

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká Fakulta

Katedra Geografie

Bc. Vojtěch Franek

Příspěvek ke studiu chladných vln v Olomouci 2011–2016

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.

Olomouc 2019

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo): Bc. Vojtěch Franek (D160374)

Studijní obor: Učitelství technické a informační výchovy pro střední školy a 2. stupeň základních škol a Geografie (UTIV–Z)

Název práce: Příspěvek ke studiu chladných vln v Olomouci 2011–2016

Title of thesis: Contribution to the study of cold waves in Olomouc 2011–2016

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.

Rozsah práce: 68 stran, 7 vázaných příloh

Abstrakt: Práce se zabývá výskytem chladných vln na městských a příměstských stanicích v katastrálním území města Olomouce. Chladná vlna byla definována jako souvislé období nejméně tří po sobě následujících dnů, kdy maximální denní teplota nepřesahuje hodnotu 0,0 °C. Ve zkoumaném období 2011–2016 bylo zjištěno celkem 20 chladných vln v souhrnné délce trvání 116 dní.

Klíčová slova: chladná vlna, stanice MESSO, maximální denní teplota, denní minimální teplota, Olomouc

Abstract: This thesis deals with cold waves appearance during cold months at urban and suburban stations, in the Olomouc city. Cold wave is defined as continual time period at least three days when the daily maximum temperature is below 0,0 °C. In the examined period 2011–2016 was found twenty cold waves with total duration 116 days.

Keywords: cold wave, MESSO stations, maximum daily temperature, minimum daily temperature, Olomouc city

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci Příspěvek ke studiu chladných vln v Olomouci 2011–2016 vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslava Vysoudila, CSc. a uvedl veškeré použité literární a internetové zdroje, které jsou předloženy v seznamu literatury.

V Olomouci, 18. 4. 2019

podpis:

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce panu doc. RNDr, Miroslavu Vysoudilovi, CSc. za ochotu, rady, čas, jenž věnoval, dále děkuji rodině a přátelům za pomoc a podporu.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Pedagogická fakulta

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Vojtěch FRANEK
Osobní číslo: D160374
Studijní program: N 7504 Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství technické a informační výchovy pro střední školy a 2. stupeň základních škol
Učitelství geografie pro střední školy
Téma práce: Příspěvek ke studiu chladných vln v Olomouci 2011-2016
Zadávací katedra: Katedra geografie

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je popsat výskyt chladných vln v Olomouci základě měření teploty vzduchu na vybraných meteorologických stanicích Metropolitní staniční sítě Olomouc (MESSO). Při řešení práce se bude vycházet ze standardního definování chladné vlny v podmínkách ČR. Struktura práce:

1. Úvod
 2. Cíle práce, řešení literatury
 3. Metody zpracování
 4. Analýza dat
 5. Časoprostorová charakteristika chladných vln
 6. Výsledky a diskuze
 7. Závěr
- Seznam literatury
Summary
Přílohy

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 – 24 000 slov
Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- BARNETTA, A.G., HAJAT B, G., GASPARRINIB, A.,ROCKLOVC, J. (2012): Cold and heat waves in the United States. *Environmental Research*. Volume 112:218-224.
- BRÁZDIL, R. et al. (1995): Fluctuation of maximum and minimum air temperatures in the Czech and the Slovak republics. *Atmospheric research*.
- BRÁZDIL, R. (2002): Meteorologické extrémy a povodně v České republice přirozený trend nebo následek globálního oteplování? *Geografie Sborník České geografické společnosti*, 107 (4).
- ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 28.11.2016]. Dostupné z: www.chmi.cz
- DOLEŽALOVÁ, M.: 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. In: Rožnovský, J., UTSCHMANN, T., (eds): *Závňahy a jejich perspektiva*. Mikulov, 18. 3. 2015.
- NOSEK, M. (1972): *Metody v klimatologii*. Praha: Academia.
- SIMONS, P. (2010): *Extrémy počasí*. Praha: Reader's Digest Výběr.
- SOBIŠEK, B. (1993): *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Praha: Academia.
- VYSOUDIL, M., et al. (2012): *Podnebí Olomouce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.**
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. dubna 2018**

V Olomouci dne 30. listopadu 2016

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

LS.

doc. RNDr. Marián Halás, Ph.D.
vedoucí katedry

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce	9
3	Rešerše literatury	10
4	Metody zpracování	17
4.1	Definice chladné vlny	17
4.2	Metropolitní staniční síť Olomouc (MESSO).....	19
4.3	Zpracování a analýza dat.....	21
5	Časoprostorová charakteristika chladných vln	22
5.1	Chladné vlny v roce 2011	22
5.2	Chladné vlny v roce 2012	27
5.3	Chladné vlny v roce 2013	32
5.4	Chladné vlny v roce 2014	36
5.5	Chladné vlny v roce 2015	40
5.6	Chladné vlny v roce 2016	42
6	Výsledky a diskuze	46
6.1	Povětrnostní situace v době trvání chladných vln.....	52
7	Závěr	54
8	Summary.....	55
9	Použitá literatura	56
10	Seznam použitých zkratk	59
	Přílohy.....	61

1 Úvod

Pro poslední desetiletí je pro celou planetu charakteristická velká míra urbanizace. Tento proces spojený s vysokou hustotou výstavby budov vede ke změnám pokryvu aktivního povrchu a přeměňuje tak více přirozeného přírodního prostředí na urbanizované. Hlavní dopady jsou ve fenoménu tepelného ostrova, který má značný dopad na tvorbu místního klimatu (Spinoni, 2015). Podrobné studování specifík městského klimatu má proto zásadní význam pro život obyvatel a pomáhá lépe pochopit časoprostorové změny režimu jednotlivých meteorologických prvků na zkoumaném území. S rozmachem moderních technologií a dostupnosti internetu se zvýšil i zájem veřejnosti o meteorologii obecně. Do podvědomí široké veřejnosti se tak dostávají hlavně nejčastěji jevy, které obyvatelstvo pociťuje přímo osobně, např. horké a chladné vlny. Nejintenzivněji se tyto extrémy projevují právě v městském prostoru. Z toho plyne i můj zájem o danou problematiku a její hlubší porozumění.

Od roku 2009, kdy vznikla meteorologická síť stanic pro město Olomouc, se naskytla možnost k podrobnému zkoumání jeho klimatu. Tato práce má za cíl přispět k popisu a porozumění výskytu chladných vln na území města Olomouce ve zvoleném časovém období let 2011–2016. Jde o první práci na dané téma a její výsledky mohou posloužit pro další studium místního klimatu Olomouce, nebo jako zdroj informací pro veřejnost.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je popsat výskyt chladných vln v Olomouci na základě měření teploty vzduchu na vybraných meteorologických stanicích Metropolitní staniční sítě Olomouc (MESSO). Při řešení práce se vycházelo ze standardního definování chladné vlny v podmínkách ČR (Doležalová, 2015).

3 Rešerše literatury

S problematikou chladných vln se můžeme v odborné literatuře u nás i v zahraničí setkat v různých souvislostech. Nejčastější variantou je klimatologické hledisko, kdy sledujeme příčinu a vývoj dlouhodobého trendu výskytu chladných vln. To je spojené se zkoumáním extrémních teplot. Tyto studie pomáhají lépe pochopit klimatické proměny Země v menším prostorovém měřítku, na úrovni studia mikroklimatu a městského klimatu. Druhá možnost, jak nahlížet na chladné vlny, je bioklimatický pohled, kdy sledujeme dopady chladných vln na lidské zdraví a činnosti spojené s každodenním životem populace. Zde je hlavním přínosem studií vliv chladných vln na zdraví a život člověka a případnou prevenci proti negativním vlivům na lidský organismus. Tyto studie většinou sledují stejné charakteristiky. Například Revich (2008) se zaměřuje na odhadnutí úmrtnosti zapříčiněné horkými a chladnými vlnami na území Moskvy. Dále zjišťuje, které populační skupiny jsou nejvíce ohrožené tímto extrémním projevem počasí. Barnett et al. (2012) se věnuje dopadům horkých a chladných vln na riziko úmrtnosti populace ve vybraných městech USA. Výzkum se opírá o meteorologická data naměřená v 99 městech na území Spojených států amerických v letech 1987–2000. Autoři došli k závěru, že zde není zvýšené riziko úmrtnosti během chladných vln, než jaké jsou běžné předpoklady spojené s extrémní minimální teplotami. Ovšem chladné vlny mohou být nebezpečné pro populaci na počátku zimy, kdy lidé ještě nejsou dostatečně připraveni na větší výkyvy teploty. S podobným přístupem přichází i Rocklöv (2014), jenž ve své studii sleduje spojitosti mezi úmrtností a dobou trvání horkých a chladných vln nad oblastí města Stockholm. Se zajímavým pojetím studia horkých a chladných vln přišel ve své práci Slavic (2014), kde analyzuje dopady extrémního počasí na spotřebu elektrické energie v městě Sombor v severním Srbsku. Ve výsledcích studie uvádí, že ve zkoumaném období 2007–2012 mrazivé teploty během zaznamenaných chladných vln výrazně zvýšily spotřebu elektrické energie. Stejný závěr je uveden i v případě výskytu horkých vln, kdy je naopak zvýšena spotřeba energie spojená s užíváním klimatizací. Další studie je od autora Wanga (2016), který sleduje dopady chladných vln na místní populaci na území Číny v období 2006–2011. U těch to studií zaměřených na bioklimatický faktor jsou odlišné v zásadě jen místa měření a délka vstupních časových řad (dat).

