo jen 9 letních dnů, v letech 1844 resp. 1821 jen 8 resp. 6 letních dnů a v roce 1786 pouhých 5 letních dnů! V porovnání se současným průměrem (58) v posledním období 1990-2006 je to hodnota velice extrémní.

Průměrný počet tropických dnů stoupl rovněž významně a to z 5,7 dne za období 1775-1990 na 13,6 dne za období 1990-2006. Roky s největším počtem tropických dnů vycházejí opět zejména na poslední období. Nejvíce tropických dnů bylo v roce 2006 a to 30. V roce 2003 bylo zaznamenáno 28 tropických dnů a v letech 1947 a 1994 shodně 27 tropických dní. V celé historii měření v Klementinu je řada roků, kdy se tropické dny vůbec nevyskytly, dokonce v 19. století se v celém sedmiletém období 1812 až 1818 nevyskytnul žádný tropický den. Nicméně opět od roku 1917 se každý rok alespoň nějaký tropický den vyskytl. Zde lze zaznamenat určitou shodu s výskytem letních dní.

Zajímavý je i výskyt dnů s maximální teplotou nad 35 °C. Do roku 1990 vycházela šance na výskyt takového dne na jednou za 8 let, v období od roku 1990 se vyskytují dny s maximální denní teplotou přesahující 35 °C téměř každoročně.

Ke změnám však dochází i u tzv. ledových dní, kdy se denní maximální teplota udržuje pod bodem mrazu. Vůbec nejméně těchto dní bylo zaznamenáno v zimách 1793-4 a 1974-5, a to pouze jediný takový den, v zimě 2006-7 pak pouze 2 takové dny. Naopak nejvíce těchto dní bylo zaznamenáno už v dřívějších obdobích zejména v zimě 1783-4 (70 ledových dní), dále pak 1829-30 (65) a také v roce 1840 (64). Pro porovnání medializovaná zima 2005-6 měla pouhých 28 ledových dní, což odpovídá přibližně dlouhodobému průměru za období od roku 1775 do roku 1990, naopak od roku 1990 činí průměr ledových dní pouhých 16 na rok.

5. ZMĚNY DENNÍCH MAXIMÁLNÍCH A MINIMÁLNÍCH TEPLŮT

5.1 Vyhodnocovací metody

V klimatologii se často zabýváme analýzou a porovnáním dvou naměřených souborů dat, např. souborů teplot vzduchu naměřených ve stejném období na dvou stanicích nebo na jedné stanici během dvou různých období. V dalším se zaměříme na metody umožňující identifikovat rozdíly v pravděpodobnostních rozděleních, cílem je odhalit u analyzovaných souborů možné změny v čase, které mohou odhalit změny klimatu. Při zkoumání souborů naměřených dat použijeme neparametrické metody založené na kvantilech a zaměříme se také na 90% percentily a vyšší. Ty mohou více vypovědět o chování hodnot na chvostech rozdělení. Právě změny v oblastech na okrajích rozdělení mohou mít při změně klimatu vážný dopad na hospodářství i zdraví obyvatel, někdy i více než změny středů rozdělení.

Dvě statistická rozdělení je možné porovnávat graficky zobrazením odhadů hustoty pravděpodobnosti například pomocí histogramů nebo grafů typu Q-Q (kvantil-kvantil). Hypotézy o shodnosti rozdělení náhodných veličin se obvykle testují pomocí parametrických testů, jako je například t-test shodnosti středů (polohy) rozdělení nebo F-test rovnosti rozptylů („měřítka“). Tyto testy jsou ale citlivé na předpoklady o tvarech distribučních funkcí náhodných veličin. Dávají pouze omezený pohled na to, jak se rozdělení liší v některých důležitých detailech, např. na koncích – chvostech rozdělení, a jejich nasazení při výskytu časové závislosti (korelaci) po sobě jdoucích měření může být problematické. Například t-test nedokáže vystihnout změny v měřítku, naopak F-test není schopen postihnout změny středů rozdělení. A oba testy mají problémy pokud rozdělení není normální. I klasické testy shody rozdělení jako je chí-kvadrát test nebo Kolmogorovův test neposkytují příliš podrobností o rozdílech v distribučních funkcích.

V této práci bude dále použita jednoduchá technika, která zobrazuje více detailů rozdílů mezi dvěma rozděleními, např. změnu polohy, změnu rozptylu, změnu chvostů rozdělení, vybočující hodnoty. Tato technika nevyžaduje silné předpoklady o tvaru rozdělení, je přizpůsobitelná a může být zaměřena i na část rozdělení, například na hodnoty v horních nebo dolních koncích rozdělení [4].

Nechť X a Y jsou dvě náhodné veličiny, jejich distribuční funkce označme jako $F(x) = P(X \leq x)$ a $G(y) = P(Y \geq y)$, kde $P(A)$ je pravděpodobnost jevu A . Předmětem našeho zájmu budou následující hypotézy:

$$H_0: F(z) = G(z)$$

$$H_S: F(\sigma_X z) = G(\sigma_Y z)$$

$$H_L: F(\mu_X + z) = G(\mu_Y + z)$$

$$H_{LS}: F(\mu_X + \sigma_X z) = G(\mu_Y + \sigma_Y z),$$

kde z nabývá všech hodnot z intervalu $(-\infty, \infty)$ a μ_X, μ_Y a $\sigma_X > 0$ a $\sigma_Y > 0$ jsou neznámé konstanty. μ_X, μ_Y jsou míry polohy (location), σ_X a σ_Y jsou míry rozptýlenosti (scale). Hypotéza H_0 konstatuje nulový rozdíl mezi distribučními funkcemi F a G , H_S konstatuje rozdíl pouze v měřítku (rozptylu), hypotéza H_L konstatuje rozdíl pouze středů rozdělení (polohy) a nakonec H_{LS} rozdíl v měřítku i poloze rozdělení [4].

Rozdíly mezi F a G mohou být rovněž posuzovány pomocí kvantilů. Kvantil x_p spojitého rozdělení je hodnota, pro kterou platí $F(x_p) = p$. Při porovnávání rozdělení se používají různé kvantily, např. pro $p=0,01, 0,05, 0,1, 0,9, 0,95, 0,99$.

Na kvantilech jsou založeny i tři užitečné statistické parametry rozdělení, a to medián (míra polohy rozdělení), mezikvartilová odchylka (míra rozptýlenosti) a Yule-Kendallová míra šikmosti:

$$m_X = \hat{x}_{0,5}$$

$$s_X = \hat{x}_{0,75} - \hat{x}_{0,25}$$

$$a_X = (\hat{x}_{0,75} - 2\hat{x}_{0,5} + \hat{x}_{0,25}) / s_X$$

Kvantilům rozdělení $p=0,90, 0,95, 0,98$ a $0,99$ odpovídají příslušné tzv. N-leté hodnoty meteorologické veličiny [10]. Hodnota vyšší než 90% kvantil ($x_{0,90}$) se vyskytne v průměru jednou za deset let, hodnota vyšší než 95% kvantil jednou za dvacet let atd.

Výše uvedené hypotézy se pak pomocí kvantilů dají vyjádřit následovně:

$$H_0: y_p = x_p$$

$$H_S: y_p = \sigma_Y(x_p/\sigma_X)$$

$$H_L: y_p = \mu_Y + (x_p - \mu_X)$$

$$H_{LS}: y_p = \mu_Y + \sigma_Y (x_p - \mu_X) / \sigma_X ,$$

pro $0 < p < 1$.

Na pravé straně výrazů jsou kvantily rozdělení F, které bylo transformováno tak, aby mělo tentýž rozptyl, střed, polohu i střed jako G [4].

Důležité informace o platnosti hypotéz H_0 až H_{LS} můžeme získat z tzv. Q-Q grafu (graf kvantil-kvantil). V tomto grafu jsou na vertikální ose kvantily prvního souboru, na horizontální ose kvantily druhého souboru a vynášeny jsou pro různá p dvojice hodnot odpovídajících kvantilů, přesněji řečeno jejich odhadů, tj. percentilů y_p a x_p . Pokud jsou rozdělení F a G totožná, pak dvojice percentilů leží na přímce $x=y$ (na níže uvedených grafech diagonála z levého dolního rohu do pravého horního rohu). Pokud platí hypotéza H_L , je tato přímka s předešlou rovnoběžná, ale posunutá oproti původní buď nahoru nebo dolů. Pokud se rozdělení liší v rozptýlenosti, není přímka proložená dvojicemi kvantilů s přímkou odpovídající hypotéze o rovnosti distribučních funkcí rovnoběžná. Na Q-Q grafech je dobře poznat i rozdíl ve chvostech rozdělení.

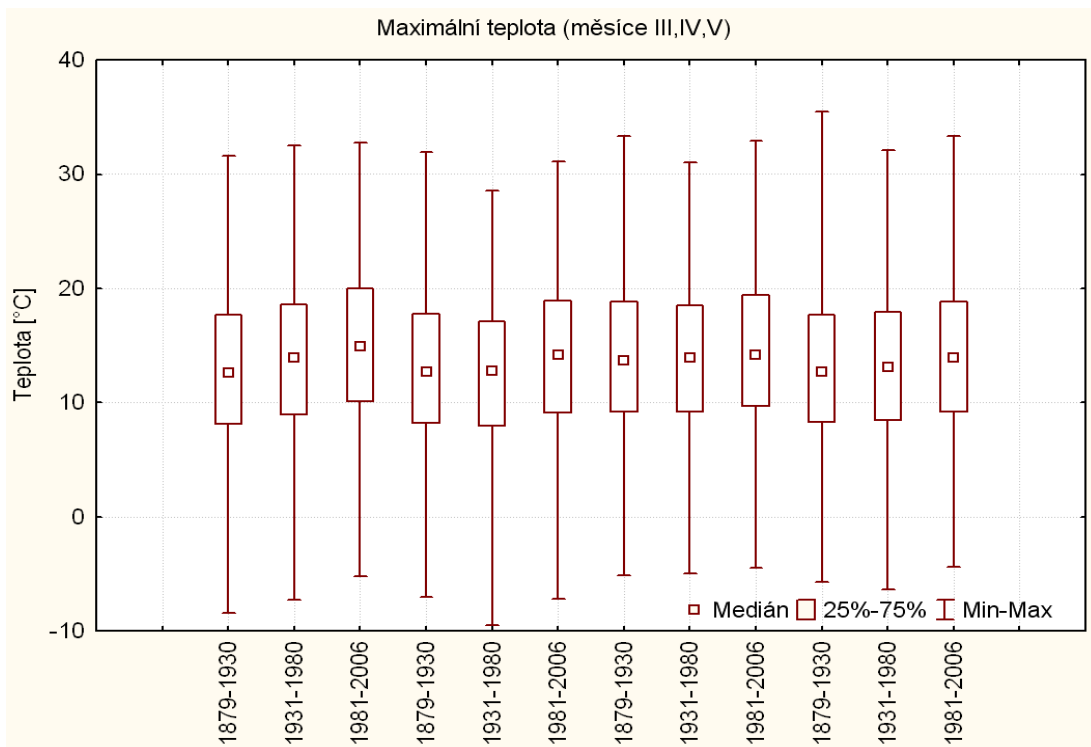
5.2 Změny denních maximálních a minimálních teplot vzduchu v Praze – Klementinu a na vybraných stanicích v okolních zemích v období 1879 - 2006

Pro srovnání s okolními státy byly zvoleny tři stanice, které jsou zahrnuty do projektu „The European Climate Assessment & Dataset project ECA&D”. Konkrétně se jedná o rakouskou stanicí Kremsmünster (48°03' s.š. a 14°08' v.d., 383 m n.m.), která funguje od roku 1762 na neměnném místě a je tedy poměrně vhodná k porovnání. Další dvě stanice se nachází na území Německa. První

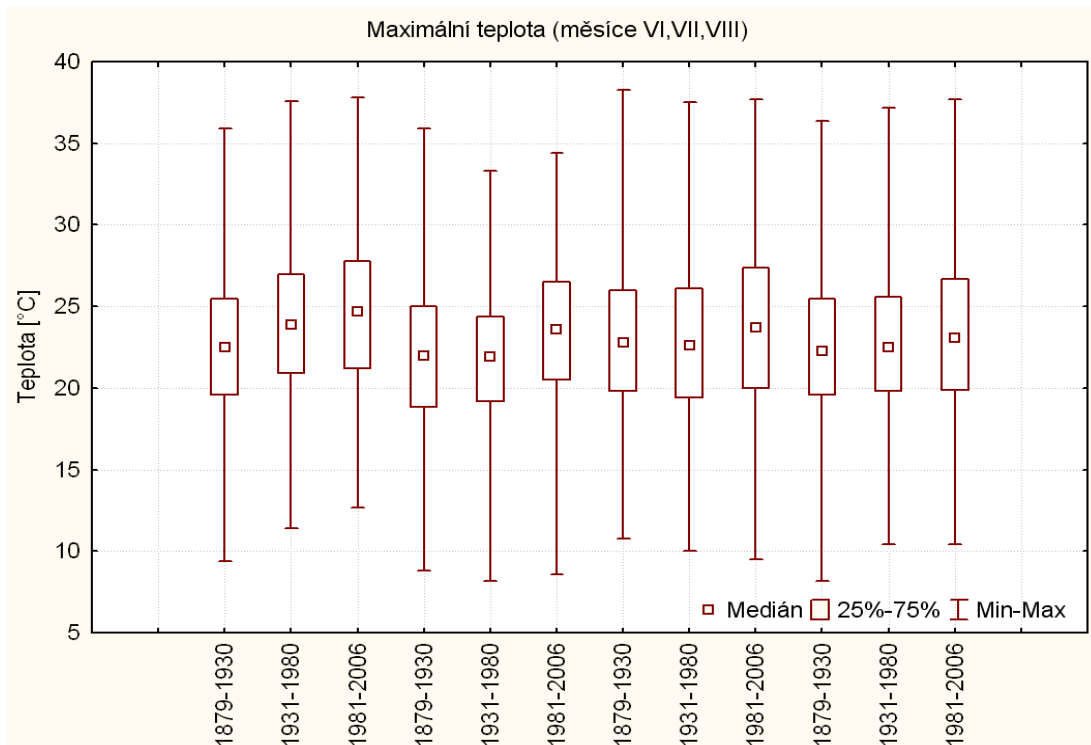
stanice Bamberg (49°53' s.š. a 10°53' v.d., 282 m n.m.) je blízko západních hranic s ČR, tedy má poměrně příhodnou geografickou a také klimatickou polohu. Druhou německou a zároveň poslední vybranou stanicí je Berlín (52°27' s.š. a 13°18' v.d., 55 m n.m.). Berlín má klima sice více oceánské, přesto srovnání jeho teplotní řady s řadou v pražském Klementinu může být zajímavé. Období od roku 1879 bylo zvoleno z důvodu, že se jednalo o nejzažší bod, do kterého měly všechny čtyři zmíněné stanice v projektu nepřerušenu řadu teplotních měření a zároveň toto datum přibližně odpovídá době, od které se v pražském Klementinu začaly používat maximální a minimální teploměry.

