

Teplotní poměry jižní Moravy v období 1961–2014 a změny v jejich extremitě

Air temperature and the changes in its extremity in the region of the southern
Moravia in the period 1961–2014

Marie Doleželová

Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno

Abstrakt

Příspěvek se zabývá analýzou teploty vzduchu v regionu jižní Moravy za období 1961–2014 podle údajů o průměrné denní, denní maximální a minimální teplotě vzduchu ze staniční sítě ČHMÚ. Analýza trendu je provedena na úrovni ročních a sezonních hodnot, a to jak pro celé období 1961–2014, tak i dynamickým způsobem (pro jednotlivá 30letá období posunovaná od počátku časové řady po 1 roce). Kromě výše uvedených teplotních charakteristik, jejich průměrů a sezonních a ročních maxim a minim, je trend zkoumán také pro počty dní s charakteristickou teplotou vzduchu, tj. dny tropické, letní, mrazové, ledové a arktické. Případné změny v extremitě teplotního režimu území jsou popsány pomocí zvolených indexů extremity vyjadřující výskyt tzv. „horkých vln“ nebo naopak „vln chladu“ založených na délce souvislých období s extrémně vysokou či nízkou teplotou vzduchu.

Klíčová slova: teplota vzduchu, indexy extremity, trend, Česká republika

Abstract

The paper is devoted to the analysis of temperature conditions and the changes in its extremity in the region of southern Moravia (south eastern part of the Czech Republic) in the period 1961–2014. The analysis is done with the help of air temperature data from CHMI's monitoring network. Daily average temperatures were used as well as daily extremes (maximum and minimum temperatures). Annual and seasonal values were analysed for trend in a classical way (for the whole study period) and in the dynamical way (for 30year periods shifted by 1 year). Attention was paid also to the occurrence of the days with characteristic temperatures (tropical, summer, frost, ice and arctic days) and to their trends. The extremity of temperature conditions was described via the occurrence of so called “heat waves” and “cold waves” (i.e. the periods of consecutive days with extremely high or low temperatures) and their durations.

Keywords: air temperature, extremity indices, trend, Czech Republic

Úvod

Teplota vzduchu představuje meteorologickou veličinu, která skrze výpar výrazně ovlivňuje vláhovou bilanci daného území. Evapotranspirace (výpar z půdy a z rostlin) je tedy výdejovou složkou ve vodní bilanci krajiny. Potenciální evapotranspirace (tj. evapotranspirace v případě nelimitovaného přísunu vody) výrazně klesá s nárůstem nadmořské výšky a tedy s poklesem teploty vzduchu. Skutečná evapotranspirace je však největší ve středních nadmořských výškách, jelikož v nejnižších položených oblastech zpravidla není k dispozici tolik vody pro výpar.

Region jižní Moravy představuje nejteplejší a zároveň druhou nejsušší oblast České republiky a také jednu ze dvou nejvýznamnějších zemědělských a produkčních oblastí. V posledních letech zde byly zaznamenány opakované výskyty sucha (viz např. Zahradníček a kol., 2014), což je velkým nebezpečím pro zemědělství. Podle výsledků různých prací však tato sucha nejsou způsobena pouhým úbytkem množství srážkové vody. Jak ukazuje např. práce Střeštíka a kol. (2014) trendy srážkových úhrnů v posledních letech jsou spíše mírně rostoucí. Tento poznatek potvrzuje i práce Doleželové (2014), která navíc analyzovala i různé srážkové charakteristiky popisující extremitu srážkového režimu a zjistila, že nedochází k poklesu celkového množství srážek, ale spíše k posunu směrem k větší nerovnoměrnosti jejich rozložení v čase. V práci Spinoniho et al. (2014) byly analyzovány příčiny a mechanismy vzniku sucha v různých částech Evropy. Z dosažených výsledků vyplývá, že výskyt sucha ve střední Evropě souvisí převážně se změnou v rovnoměrnosti distribuce srážek kombinovanou se změnami (nárůstem) teploty vzduchu, což vede ke zvýšení míry evapotranspirace. Studium trendů teploty vzduchu a srážek a změn v jejich extremitě se zabývali např. také Klein Tank a Können (2003) či Moberg a Jones (2005), kteří se zaměřili především na oblast střední a západní Evropy (některá data však pocházela i ze stanic v jižní Evropě a na jihu Skandinávie). Klein Tank a Können (2003) zjistili, že ve studované oblasti došlo ve druhé polovině období 1946–1999 k významnému nárůstu teploty vzduchu, který je však asymetrický, tzn. souvisí zejména se změnou v extrémech maximální teploty vzduchu a extrémní teploty minimální nejsou výrazně ovlivněny. Roční úhrny srážek na většině stanic narůstají, avšak zároveň roste i podíl sumy srážek ve dnech s extrémním srážkovým úhrnem na celkovém množství srážek. K obdobnému závěru z hlediska vývoje teploty vzduchu došli i Tomozeiu et al. (2006), kteří analyzovali teploty vzduchu v italském regionu Emilia-Romana. Analýzou extrémních konců rozdělení maximální a minimální teploty vzduchu a srážkových úhrnů v oblasti střední a západní Evropy se zabývali Moberg a Jones (2005).

V návaznosti na výše uváděné poznatky a výsledky si předkládaná práce klade za cíl přispět k objasnění příčin vysušování klimatu v zemědělské oblasti jižní Moravy. Podle Doleželové (2014) celkové množství srážek za rok v této oblasti vykazuje mírně pozitivní trend, avšak projevuje se jejich pokles na počátku vegetační sezony (duben a květen). Na jaře a v létě bylo detekováno prodlužování period bezsrážkových a zároveň i srážkových, což lze interpretovat tak, že srážky v teplém půlroce vykazují tendenci k větší koncentraci v čase, která nahrazuje původní pravidelnější rozložení. Cílem této práce je obdobným způsobem analyzovat i vývoj teploty vzduchu, neboť množství srážek a teplota vzduchu působí na případný vznik sucha vždy společně.