Z klimatologického hlediska je přínosná studie, ve které Domonkos (2003) zkoumá proměnlivost extrémních teplot ve střední Evropě ve dvacátém století a jejich vztah

k všeobecné cirkulaci atmosféry. Autor využívá pro definici chladné vlny dvě varianty mezních hodnot. První absolutní, kdy je $T_{max} < -5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ a druhá je odvozená z empirické distribuční funkce teplotních anomálií, kdy nejnižší decil distribuční funkce je použit jako mezní hodnota. Ve svých zjištěních uvádí, že během dvacátého století byly ve zkoumané oblasti pozorovány dlouhodobé výkyvy frekvencí výskytu chladných a horkých vln. Obdobně postupuje i Radinović (2012), jeho studie je zaměřena na definici kritérií pro horké a chladné vlny. Autor uvádí, že Mezinárodní panel pro změny klimatu (IPCC) doporučil kritéria pro definici horké a chladné vlny na základě dvou libovolně definovaných konstantách, mezní teplota epizody a doba trvání epizody. Zde autor poukazuje na slabinu tohoto přístupu, jenž spočívá v nedostatečném poskytování srovnatelných výsledků v závislosti na rozdílnosti jednotlivých klimatických oblastí. Navrhuje alternativní řešení, které se opírá o jeho předchozí zjištění, že normálové hodnoty denních maximálních teplot odpovídají Gaussově křivce z čehož můžeme odvodit statistické prahové hodnoty. Tyto prahové hodnoty jsou specifické pro každou klimatickou oblast a jejich změna může být porovnána napříč všemi klimatickými oblastmi. Z tohoto důvodu autor vybral pro tuto studii tři meteorologické stanice reprezentující rozdílné klimatické oblasti. Bělehrad, reprezentující mírné kontinentální klima, Zlatibor reprezentující mírné horské klima a Bangkok, reprezentující tropické přímořské klima. Zkoumaná meteorologická data jsou denní maximální teploty pro měsíce leden a červenec v období 1961–1990. V závěru studie je uvedeno, že prahové hodnoty teplot vysoko nad a vysoko pod normálem charakterizují funkce klimatu každé zkoumané lokality. Tedy pokud je klima neměnné i prahové hodnoty zůstávají konstantní a počet dní s teplotami vysoko nad i pod normálem je skoro tentýž na všech zkoumaných lokalitách. V opačném případě při změně klimatu dochází k proporcionálním změnám jak u počtu dní, tak i u prahových hodnot.

Peterson (2013) ve své studii podává celkové shrnutí o dosud zjištěných změnách ve výskytu horkých a chladných vln na území USA. Chladné vlny dle zjištěných dat měly největší frekvenci výskytu v polovině 80. let minulého století. Naopak nejnižší frekvenci výskytu měly chladné vlny na začátku 21. století, kdy na celém území USA byl zaznamenán rekordně nejnižší počet epizod. Další důkazy poukazují na fakt, že studené vzduchové hmoty nad Severní Amerikou (přesněji nad arktickou a subarktickou částí Kanady) se oteplují v průběhu posledních dekád. Zatím co Pacifická dekádovala oscilace ovlivňuje teploty nad Aljaškou, oteplování těchto zdrojových oblastí chladného

vzduchu může být další vysvětlení nižší frekvence výskytu chladných vln v posledních desetiletích na území USA.

Podobnou studii předkládá Porebska (2013), která sleduje spojitosti horkých a chladných vln s blokuujícími anticyklonami nad střední Evropou v letech 2001–2011. Chladná vlna je v práci definována, jako období nejméně tří po sobě následujících dnů, kdy je denní maximální teplota $T_{max} < -5,0$ °C. Ve výsledcích studie se uvádí, že nad střední Evropou bylo v období 2001–2011 zaznamenáno celkem 37 chladných vln trvajících 267 dní. Počet dní v chladných vlnách, které byly zaviněny blokuující anticyklonou bylo 84. Závěr studie uvádí blokuující anticyklony, jako důležitý, avšak ne dominantní faktor formující vývoj horkých a chladných vln nad centrální Evropou, a to vzhledem k tomu, že teplotní anomálie jsou zapříčiněny jak advekčními, tak i radiačními procesy spojené s blokuujícími anticyklonami.

Labajo (2014) svou práci zaměřil na definici a vývoj horkých a chladných vln nad španělskou centrální náhorní plošinou Meseta Central v letech 1961–2010 a na vysvětlení příčin jejich vzniku. Autor pro definici horké a chladné vlny využil série dat maximálních a minimálních teplotních anomálií, které označil jako (DMATA) a (DMITA). Ty byly získány ze série denních maximálních a minimálních teplot. Teplotní anomálie je ve studii definována, jako rozdíl mezi denními teplotami a odpovídající průměrné hodnotě pro každý den v roce v sérii dat 1961–1990. V návaznosti na výše zmíněnou úpravu dat je za chladnou vln považováno období, kdy DMATA a DMITA jsou zároveň nižší než mezní hodnoty určené 10. percentilem po dobu minimálně dvou nepřetržitě po sobě následujících dnů. V závěru studie je uvedeno, že v období 1961–2010 bylo zaznamenáno celkem 150 chladných vln na zkoumaném území. Doba trvání chladných vln byla následující: 46 % všech epizod trvalo jen dva dny. Epizody, které trvaly déle než 4 dny bylo jen 11 %. Nejdelší zaznamenané epizody byly dvě, s dobou trvání 13 dní. Stejně orientovaná je i práce Spinoniho (2015), který se zaměřil na trendy výskytu horkých a chladných vln v Karpatském regionu mezi roky 1961–2010. V této studii autor využil meteorologická data získané z projektu CARPATCLIM. U definice chladné vlny rozlišuje „noční“ chladnou vlnu (T_n) a „denní“ chladnou vlnu (T_x), kdy pro deklarování chladné „noční“ nebo „denní“ vlny jsou zaznamenané teploty pod 10. percentilem po dobu 5 nepřetržitých dnů. Představenou variantu definice chladné vlny autor zdůvodňuje získkem reprezentativnějších hodnot, které budou mít vyšší výpovědní hodnotu vzhledem ke

komplexní orografii Karpatského regionu. Výsledky studie ukazují obecný pokles frekvence výskytu „nočních i „denních“ chladných vln. Nejvyšší pokles chladných vln v ročním měřítku vykazuje hraniční oblast mezi Maďarskem a Rumunskem jak z pohledu doby trvání, tak i v teplotní intenzitě.

Lhotka (2015) se zaměřil na identifikování horkých a chladných vln nad střední Evropou v období 1950–2013 a posouzení jejich vážností z pohledu teploty, doby trvání a místa výskytu. Chladná vlna je v práci definována jako období minimálně 3 po sobě následujících dní, kdy průměrná denní minimální teplota označována ve studii jako T_{\min} je $<0,0$ °C. Výsledky studie ukazují, že za zkoumané období 1950–2013 bylo zaznamenáno celkově 24 chladných vln s celkovou dobou trvání 131 dní. Nejzávažnější chladná vlna byla zaznamenána v únoru roku 1956 nad celou střední Evropou a trvala nepřetržitých 11 dní.