V krabicových grafech na obr. 5a až 5d jsou uvedeny základní charakteristiky rozdělení denních maximálních teplot vždy ve třech obdobích 1879-1930 (první období), dále 1931-1980 (druhé období) a nakonec 1981-2006 (třetí období) pro každou stanicí v pořadí Praha – Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín postupně pro jarní, letní, podzimní a zimní měsíce. Z grafů vyplývá, že k nejmenším změnám mediánů během zvolených tří období došlo v jarních a podzimních měsících, kde lze zaznamenat změny zejména u Klementina a Kremsmünsteru. Na německých stanicích není posun středů rozdělení maximálních teplot k vyšším hodnotám nijak patrný. Naopak v zimních a letních měsících je posun mediánů směrem k vyšším hodnotám zřetelný na všech porovnávaných stanicích. O posunu rozdělení kvartilů ve všech ročních obdobích svědčí i hodnoty horních a dolních kvartilů. Vývoj absolutního rozpětí hodnot (nejvyšší maximum mínus nejnižší maximum) je zajímavý zejména na podzim, kdy jsou nejvyšší maxima teploty za období 1931 až 1980 na všech stanicích vyšší než v období 1981 až 2006. V dalších sezónách toto chování patrné není kromě zimního období, kdy u nejvyšších i nejnižších maxim je na většině stanic posun směrem k vyšším hodnotám.

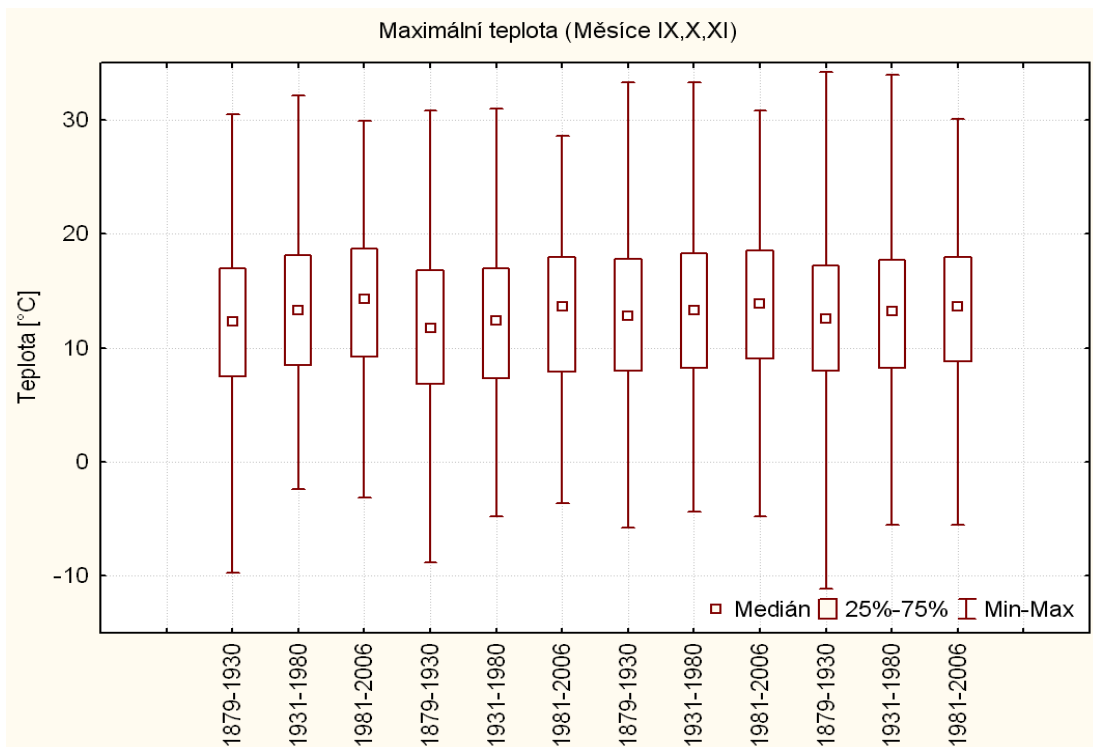
V krabicových grafech na obr. 6a až 6d jsou uvedeny základní charakteristiky rozdělení denních minimálních teplot vždy ve třech obdobích 1879-1930 (první období), dále 1931-1980 (druhé období) a nakonec 1981-2006 (třetí období) pro každou stanicí v pořadí Praha – Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín postupně pro jarní, letní, podzimní a zimní měsíce. Z grafů vyplývá, že k nejmenším změnám u minimálních teplot došlo v podzimních a zimních měsících, kde je zřetelný posun mediánů směrem k vyšším hodnotám



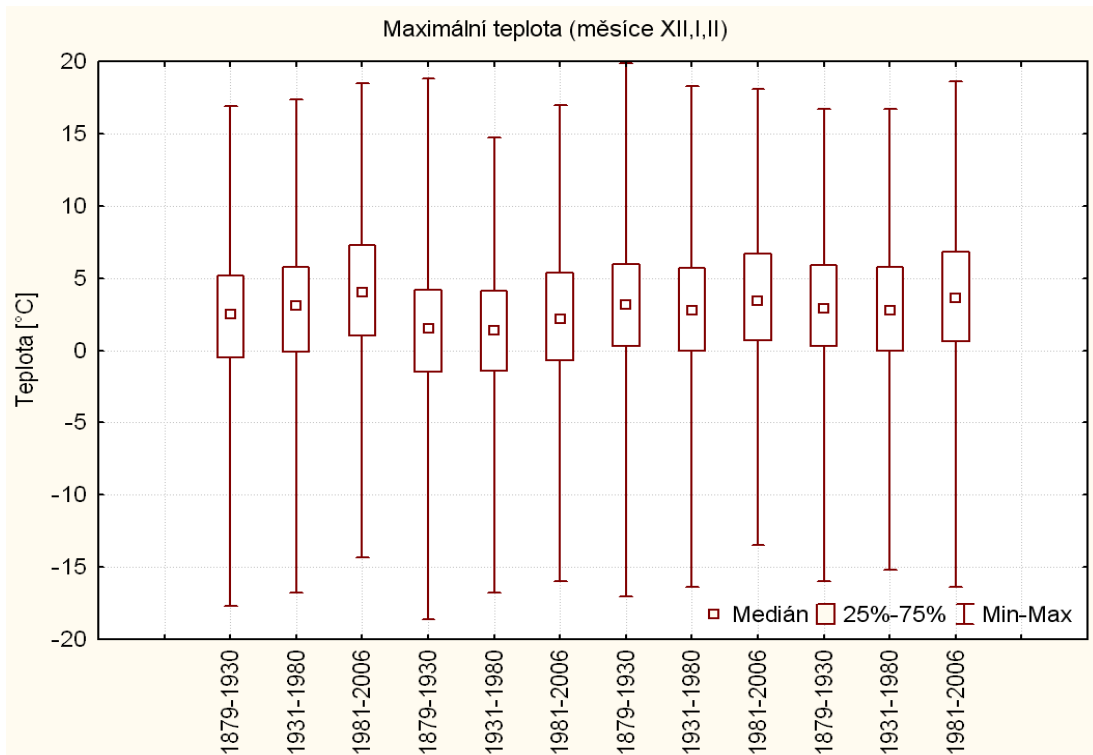
Obr. 5a: Krabicové grafy pro denní maximální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v jarních měsících



Obr. 5b: Krabicové grafy pro denní maximální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v letních měsících

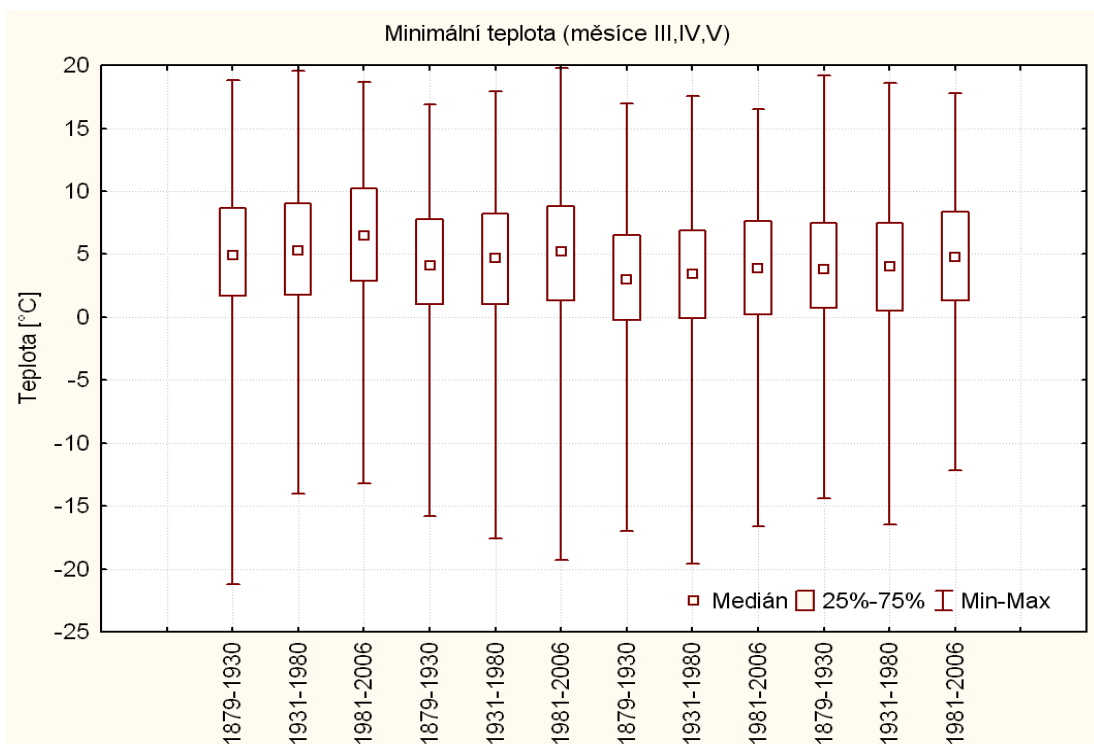


Obr. 5c: Krabicové grafy pro denní maximální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v podzimních měsících

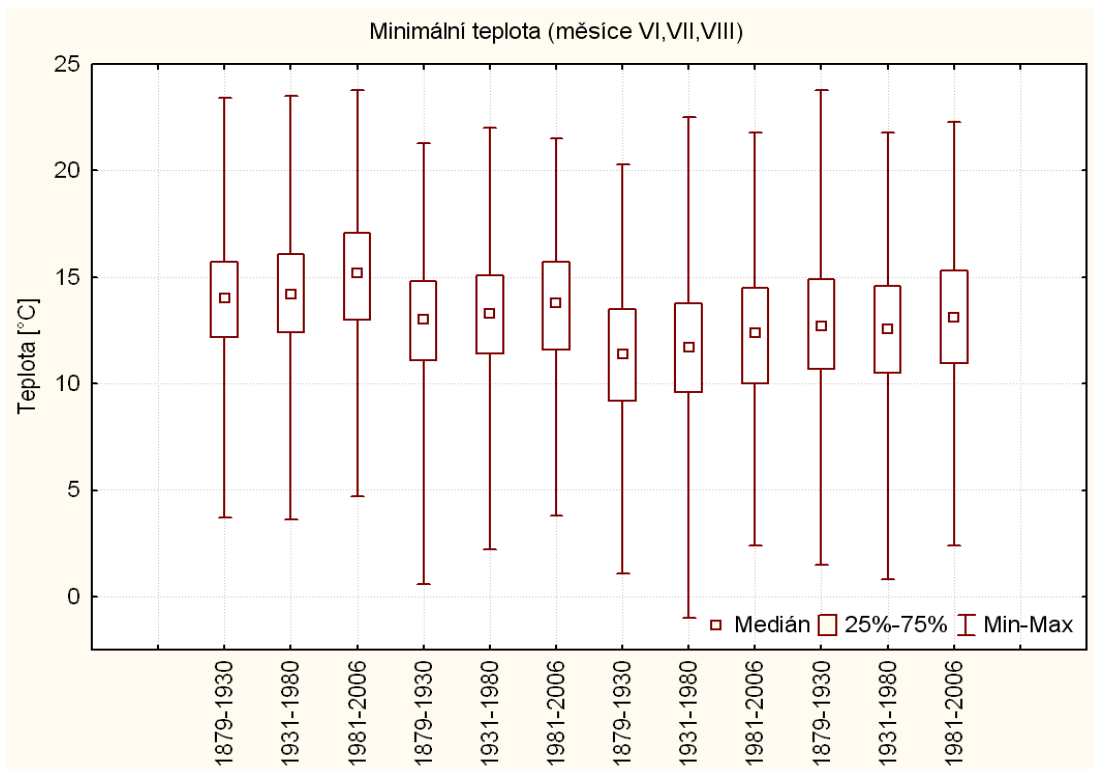


Obr. 5d: Krabicové grafy pro denní maximální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v zimních měsících

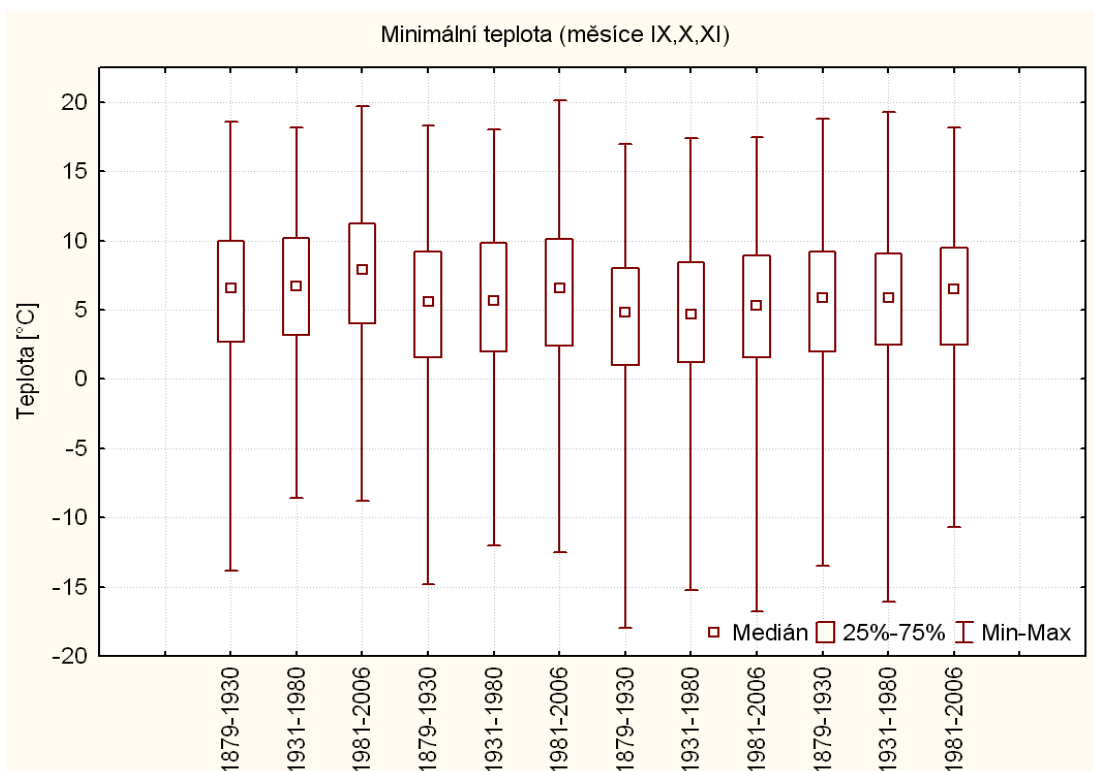
pouze u pražského Klementina. Přesto i na ostatních stanicích je slabý vzestup středních hodnot rozdělení zaznamenán. Zřetelnější posun směrem k vyšším hodnotám mediánu je patrný v případě jarních a letních sezón a to u všech porovnávaných stanic. Nejvíce zřetelný je tento posun zejména mezi druhým a třetím obdobím, tedy mezi 1931-80 a 1981-2006. Patrný je však i mezi prvním a druhým obdobím. V případě Klementina je posun mediánů směrem nahoru nejvyšší. O posunu rozdělení kvartilů ve všech ročních obdobích na všech stanicích svědčí i hodnoty horních a dolních kvartilů podobně, jako tomu bylo v případě maximálních teplot. Vývoj absolutního rozpětí hodnot je v případě minimálních teplot zajímavý v zimě (obr. 6d), kde je v po sobě jdoucích třech obdobích poměrně významný vzestup hodnot nejnižších minim, který značí úbytek velice silných mrazů v zimních měsících. Výjimkou je stanice Kremsmünster, kde není pozorován podobný trend. V dalších hodnotách nejnižších a nejvyšších minimech v daných obdobích není patrný žádný jednoznačný trend.