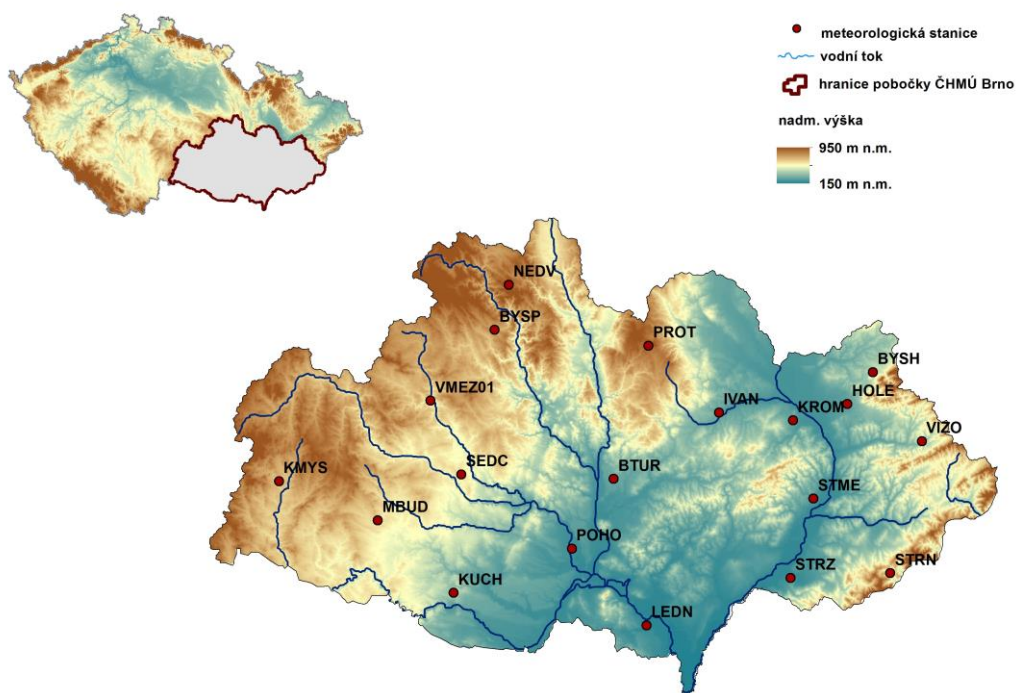
Materiál a metody

V práci byly využity hodnoty průměrné denní teploty vzduchu, denní minimální a denní maximální teploty vzduchu za období 1961–2014 z 19 klimatologických stanic v síti Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ). Jedná se o data ze stanic na území brněnské pobočky ČHMÚ, která zahrnují zejména oblast jižní Moravy a také přilehlé části Zlínského kraje a kraje Vysočina. Rozpětí nadmořských výšek stanic se pohybuje od 176 m n.m. (Strážnice) do 722 m n.m. (Nedvězí). Seznam a umístění použitých stanic – viz tab. 1 a obr. 1. Vstupní denní údaje byly zkontrolovány na výskyt případných chyb pomocí údajů ze sousedních stanic. Zjištěné chyby byly odstraněny a následně proběhlo doplnění všech chybějících hodnot s pomocí údajů z blízkých stanic (podrobněji k této metodice – viz Štěpánek a kol., 2011 či Štěpánek et al., 2013). Denní hodnoty byly využity k výpočtu měsíčních a sezonních údajů. Z teplotních dat byly odvozeny další charakteristiky jako počet dnů s charakteristickou teplotou vzduchu (dny arktické, ledové, mrazové, letní a tropické) a také tzv. „horké vlny“ a „vlny chladu“. „Horké vlny“ (nebo též „vlny veder“) byly definovány jako období po sobě bezprostředně následujících aspoň 3 dní s maximální denní teplotou vzduchu větší nebo rovnou 25 °C nebo 30 °C (byly užity dvě různé limitní hodnoty). „Vlny chladu“ byly definovány jako období po sobě bezprostředně následujících aspoň 3 dní s maximální denní teplotou vzduchu menší nebo rovnou 0 °C nebo -10 °C (opět využity dvě různé limitní hodnoty). Uvedené charakteristiky se v zahraniční literatuře vcelku často užívají k vyjádření extremity klimatu (viz např. Tomozeiu et al., 2006). Jejich definice v této práci byla inspirována databází extrémních indexů CLIVAR doporučených Světovou meteorologickou organizací (Karl et al., 1999).

Pro jednotlivé charakteristiky zahrnující průměrnou, maximální a minimální teplotu vzduchu, počty dní s charakteristickou teplotou vzduchu, horké vlny a vlny chladu byly stanoveny jejich základní statistické charakteristiky.

Tab. 1 Klimatologické stanice ČHMÚ užití v této práci

Kód stanice	Název stanice	Nadm. výška (m n.m.)	Zem. šířka (° s.š.)	Zem. délka (° v.d.)
BYSH	Bystřice pod Hostýnem	314	49.40	17.67
HOLE	Holešov	222	49.32	17.57
IVAN	Ivanovice na Hané	243	49.31	17.09
KROM	Kroměříž	233	49.28	17.37
PROT	Protivanov	675	49.48	16.83
STME	Staré Město	221	49.09	17.43
STRN	Strání	383	48.90	17.71
STRZ	Strážnice	176	48.90	17.34
VIZO	Vizovice	313	49.22	17.84
BTUR	Brno-Tuřany	241	49.15	16.69
BYSP	Bystřice nad Pernštejnem	573	49.42	16.25
KMYS	Kostelní Myslová	569	49.16	15.44
KUCH	Kuchařovice	334	48.88	16.09
LEDN	Lednice	177	48.79	16.80
MBUD	Moravské Budějovice	460	49.06	15.81
NEDV	Nedvězí	722	49.63	16.31
POHO	Pohořelice	180	48.98	16.53
SEDC	Sedlec	474	49.17	16.12
VMEZ	Velké Meziříčí	452	49.35	16.01



Obr. 1 Lokalizace klimatologických stanic užitých v této práci

Dále byl analyzován lineární trend, a to jednak za celé období 1961–2014 a jednak dynamicky, tzn. pro jednotlivé 30leté úseky posunované od počátku časové řady po 1 roce tak, že první analyzované třicetiletí bylo 1961–1990 a poslední 1985–2014. V případě počtu dní s charakteristickou teplotou vzduchu a délky horkých vln a vln chladu byly vzhledem k povaze dat k analýze trendu užity neparametrické metody – Mann-Kendellův test statistické významnosti trendu (Mann, 1945; Kendall, 1976) a Senova metoda odhadu velikosti trendu (Sen, 1968). Trendy byly stanoveny jak pro průměrnou, tak i pro maximální délku horkých vln a vln chladu.

Výsledky

Popis teplotních poměrů oblasti jižní Moravy lze začít od nejméně obecné charakteristiky, kterou je průměrná denní teplota vzduchu. Při posouzení jejího průměru v období 1961-2014 za rok a jednotlivé sezony bylo zjištěno, že jeho roční hodnota se pohybuje v rozmezí od 6,3 °C na stanici Nedvězí do 9,7 °C na stanici Lednice. Nejnižší průměrná roční teplota vzduchu o velikosti 4,7 °C byla dosažena v roce 1962 na stanici Nedvězí. Naopak nejvyššího ročního průměru teploty vzduchu o velikosti 11,2 °C dosáhla v roce 2000 stanice Lednice. Minimální a maximální průměrná hodnota i extrémní průměrné denní teploty vzduchu pro jednotlivé sezony jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Charakteristiky průměrné denní teploty vzduchu (° C) z vybraných stanic ČHMÚ za období 1961-2014

Charakteristika	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim
Průměr 1961–2014 - MIN (stanice)	6,3 (NEDV)	-3,1 (NEDV)	6,0 (NEDV)	15,3 (NEDV)	6,6 (NEDV)
Průměr 1961–2014 - MAX (stanice)	9,7 (LEDN)	-0,2 (LEDN)	10,0 (LEDN)	19,0 (LEDN)	9,6 (LEDN)
Minimum 1961–2014 (stanice, rok)	4,7 (NEDV, 1962)	-8,4 (PROT, 1963)	3,4 (NEDV, 1987)	13,1 (NEDV, 1978)	4,9 (NEDV, 1965)
Maximum 1961–2014 (stanice, rok)	11,2 (LEDN, 2000)	4,1 (LEDN, 2007)	12,4 (LEDN, 2000)	21,9 (POHO, 2003)	11,9 (KUCH, 2006)

Podíváme-li se nejprve na charakteristiky vyjadřující chladné teplotní podmínky, pak vidíme, že průměrná hodnota sezonního a ročního **průměru denních minim teploty vzduchu** za období 1961–2014 nabývá v roce hodnot od 2,7 °C ve Velkém Meziříčí do 4,9 °C ve Starém Městě. Hodnoty pro jednotlivé sezony shrnuje tab. 3. Nejnižší průměrná hodnota je