Výše uvedené studie ale sledují výskyt extrémních teplot velkých území z hlediska jejich rozlohy. Pokud bychom hledali práce, které se zabývají tímto problémem na menším území, je třeba nahlížet do prací zaměřených na kategorii mikroklimatu, klimatu měst či místního klimatu. Takových prací je v naší literatuře poměrně málo. Pokud se podíváme na zahraniční práce nabízí se například studie od Basarina (2016), který se v práci Kvantifikace a hodnocení horkých a chladných vln ve městě Novi Sad v severním Srbsku zabývá využitím fyziologicky ekvivalentní teploty z anglické zkratky PET (Physiologically Equivalent Temperature) k analýze horkých a chladných vln. K výzkumu byly použity data získané z městské meteorologické stanice Rimski Šancevi pro zkoumané období 1949–2012. Pro výpočet teploty PET byly využity denní minimální a maximální teploty, relativní vlhkost, rychlost větru a oblačnost. Jako definice chladné vlny byla využita mezní hodnota 5. percentilu denní ekvivalentní teploty PET. Výsledky studie ukazují, že nejdelší chladná vlna byla zaznamenána v roce 1963 s délkou trvání 21 dní. V období dekády 1959–1969 byla také zaznamenána nejnižší naměřená teplota o hodnotě $-16,3$ °C (autor neuvádí přesné datum). Tomczyk (2018) publikoval studii o chladných vlnách na území města Poznaň v západní části Polské republiky. Práce je zaměřená na charakteristiku výskytu chladných vln ve sledovaném období 1966/67–2015/16. Dalším dílčím cílem studie bylo charakterizovat teplotní podmínky ve městě v průběhu vybraných chladných vln v období 2008/09–2015/16. Pro účely studie byly použity data z místní meteorologické stanice Poznaň –Ławica, jednalo se o teplotní charakteristiky denní maximální

a minimální teploty. Autor definuje chladnou vlnu jako období pěti po sobě následujících dní, kdy denní maximální teplota je menší než 5. percentil průměrné denní maximální teploty z období 1966–2015. Výsledky studie poukazují na zvýšení denní maximální teploty v zimních měsících, což se projevilo v menším výskytu počtu chladných vln v posledních padesáti letech. Tyto změny ovšem nejsou statisticky významné.

Jak již bylo uvedeno, pro území České republiky je k dohledání relativně malý počet prací zaměřených právě na studium chladných vln. Jedná se do velké míry pouze o příspěvky k charakteristikám podnebí vybraných oblastí. Pokud se ale oprostíme od striktního pohledu pouze na literaturu, která odkazuje reference pouze na pojem „chladná vlna“, můžeme využít i ty práce, které se věnují studium klimatických charakteristik jako takových.

Chladová (2005) ve svém příspěvku pro Meteorologické zprávy analyzuje teplotní a srážkové charakteristiky za období 1961–2000 na území ČR. K analýze bylo využito 29 meteorologických stanic, jež mohly poskytnout nepřetržitou čtyřicetiletou časovou řadu dat. Zkoumané a popsané byly teplotní charakteristiky, změny denní a maximální sezónní a roční amplitudy teploty vzduchu, včetně počtu dní v horkých a chladných vlnách. Chladnou vlnu autorka definuje jako souvisle období nejméně šesti dní, pro které platí $T_{MIN} < T_{norm} - 4$. Zjištění studie ukazují na výraznější pokles počtu dní v chladných vlnách na nížinných stanicích. Kyselý (2009) zkoumá dopady chladných vln na kardiovaskulární úmrtnost populace na území České Republiky v období 1986–2006 se speciálním zaměřením na dopady u rozdílných věkových skupin. Ve studii jsou využity meteorologická data ze 46 stanic spravovaných ČHMÚ. Vzhledem k neexistující jednotné definici chladné vlny pro území Evropy se autor po vyzkoušení několika možností rozhodl pro následující variantu definice. Chladná vlna je období tří po sobě následujících dní, kdy je denní maximální teplota $T_{max} < -3,5$ °C. Při použití této varianty definice bylo za 21 zkoumaných let zaznamenáno 28 epizod chladných vln s průměrnou délkou trvání 5 dní. Autor ve výsledcích práce uvádí, že nebyl pozorován klesající trend frekvence výskytu chladných vln. Dále na závěr studie konstatuje, že relativní riziko kardiovaskulární úmrtnosti spojené s výskytem chladných vln je nejvyšší u mužů ve středním věku, to je podle studie v rozmezí mezi 25 až 59 lety. Tento fakt je s největší pravděpodobností spojen s fyzickou zátěží vykonávaného

povolání, které je u této skupiny populace spojeno s vyšší šancí vystavení venkovním vlivům v tomto případě chladu.

Poznatků o chladných vlnách na území českých i moravských měst není mnoho i proto, že se jedná o velmi specifickou klimatickou charakteristiku pro prostorově malé území, které většina našich měst reprezentuje. Jako podnětná se jeví práce autorky Doležalové (2015), která se zabývala teplotními poměry jižní Moravy v období 1961–2014 a změnami v jejich extremitě. V této práci autorka analyzuje vývoj trendu teploty vzduchu. Mimo jiné se zde zabývá i horkými a chladnými vlnami, kde je jejich výskyt založený na délce souvislých období s extrémně vysokými a nízkými teplotami.

V rámci diplomové práce čerpám i z informačních zdrojů zaměřených na studium klimatických podmínek města Olomouce. Přínosem jsou bakalářské a diplomové práce studentů katedry geografie Univerzity Palackého, které obsahují informace o podnebí města Olomouce, případně jeho bližšího okolí. Například Tinklová (2007) ve své diplomové práci *Klima Olomouce* zpracovala klimatickou charakteristiku města, kde využívá data z bývalých i současných meteorologických stanic za období 1901–2000. Zaměřuje se hlavně na podrobný rozbor teploty vzduchu a atmosférických srážek. Poledníková (2010) se věnovala studiu městského a příměstského klimatu Olomouce, kde zpracovala data z vybraných meteorologických stanic za období 2008–2009. Následně analyzovala a popsala chod teploty a vlhkosti vzduchu vzhledem k městské a příměstské krajině. Z publikovaných prací, které nabízí podrobný a ucelený pohled na podnebí Olomouce uvádím článek *Teplotní a srážkové poměry Olomouce* (Tomáš a Vysoudil, 2011). Autoři se zabývají popisem a hodnocením teplotních a srážkových poměrů na území Olomouce k čemuž využívají dlouhodobé časové řady z meteorologických stanic současných i historických. Přínosná pro studium městského klimatu je publikace *Podnebí Olomouce* (Vysoudil et al., 2012). Jedná se o ucelenou klimatografii, která mimo jiné obsahuje popis charakteristik základních meteorologických prvků za období 1961–2010. Důraz je věnován teplotním poměrům města (analýza teplotního pole města, pozemní termální monitoring, mobilní měření teploty vzduchu), režimu atmosférických srážek, režimu teploty půdy, přírodní rizika ohrožující lidskou společnost (bouřky, teplotní inverze, horké a chladné vlny). Studium chladných vln je v práci věnována samostatná podkapitola. Autoři popisují výskyt chladných vln na příkladu období na přelomu ledna a února roku 2012, kdy průměrná denní teplota vzduchu nevystoupila nad $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ po celých 9 dnů. Další analýza chladné

vlny se váže na leden roku 2010. Jednalo se o třídní období, kdy denní průměrné teploty klesly pod hranici $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Autoři pro definici chladné vlny místo minimální denní teploty vzduchu použili hodnotu průměrné denní teploty. Poukazují tak na fakt, že chladná vlna nemá v odborné literatuře ani pro naše podmínky exaktní definici. Podnětné jsou také kvalifikační práce studující vliv povětrnostních situací na denní chod teploty vzduchu (Janků, 2015, Dubský, 2015), které využívají pro řešení tématu data z meteorologických stanic Metropolitní staniční sítě (MESSO).

4 Metody zpracování

4.1 Definice chladné vlny

Pro chladnou vlnu neexistuje exaktní definice. Odborná literatura se v jejím definování značně rozchází. Například v meteorologickém slovníku Americké meteorologické společnosti je pojem chladné vlny definován jako „rychlý pokles teploty v průběhu 24 hodin na hodnotu, kdy je značně potřeba zvýšit ochranu v zemědělském, průmyslovém, obchodním a sociálním sektoru“ (AMS Glossary, 2017). Český meteorologický slovník výkladový nabízí podobnou definici, která v zásadě shrnuje následující. Chladná vlna je výrazný pokles teploty na rozsáhlém území, který je podmíněn vpádem studené vzduchové hmoty. Může trvat od několika dnů či týdnů (eMS, 2017). Tyto definice nenabízí kromě základního popisu jevu žádné bližší charakteristiky, které se k němu vztahují například prahové hodnoty pro délku trvání a abnormalitu teplot.