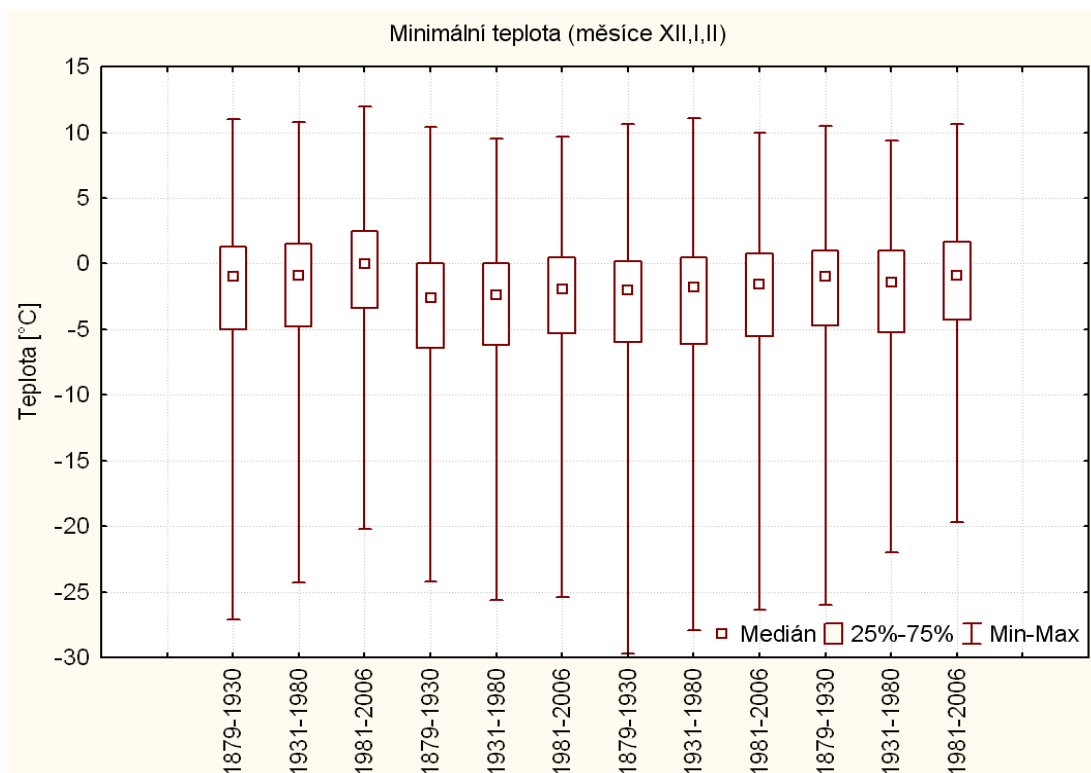
Obr. 6a: Krabicové grafy pro denní minimální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v jarních měsících



Obr. 6b: Krabicové grafy pro denní minimální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v letních měsících



Obr. 6c: Krabicové grafy pro denní minimální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v podzimních měsících

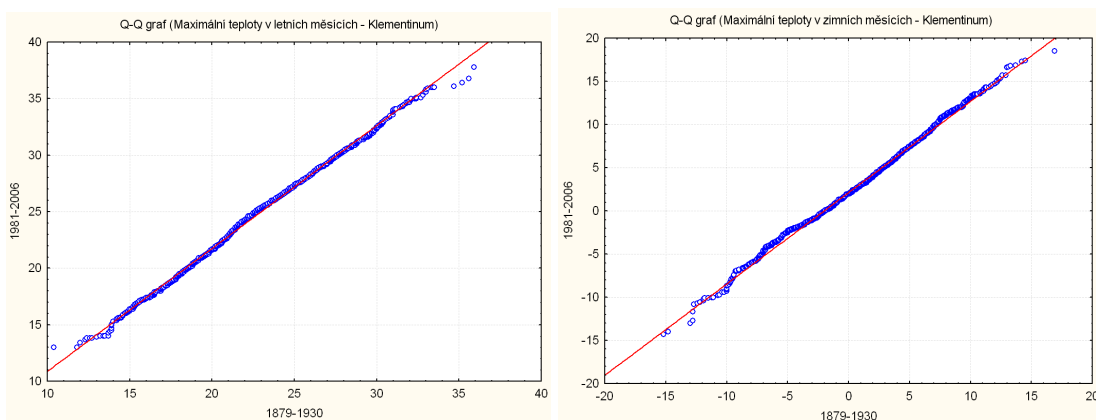


Obr. 6d: Krabicové grafy pro denní minimální teploty ve třech obdobích pro stanice v pořadí Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín v zimních měsících

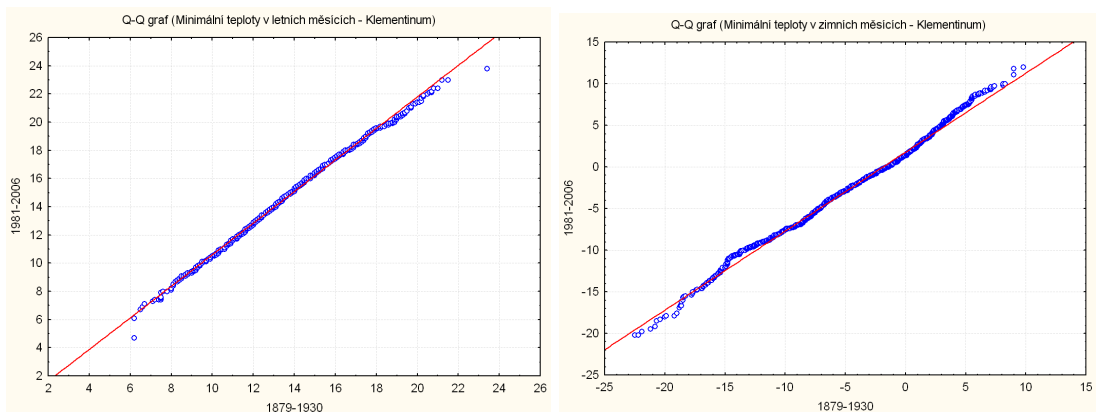
K identifikaci změny statistického rozdělení mohou rovněž posloužit tzv. kvantil-kvantil (Q-Q) grafy. Pokud by platila hypotéza H_0 o rovnosti dvou distribučních funkcí, pak v grafu typu Q-Q by hodnoty ležely na přímce, která má při shodném rozsahu obou os počátek v levém dolním rohu grafu a končí v rohu vpravo nahoře. Q-Q grafy byly spočítány pro všechny analyzované stanice a roční období.

Pro stanice Praha-Klementinum, Kremsmünster, Bamberg a Berlín byly pro jaro, léto, podzim a zimu vypočítány odhady kvantilů a vytvořeny Q-Q grafy. Z velkého množství grafů, na kterých se porovnávají rozdělení TMAX a TMIN byly pro ilustraci vybrány grafy pro dvě zvolená období 1981-2006 a 1879-1930 pro letní a zimní měsíce na stanici v Praze - Klementinu uvedené na obr. 7a až 7d, které ukazují na typické rozdíly mezi oběma obdobími. Rovnost distribučních funkcí v obou obdobích by znázorňovala přímka procházející počátkem a směřující do pravého horního rohu grafu. Q-Q grafy většinou ukazují na posun středů rozdělení i změnu rozptýlenosti a na značné rozdíly v koncích rozdělení, nesvědčí tedy ve prospěch hypotézy H_0 . Na obr. 7a např. vidíme, že v období

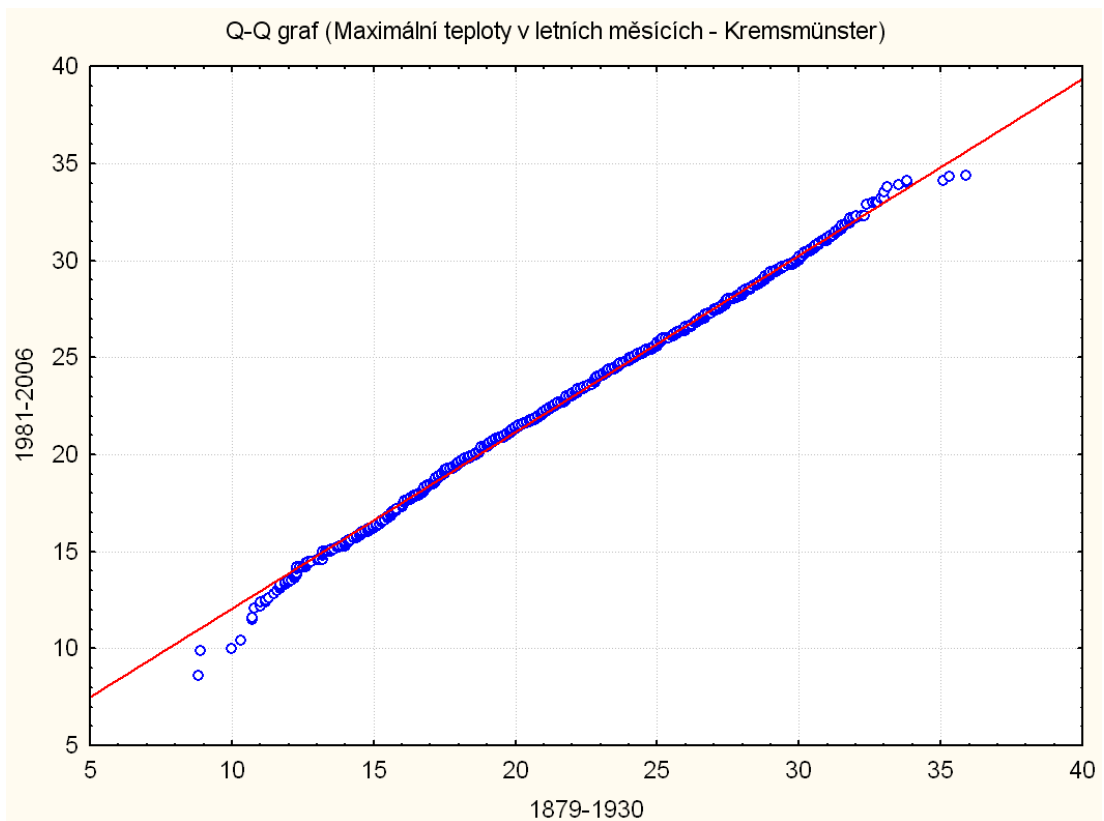
1981-2006 došlo ve srovnání s obdobím 1879-1930 především ke změně rozptylu (graf odpovídá hypotéze H_S). Značné rozdíly jsou u chvostů (konců) rozdělení, zejména na levých koncích rozdělení. Obr. 7b až 7d ukazují především na posun středu rozdělení v období 1981-2006 směrem k vyšším hodnotám teploty, v zimě u TMAX pak na protažení pravého chvostu rozdělení směrem k vyšším teplotám ve srovnání s předchozím obdobím, u TMIN vidíme stejné chování v případě letních měsíců. Na posuny 10% a 90% kvantilů denní maximální a minimální teploty vzduchu v období 1961-2000 je poukázáno i v [9]. Další stanice mají velice podobné chování, změny jsou v některých případech pouze o něco menší, ale charakter změn zůstává podobný (obr. 7e,f).