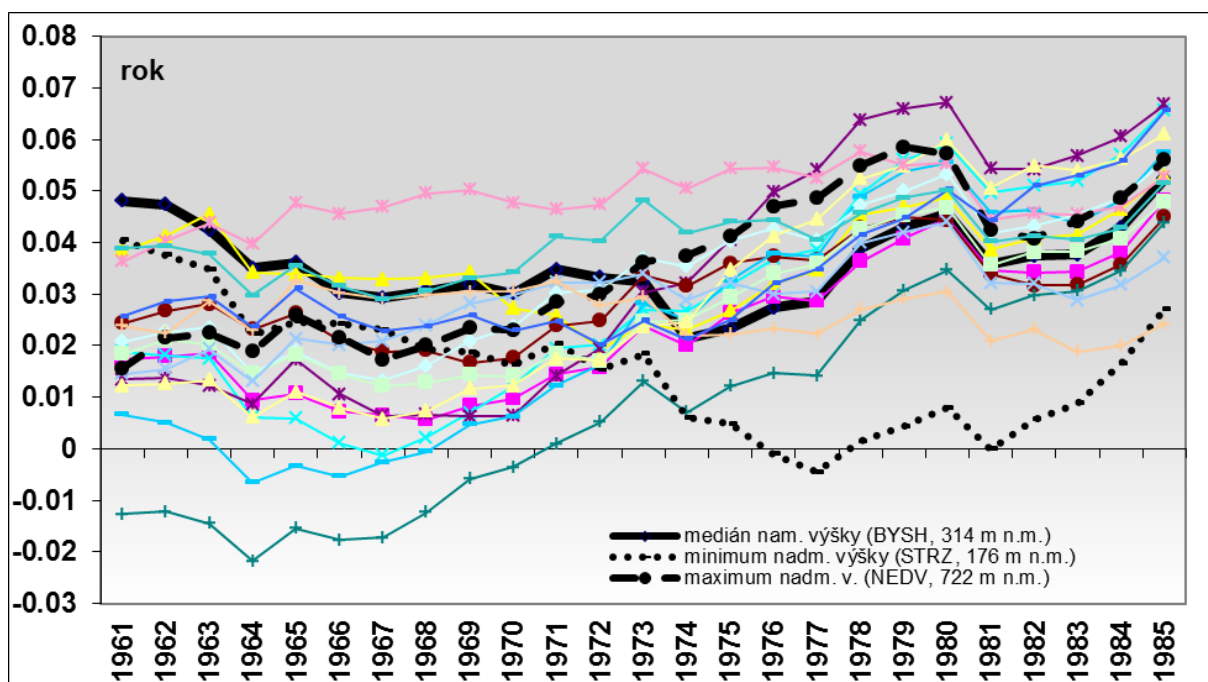
s výjimkou zimy detekována ve Velkém Meziříčí (v zimě na stanici Nedvězí). Naopak nejvyšší průměrnou hodnotu z průměru denních minim teploty vzduchu vykazuje v roce, v zimě a na jaře stanice Staré Město, v létě stanice Brno-Tuřany a na podzim stanice Kuchařovice. Analýza trendu za období 1961–2014 indikuje v roce i ve všech sezonách nárůst průměru denních teplotních minim, který je patrný zejména v roce a v létě, kdy je trend statisticky významný na hladině 5 % na všech stanicích. Obdobná situace je i na jaře a na podzim, kdy je trend významný na 16 z celkových 19 analyzovaných stanic. Naproti tomu v zimě je trend významný na 11 stanicích. Nárůst průměrných hodnot denní minimální teploty vzduchu potvrzuje i analýza trendu provedená dynamickým způsobem. Zde je patrné, že v roce a ve všech sezonách kromě zimy byl trend na většině stanic ve třicetiletích začínajících od 2. poloviny 60. let již pouze kladný a tato tendence se dále zvyrazňovala. Zejména pro rok, léto a podzim je patrný postupný nárůst hodnot lineárního koeficientu až k maximu ve třicetiletí 1985–2014 (rok a podzim) či 1984–2013 (léto). Tento výsledek lze tedy interpretovat jako zvyraznění nárůstu průměru denních minimálních teplot v posledních letech. Naproti tomu na jaře byl detekován také převážně trend kladný, avšak bez výrazného vývoje v čase. V zimě bylo období převahy kladného trendu v počátečních třicetiletích a na konci studovaného období proloženo převahou záporného trendu ve třicetiletích začínajících v době od konce 60. let do konce 70. let. Křivka zimních hodnot lineárního koeficientu tak měla tzv. „U“ průběh, kdy maxima ve třicetiletích s počátkem v roce 1979 a 1985 byla méně výrazná než maxima dosažená na počátku období (ve třicetiletí od roku 1962, resp. 1963) (viz obr. 2 a 3¹).

V případě **minimální hodnoty denních teplotních minim** se průměrná roční hodnota za období 1961–2014 pohybuje v rozmezí od $-20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve Velkém Meziříčí do $-15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Kuchařovicích. Obdobné prostorové rozložení s minimem ve Velkém Meziříčí a maximem v Kuchařovicích je platné také v jednotlivých sezonách. Vůbec nejnižší hodnoty denní minimální teploty vzduchu ze celé studované období bylo dosaženo dne 7.1.1985 v Holešově ($-29,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pro srovnání lze uvést, že v letním období drží rekord stanice Velké Meziříčí, kde byla dne 2.6.1977 zaznamenána minimální denní teplota vzduchu o velikosti $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rovněž trend minim denní minimální teploty za období 1961–2014 je téměř bez výjimky kladný v roce i ve všech sezonách. V roce, v zimě a na jaře bylo navíc detekováno zhruba 2 až 5 statisticky významných hodnot z celkových 19 stanic. Trend podzimních hodnot je sice také

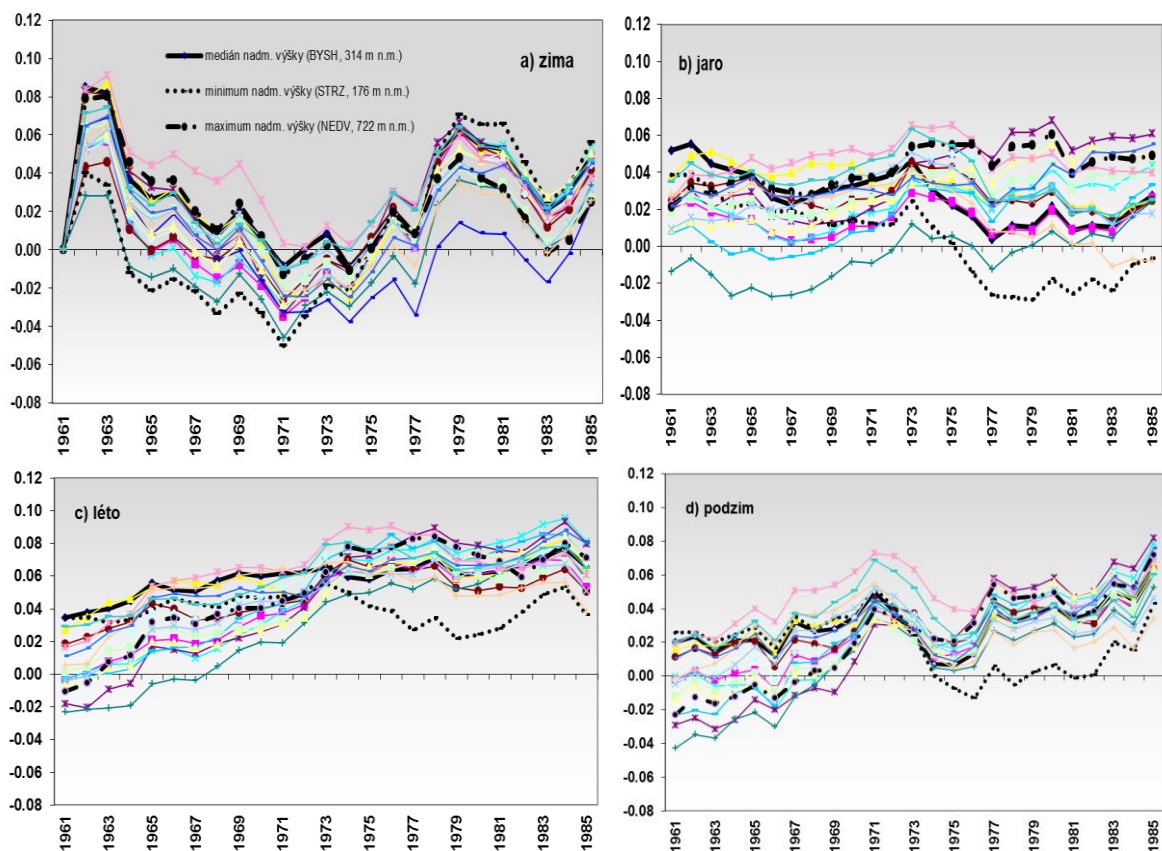
¹ Cílem znázornění na obr. 2 až 7 není přesně popsat vývoj pro jednotlivé stanice, ale spíše ukázat, že tyto stanice vykazují v celku podobné výsledky. Z toho důvodu nejsou barevné čáry představující jednotlivé stanice popsány v legendě. Rozlišena je pouze stanice s nejnižší a nejvyšší nadm. výškou a stanice odpovídající mediánu nadm. výšek použitých stanic.