Exaktnější pohled na definici chladné vlny nabízí Huyen (2001), který chápe chladnou vlnu jako období minimálně devíti dnů s minimální denní teplotou $-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo nižší z toho alespoň šest dnů musí mít minimální denní teplotu $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo nižší. Podobně definuje chladnou vlnu i autorka Doležalová (2015), která nabízí dvě varianty. První definuje chladnou vlnu jako období po sobě bezprostředně následujících dní (minimálně 3), kdy je splněna podmínka pro označení ledový den – chladná vlna je tedy vymezena limitem denní maximální teploty vzduchu nižší než $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Druhá varianta vymezuje chladnou vlnu podobně využitím definice arktického dnu – tedy období minimálně tři po sobě následujících dnů, kdy je denní maximální teplota vzduchu nižší než $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Další možností, je definice dle Chladové (2005), pokud disponujeme dlouholetou řadou dat. Ta definuje chladnou vlnu jako souvislé období nejméně šesti dní, pro které platí: $T_{\text{MIN}} < T_{\text{norm}} - 4$, kde T_{MIN} je denní minimální teplota daného dne. T_{norm} je průměrná hodnota zhlazené 40leté řady denní minimální teploty přiřazené danému dni. Konstanta 4 odpovídá průměrné směrodatné odchylce 40leté řady minimální teploty. Autorka dále rozlišuje pojem chladná a studená vlna, kdy o studených vlnách hovoří v zimním období a v ostatních sezonách používá termín chladné vlny. Jinou alternativu k definici nabízí autor Barnett (2012), který uvádí možnost přístupu v podobě percentilového vyjádření hodnot. Chladnou vlnu definuje jako období nejméně dvou po sobě následujících dnů s minimální denní teplotou

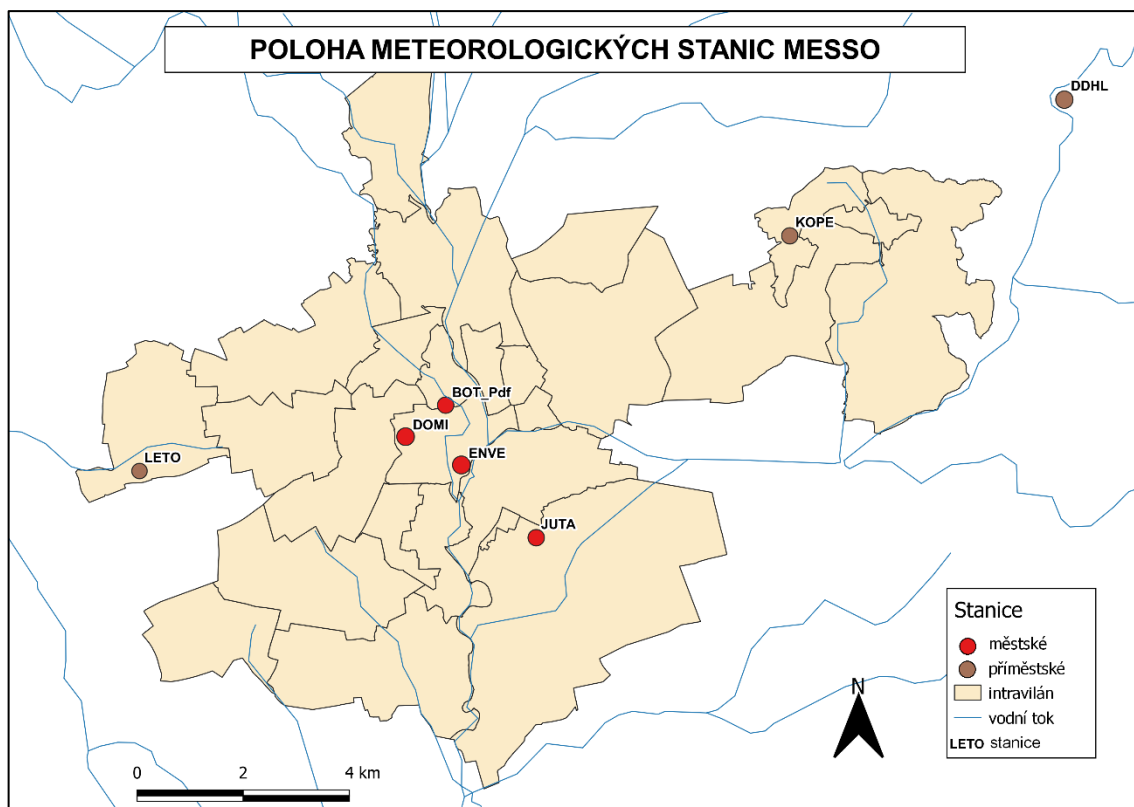
překračující 95. nebo 99. percentil průměrné denní teploty z 14letého referenčního období. Z toho je zřejmé, že takto definovaná chladná vlna je velmi relativní pojem, neboť chlad jako stav je pocitový a může být vnímán rozdílně v odlišných klimatických oblastech.

Z výše uvedených definicí je tedy patrný nejednotný přístup, který je do určité míry způsoben přizpůsobení definice chladné vlny autorovu výzkumu v závislosti na dostupnosti zkoumaných datových řad i dotčeného geografického prostoru. Je tedy na místě vytyčit podmínky stanovení definice chladné vlny pro tuto práci v závislosti na možnostech výskytu extrémních hodnot, ve zkoumaném období (2011–2016). Pro zkoumanou oblast města Olomouce byla po přihlédnutí k obecně klimatickým poměrům stanovena následující definice. **Chladná vlna je souvislé období nejméně tří po sobě následujících dnů, kdy maximální denní teplota nepřesahuje hodnotu 0,0 °C** (Doležalová, 2015).

4.2 Metropolitní staniční síť Olomouc (MESSO)

Síť vznikla v roce 2009 pro potřeby řešení projektu „Víceúrovňová analýza klimatu městské a příměstské krajiny na příkladu středně velkých měst“. Data ze stanic byla určena pro potřeby analýzy městského a příměstského klimatu, jejich časoprostorových rozdílů, případně pro další detailnější prostorové vymezení kategorií (klimatických polí) městského klimatu. Podrobněji se Metropolitní staniční síti věnuje např. publikace Podnebí Olomouce (Vysoudil et al., 2012). V práci byly využity data z následujících stanic.

Stanice Botanická zahrada Pedagogické fakulty, která má indikativ **BOT_Pdf** vznikla dodatečně v roce 2010. Stanice se nachází na travnatém povrchu na zahradě rodinného domu. Měření teploty a vlhkosti vzduchu je realizováno ve výšce 1,5 m nad aktivním povrchem. Stanice je schopna měřit výše zmíněné charakteristiky i ve výšce 0,5 m. Jedná se o nejnižše položenou stanici v nadmořské výšce 211 m. Abecedně druhá stanice v pořadí má indikativ **DDHL** a nachází se v městské části Hlubočky – Hrubá voda na travnatém povrchu pozemku domova důchodců. Jedná se o druhou nejvýše položenou stanici v nadmořské výšce 307 m. Stanice s indikativem **DOMI** se nachází v historické části města na travnatém povrchu v zahradě u Kláštera Dominikánů. Aktivní povrch blízkého okolí stanice představuje zahrada se vzrostlou vegetací a malou vodní plochou. Další městská stanice se nachází na střeše Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého na adrese Tř. 17. listopadu. Stanice má indikativ **ENVE**. Aktivní povrch tvoří štěrk, jedná se o specifikum této stanice. Jako všechny zmíněné stanice i ENVE realizuje měření teploty a vlhkosti vzduchu ve výšce 1,5 m nad aktivním povrchem. Navíc registruje i globální záření, rychlost a směr větru. Stanice s indikativem **JUTA** nacházející se v městské části Holic má travnatý aktivní povrch. Jedná se o druhou nejnižše položenou stanici v nadmořské výšce 217 m. Stejně jako ostatní stanice registruje teplotu a vlhkost vzduchu ve výšce 1,5 m nad aktivním povrchem. Stanice registruje i teplotu půdy v hloubkách 0,05, 0,20 a 0,50 m. Stanice na Svatém Kopečku s indikativem **KOPE** se nachází na zahradě v ulici B. Dvorského. Aktivní povrch stanice tvoří tráva a vzrostlá okolní vegetace. Jedná se o nejvýše položenou stanici v nadmořské výšce 362 m. Stanice s indikativem **LETO** byla částečně zprovozněna v roce 2007 do celoročního provozu byla uvedena v roce 2009. Jedná se o stanici příměstskou, která se nachází na ploše Letiště Olomouc na travnatém povrchu v nadmořské výšce 223 m.



Obr. 1: Poloha meteorologických stanic MESSO (Zdroj: ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, vlastní zpracování QGIS 3.6.1.)