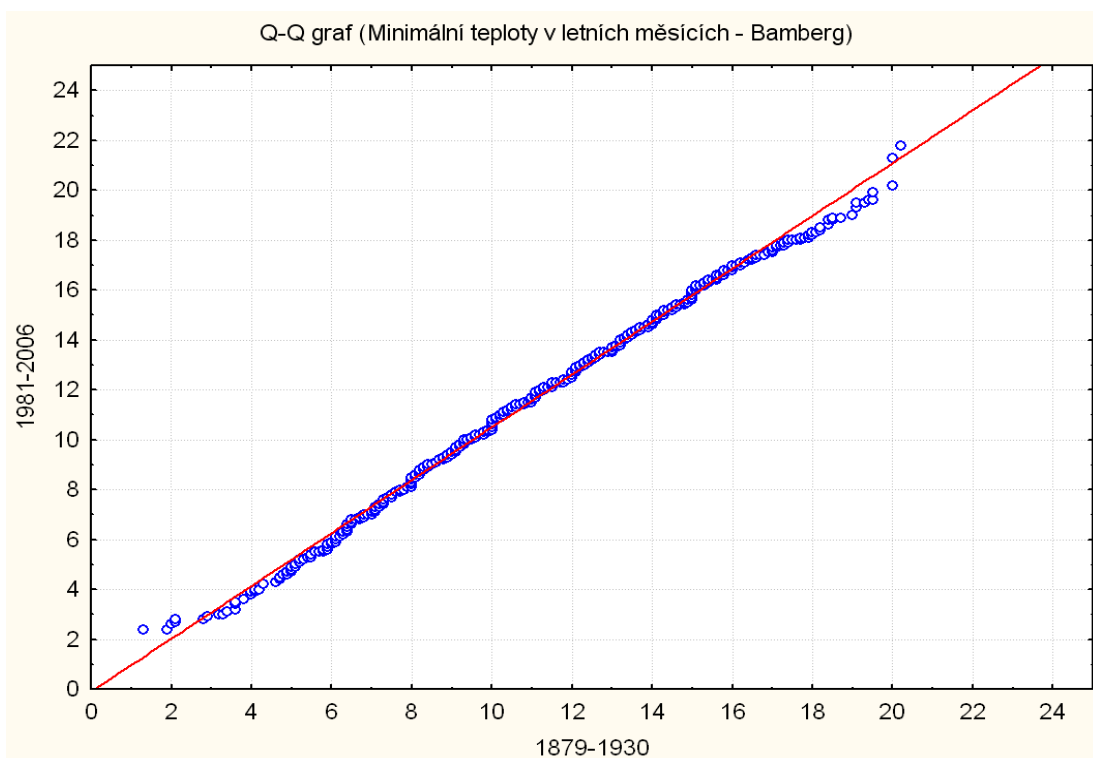
Obr. 7a, b: Q-Q graf porovnávající období 1879-1930 vs. 1981-2006 pro soubory denních maximálních teplot vzduchu v letních (a) a zimních (b) měsících na stanici Praha-Klementinum



Obr. 7c, d: Q-Q graf porovnávající období 1879-1930 vs. 1981-2006 pro soubory denních minimálních teplot vzduchu v letních (c) a zimních (d) měsících na stanici Praha-Klementinum



Obr. 7e: : Q-Q graf porovnávající období 1879-1930 vs. 1981-2006 pro soubory denních maximálních teplot vzduchu v letních měsících na stanici Kremsmünster



Obr. 7f: : Q-Q graf porovnávající období 1879-1930 vs. 1981-2006 pro soubory denních minimálních teplot vzduchu letních měsících na stanici Bamberg

5.3 Změny denních maximálních a minimálních teplot vzduchu v Praze – Klementinu a v porovnání se stanicemi v Čechách v letech 1961-2006

Pro porovnání v rámci České republiky byly vybrány následující stanice: Klatovy, Semčice, Žatec, Doksany a dále pak stanice z poloh nad 700 metrů nad mořem Přimda a Milešovka. Typicky mimoměstská stanice Doksany je zvolena z důvodu porovnání s typicky městskou stanicí v Praze-Klementinu a možnému zjištění vlivu tepelného ostrova. Další stanice byly vybrány vzhledem k vhodné délce řady a také vzhledem k nadmořské výšce.

Srovnávací období bylo rozděleno na dvě období se stejnou délkou tedy 23 let z důvodu lepšího vzájemného srovnání například v četnostech výskytu teplot. První období je od roku 1961 do roku 1983 a druhé období sahá od roku 1984 do současnosti resp. roku 2006.

Z velkého množství grafických výstupů byly vybrány zejména význačnější srovnávací histogramy (obr. 8a až d a obr. 9a až b), dále všechny krabicové grafy (obr. 10a až d a 11a až d) a některé vybrané grafy typu kvantil-kvantil (obr. 12a a 12b).

Ze všech srovnání vyplynuly velmi zajímavé poznatky: v jarních měsících (obr. 8a) dochází v období 1984 až 2006 u TMAX k výraznému úbytku (o přibližně 20 % ve srovnání s obdobím 1961 až 1984) četností v intervalu 5 až 10 °C, což potvrzuje i stanice Doksany resp. horská stanice Milešovka pro logicky posunutý interval 0 až 5 °C. Naopak výrazně přibylo četností v intervalu 20 až 25 °C (nárůst četností cca o 40 %) a také v následném intervalu 25 až 30 °C (nárůst cca o 50 %). Stejně chování pak potvrdila stanice Doksany a opět v intervalech posunutých o 5 °C směrem k nižším hodnotám také stanice Milešovka.

V letních měsících (obr. 8b) dochází v posledním období u maximálních teplot k výraznému úbytku četností nejvíce v intervalu 15 až 20 °C (úbytek o 25 %), naopak přibývá výrazně četností v intervalech 25 až 30 °C (nárůst o 15 %) a také 30 až 35 °C (nárůst o 45 %). Podobný trend je patrný i na stanici Doksany a

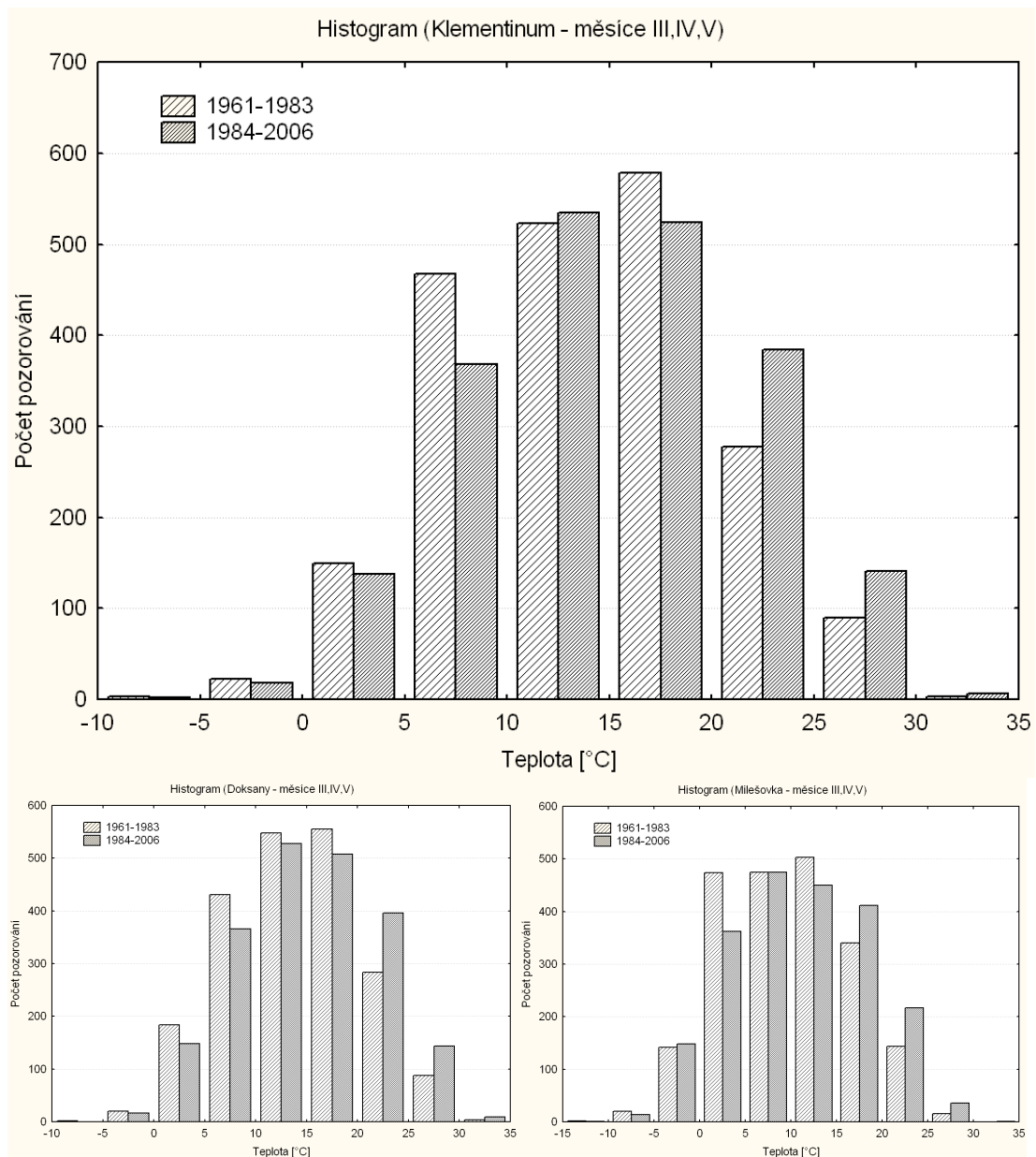
úbytky a nárůsty ve stejných intervalech jsou ještě o něco výraznější. Patrný je u Doksan i viditelný nárůst četnosti v nejvyšším intervalu 35 až 40 °C. Také Milešovka posunuta opět o přibližně 5 °C směrem k nižším hodnotám potvrzuje stejnou tendenci.

V podzimních měsících (obr. 8c) je u maximálních teplot určitá změna oproti předchozím ročním obdobím. Téměř beze změn zůstávají krajní intervaly. V dalších intervalech je opět znatelný, ale méně výrazný posun rozdělení směrem k vyšším hodnotám, přesto největší poklesy četností v intervalech 5 až 10 °C a 10 až 15 °C jsou pouze o cca 10 %, stejně tak i největší nárůst četnosti je pro interval 15 až 20 °C je jen o 15 %. Stanice Doksany opět potvrzuje prakticky stejný trend, naopak srovnání s Milešovkou vyznívá zcela opačně. Pro tytéž intervaly má Milešovka místo nárůstu četností jejich pokles a místo poklesu má nárůst. Tento jev lze pravděpodobně vysvětlit především zvýšeným výskytem inverzních situací pod 1000 metrů nad mořem v říjnu a v listopadu nad územím Čech.

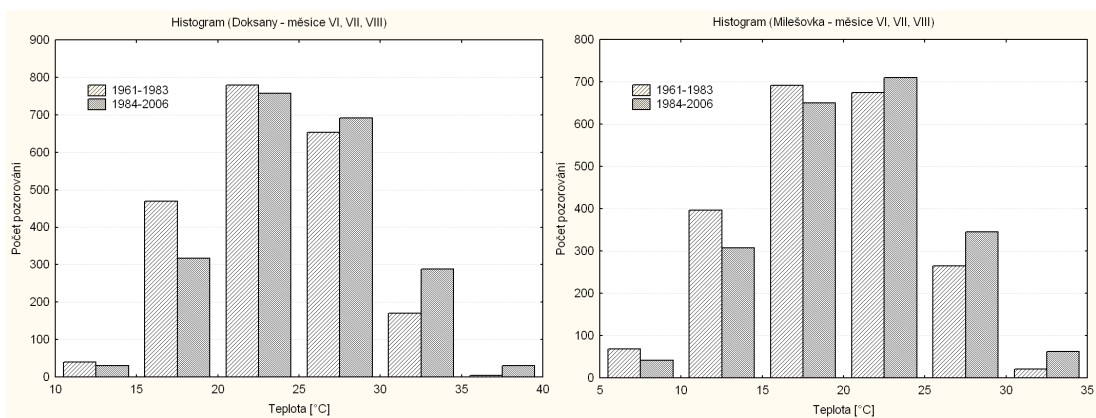
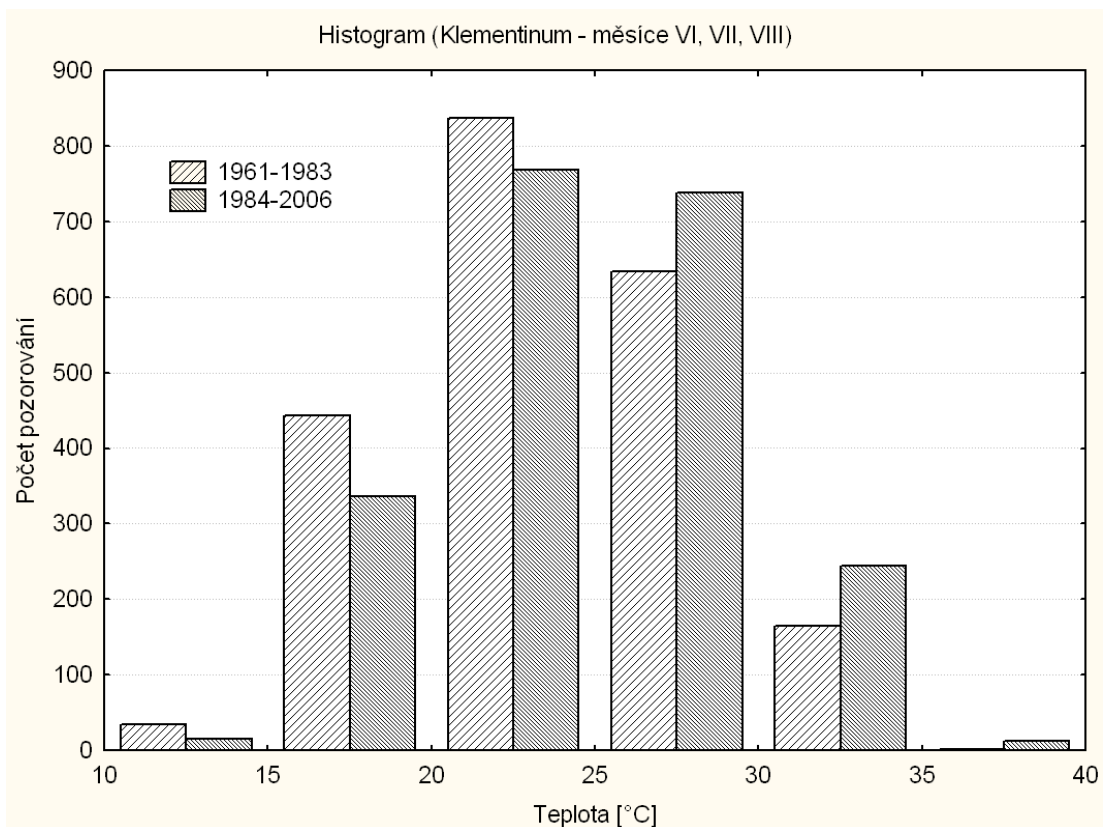
V zimních měsících (obr. 8d) je v případě maximálních teplot opět významnější posun četností v období 1984 až 2006 směrem k vyšším hodnotám než bylo zaznamenáno v případě podzimních měsíců. V intervalu -10 až -5 °C je úbytek četností o 50 %, v intervalu -5 až 0 °C o 20 % a v intervalu 0 až 5 °C je úbytek o 15 %. Naopak přibylo četností v intervalech 5 až 10 °C o 15 %, v následném intervalu 10 až 15 °C došlo vůbec k nejvyššímu nárůstu četností o 110 % a viditelně se projevuje i interval 15 až 20 °C, který měl téměř nulovou četnost v období 1961 až 1983. Srovnávací stanice Doksany a Milešovka se v zimních měsících chovají téměř totožně.