převážně kladný, ale bez výjimky statisticky nevýznamný. Naopak letní kladný trend je významný na všech stanicích, což svědčí o výrazném zmírňování nízkých teplotních extrémů v této části roku. Dynamická analýza trendu odkrývá pro rok a zimu již výše zmiňovaný „U“ průběh s převahou kladného trendu na počátku a na konci studovaného období a s obdobím záporného trendu v době od konce 60. let do poloviny 70. let. Lokální maxima kladného trendu na počátku i na konci období však mají srovnatelnou velikost. V případě letních hodnot převažuje kladný trend během celého studovaného období. Nejsilnějšího kladného trendu však není dosaženo až na konci období, ale ve třicetiletí začínajícím rokem 1974, příp. 1975. Zajímavý je však vývoj trendu v přechodných sezonách, kdy se na jaře uplatňuje postupný pokles a na podzim naopak nárůst lineárního trendu od počátku do konce období. Původně kladný trend jarních hodnot se postupně zeslabuje a od 70. let se na většině stanic stává záporným. Po dosažení nejsilnějšího negativního trendu ve třicetiletí 1977–2006 se sice negativní tendence zeslabuje, ale i přesto trend jarních hodnot zůstává záporným až do konce studovaného období. Naopak záporný trend podzimních hodnot od počátku 60. let mírně roste, až v 70. letech přehází do hodnot kladných. Po výskytu lokálního maxima ve třicetiletí 1975–2004 se sice kladná tendence přechodně zeslabuje, ale posléze dochází k dalšímu posílení a růstu kladného trendu až do konce předmětného období. Rozdíl ve vývoji lineárního trendu průměrných a extrémních (minimálních) hodnot denní minimální teploty vzduchu lze vnímat i jako indikátor posunu klimatu k větší extremitě, a to zejména na přechodu chladné a teplé části roku. Průměr minimální denní teploty vzduchu na jaře v celém období, a tedy i v současných třicetiletích, vykazuje kladnou tendenci, zatímco její minimum klesá (srovnej obr. 3b a 4b). Postupem času tak úroveň minimální teploty vzduchu v jarním období sice celkově roste, avšak její extrémy zároveň dosahují nižších hodnot

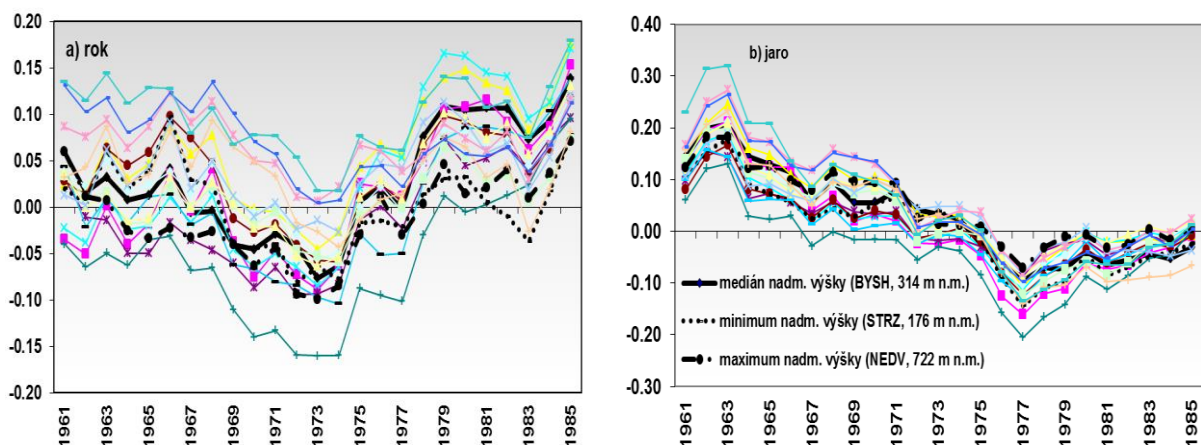
Minimální teplota vzduchu je spojena s výskytem tzv. **mrazových dní** (tj. dní s minimální denní teplotou vzduchu menší než 0 °C). Mrazové dny se v našich klimatických podmínkách vyskytují v období od září do května. Vzácně se mohou vyskytnout také počátkem června či koncem srpna, nikoliv však v červenci. Nejvíce četné bývají v lednu, avšak velmi podobné četnosti vykazují i zbylé zimní měsíce. Na územím analyzovaném v této práci byla nejvyšší průměrná roční četnost mrazových dní za období 1961–2014 dosažena ve Velkém Meziříčí (131,8 dne) a nejmenší v Kroměříži (96,9 dne). Absolutní maximum četnosti bylo zaznamenáno ve Velkém Meziříčí v roce 1965, kdy se zde vyskytlo celkem 171 mrazových dní. Nejčastějším rokem výskytu maximálního počtu mrazových dní je však rok 1963. Výsledky trendové analýzy korespondují s výsledky pro průměr minimální denní teploty vzduchu.



Obr. 2 Lineární trend ročního průměru minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znáročeny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)



Obr. 3 Lineární trend sezonního průměru minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znáročeny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)



Obr. 4 Lineární trend ročního (ad a) a jarního (ad b) minima minimální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znázorněny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)

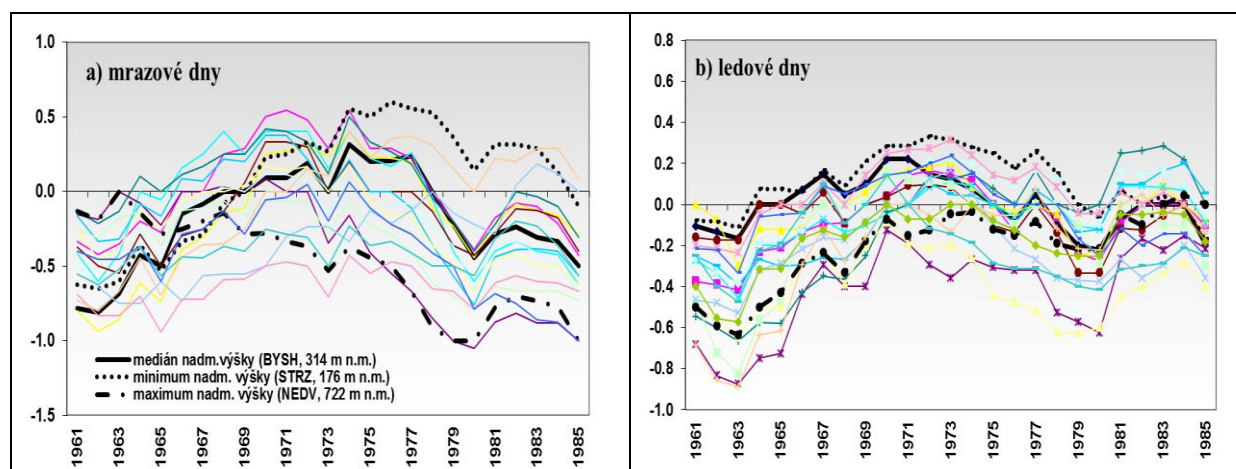
Tab. 3 Charakteristiky denní minimální teploty vzduchu ($^{\circ}$ C) z vybraných stanic ČHMÚ za období 1961–2014

Charakteristika	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim
Průměr 1961–2014 - MIN (stanice)	2,7 (VMEZ)	-5,2 (NEDV)	2,0 (VMEZ)	10,3 (VMEZ)	3,3 (VMEZ)
Průměr 1961–2014 - MAX (stanice)	4,9 (STME)	-3,4 (STME)	4,4 (STME)	12,9 (BTUR)	5,5 (KUCH)
Minimum 1961–2014 (stanice, rok)	-29,9 (HOLE, 1985)	-29,9 (HOLE, 1985)	-24,0 (VMEZ, 1971)	-2,2 (VMEZ, 1977)	-19,2 (VMEZ, 1975)

Trend ročního počtu mrazových dní je na všech stanicích záporný, na 12 z celkových 19 stanic je statisticky významný na hladině 5 % a na 2 stanicích je významný na hladině 10 %. Při posouzení dynamickým způsobem původně záporný trend na přelomu 60. a 70. let přibližně na polovině stanic přechází v trend kladný dosahující lokálních maxim ve třicetiletích s počátkem v letech 1971 a 1974. Následně však slábne a ve druhé polovině 70. let se opět stává na většině stanic záporným. Po dosažení výrazného minima ve třicetiletí 1980–2009 se sice tato tendence zeslabuje, ale i přesto trend zůstává až do konce studovaného období v záporných hodnotách.