Tab. 1: Využité meteorologické stanice (MESSO), M – městská, P – příměstská (Zdroj: Vysoudil et al., 2012)

Indikativ	Název stanice	Typ stanice	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadm. výška (m)
BOT_Pdf	Botanická zahrada Pedagogická fakulta UP	M	N49 36.016	E17 15.457	211
DDHL	Hlubočky, Hrubá voda	P	N49 39.597	E17 24.555	307
DOMI	Klášteř Dominikánů Olomouc	M	N49 35.810	E17 15.044	220
ENVE	Tř. 17. listopadu, Olomouc	M	N49 35.498	E17 15.760	230
JUTA	Juta a. s. Olomouc- Holice	M	N49 34.920	E17 17.540	217
KOPE	Olomouc-Svatý Kopeček, ul. B. Dvorovského	P	N49 37.646	E17 20.330	362
LETO	letišťe Olomouc	P	N49 35.482	E17 12.582	223

4.3 Zpracování a analýza dat

Analyzovaná data byla naměřena na vybraných stanicích MESSO (viz tab. 1, obr. 1) Jedná se o hodnoty teploty vzduchu ve výšce 1,5 m nad aktivním povrchem, které jsou primárně uloženy ve formátu *.csv a následně zpracovány v tabulkovém editoru MS Excel. Hlavními sledovanými meteorologickými prvky v této práci jsou denní maximální teplota vzduchu Td_{max} , denní minimální teplota vzduchu Td_{min} a průměrná denní teplota vzduchu Td_{prum} . Na denní úrovni byly zkoumány teploty v průběhu chladných vln. Nejdélší chladná vlna v každém roce je prezentována grafem, jenž znázorňuje chod absolutní denní maximální teploty na všech zkoumaných stanicích MESSO. Součástí analýzy je také roční shrnutí teplotních charakteristik (T_{min} , $prum.$, T_{max} , $prum.$, $T_{max.}$, $T_{min.}$) a doby trvání veškerých zaznamenaných chladných vln ve slovním, grafickém a tabulkovém provedení.

Data ze stanic MESSO byla na základě stanovení definice chladné vlny (Doležalová, 2015) podrobena analýze. Výskyt chladných vln je obecně vázán na zimní měsíce (prosinec, leden, únor). Pro zvýšení reprezentativnosti analýzy či zjištění případné chladné vlny mimo uvedené měsíce byl soubor zkoumaných hodnot rozšířen o měsíce březen a listopad. Následovalo podrobné zkoumání chodu denní teploty v jednotlivých měsících na každé ze sedmi vybraných stanic MESSO s cílem zjistit, zda denní maximální teplota splňuje podmínku dne, který by byl součástí možné chladné vlny. Pro zvýšení efektivnosti práce byla využita předdefinovaná funkce v programu Excel – countif, která vrátí počet hodnot splňující dané kritérium v tomto případě $Td_{max} < 0$ °C. Tímto byly eliminovány pro výskyt chladných vln podmínky nevyhovující měsíce. Následovala analýza zbylých měsíců na všech stanicích. Sledován byl počet dní u epizod chladné vlny splňující výše zmíněné kritérium. Epizody byly následně zaznamenány do časové osy. Posléze byly podrobně kontrolovány, zda splňují všechny požadavky. V další fázi byly teplotní charakteristiky (Td_{max} , Td_{min} , Td_{prum}) v průběhu jednotlivých epizod extrahovány a analyzovány u všech stanic MESSO. Takto rozříděná data pro jednotlivé epizody byla využita pro časoprostorovou charakteristiku výskytu chladných vln a tvorbu grafických a tabulkových příloh.

5 Časoprostorová charakteristika chladných vln

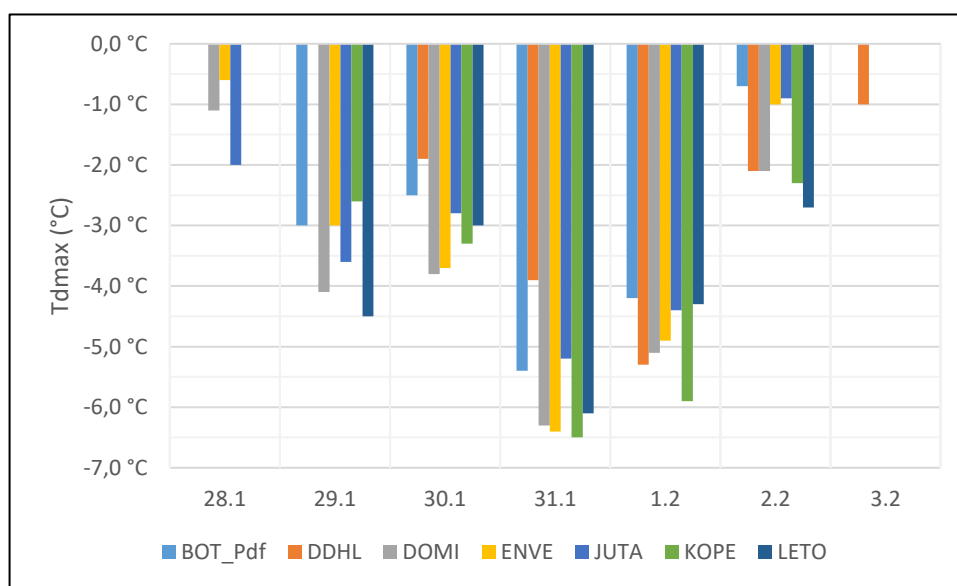
5.1 Chladné vlny v roce 2011

První chladná vlna byla na stanicích MESSO zaznamenána již na začátku ledna, a to v období 4. 1. – 6. 1., ale pouze na stanicích KOPE a LETO, kde se denní maximální teploty pohybovaly v rozmezí od $-0,2$ °C do $-5,2$ °C. Převládající povětrnostní situace během chladné vlny byla SWc₂ (Racko, 2018). Nejchladnějším dnem byl 5. 1. s denním maximem $-4,4$ °C (LETO) a $-5,2$ °C (KOPE) zaznamenané v čase 00:10 a 00:20 hodin SEČ. Jednalo se o nejkratší možnou chladnou vlnu dle použitého kritéria, tedy s dobou trvání tři dny. Ostatní stanice JUTA, ENVE, DOMI, DDHL, BOT_Pdf zaznamenaly v tomto období pouze dva dny, kdy denní maximální teplota nevystoupila nad bod mrazu.

Druhá chladná vlna započala 21. 1. na stanici KOPE a o den později na stanicích DOMI, DDHL. Doba trvání chladné vlny byla pouhé tři dny na stanici KOPE s trváním do 23. 1., ostatní zmíněné stanice zaznamenaly čtyři dny v období 22. 1. – 25. 1. Denní maximální teploty ležely v intervalu od $-0,2$ °C do $-1,6$ °C (KOPE). První dva dny chladné vlny byly ve znamení povětrnostní situace Nc, následující dva dny NWc a 25. 1. to byla situace Bp (Racko, 2018).

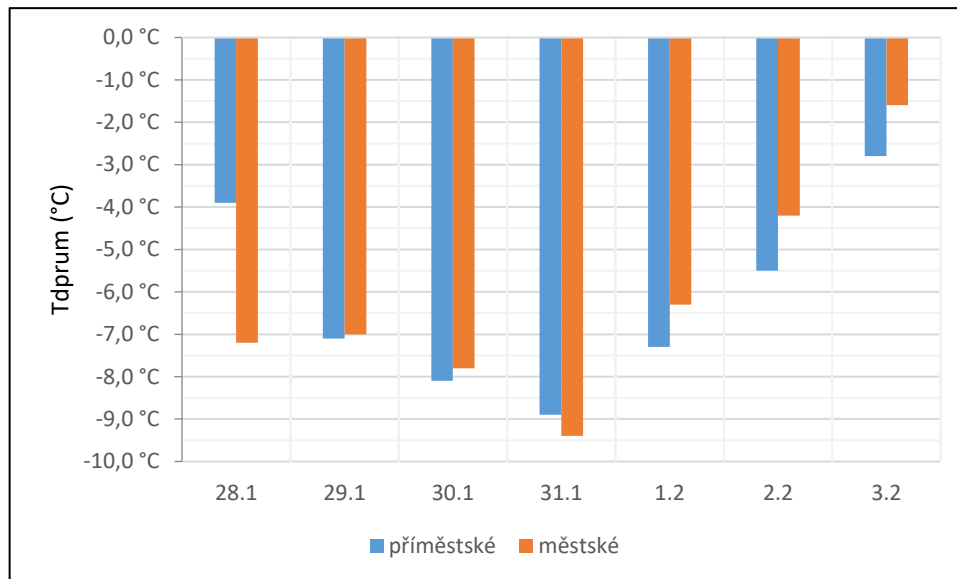
Na přelomu ledna a února byla zaznamenána další chladná vlna, která začala 28. 1. na stanicích JUTA, ENVE, DOMI o den později maximální teploty pod bodem mrazu zaznamenaly i stanice KOPE, LETO, BOT_Pdf. Jako jediná stanice v Hlubočkách (DDHL) zaznamenala nástup chladné vlny o dva dny později, respektive 30. 1., nejdéle chladná vlna trvala 6 dní, a to na stanicích JUTA, ENVE, DOMI. Konec vlny byl na stanicích 2. 2. a jen o den později na stanici DDHL. Nejchladnějším dnem byl podle staničních záznamů 31. 1., kdy průměrná denní teplota dosahovala hodnoty $-10,0$ °C (LETO). Absolutní denní maximum činní $-6,5$ °C změřeno 31. 1. (KOPE). Porovnání průměrných denních teplot na městských a příměstských stanicích v průběhu chladné vlny (obr. 3) vykazuje neočekávané výsledky. Městské stanice se jevily chladnější, a to ve dvou dnech, 28. 1. a 31. 1. Pro první zkoumaný den je možné tento fakt přisoudit nástupu chladné vlny. Ta byla zaznamenána pouze na třech stanicích, které jsou klasifikovány jako městské DOMI, ENVE, JUTA (obr. 2). Ostatní stanice zaznamenaly teploty nad bodem mrazu a rovněž i vyšší průměrné denní teploty. Zvláště příměstské stanice vykazovaly nejvyšší průměrné teploty, DDHL $-2,7$ °C, KOPE $-3,0$ °C a LETO