Pro denní minimální teploty byly vybrány jarní (obr. 9a) a zimní měsíce (obr. 9b), kde se v období 1984 až 2006 proti předchozímu opět objevil posun směrem k vyšším hodnotám, nicméně nebyl tak zřetelný jako u maximálních denních teplot. V jarních měsících (obr. 9a) se projevil nejvíce úbytek četností o 15 % v intervalu 0 až 5 °C, naopak přibylo četností v intervalu 10 až 15 °C asi o 15 % a také v intervalu 15 až 20 °C, kde je asi trojnásobná četnost oproti období 1961 až 1983. Naopak v intervalech nízkých teplot nejsou znatelné větší změny. Tyto trendy potvrzují z valné části také stanice Doksany a Milešovka. V zimních měsících (obr. 9b) není patrná neměnnost v nízkých intervalech, ale je pozorován

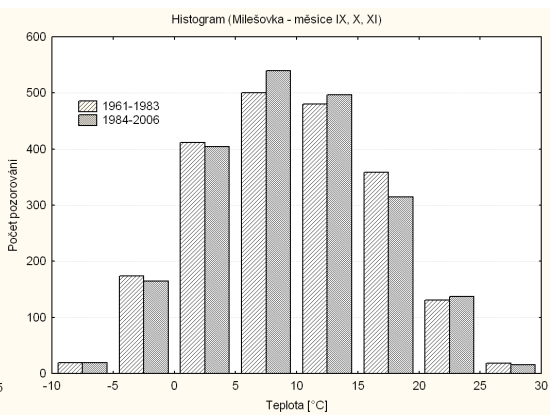
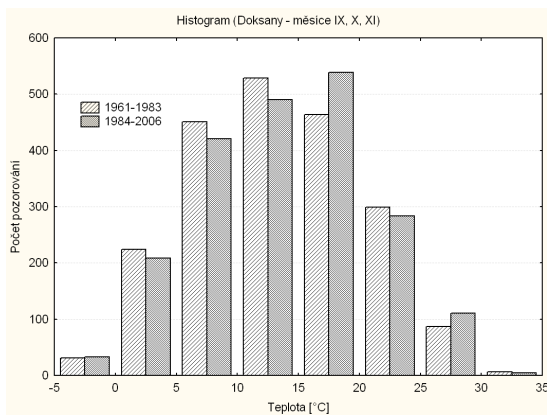
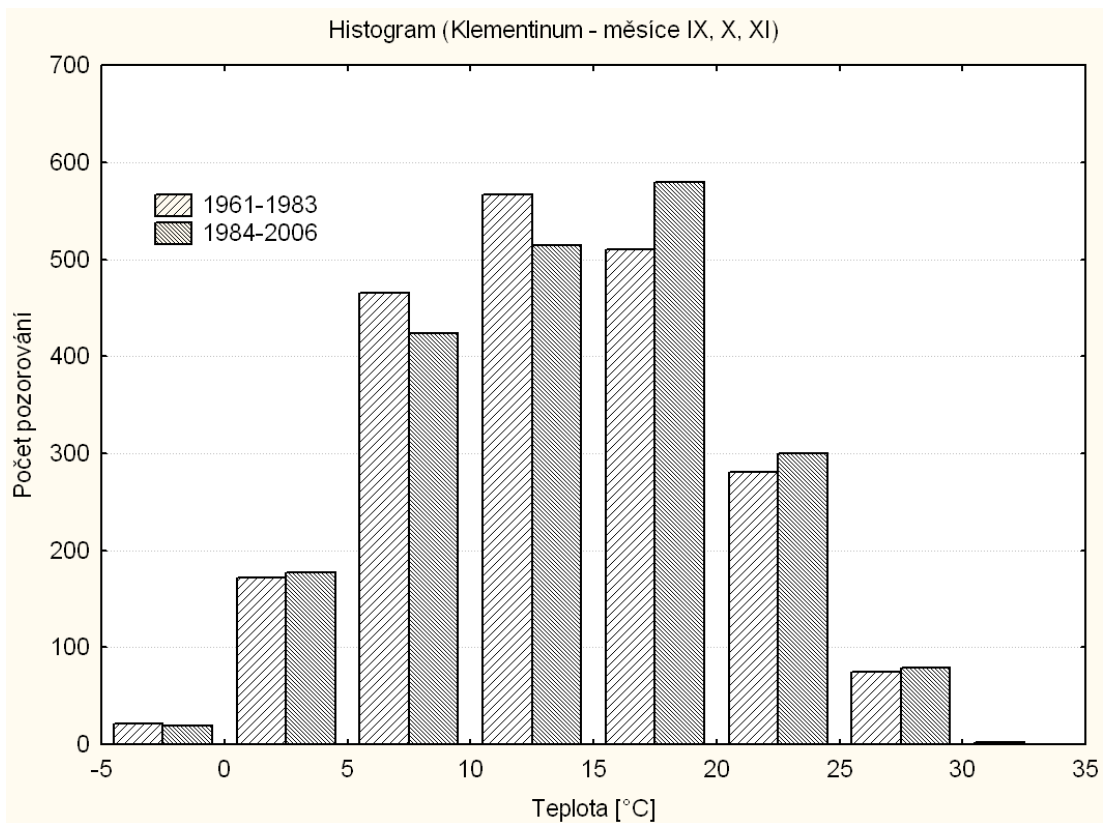
úbytek. Ve vyšších intervalech se minimální denní teploty v zimních měsících v Klementinu chovají obdobně jako v jarních. Nárůsty byly zaznamenány v intervalech 0 až 5 °C a 5 až 10 °C. Podobné je to v Doksanech. U Milešovky je trend také stejný, opět při posunutí zhruba o 5 °C níže.



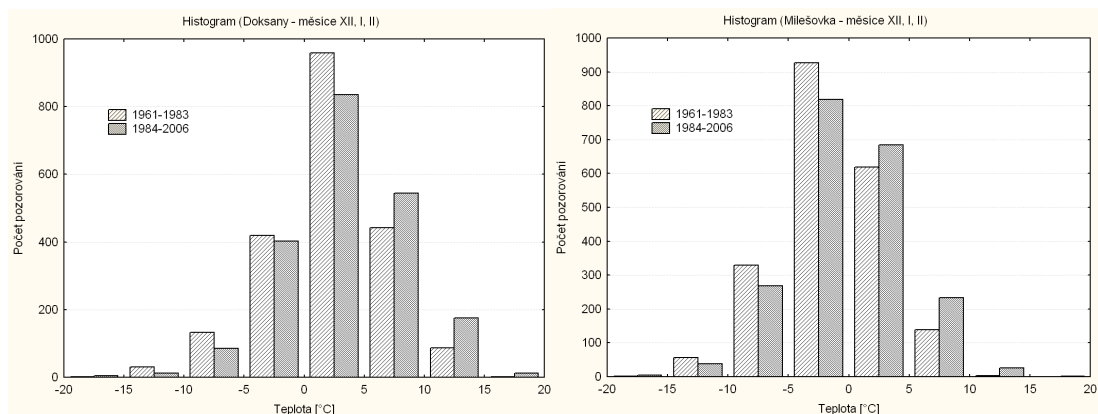
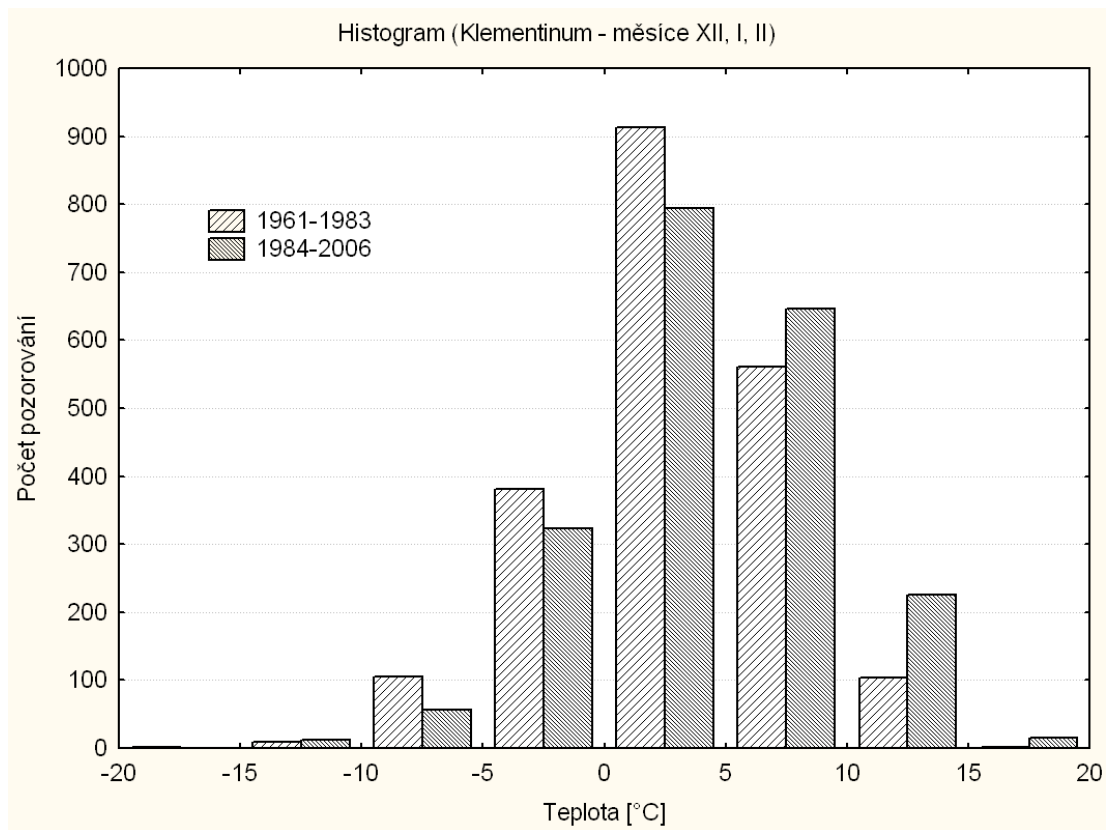
Obr. 8a:
Histogramy denních maximálních teplot pro jarní měsíce v Praze-Klementinu v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a Milešovka



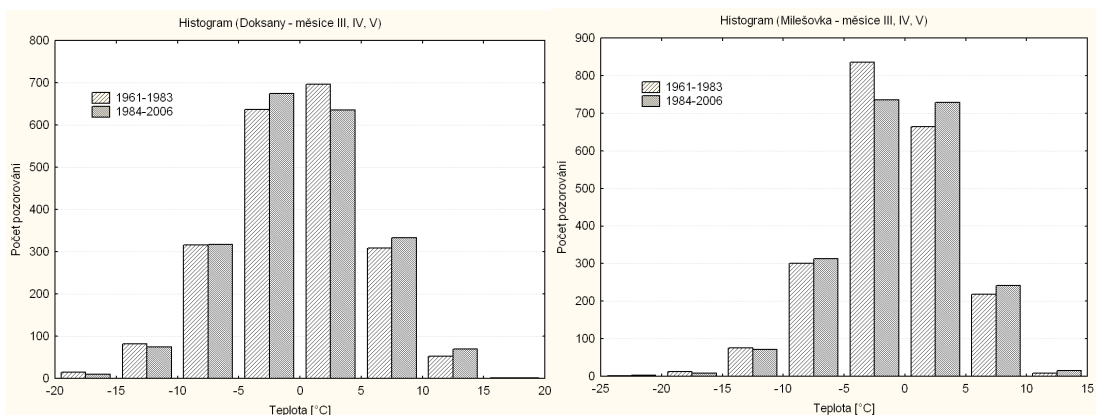
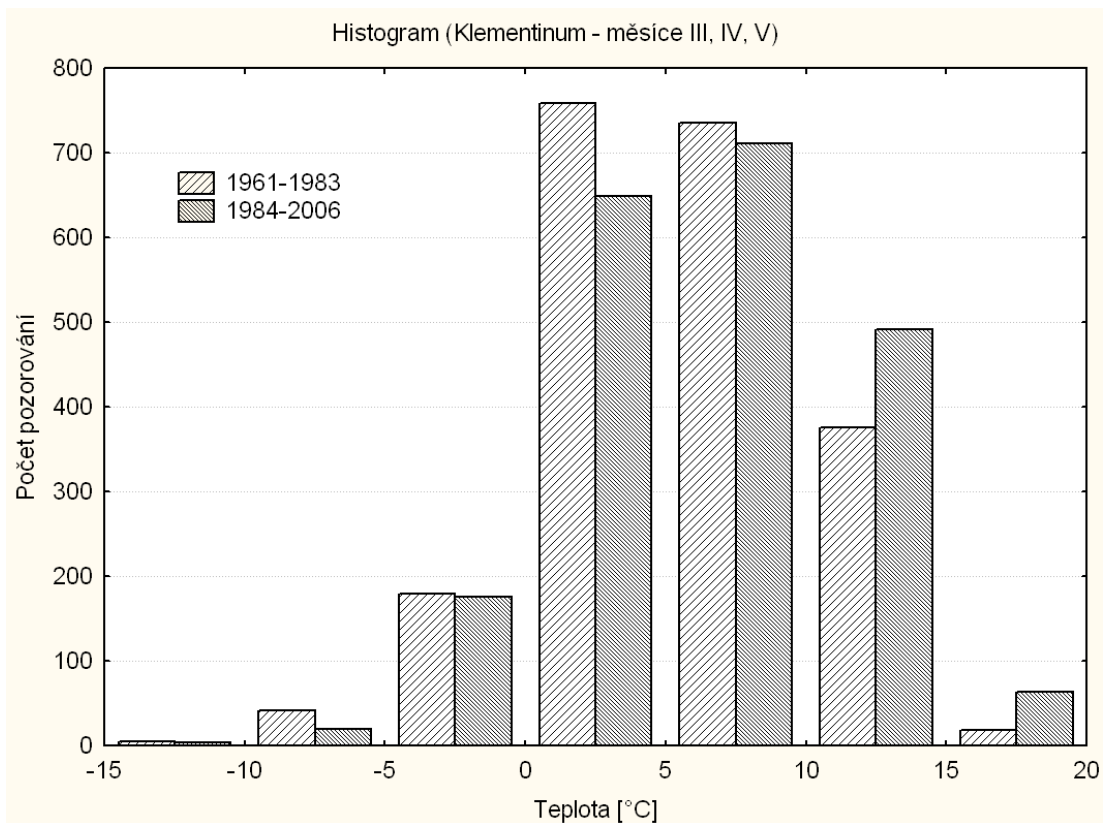
Obr. 8b:
 Histogramy denních maximálních teplot pro letní měsíce v Praze-Klementinu v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a Milešovka