Ze dní s charakteristickou teplotou vzduchu byl vyhodnocen také **počet ledových dní**, tj. dní s maximální denní teplotou vzduchu menší než 0° C. Výskyt ledových dní běžně zaznamenáváme v období od listopadu do března, méně často i v měsících říjnu a dubnu. Největší četnost v ročním chodu nastává v lednu. V předmětné oblasti se průměrný roční

počet ledových dní za období 1961–2014 pohyboval od 23,9 v Pohořelicích do 65,2 v Nedvězí. Na stanici Nedvězí bylo také zaznamenáno absolutní maximum četnost ledových dní za rok (99 dní), které se vyskytlo v roce 1964. Stejně jako v případě mrazových dní byla maximální četnost nejčastěji detekována v roce 1963 (14 z celkových 19 stanic). Počet ledových dní za rok vykázal na všech stanicích negativní trend, který byl na polovině stanic dokonce statisticky významný (6 stanic na hladině 5 % a 3 stanice na hladině 10 %). Podle trendové analýzy provedené dynamickým způsobem je trend na počátku studovaného období na všech stanicích záporný, což je nejvýraznější ve třicetiletí 1966–1995. Poté dochází k rychlému nárůstu hodnot lineárního koeficientu a tedy k zeslabování záporného trendu. Trend se na přelomu 60. let a 70. let mění na kladný, který trvá až do roku 1978 (ve třicetiletí 1977–2006 je patrné lokální maximum). Koncem 70. let trend prudce klesá do záporných hodnot, což je patrné pro všechny stanice. Trend dosahuje minima ve třicetiletí s počátkem v roce 1979 nebo 1980. Později se záporný trend zeslabuje a na některých stanicích dokonce přechází do mírně kladných hodnot. Výsledky analýzy trendu dynamickým způsobem ukazuje obr. 5.



Obr. 5 Lineární trend ročního počtu mrazových dní (ad a) a ledových dní (ad b)) na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znáročeny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)

Výskyt ledových dní souvisí s další charakteristikou běžně užívanou k popisu extremity klimatu. Jedná se o tzv. **vlny chladu**, tedy období po sobě bezprostředně následujících několika dní (zde minimálně 3 dny), kdy je splněna definiční podmínka pro označení jako ledový den. Vzhledem k tomu, že těžiště výskytu těchto vln chladu časově spadá do zimy, budou všechny následující výsledky popsány pro zimní sezonu. Průměrná délka chladné vlny za jednu zimní sezonu se pohybuje od 6,1 v Lednici do 10,2 v Nedvězí. Je nutno si uvědomit, že průměrná délka chladné vlny je skutečně určena jako průměr délek všech chladných vln,

kteře začínají v některém ze zimních měsíců (zahrnutý jsou tedy i velmi dlouhé chladné vlny, které končí až na jaře (v březnu)). Maximální dosažená délka chladné vlny se na jednotlivých stanicích pohybuje od 24 (Lednice) až do 42 (více stanic). Nejdelší chladná vlna vymezená limitem denní maximální teploty vzduchu menší než 0 °C tedy trvala 42 dní a vyskytla se v období od 7.1.1963 do 17.2.1963 na stanicích Kostelní Myslová a Nedvězí. Lineární trend průměrné i maximální délky chladné vlny za období 1961–2014 je nevýrazný. V případě maximální délky je trend na všech stanicích záporný, avšak zároveň i statisticky nevýznamný. V případě průměrné délky je trend na 12 stanicích záporný a na 6 stanicích kladný a ve všech případech statisticky nevýznamný. Dynamickou analýzou trendu dospíváme u průměrné i maximální délky chladné vlny k podobným výsledkům. Časový průběh hodnot lineárního koeficientu je obdobný, avšak trend pro maximální délku je výraznější (hodnoty lineárního koeficientu jsou v absolutní hodnotě vyšší než u délky průměrné). V první polovině 60. let se uplatňuje záporný trend, který je nejvíce výrazný ve třicetiletí 1963–1992. Ve druhé polovině 60. let dochází po zeslabení negativního trendu k přechodu do kladných hodnot, které se udržují až do konce 70. let (lokální maximum kladného trendu nastává ve třicetiletí 1968–1997). V závěru 70. let všechny stanice přecházejí na záporný trend s výrazným minimem ve třicetiletích začínajících v roce 1979 nebo 1980. Záporný trend vzápětí zeslabuje a během 80. let je již přibližně na polovině stanic střídán trendem kladným. Dosažené výsledky trendové analýzy lze interpretovat tím způsobem, že průměrná ani maximální délka vln chladu vymezených limitní hodnotou 0 °C neprodělala v průběhu studovaného období žádnou výraznou změnu. Trend za celé období 1961–2014 je totiž nevýznamný a ukazuje spíše poklesovou tendenci. Podle výsledků dynamické analýzy trendu však tendence k poklesu dosáhla svého maxima koncem 70. let a v posledních 4 třicetiletích je buď výrazně slabší či se dokonce projevuje slabá tendence růstová.

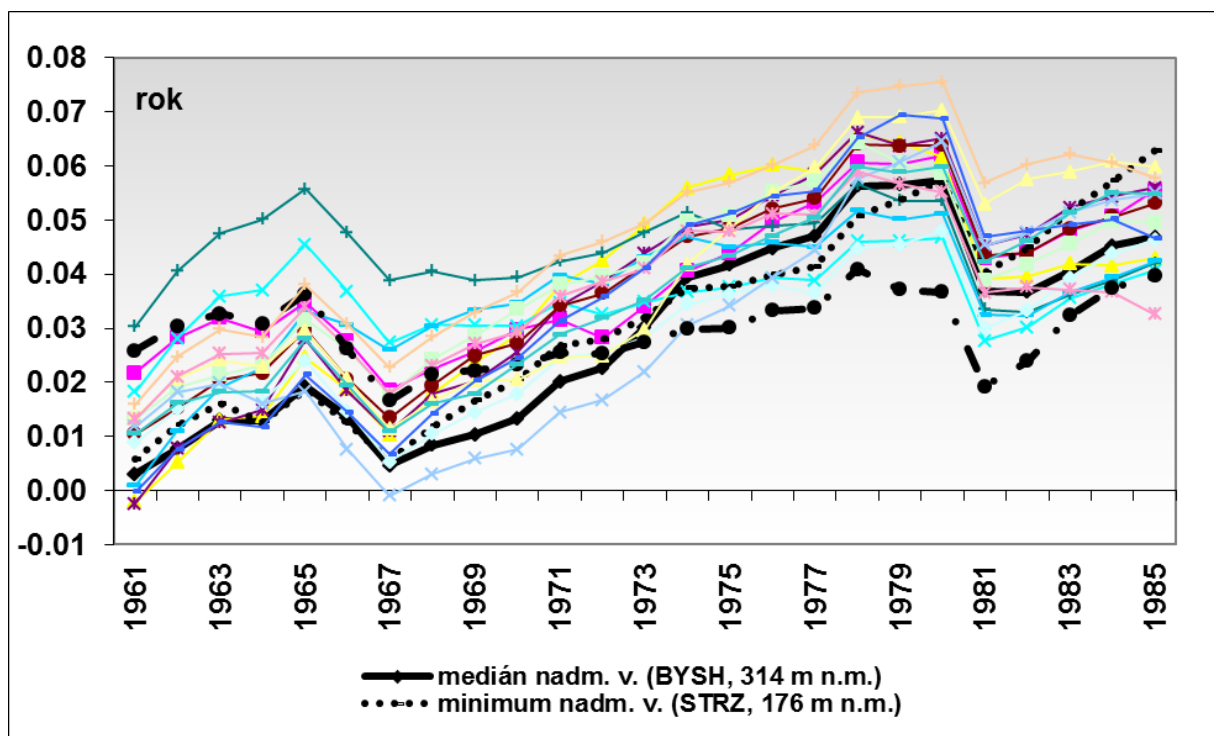
Chladné teplotní podmínky dokresluje ještě **výskyt arktických dní**, tj. dní s denní maximální teplotou vzduchu menší než -10°C. Jejich výskyt je omezen téměř výhradně na zimní sezonu (prosinec až únor), velmi vzácně se vyskytují ještě v březnu. Maximální četnost v ročním chodu vykazuje stejně jako u mrazových a ledových dní měsíc leden. Průměrný počet arktických dní za zimní sezonu v období 1961–2014 dosahuje hodnot od 0,35 na stanici Lednice do 2,09 na stanici Nedvězí. Vůbec nejvyšší jejich počet byl zaznamenán v zimě 1962/1963 v Nedvězí a dosáhl 21 dní. Nejčastější sezonou s výskytem absolutního maxima četnosti však byla zima 1984/1985 (11 stanic), na druhém místě byla zima 1962/1963 (6 stanic). Výsledky analýzy lineárního trendu indikují v období 1961–2014 nevýrazný pokles v četnosti arktických dní, jelikož trend je s výjimkou stanice Ivanovice na Hané záporný

a ve všech případech statisticky nevýznamný. Dynamická analýza trendu pro jednotlivá třicetiletí postrádá smysl vzhledem k tomu, že četnost výskytu arktických dní je obecně nízká a lineární koeficient trendu se pak většinou blíží k nule.