-6,1 °C. Ovlivňujícím faktorem také mohla být poloha městských stanic uvnitř, městské zástavby, která během dne dokáže absorbovat většinu sluneční záření, jenž následně v nočních hodinách může tepelně vyzařovat. Tento fakt ve spojitosti s charakterem počasí, které v tento den vykazovalo známky radiačního do značné míry vysvětluje neočekávané výsledky pozorování. Tvzení je podpořeno i vyššími hodnotami denní amplitudy teploty, které se pohybovaly na městských stanicích v rozmezí od 8,7 °C (DOMI) do 10,9 °C (BOT_Pdf). Příměstské stanice zaznamenaly hodnoty v podobném intervalu a to od 8,5 °C (KOPE) do 13,9 °C (LETO).



Obr. 2: Absolutní maximální denní teploty (°C) během chladné vlny 28. 1. – 3. 2. 2011 na vybraných stanicích MESSO

Druhý zkoumaný den 31. 1. byl nejchladnější z celé epizody. Všechny stanice, vyjma DDHL, zaznamenaly nejnižší denní maximální teploty (obr. 2). Rozdíl v průměrné denní teplotě u městských a příměstských stanic byl pouze 0,5 °C ve prospěch městských (obr. 3). Zároveň byl nástup chladné vlny na stanici DDHL opožděn pozvolným přechodem chladné vzduchové hmoty klasifikované jako Wa (Západní anticyklonální situace) východním směrem (Racko, 2018), což je také pravděpodobným důvodem, proč stanice DDHL jako jediná díky své poloze v údolí řeky Bystřice registrovala denní maximální teploty pod bodem mrazu i 3. 2.



Obr. 3: Průměrná denní teplota (°C) na městských a příměstských stanicích v období chladné vlny 28. 1. – 3. 2. 2011

Koncem února (20. 2.) byla znovu zaznamenána chladná vlna, a to na všech stanicích vyjma stanice ENVE, kde byl nástup vlny opožděn o den. Zde také jako první tato vlna odezněla (23. 2.) po pouhých třech dnech společně se stanicí JUTA, zde ale trvala 4 dny. Všechny ostatní stanice, jmenovitě KOPE, LETO, DOMI, DDHL, BOT_Pdf, zaznamenaly maximální denní teploty pod bodem mrazu až do 25. 2. Jediná zaznamenaná povětrnostní situace byla Ea (Racko, 2018). Délka trvání této chladné vlny je tak v rozmezí 3 až 6 dnů. Nejchladněji bylo právě 21. 2., a to zejména na příměstských stanicích, které vykazovaly denní maximum v rozmezí od -5,9 °C (LETO) do -7,5 °C (DDHL). Teploty na stanicích blíže centru města byly vyšší, nejchladněji bylo -5,2 °C (DOMI) a nejtepleji v průběhu chladné vlny bylo na stanici ENVE a to pouhých -2,9 °C.

Poslední chladná vlna v roce 2011 byla zaznamenána v listopadu, a to pouze na příměstských stanicích KOPE, LETO a DDHL. Nástup chladné vlny byl 21. 11. na stanici KOPE a o den později na dvou zbývajících. Ukončení vlny bylo shodně na všech stanicích 25. 11. Denní maximální teploty byly na všech stanicích po dobu trvání chladné vlny v rozmezí od -0,3 °C (DDHL) do -1,9 °C (KOPE). Jedná se o teplotně nejmírnější chladnou vlnu zaznamenanou v roce 2011 s dobou trvání v rozmezí čtyř až pěti dnů. Převládající povětrnostní situací byla Ea (Racko, 2018).

Rok 2011 přinesl podle použitého kritéria chladné na území města Olomouce celkově pět epizod. Nejdelší byly shodně dvě, a to v období 28. 1. – 3. 2. a 20. 2. –

25. 2. s maximální dobou trvání 6 dní. Naopak nejkratší chladnou vlnou byla první lednová v období 4. 1. – 6. 1., kdy trvala pouze 3 dny. Průměrný počet dní se pohybuje od 3 do 5. Z tab. 2 je na první pohled patrná nevyrovnanost četnosti dnů splňujících kritérium jak v první a druhé lednové epizodě, tak i v poslední listopadové. Například první lednová epizoda byla zaznamenána pouze na příměstských stanicích KOPE a LETO. Je ovšem nezbytné zdůraznit, že denní maximální teploty, které byly kritériem pro definici chladné vlny, byly zaznamenány i na zbylých stanicích. Bylo to ale jen v menším počtu dní, než byla druhá podmínka chladné vlny, a to je doba trvání minimálně tří po sobě následujících dní. Nejméně epizod chladných vln zaznamenaly shodně městské stanice BOT_Pdf, ENVE a JUTA, a to pouze dvě (tab. 2). Naopak jediná stanice, která zaznamenala všech pět epizod byla příměstská stanice KOPE a jeví se jako nejchladnější stanice. V porovnání městských stanic s příměstskými vykazují druhé zmíněné vyšší četnosti výskytu jednotlivých epizod chladných vln.

Tab. 2: Délka chladných vln v roce 2011 na stanicích MESSO vyjádřena ve dnech

Stanice	4.1.–6.1.	21.1.–25.1.	28.1.–3.2.	20.2.–25.2.	21.11.–25.11.
BOT_Pdf	*	*	5	6	*
DDHL	*	4	5	6	4
DOMI	*	4	6	6	*
ENVE	*	*	6	3	*
JUTA	*	*	6	4	*
KOPE	3	3	5	6	5
LETO	3	*	5	6	4
Maximální délka	3	4	6	6	5
Minimální délka	3	3	5	3	4
Průměr	3,0	3,6	5,4	5,2	4,3

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Nejchladnějším dnem v rámci všech epizod v roce 2011 byl 31. 1. s průměrnou denní teplotou -10,0 °C (LETO). Minimální denní teplota -14,6 °C byla i absolutním denním minimem v roce 2011 na stejné stanici (tab. 3). V konečném zhodnocení se příměstské stanice jeví jako chladnější, ale po podrobnější analýze průměrných minimálních teplot v epizodách, které byly shodně zaznamenány na městských i příměstských stanicích (viz tab. 4 a tab. 5) je rozdíl mezi nimi 0,5–1,6 °C, což můžeme považovat za očekávané vzhledem k teplejšímu městskému prostoru. Během druhé epizody, tj. 21. 1. – 25. 1., je průměr příměstských stanic o 0,9 °C nižší, naopak v období třetí epizody je průměr městských stanic o 0,5 °C nižší než průměr stanic příměstských. V případě čtvrté zaznamenané epizody v roce 2011 opět průměr

příměstských stanic vykazuje o 1,6 °C nižší hodnotu. Zaznamenané denní maximální a minimální teploty v rámci epizod chladných vln za zkoumané období 1. 1. – 31. 12. 2011 charakterizují příměstskou stanicí KOPE jako místo s nejvyšší četností výskytu extrémních teplot (tab. 3). Příměstské stanice zaznamenaly nejnižší hodnoty teplotních charakteristik ve všech epizodách chladných vln v 16 ze 20 případů. Na základě shrnutí meteorologických dat z vybraných stanic MESSO v roce 2011 lze vyvodit následující závěry. Na analyzovaných stanicích bylo zaznamenáno pět epizod chladných vln (4. 1. – 6. 1., 21. 1. – 25. 1., 28. 1. – 3. 2., 20. 2. – 25. 2. a 22. 11. – 25. 11.). Nejvyšší počet dní s trváním chladné vlny byl zaznamenán na stanici KOPE, a to 21. Naopak nejmenší počet byl zaznamenán na stanici ENVE (9). Nejchladnějším měsícem byl únor s průměrnou teplotou na stanici DDHL -1,96 °C.