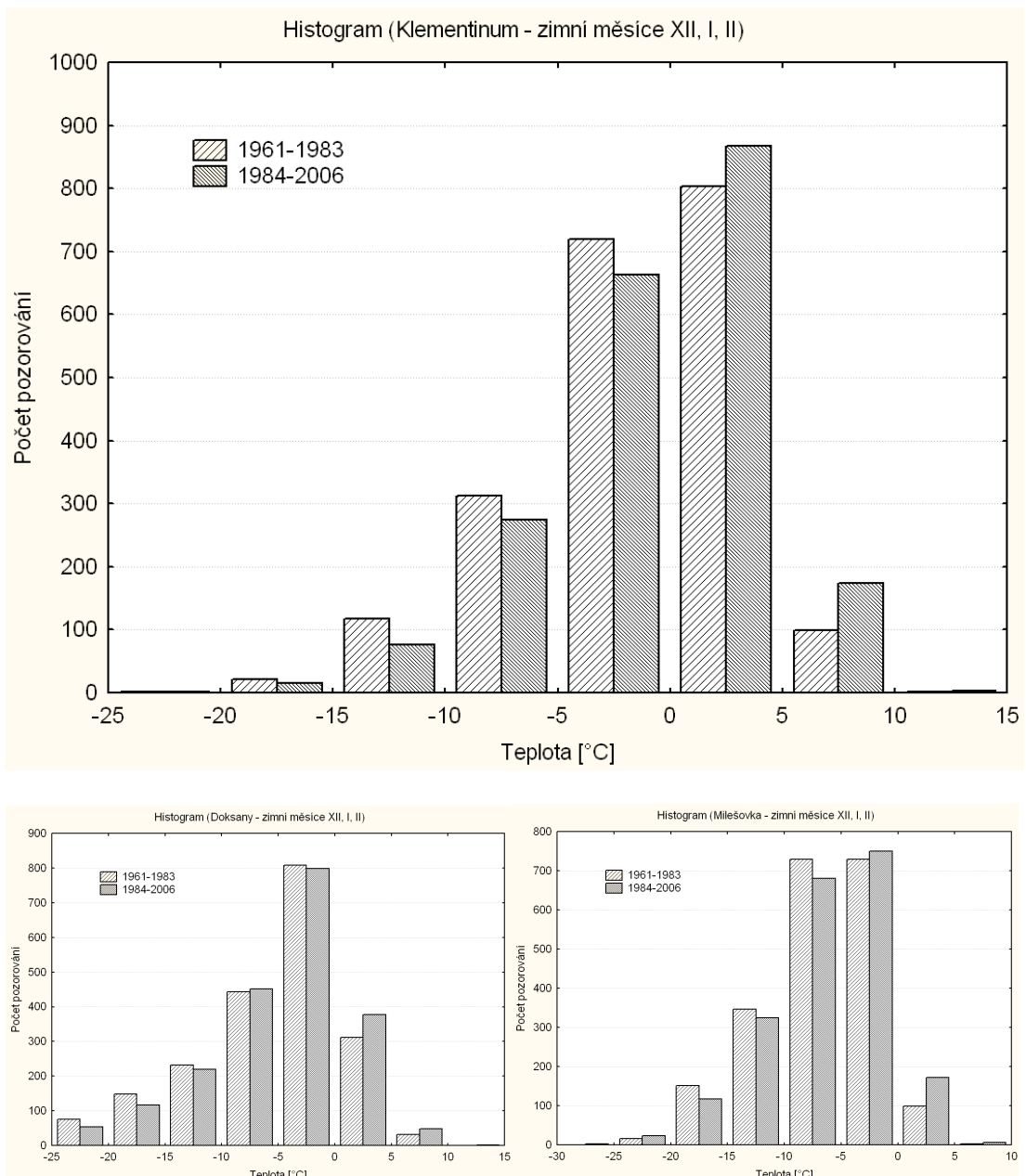
Obr. 8c:
Histogramy denních maximálních teplot pro podzimní měsíce v Praze-Klementinu v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a Mlešovka



Obr. 8d:
Histogramy denních maximálních teplot pro zimní měsíce v Praze-Klementinu v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a Milešovka



Obr. 9a:
 Histogramy denních minimálních teplot pro jarní měsíce v Praze-Klementinu
 v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a
 Milešovka



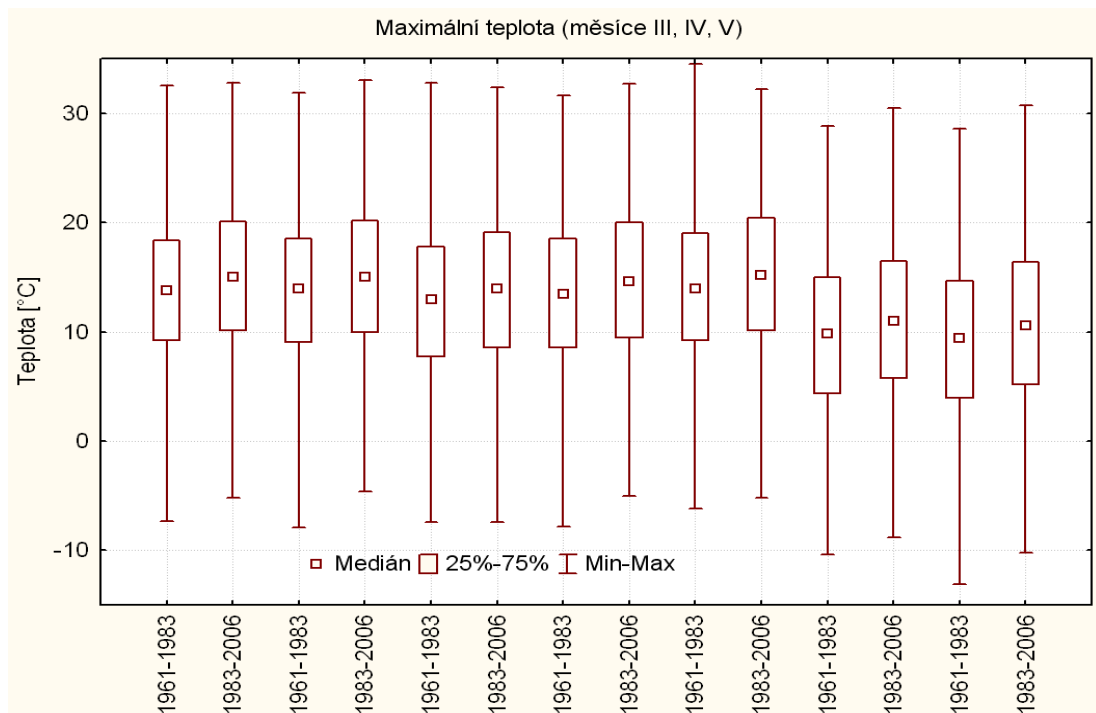
Obr. 9b:
 Histogramy denních minimálních teplot pro zimní měsíce v Praze-Klementinu v obdobích 1961-83 a 1984-2006 a dále stejné histogramy pro stanice Doksany a Milešovka

V případě krabicových grafů byly použity z důvodu srovnání denních maximálních i minimálních teplot v jednotlivých ročních obdobích všechny grafy. Větší změny mezi obdobími 1961 až 1983 a 1984 až 2006 vykazují grafy denních maximálních teplot (obr. 10a až d) a jsou ve většině případů u všech srovnávaných stanic přibližně stejné. Charakterem se změny rozdělují na dvě hlavní skupiny. Období od zimy do léta je první skupinou a do druhé skupiny spadá pouze podzim.

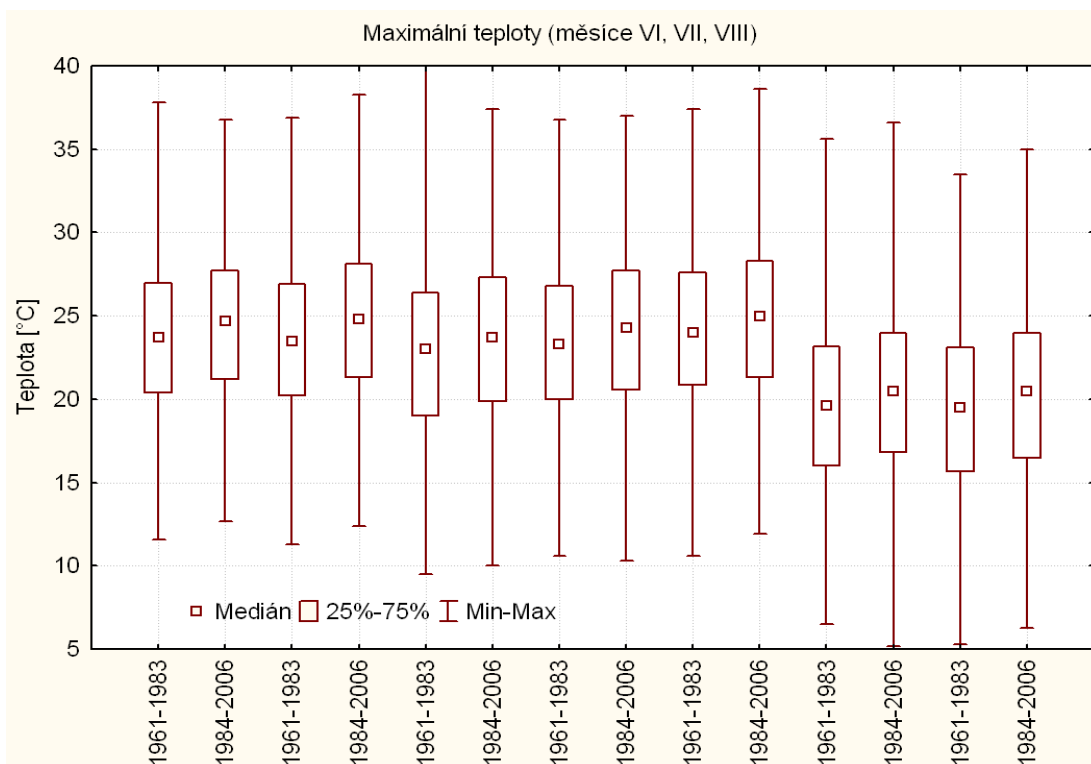
První skupina je charakterizovaná zejména významným oteplením mezi obdobími, tedy vzrůstem střední hodnoty rozdělení o přibližně 1°C na všech sledovaných stanicích včetně mimoměstských. Z toho tedy vyplývá, že vliv tepelného ostrova je při porovnávání rozdílů mezi vybranými dvěma obdobími (1961 až 1983 a 1984 až 2006) v případě maximálních denních teplot zanedbatelný nebo minimální. O posunu rozdělení kvartilů v první skupině svědčí i hodnoty horních a dolních kvartilů. Zajímavostí je oproti jaru a létu, kde u maximálních teplot většinou stouply hodnoty nejvyšších i nejnižších maximálních teplot během jednotlivých období, zvětšení absolutního rozpětí hodnot pro zimní měsíce (obr. 10d). Ve druhé charakteristické skupině, ve které jsou podzimní měsíce (obr. 10c), je zcela nepatrná změna mezi oběma porovnávanými obdobími. Je zde evidentně velice slabý vzestup hodnot mediánů anebo dokonce slabý pokles jako v případě Milešovky a také je viditelné zmenšení rozpětí absolutních hodnot. Vysvětlení by mohlo spočívat opět v častém výskytu inverzních situací v říjnu a listopadu.

Krabicové grafy denních minimálních teplot (obr. 11a až d) dávají jednoznačnou odpověď na otázku, v jakých případech je městský tepelný ostrov nejvýznamnější. Nejsilněji je patrný (obr. 11b) v letním období (kolem 7 °C), naopak nejslabší hodnoty (obr. 11d) vykazuje tepelný ostrov v zimě (kolem 4 °C). Tato skutečnost ukazuje na jeden z možných důvodů nízkého výskytu rekordů TMIN v Praze – Klementinu v posledních desetiletích. Avšak je nutné konstatovat, že hodnoty mediánů mezi jednotlivými porovnávanými obdobími jsou tentokrát ve všech ročních obdobích (pro všechny srovnávané stanice) posunuté směrem k vyšším hodnotám, i když se nejedná o tak významný rozdíl jako v případě denních maximálních teplot. Pro Klementinum je typické poměrně úzké rozpětí absolutních hodnot v letních měsících (obr. 11b) oproti ostatním

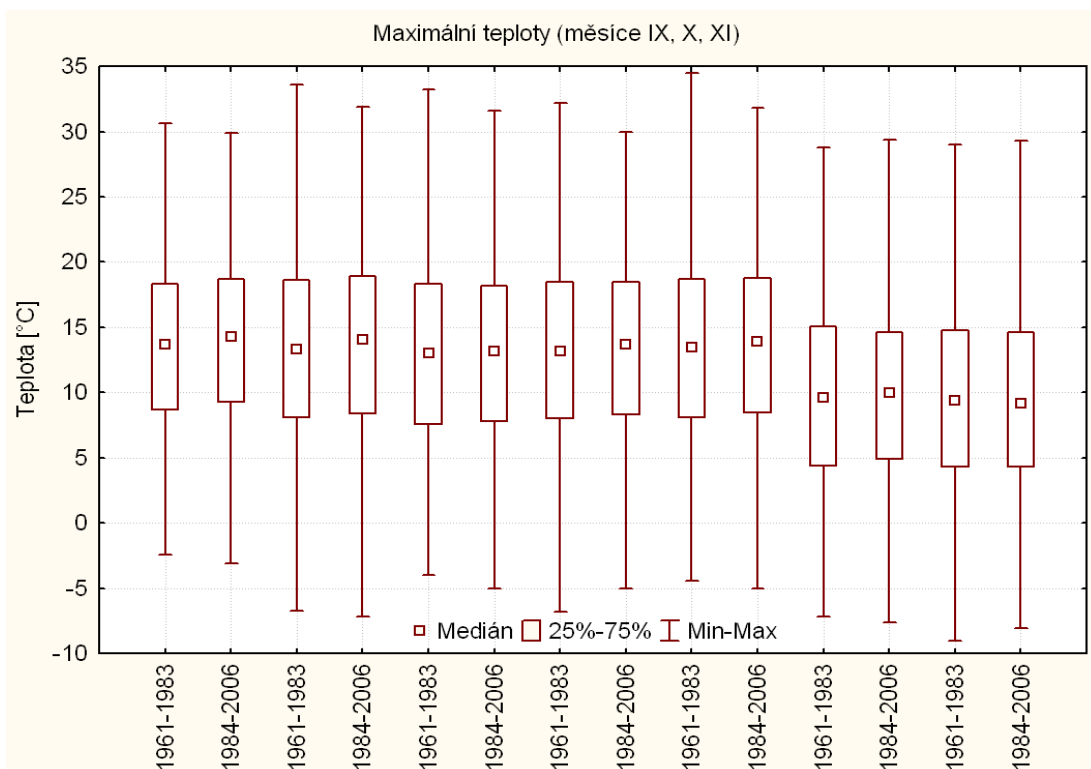
srovnávaným stanicím a dále také poněkud výraznější vzestup hodnot středů rozdělení mezi obdobími v porovnání s ostatními stanicemi v jarních a zimních měsících. V létě a na podzim jsou rozdíly v hodnotách mediánů u minimálních teplot mezi Klementinem a ostatními stanicemi mezi obdobími 1961 až 1983 a 1984 až 2006 přibližně stejné. Pro vůbec nejnižší a vůbec nejvyšší hodnoty platí u minimálních teplot, že s výjimkou zimních měsíců jsou téměř vždy patrné posuny směrem k vyšším hodnotám. Nejzřetelněji je to patrné u podzimních měsíců (obr. 11c). V případě zimních měsíců (obr. 11d) nelze usuzovat na žádný jednoznačný trend.