Obdobně jako v případě ledových dní lze i pro arktické dny vymezit **vlny chladu**, tedy období kdy je denní maximální teplota vzduchu alespoň 3 dny po sobě menší než $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výskyt takto definovaných vln chladu je v našich podmínkách obecně vzácný a připadá zejména na stanice s vyšší nadmořskou výškou (tj. v této práci nad 500 m n.m.). Relativní větší četnost byla zaznamenána na stanici Nedvězí, Protivanov a dále Bystřice nad Pernštejnem a Kuchařovice. Na ostatních stanicích se v daném období vlny chladu vymezené limitní hodnotou $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyskytovaly pouze minimálně (např. 1krát až 3krát za celé studované období). Výskyt vln chladu, resp. jejich největší délka, nejčastěji připadala na roky 1985, 1963 a 1987. Dále byly detekovány též v letech 1962, 1996 a 2012. V dalších letech se vyskytly jen s výrazně nižší četností. Za těchto okolností, kdy se daný jev vyskytuje pouze v menší části let z celého období, nemá tak velký význam studium průměrné délky, ale je vhodnější se zaměřit na délku maximální. Absolutně nejdelší vlna chladu vymezená limitní hodnotou maximální denní teploty vzduchu o velikosti $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vyskytla v Protivanově v roce 1985 a trvala od 5.1.do 14.1.1985, tj. 10 dní. Analýza trendu s ohledem na zastoupení zkoumaného jevu pouze v některých letech nebyla provedena.

Teplé klimatické podmínky jsou v této práci charakterizovány s pomocí denní maximální teploty vzduchu, počtu letních a tropických dní a výskytu „horkých vln“ vymezených dvěma různými limitními hodnotami maximální denní teploty vzduchu. Měsíční **průměr denních maxim teploty vzduchu** za období 1961–2014 nabývá v roce hodnot od $9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stanici Nedvězí do $14,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Lednici. Hodnoty pro jednotlivé sezony shrnuje tab. 4. Prostorové rozložení minimální a maximální hodnoty se mezi jednotlivými sezonami nemění - nejnižší průměrnou hodnotu denních maximálních teplot vzduchu vykazuje ve všech sezonách nejvýše položená stanice Nedvězí, zatímco nejvyšší hodnota je vždy dosažena v Lednici. Velmi výrazné jsou výsledky trendové analýzy, která ukazuje na statisticky významný nárůst maximální denní teploty vzduchu především v teplé části roku. Lineární trend za období 1961–2014 je totiž v roce i ve všech sezonách na všech stanicích bez výjimky kladný. Trend ročních, jarních a letních hodnot je navíc pro všechny stanice statisticky významný na hladině 5 %. V zimě je trend významný na 17 z celkových 19 stanic, a to pro 8 stanic na hladině 5 % a pro 9 stanic na hladině 10 %. Naproti tomu kladný trend podzimních hodnot překračuje hranici statistické významnosti na jediné stanici, a to pouze na hladině 10 %. Vcelku jednoznačné jsou i výsledky analýzy trendu provedené dynamickým způsobem, kde je patrná

velmi dobrá shoda mezi jednotlivými stanicemi (viz obr. 6). Téměř totožný je průběh hodnot lineárního koeficientu pro rok a jaro, kdy je trend s výjimkou menšího zakolísání v polovině 60. let během celého studovaného období kladný. Ve třicetiletí 1967–1996 lineární koeficient dosahuje svého minima a následně se pohybuje již pouze v kladných hodnotách a jeho hodnota postupně narůstá. Po dosažení maxima ve třicetiletích s počátkem v letech 1978 či 1980 sice trend mírně zeslabuje, ale i přesto zůstává i v posledních 5 třicetiletích kladný a statisticky významný na většině stanic. Trend letních průměrů maximální denní teploty vzduchu je kladný v průběhu celého studovaného období s výjimkou prvních 2 třicetiletí. Tento kladný trend je na většině stanic zhruba od 2. poloviny 60. let statisticky významný. Nejvýraznější nárůst je zaznamenán ve třicetiletí 1974–2003. Rovněž v zimě se lineární koeficient trendu pohybuje po celou dobu v kladných hodnotách, avšak střídají se období výraznějšího kladného trendu (1. polovina 60. let a závěr 70. let) s obdobími poklesu a slabšího trendu (1. polovina 70. let a období po roce 1980). Na podzim je záporný trend převažující do konce 60. let postupně zeslaben a vystřídán kladným trendem, který zesiluje až do konce období a maxima nabývá ve třicetiletí 1985–2014.



Obr. 6 Lineární trend ročního průměru maximální denní teploty vzduchu na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znároněny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)

Průměr **maximální hodnoty denních teplotních maxim** za období 1961–2014 pro rok, resp. léto, se pohybuje od 29,1°C na stanici Nedvězí do 33,9 °C v Pohořelicích. V ostatních sezonách vykazuje minimální hodnotu vždy stanice Nedvězí a maximální hodnotu stanice Lednice (v zimě a na podzim) či Strážnice (na jaře). Vůbec nejvyšší denní maximální teplota vzduchu za celé studované období byla zaznamenána ve Strážnici dne 8.8.2013 (39,2 °C). Zimní absolutní maximum se vyskytlo také ve Strážnici, kde byla dne 25.2.1990 zaznamenána maximální denní teplota vzduchu o velikosti 19,8 °C. Stejně jako u průměrných hodnot, i maxima denní průměrné teploty vzduchu vykazují v období 1961–2014 převážně rostoucí trend. Trend ročních, zimních i letních hodnot je na všech stanicích kladný a statisticky významný. Nárůst teplotních maxim v letní i zimní sezoně dosahuje hodnot kolem 0,4 °C – 0,7 °C za 10 let. Rovněž trend jarních hodnot je výhradně kladný a pro 10 stanic významný na hladině 5 %, pro 4 stanice na hladině 10 %. Naopak na podzim maximální teplota vzduchu na většině stanic (15 stanic) klesá. Trend však v žádném z případů nepřesahuje hladinu statistické významnosti. Při analýze dynamickým způsobem vývoj trendových hodnot zahrnuje změnu z mírně záporného trendu (pouze na některých stanicích) v první polovině 60. let na kladný trend postupně zesilující až k maximu ve třicetiletí 1978–2007 (rok a léto) nebo 1980–2009 (jaro). U zimních hodnot byl kladný trend nejvýraznější v 60. letech (maxima ve třicetiletích s počátky v letech 1962 a 1969), poté postupně zeslabil až zcela na konci studovaného období na několika stanicích dokonce přešel do záporných hodnot. Na podzim byl vývoj opačný – původně záporný trend s minimem ve třicetiletí 1973–2002 se od druhé poloviny 70. let zeslabil a přibližně na polovině stanic se stal kladným. Nejsilnějšího kladného trendu bylo dosaženo ve třicetiletí 1985–2014. I tento je však statisticky nevýznamný.