Tab. 3: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2011

Charakteristika	4.1.–6.1.	21.1.–25.1.	28.1.–3.2.	20.2.–25.2.	21.11.–25.11.
Tmin, prům.	-6,2 °C (LETO)	-4,1 °C (KOPE)	-10,0 °C (KOPE)	-9,7 °C (KOPE)	-2,8 °C (KOPE)
Tmax, prům.	-2,9 °C (LETO)	-1,4 °C (ENVE)	-1,2 °C (ENVE)	-3,8 °C (BOT_Pdf)	-0,9 °C (ENVE)
Tmax.	-5,2 °C 5.1. (KOPE)	-2,1 °C 25.1. (KOPE)	-6,5 °C 31.1. (KOPE)	-7,5 °C 21.2. (DDHL)	-1,9 °C 22.11. (KOPE)
Tmin.	-9,8 °C 4.1. (LETO)	-7,2 °C 23.1. (KOPE)	-14,6 °C 31.1. (LETO)	-13,5 °C 24.2. (KOPE)	-3,6 °C 25.11. (KOPE)

Tab. 4: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2011

Stanice	21.1.–25.1.	28.1.–3.2.	20.2.–25.2.
BOT_Pdf	*	-9,1	-7,2
DOMI	-3,0	-9,7	-8,2
ENVE	-2,5	-9,6	-7,3
JUTA	*	-9,3	-7,5
Průměr	-2,8	-9,4	-7,6

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

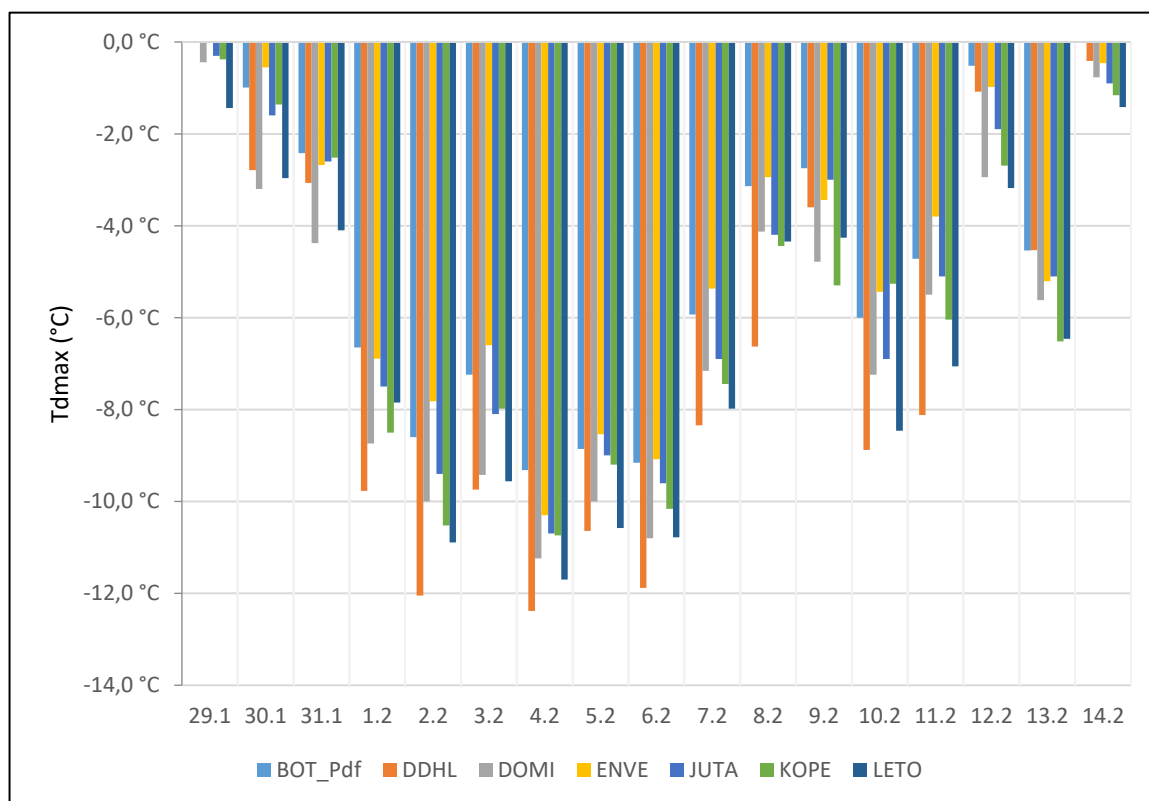
Tab. 5: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2011

Stanice	4.1.–6.1.	21.1.–25.1.	28.1.–3.2.	20.2.–25.2.	21.11.–25.11.
DDHL	*	-3,7	-8,4	-9,1	-1,7
KOPE	-6,0	-4,1	-8,4	-9,7	-2,8
LETO	-6,2	*	-10,0	-8,8	-2,4
Průměr	-6,1	-3,9	-8,9	-9,2	-2,3

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

5.2 Chladné vlny v roce 2012

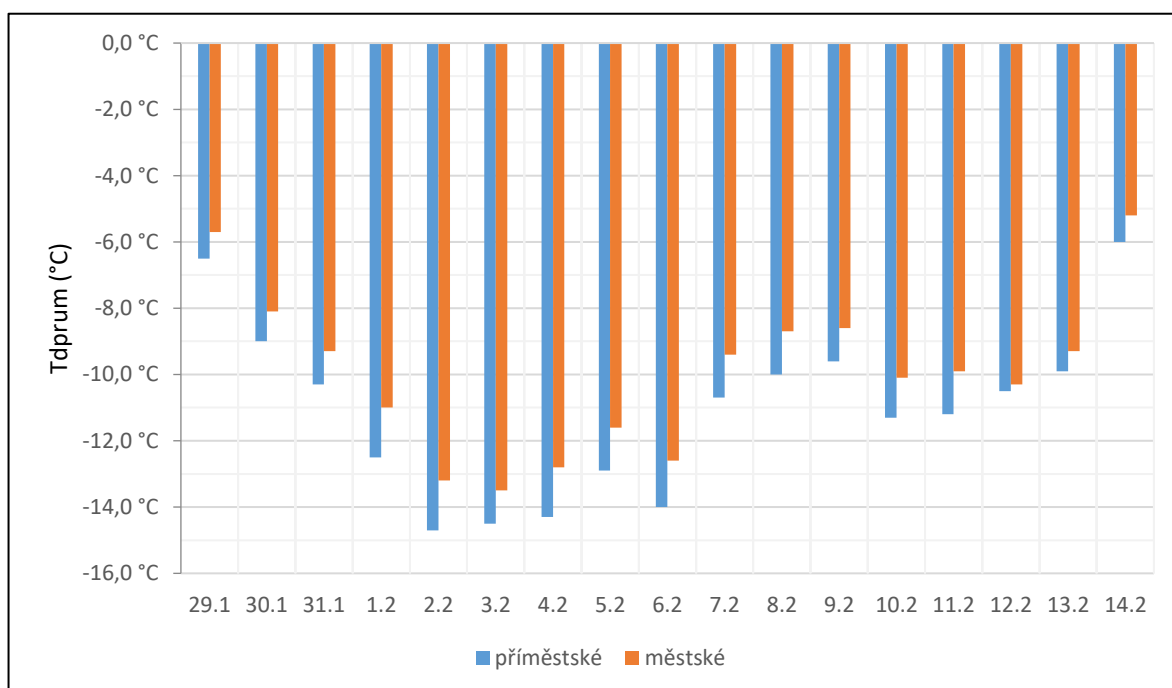
V roce 2012 byla zaznamenána nejdelší chladná vlna za celé zkoumané období (1. 1. 2011 – 31. 12. 2016). Započala 29. 1. na stanicích DOMI, JUTA, KOPE, LETO a o den později na zbylých stanicích BOT_Pdf, DDHL, ENVE. Trvala nepřetržitě 17 dní, tedy až do 14. 2., resp. 13. 2. na stanici BOT_Pdf (obr. 4). Přelom měsíce ledna a února byl ve znamení přílivu studeného kontinentálního arktického vzduchu od východu (východní anticyklonální situace – Ea), k němuž docházelo v okrajovém proudění kolem tlakové výše se středem nad severním Ruskem (Infomet, 2012). Vlivem suchého vzduchu panovalo na celém našem území jasno. Extrémní minimální teploty byly zaznamenány hlavně od 31. 1. do 6. 2., kdy jasná obloha a bezvětří napomohly k intenzivnímu radiačnímu ochlazování. Nejchladnějším dnem této epizody byl bezpochyby 4. 2., kdy se denní maximální teplota pohybovala pod hranicí $-10,0\text{ °C}$ na všech stanicích vyjma BOT_Pdf. Nejnižší denní maximum bylo zaznamenáno na stanici DDHL, a to $-12,3\text{ °C}$. Za dobu trvání chladné vlny byla průměrná maximální denní teplota na stanicích MESSO v intervalu od $-4,6\text{ °C}$ (BOT_Pdf) do $-6,6\text{ °C}$ (LETO).