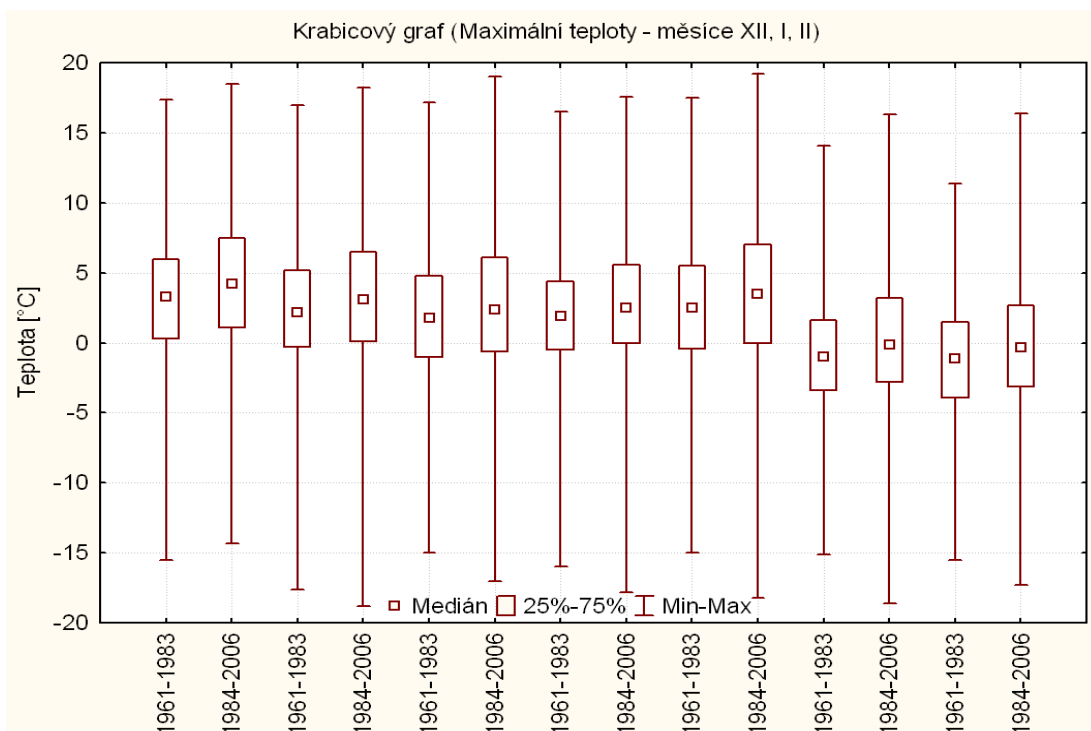
Obr. 10a: Krabicové grafy maximálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka v jarních měsících



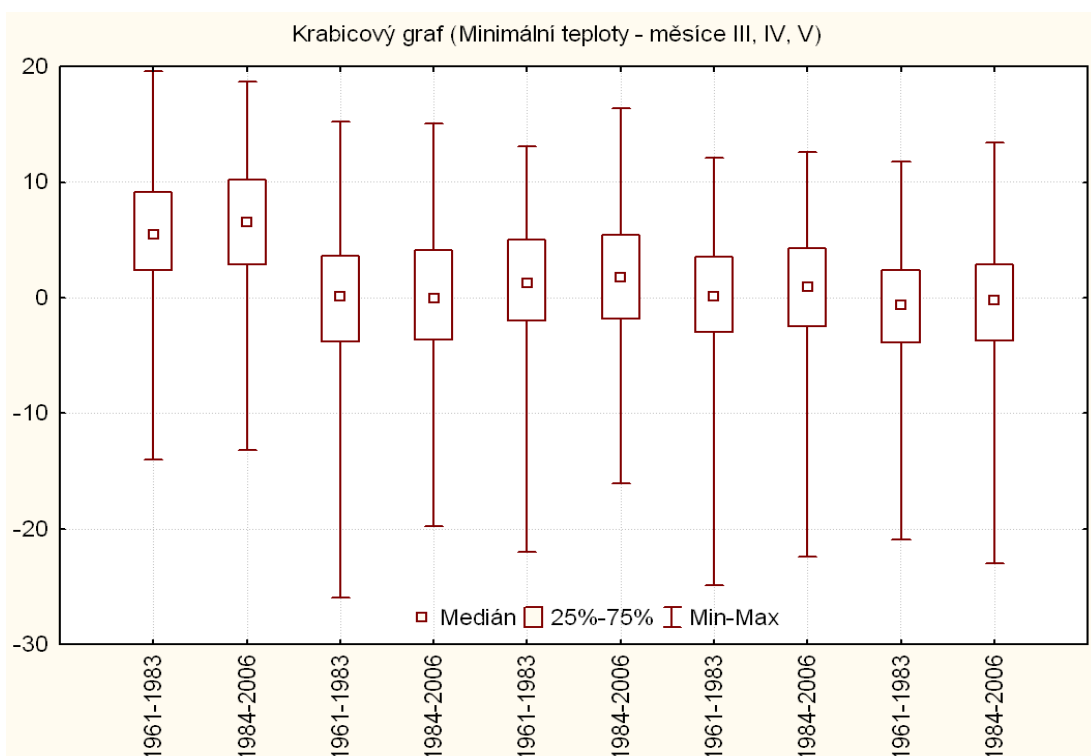
Obr. 10b: Krabicové grafy maximálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka v letních měsících



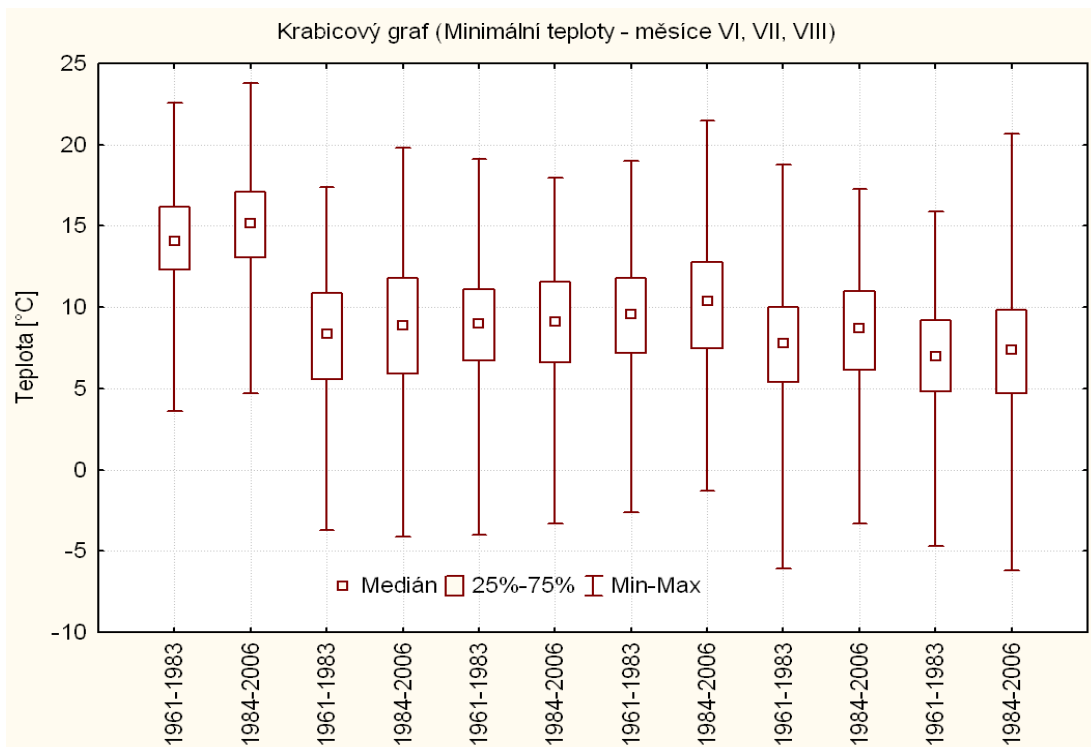
Obr. 10c: Krabicové grafy maximálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka v podzimních měsících



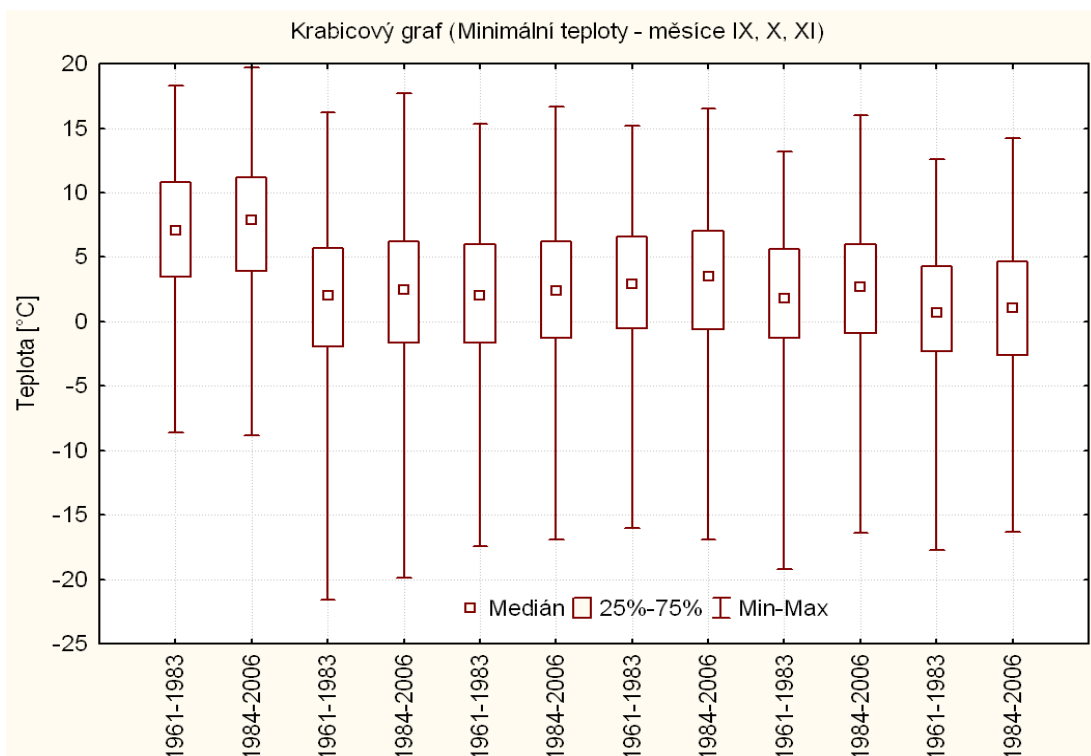
Obr. 10d: Krabicové grafy maximálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka v zimních měsících



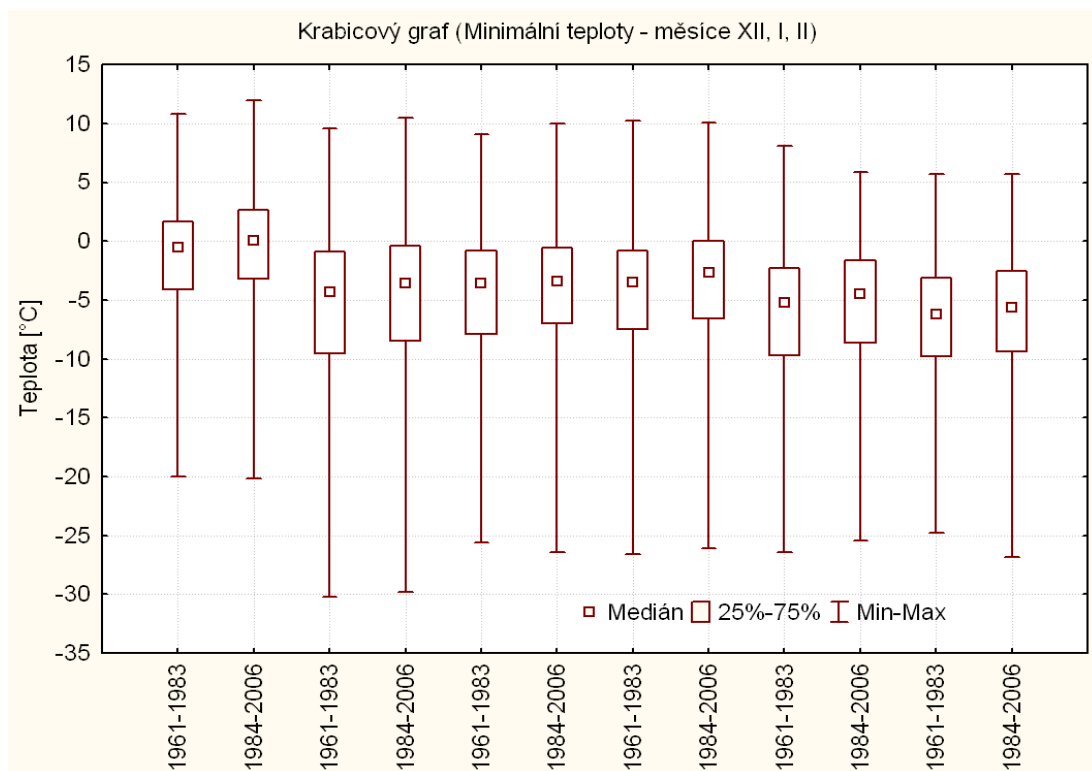
Obr. 11a: Krabicové grafy minimálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Semčice, Přimda a Milešovka v jarních měsících



Obr. 11b: Krabicové grafy minimálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Přimda a Milešovka v letních měsících



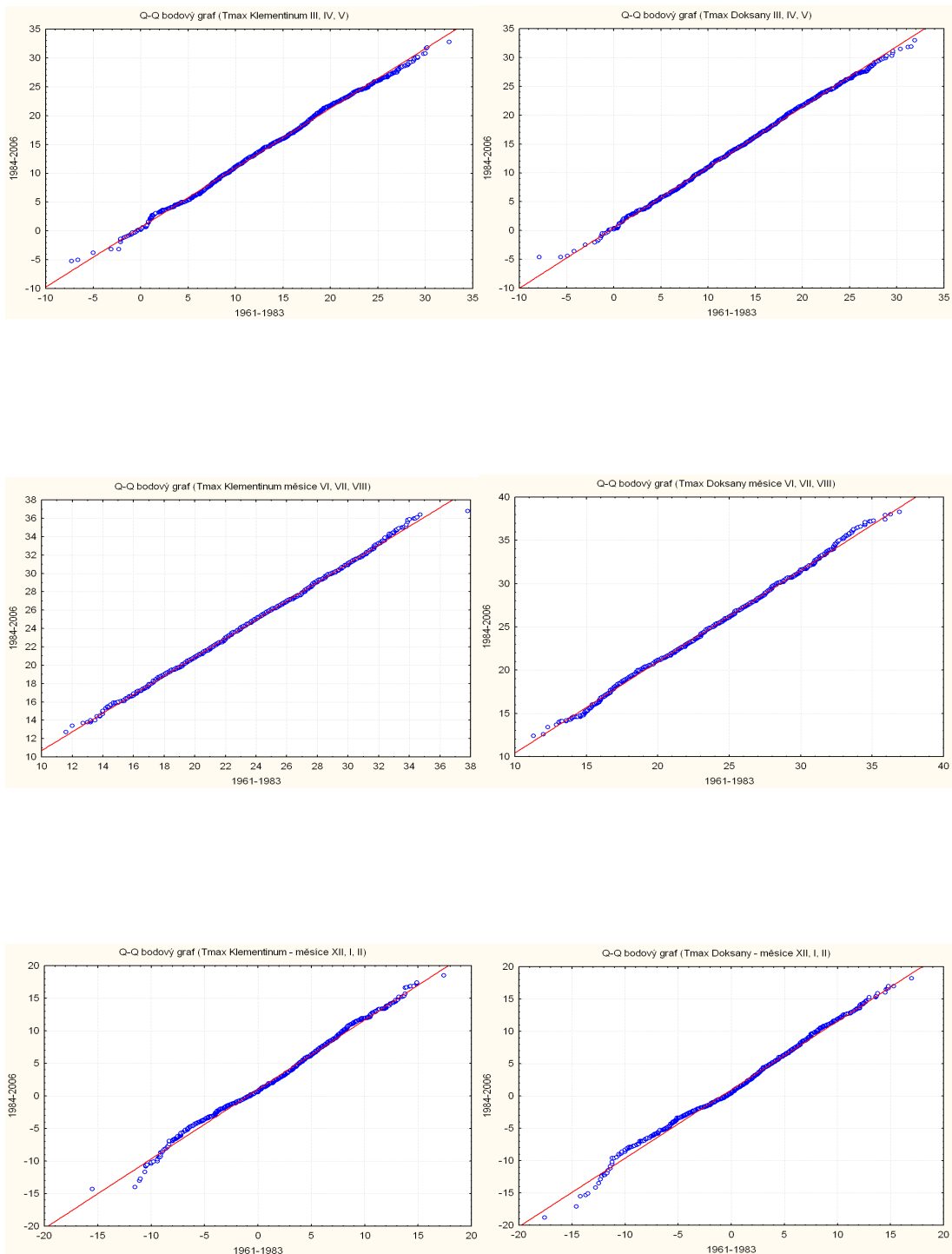
Obr. 11c: Krabicové grafy minimálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Klatovy, Semčice, Přimda a Milešovka v podzimních měsících