Tab. 4 Charakteristiky denní maximální teploty vzduchu (° C) z vybraných stanic ČHMÚ za období 1961–2014

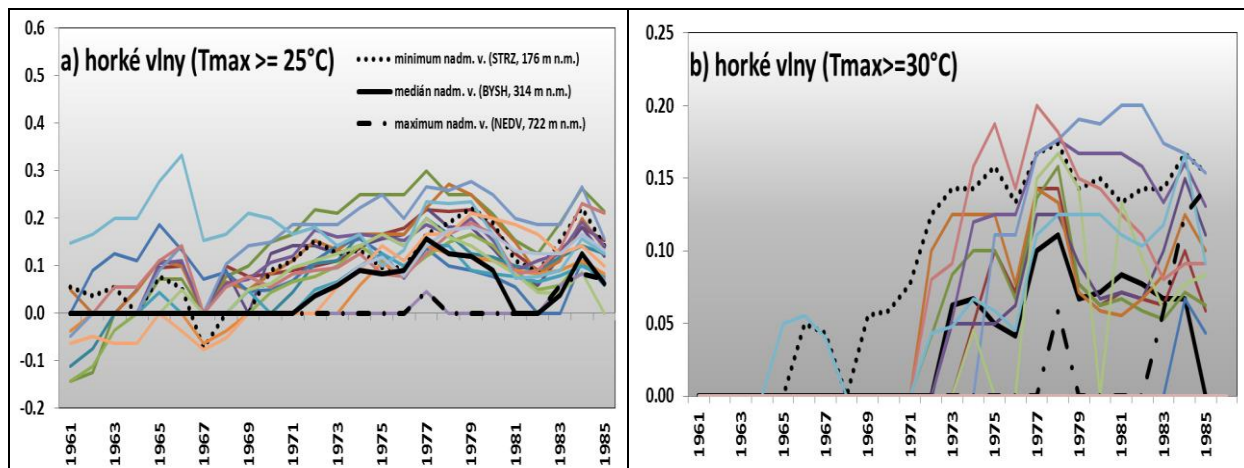
Charakteristika	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim
Průměr 1961–2014 - MIN (stanice)	9,9 (NEDV)	-0,8 (NEDV)	10,2 (NEDV)	20,1 (NEDV)	10,1 (NEDV)
Průměr 1961–2014 - MAX (stanice)	14,7 (LEDN)	-3,0 (LEDN)	15,4 (LEDN)	25,3 (LEDN)	14,7 (LEDN)
Maximum 1961–2014 (stanice, rok)	39,2 (STRZ, 2013)	19,8 (STRZ, 1990)	33,0 (LEDN, 2005)	39,2 (STRZ, 2013)	33,9 (MBUD, 1973)

O změně teplotních poměrů v čase vypovídá i výskyt dnů s charakteristickou teplotou vzduchu. V případě maximální denní teploty vzduchu se jedná o dny letní (maximální denní teplota vzduchu je větší nebo rovná 25 °C) a tropické (maximální denní teplota vzduchu je větší nebo rovná 30 °C). Na stanicích ve studované oblasti se průměrný roční **počet letních dní** za období 1961–2014 pohyboval v rozmezí od 15,3 dní (Nedvězí) do 63,8 dní (Lednice a Pohořelice). Absolutně maximální počet letních dní za rok byl zaznamenán v roce 2003 v Pohořelicích (106 dní). Rok 2003 je zároveň nejčastějším rokem výskytu maximální četnosti letních dní (17 z 19 stanic). Četnost letních dní za rok na všech stanicích za období 1961–2014 významně vzrostla (trend je na 18 stanicích významný na hladině 5 % a na 1 stanici na hladině 10 %), a to o 2–5 dnů za 10 let. Tendence k narůstajícímu počtu letních dní je potvrzena i dynamickou analýzou trendu, která ukazuje, že s výjimkou třicetiletí začínajících v první polovině 60. let, kdy byl trend na některých stanicích mírně záporný, je trend v průběhu celého studovaného období kladný a postupem času dokonce mírně posiluje. Na mnohých stanicích je tento trend statisticky významný ve většině třicetiletí začínajících ve druhé polovině 70. let a později.

Výskyt letních dní je spjat s **horkými vlnami**, tj. obdobími po sobě bezprostředně následujících několika dní (zde minimálně 3 dny), kdy je splněna definiční podmínka pro označení jako letní den. Průměrná délka horké vlny za rok se pohybuje od 4,5 dne v Nedvězí do 7,1 dne v Pohořelicích. Maximální dosažená délka horké vlny se na jednotlivých stanicích pohybuje od 17 (Nedvězí) až do 43 dní (Pohořelice). Nejdelší horká vlna vymezená limitem denní maximální teploty vzduchu větší nebo rovné 25 °C tedy trvala 43 dní a vyskytla se v Pohořelicích období od 27.6.1995 do 8.8.1995. Výsledky analýzy lineárního trendu za celé období 1961–2014 ukazují na statisticky významný nárůst průměrné i maximální délky horkých vln. V případě maximální délky se jedná o nárůst v řádu od 0,2 do 1,9 dne za 10 let. Trend je na 12 stanicích významný na hladině 5 % a na 1 stanici na hladině 10 %. V případě průměrné délky je nárůst o velikosti do 0,5 dne za 10 let. Trend je pro 7 stanic významný na hladině 5 % a pro 2 stanice alespoň na hladině 10 %. Výsledky dynamické analýzy trendu pro průměrnou a maximální délku horké vlny se výrazně neliší. Trend je po celé období převážně kladný (kromě období na přelomu 60. a 70. let kdy se na části stanic uplatňuje mírně záporný trend), s mírným vývojem (zesilováním kladného trendu) od druhé poloviny 70. let. Na konci studovaného období jsou dobře patrná období maxim kladného trendu ve třicetiletích 1978–2007 (příp. 1979–2008) a 1984–2013. Hodnoty lineárního koeficientu jsou obecně vyšší pro maximální délku horké vlny než u délky průměrné.

Průměrný roční **počet tropických dní** za studované období dosáhl hodnot od 0,98 dní (Nedvězí) do 15,57 dní (Pohořelice). Absolutní maximum výskytu připadlo opět na stanici Pohořelice a rok 2003 (45 dní). Nejčastějšími roky výskytu maxima jsou roky 1994 a 2003 (každý rok po 8 stanicích). Četnost tropických dní za rok na všech stanicích za období 1961–2014 významně vzrostla, jelikož lineární trend je na všech stanicích významný na hladině 5 %. Velikost nárůstu se pohybuje mezi 0,5 a 3,0 dny za 10 let. Podle výsledků dynamické analýzy trendu, je trend stejně jako u letních dní po většinu studovaného období (s výjimkou první 3 třicetiletí) kladný. Lokálních maxim je dosaženo ve třicetiletích s počátky v letech 1966, 1974 a 1978. Na mnohých stanicích je trend od druhé poloviny 70. let statisticky významný a výsledek je totiž obdobný jako pro letní dny.

Horká vlna vymezená výskytem tropického dne (tj. denní maximální teploty vzduchu větší nebo rovné 30 °C) na jednotlivých stanicích dosáhla maximální délky v rozmezí od 6 dní (Nedvězí) do 18 dní (Bystřice pod Hostýnem, Holešov, Staré Město, Strážnice, Velké Meziříčí). Nejdelší horká vlna na dané stanici byla ve všech případech s výjimkou stanice Protivanov zaznamenána v roce 1994. Průměrná délka horké vlny za rok se pohybuje od 0,6 dne v Protivanově do 2,2 dne v Pohořelicích. Analýza lineárního trendu za období 1961–2014 prokázala na většině stanic statisticky významný nárůst průměrné i maximální délky horkých vln. V případě maximální délky se jedná o nárůst v řádu od 0,5 do 1,0 dne za 10 let. Trend je na 13 stanicích významný na hladině 5 % a na 3 stanicích na hladině 10 %. V případě průměrné délky je nárůst o velikosti do 0,5 dne za 10 let. Trend je pro 15 stanic významný na hladině 5 % a pro 1 stanici na hladině 10 %. Ve výsledcích dynamické analýzy trendu průměrné a maximální délky nejsou významné odlišnosti. Trend je na počátku studovaného období nevýrazný, avšak od počátku 70. let se na většině stanic stává kladným a na některých (zejména v oblasti jihozápadu Moravy) je také statisticky významný. Hodnoty lineárního koeficientu jsou stejně jako u horkých vln vymezených výskytem letního dne vyšší pro maximální délku.



Obr. 7 Lineární trend maximální délky horkých vln vymezených limitní hodnotou 25 °C (ad a) a 30 °C (ad b)) na vybraných stanicích ČHMÚ v jednotlivých třicetiletích od roku 1961 do roku 2014. (Na horizontální ose jsou znáročeny počáteční roky jednotlivých 30letých úseků. Barevné čáry představují jednotlivé meteorologické stanice.)

Závěr

V předložené práci byly analyzovány teplotní poměry, jejich vývoj v čase a změny v jejich extremitě podle údajů z 19 stanic Českého hydrometeorologického ústavu v oblasti územní působnosti pobočky Brno. Předmětem zájmu byla zejména denní minimální a maximální teplota vzduchu a z ní odvozené charakteristiky. Výsledky ukazují, že ve studovaném období 1961–2014 došlo k celkovému oteplení klimatu předmětného regionu jižní Moravy a také k nárůstu jeho extrémnosti z hlediska výskytu vysoké teploty vzduchu. Svědčí o tom zejména vývoj denní maximální teploty vzduchu, jejíž průměrné hodnoty i maxima vykazují v roce i ve všech sezonách (kromě podzimu u maxim denní maximální teploty) kladný trend. Tento kladný trend je v roce a v létě ve všech lokalitách statisticky významný. Zvyšování maximální teploty vzduchu v poslední době je potvrzeno také výsledky analýzy lineárního trendu provedené dynamickým způsobem, kde se zejména v roce jako celku a v teplé části roku (jaro, léto) uplatňují kladné hodnoty lineárního trendu, který je nejvýrazněji vyjádřen ve třicetiletí začínajícím v roce 1978 či 1980. Zatím vůbec nejvyšší denní maximální teploty vzduchu v dané oblasti a za dané období bylo dosaženo až dne 8.8.2013 ve Strážnici, a to o velikosti 39,2 °C. Nárůst maximální teploty vzduchu s sebou přináší i nárůst počtu letních a tropických dní. Za období 1961–2014 totiž obě tyto charakteristiky na všech stanicích vykazují kladný trend, který je většinou i statisticky významný. Výsledky trendové analýzy provedené dynamickým způsobem kopírují výsledky pro maximální teplotu vzduchu (tedy převaha kladného trendu, a to zejména ve třicetiletích od 2. poloviny 60. let). Obdobně se prodlužují také vlny veder, jako období po sobě bezprostředně následujících dní s denní maximální teplotou vzduchu nad 25 °C nebo nad 30 °C. Nárůst jejich maximální délky za rok

dosahuje v případě vymezení limitní teplotou vzduchu 25 °C délky až 1,9 dne za 10 let a v případě teploty vzduchu 30 ° délky až 1,0 dne za 10 let.

Tendence k oteplování je potvrzena i vývojem minimální denní teploty vzduchu a z ní odvozených charakteristik. Průměrná i minimální hodnota denní minimální teploty vzduchu ukazuje za období 1961–2014 vždy kladný trend, který je v roce i ve všech sezonách statisticky významný. Zajímavým momentem je rozdíl ve vývoji lineárního trendu průměrných a minimálních hodnot denní minimální teploty vzduchu na jaře, který indikuje posun klimatu k větší extremitě na přechodu chladné a teplé části roku. Zatímco průměr minimální denní teploty vzduchu na jaře v celém období vykazuje kladnou tendenci, její minimum v posledních třicetiletích klesá, což znamená, že úroveň minimální denní teploty vzduchu v jarním období sice celkově roste, avšak její extrémy zároveň dosahují nižších hodnot. Jednotlivě se tedy vyskytují dny s výrazně nižší teplotou vzduchu než v minulosti, což může být nebezpečné pro zemědělství (výskyt jarních mrazů).

Výskyt mrazových a ledových dní byl nejvyšší v roce 1963. Jejich počet zaznamenal v období od 1961–2014 na všech stanicích pokles, který je dokonce přibližně na polovině stanic statisticky významný. Poklesovou tendenci ve třicetiletích od 70. let ukazují i výsledky dynamické analýzy trendu. Klesá rovněž počet arktických dní, avšak pouze statisticky nevýznamně. Obdobně se chová i délka studených vln, která na jednotlivých stanicích sice převážně klesá, ale spíše statisticky nevýznamně.

Dosažené výsledky lze shrnout zejména tak, že oteplování detekované ve studované oblasti souvisí zejména se změnou maximální denní teploty vzduchu a z ní vycházejících charakteristik. V případě denní minimální teploty vzduchu sice také dochází k nárůstu, který však již není tak výrazný. Oteplování je nejvíce výrazné v teplé části roku (jaro a léto). Kromě celkového oteplování dochází ke zvýraznění extrémů, jako je nárůst maximální hodnot denních teplotních početů, statisticky významný nárůst počtu letních a tropických dní či nárůst délky tzv. horkých vln. V kontextu prokázaných faktů o rostoucí nerovnoměrnosti časového rozložení srážek v posledních letech poskytuje celkový nárůst úrovně teploty a nárůst hodnot teplotních extrémů v teplé části roku vysvětlení důvodů častějších výskytů sucha, která jsou ovšem v zemědělské oblasti jižní Moravy velmi nežádoucí.

Literatura

DOLEŽELOVÁ, M., 2014: *Changing amounts or spatio-temporal distribution? The study of precipitation trends and the occurrence of extreme precipitation events in the region of southern Moravia (SE part of the Czech Republic) in the period 1961–2013*. In 14th EMS

Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC) Proceedings. (Prague 6.10. – 10.10.2014).

KARL, T.R., NICHOLLS, N., GHAZI, A., 1999: CLIVAR/GCOS/WMO Workshop on indices and indicators of climate extremes – Workshop summary. *Climatic Change*, 42, s. 3–7.

KENDALL, M.G., 1976: Rank correlation methods. 4.vyd., Griffin, London.

KLEIN TANK, A.M.G., KÖNNEN, G.P., 2003: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999. *Journal of Climate*, 16, s. 3665–3680.

MANN, H.B., 1945: *Nonparametric tests against trend*. *Econometrica*, 13, s. 245–259.

MOBERG, A., JONES, P.D., 2005: Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe 1901–1999. *International Journal of Climatology*, 25, s. 1149–1171.

SEN, P.K., 1968: *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*. *Journal of the American Statistical Association*, 63, s. 1379–1389.

SPINONI, J., NAUMANN, G., CARRAO, H., BARBOSA, P., VOGT, J., 2014: World drought frequency, duration and severity for 1951–2010. *International Journal of Climatology*, 34, 8, s. 2792–2804.

STŘEŠTÍK, J., ROŽNOVSKÝ, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2014: Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v období 1961–2012. In: *Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H. (eds.): Extrémy oběhu vody v krajině. Mikulov, 8.4. – 9.4. 2014. ISBN 978-80-87577-30-1.*

ŠTĚPÁNEK P., ZAHRADNÍČEK P., BRÁZDIL R., TOLASZ R., 2011: *Methodology of Data Quality Control and Homogenisation of Time Series in Climatology* (in Czech). 1. vyd., Český hydrometeorologický ústav, Praha. 118 s. ISBN 978-80-86690-97-1.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., 2013: *Experiences with homogenization of daily records of various meteorological elements in the Czech Republic*. *Időjárás*, 117, s.123–141.

TOMOZEIU, R., PAVAN, V., CACCIAMANI, C., AMICI, M., 2006: *Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes*. *Climate Research*, Vol. 31, s. 217–225.

ZAHRADNÍČEK, P., ŠTĚPÁNEK, P., MOŽNÝ, M., TRNKA, M., HLAVINKA, P., 2014 : Extrémně suchá epizoda srpen 2011 až květen 2012. In: *Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H., (eds.): Extrémy oběhu vody v krajině. Mikulov, 8.4. –9.4. 2014. ISBN 978-80-87577-30-1.*

Kontakt:

Ing. Mgr. Marie Doleželová, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav

Kroftova 43, 616 67 Brno

+420 541 421 034, marie.dolezelova@chmi.cz