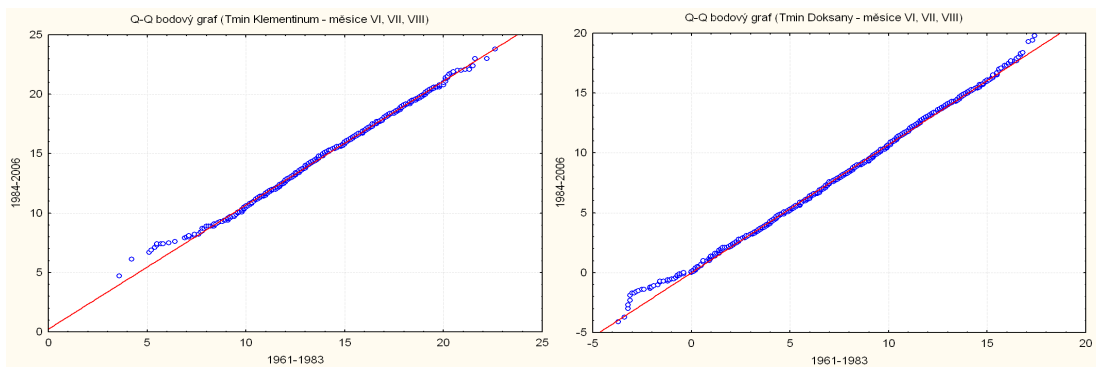
Obr. 11d: Krabicové grafy minimálních teplot pro stanice v pořadí Klementinum, Doksany, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka v zimních měsících

Pro všechny sledované české stanice byly opět vytvořeny Q-Q grafy. Mezi grafy typu kvantil-kvantil byly níže pro ilustraci vybrány grafy na kterých můžeme porovnat chování TMAX a TMIN v období 1961-1983 a 1984-2006 na stanicích Praha – Klementinum a Doksany. Q-Q grafy denních maximálních teplot na jaře, v létě a v zimě jsou u obou stanic velice podobné a to jak na dolním tak v horním konci grafu. Posuny směrem k vyšším hodnotám teplot v období 1984 až 2006 jsou patrné převážně v horních polovinách (obr. 12a) grafů, vidíme, že grafy naznačují i změny v rozptýlenosti.

Pro denní minimální teploty byl vybrán nejzajímavější Q-Q graf pro letní období. U Klementina i u srovnávací stanice v Doksanech je jasně patrné (obr. 12b), že hypotéza H_0 neplatí. V období 1984-2006 došlo k posunu středů směrem k vyšším hodnotám, měnil se i rozptyl podobně jako u maximálních teplot.



Obr. 12a: Q-Q graf porovnávající období 1961-1983 vs. 1984-2006 pro soubory denních maximálních teplot vzduchu na jaře, v létě a v zimě na stanicích Praha-Klementinum a Doksany



Obr. 12b: Q-Q graf porovnávající období 1961-1983 vs. 1984-2006 pro soubory denních minimálních teplot v létě na stanicích Praha-Klementinum a Doksany

6. ZÁVĚR

V souladu se zadáním diplomové práce, je kapitola 2 věnována měření teploty vzduchu na stanici Praha – Klementinum. Možnosti narušení homogenity klementinské teplotní řady jsou diskutovány v kapitole 3. Podrobné analýze výskytu denních maximálních a minimálních teplot vzduchu z hlediska výskytu extrémních jevů a vyhodnocení překračování teplotních rekordů v klementinské řadě se věnuje kapitola 4. Kapitola 5 se věnuje analýze dalších řad TMAX a TMIN, v prvním případě vybraných evropských teplotních řad z projektu „The European Climate Assessment & Dataset project“ a ve druhém případě vybraných teplotních řad na území České republiky. Všechny teplotní řady TMAX a TMIN jsou porovnávány s řadami TMAX a TMIN pražského Klementina.

Homogenita klementinské teplotní řady je problematická zejména v období do roku 1880. Ve stejném období navíc nebyla prováděna přesná měření nejvyšších a nejnižších denních teplot. V analýzách maximálních a minimálních teplot pražského Klementina, které se srovnávaly se stanicemi v okolních zemích, se pracovalo s teplotami z období od roku 1879, čímž je omezen vliv období s největšími problémy homogenity teplotní řady. I přesto ani jedna ze čtyř porovnávaných stanic není považována za zcela homogenní.

Analýza překračování teplotních rekordů potvrdila a rozšířila některá dosud známá fakta. Je evidentní, že ke zvýšenému počtu překračování rekordů denních maximálních teplot v Praze-Klementinu dochází zejména v posledních přibližně 20 letech. Rovněž počty letních, tropických i další dní s charakteristickou denní maximální teplotou v posledních přibližně 15 až 20 letech výrazně stoupají oproti jakýmkoli předchozím obdobím.

Rozbor překračování rekordů denních maximálních teplot vzduchu v závislosti na synoptických situacích ukázal, že nejčastěji dochází k překonávání v případě západní a jihozápadní cyklonální situace, dále také při jihozápadních a jižních anticyklonálních situacích a také při situaci s anticyklonou nad střední Evropou. Zejména v posledních letech byla zaznamenána vyšší četnost výskytů u situací, které nejsou typické pro překonávání rekordů denních TMAX.

V rámci střední Evropy bylo srovnání s pražským Klementinem provedeno pro německé stanice Bamberg a Berlín a dále pro rakouskou stanici v Kremsmünsteru. Z analýzy denních maximálních teplot je patrné, že největší posunutí středu rozdělení směrem k vyšším hodnotám se odehrávalo v létě a v zimě a to na všech stanicích. Změna mezi obdobími 1879-1930 a 1981-2006 a také mezi obdobími 1931-1980 a 1981-2006 je velice podobná pro obě srovnání. Na jaře a na podzim je zvýšení hodnot v denních maximálních teplotách u německých stanic zřetelně menší. V případě podzimu by vysvětlení mohlo spočívat v častém výskytu inverzních situací převážně při teplém proudění od jihu, které často zasahují také Německo. U minimální teploty byl pozorován především růst hodnot nejnižších minimálních teplot pro jednotlivá období, které zaznamenaly výrazný posun vzhůru. Tento posun souvisí především s tepelnými ostrovy měst, protože všechny srovnávané stanice jsou umístěné právě v městských aglomeracích.

V případě porovnávání maximálních a minimálních teplot na našem území byly zvoleny srovnávací stanice Doksany, Semčice, Žatec, Přimda a Milešovka. Pro Klementinum a srovnávací stanice činí v případě denních maximálních teplot hodnota posunu mediánu směrem vzhůru přibližně 1 °C za 23 let v období 1961-2006 pro všechna roční období s výjimkou podzimu, pro denní minimální teploty je hodnota posunutí středu rozdělení za stejnou dobu v průměru 0,5 °C. V minimálních teplotách jsou jednotlivé odchylky mezi obdobími více různorodé než u maximálních teplot.

Je evidentní, že ke zvýšení maximálních teplot v Praze-Klementinu, ale zároveň i na území Čech, by docházelo i na podzim, nicméně častý výskyt inverzních situací se slabým prouděním (typicky pro situace s prouděním z jižních směrů) v říjnu a listopadu brání výraznějším změnám v hodnotách maximálních teplot jako tomu je po zbytek roku. Teplý vzduch při těchto situacích na podzim často proudí zejména ve vyšších hladinách přibližně nad 1000 metrů nad mořem a v přízemních vrstvách se udržuje poměrně chladný vzduch. Tuto teorii potvrzuje zmenšení amplitudy na podzim, což je typické pro inverzní situace.

Vliv tepelného ostrova se na hodnotách denních maximálních teplot v Praze – Klementinu téměř neprojevuje nebo jen velice slabě (v řádu desetin °C) pro

zimní měsíce, což bylo dokázáno srovnáním se stanicemi mimo městskou aglomeraci. Naopak na denní minimální teploty má tepelný ostrov poměrně značný vliv. Pro denní minimální teploty v pražském Klementinu jsou mediány zhruba o 4 až 7 °C vyšší než pro stanice mimo městskou zástavbu. Přesto změny v intenzitě městského tepleného ostrova v Praze – Klementinu v průběhu období 1961 až 2006 nejsou u minimálních teplot příliš výrazné, pouze velice slabě (opět v řádu desetin °C) v případě zimy a jara. Pravděpodobně jedním z důvodů velice nízkého výskytu rekordů denních minimálních teplot bude právě významný vliv městského tepelného ostrova na minimální teploty.

Potvrzuje se, že vnímání teplot lidmi je často velice subjektivní. Obecně se výskyt současných vysokých maximálních denních teplot považuje za samozřejmý a při výskytu takových teplot, které se pohybují kolem obvyklého normálu, pak převažuje rozšířené mínění, že se jedná o nízké neboli podnormální teploty.

Tato práce potvrdila zásadní fakta zmíněná i ve Čtvrté hodnotící zprávě IPCC, že v posledním období dochází, jak v rámci střední Evropy, tak také v Čechách, k oteplování. Dokládá to studie denních maximálních i minimálních teplot v Klementinu i na dalších stanicích v České republice a jejím okolí. Dále se také potvrdilo, že dochází v některých případech ke zvyšování amplitudy teplot (zejména zima), což by mohlo být důkazem větší extrémnosti počasí, na kterou do budoucna ukazují některé klimatické modely.

Provedené analýzy chování maximálních a minimálních teplot v pražském Klementinu lze shrnout následovně:

- a) ve druhé polovině 20. a v 21. století dochází (zejména pak v posledních 20 letech) k vysokému výskytu rekordních denních maximálních teplot, které nesouvisí se zesílením vlivu pražského městského tepleného ostrova, ale velice pravděpodobně s oteplením v posledních desetiletích
- b) ve druhé polovině 20. a v 21. století zároveň dochází k velmi nízkému výskytu rekordních denních minimálních teplot, které pravděpodobně souvisí se zesílením vlivu pražského městského tepleného ostrova, ale také s oteplením v posledních desetiletích

- c) změna cirkulace je pravděpodobně pouze částečnou příčinou zvýšeného výskytu rekordních denních maximálních teplot, protože v posledních letech jsou zaznamenávány rekordy i při situacích netypických pro výskyt rekordů denních maximálních teplot
- d) u maximálních teplot došlo mezi obdobími 1961-83 a 1984-2006 k oteplení přibližně o 1 °C ve všech ročních obdobích kromě podzimu (beze změny)
- e) u minimálních teplot došlo mezi obdobími 1961-83 a 1984-2006 k oteplení přibližně o 0,5 °C

Použitá literatura

- [1] Augustin F. (1888): Über den jährlichen Gang der meteorologischen Elemente zu Prag, Sitzungberichte, Praha.
- [2] Beranová, R., Huth, R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. Meteorologické zprávy, č. 5, s. 137 - 142
- [3] Brázdil R., Budíková M. (1999): An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Praha, *Atm. Environ.*, 33, s. 4211-4217.
- [4] Ferro Ch. A. T., Hannachi A., Stephenson D.B. (2005): Simple Nonparametric techniques for exploring changing probability distributions of weather, Reading, *Journal of climate* 18, s. 4344-4354
- [5] Hess-Brezowski (1952): Katalog der Grosswetterlagen Europas, des deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, č.33.
- [6] Hlaváč V. (1937): Die Temperaturverhältnisse der Hauptstadt Prag I. , *Prager geophysikalische Studien VIII.*, Praha, 98 s.
- [7] Hlaváč V. (1937): Tepelné poměry hl. města Prahy, díl I. , *Pražské studie geofysikální VIII.*, Praha, 95 s
- [8] Hrudička B.: Přehled dějin meteorologie v zemích českých v XVIII. století, *Říše hvězd*, roč. XIII., č. 7, Hrotovice.
- [9] Chládová Z., Kalvová J., Raidl A. (2007): The observed changes of selected climate characteristics in the period 1961-2000, Praha, *Meteorologický časopis* 10, s. 13-19.
- [10] Jenkinson A. F., (1988): Statistics and decision-making for extreme meteorological events. *Időjárás (J. of Hungarian Meteorol. Service)* 91, 23-35.
- [11] Kolektiv autorů (1976): Meteorologické pozorování v Praze-Klementinu I. (1775-1900), Praha, Hydrometeorologický ústav Praha.
- [12] Kolektiv autorů (1976): Meteorologické pozorování v Praze-Klementinu II. (1901-1975), Praha, Hydrometeorologický ústav Praha.
- [13] Kolektiv autorů (2007): Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC – Pracovní skupina I, Paříž.
- [14] Kolektiv autorů synoptické a letecké služby HMÚ (1968) : Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR, Praha, 94 s.

- [15] Krška K., Šamaj F. (2001): Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku, Univerzita Karlova, Praha, 568 s.
- [16] Redner S., Petersen M. R. (2006): On the Role of Global Warming on the Statistics of Record-Breaking Temperatures, Boston
- [17] Seydl O. (1963): Meteorologie na pražské hvězdárně v Praze – Klementinu (1752-1940), sborník prací HMÚ ČSSR, Praha, s. 9-34
- [18] Štěpánek P., (2005): Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření, Brno, 137 s.
- [19] Tomšů R. (2002): Extrémní teploty vzduchu v Praze-Klementinu, MFF UK, Praha, 44 s.