Obr. 4: Absolutní maximální denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) během chladné vlny 29. 1. – 14. 2.

2012 na vybraných stanicích MESSO

První epizoda v roce 2012 je bezesporu nejdelší a nejchladnější v celém zkoumaném období 2011–2016. Teplotní minima ovšem zdaleka neatakují chladnější období v letech minulých, kdy například nejnižší naměřená teplota z roku 1929 byla $-33,6\text{ °C}$ (Vysoudil et. al, 2012). Pokud porovnáme nejnižší naměřenou teplotou na stanici LETO $-19,6\text{ °C}$ s nejnižší naměřenou teplotou z roku 1929, je patrné, že zimy a chladné vlny v období 2011–2016 jsou teplotně mírnější. Při porovnání průměrných teplot mezi městskými a příměstskými stanicemi (obr. 5) je viditelné, že chladné vlny jsou na příměstských stanicích v průměru chladnější až o $1,4\text{ °C}$. Výjimku tvoří den 12. 2., kdy je rozdíl mezi průměrnými teplotami pouze $0,2\text{ °C}$. Celkově se znovu potvrzuje to, co již bylo řečeno v případě chladných vln v roce 2011, že příměstské stanice se jeví chladnější vzhledem k teplejšímu městskému prostoru.



Obr. 5: Průměrné denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) na městských a příměstských stanicích v období chladné vlny 29. 1. – 14. 2. 2012

Druhá chladná vlna započala 2. 12. a trvala tři dny do 4. 12. Zaznamenána byla pouze na stanici KOPE, kde se denní maxima pohybovala od $-0,2\text{ °C}$ do $-1,4\text{ °C}$. Ostatní stanice v síti MESSO nezaznamenaly denní maximální teploty pod bodem mrazu až na stanici DOMI, kde byl zaznamenán jeden den se zápornou maximální denní teplotou a na stanici LETO, kde dva dny teplota nevystoupila nad bod mrazu. Průměrná denní teplota vzduchu v období chladné vlny na stanici KOPE byla v rozmezí od $-1,8\text{ °C}$ do $-2,4\text{ °C}$. Převládající povětrnostní situace byla Bp (Racko, 2018).

Další chladnou vlnu v roce na stanicích BOT_Pdf, DOMI, ENVE, LETO je možné rozdělit do dvou samostatných epizod. Chladná vlna shodně započala 6. 12. na stanicích DDHL, KOPE, LETO a o den později na stanicích BOT_Pdf, DOMI, ENVE. Stanice JUTA, jako jediná, zaznamenala v průběhu chladné vlny pouze dva dny s maximálními teplotami pod bodem mrazu. Ukončení první epizody nastalo 9. 12. na stanicích BOT_Pdf, DOMI, LETO a o den později na stanici ENVE. Nejchladnějším dnem v období 6. 12. – 10. 12. byl 9. 12. s denní maximální teplotou $-5,6$ °C (DOMI), průměrná minimální denní teplota vzduchu činní $-9,4$ °C (DOMI). Druhá epizoda v rámci chladné vlny započala 11. 12. na stanici LETO, DOMI o den později na stanicích BOT_Pdf a ENVE. Chladná vlna skončila 13. 12. na stanici LETO, KOPE o den později resp. 14. 12. zaznamenaly konec vlny všechny zbývající stanice, jmenovitě BOT_Pdf, DDHL, DOMI, ENVE. Druhá epizoda v období 11. 12. – 14. 12. zaznamenala denní maximum právě 14. 12. s hodnotou $-8,5$ °C naměřených v 00:00 SEČ na stanici DDHL, průměrná denní minimální teplota připadá na tentýž den na stejnou stanici s hodnotou $-10,1$ °C. Jedná se tak o nejchladnější den v sledovaném období chladné vlny. Nepřetržitě trvala chladná vlna na stanicích DDHL 9 dní a na stanici KOPE 8 dní. Stanice LETO, BOT_Pdf vykazují dvě epizody po 3 dnech, následně stanice ENVE a DOMI zaznamenaly jednu epizodu o délce 4 dny a jednu 3 dny. Synoptická situace je v prvních dnech chladné vlny značně proměnlivá, ustálení přichází v druhé polovině chladné vlny, kdy dominuje povětrnostní situace Wcs (Racko, 2018).

Poslední chladná vlna roku 2012 byla shodně zaznamenána 21. 12. na stanicích KOPE, DOMI, ENVE, LETO a ukončena 23. 12. Zbylé stanice chladnou vlnu neregistrovaly. Nejnižší denní maximální teplota byla zaznamenána 22. 12. ($-4,1$ °C). Průměrná denní minimální teplota byla zaznamenána v první den chladné vlny 21. 12. na stanici KOPE s hodnotou $-6,2$ °C. Převládající povětrnostní situací byla SWc₁ (Racko, 2018).

Za rok 2012 na meteorologických stanicích MESSO byly zaznamenány celkem 4 výskyty chladných vln, a to v období 29. 1. – 14. 2., 2. 12. – 4. 12., 6. 12. – 14. 12. a 21. 12. – 23. 12. První zaznamenaná byla nejdelší s í délkou 17 dní. Jednalo se o nejdelší epizodu za celé zkoumané období 1. 1. 2011 – 31. 12. 2016.

Zbylé tři epizody byly zaznamenány v měsíci prosinci. Byl to nejvyšší počet chladných vln v tomto měsíci za celé zkoumané období. To ale neznamená, že jednalo o nejméně chladnější prosinec, na příklad druhá epizoda byla zaznamenána pouze na jedné stanici KOPE (tab. 6). Zaznamenané denní maximální teploty ale jen mírně klesly pod bod mrazu, 2. 12. a 3. 12. bylo naměřeno $-0,2$ °C. Neobvyklé jsou záznamy dokladující prosincové chladné vlny na stanici JUTA. Ta vykazuje oproti ostatním stanicím nejvyšší počet hodnot nad bodem mrazu – při první prosincové epizodě jsou všechny denní maximální teploty v rozmezí $-0,8$ °C do $-2,6$ °C. Druhá epizoda měla průměrnou dobu trvání 8 dní. Stanice JUTA ovšem v tomto období 6. 12. – 14. 12. zaznamenala celkem 5 dní s teplotami nad nulou a 4 dny se zápornou hodnotou, které se ovšem vyskytly nepravidelně, a proto jako jediná ze zkoumaných stanic nezaznamenala chladnou vlnu. Také poslední prosincová epizoda na stanici JUTA nevykazovala známky výraznějších záporných teplot. Denní maximální teplota naměřena 21. 12. činila pouze $-0,1$ °C. Následující den se ochladilo a byla zaznamenána maximální teplota $-2,6$ °C. Ovšem 23. 12. teplota znovu vystoupila nad bod mrazu a s hodnotou $0,6$ °C tak znovu nemohla být zaznamenána jako chladná vlna na stanici JUTA. Podobně charakteristický chod teplot vykazovaly i stanice BOT_Pdf a DDHL.

Tab. 6: Délka chladných vln v roce 2012 na stanicích MESSO vyjádřena ve dnech

Stanice	29.1.–14.2.	2.12.–4.12.	6.12.–14.12.	21.12.–23.12.
BOT_Pdf	15	*	6	*
DDHL	16	*	9	*
DOMI	17	*	7	3
ENVE	16	*	7	3
JUTA	17	*	*	*
KOPE	17	3	8	3
LETO	17	*	7	3
Maximální délka	17	3	9	3
Minimální délka	15	3	7	3
Průměr	16,4	3,0	7,3	3,0

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Po prozkoumání teplotních charakteristik (tab. 7) znova vychází příměstské stanice jako místa s vyšším výskytem extrémních hodnot, a to v 11 z 16 sledovaných případů. Například nejnižší denní maximální teploty byly u 3 ze 4 chladných vln zaznamenány právě na příměstských stanicích. Stanice BOT_Pdf jako jediná městská zaznamenala absolutní denní minimum v období třetí epizody chladné vlny tj. 6. 12. – 14. 12. o hodnotě $-14,6$ °C, což je o $2,8$ °C více než na příměstské stanici KOPE, která bývá

nejchladnější. Zbývající příměstské stanice DDHL a LETO zaznamenaly menší rozdíl v minimální teplotě (1,4 °C a 1,7 °C). Nejchladnějším dnem v rámci všech epizod roku 2012 byl 4. 2. s denní maximální teplotou vzduchu -12,3 °C na stanici DDHL. Nejnížší průměrná denní teplota na městských stanicích (tab. 8) byla naměřena 3. 2. na stanici DOMI (-14,4 °C). Na příměstských stanicích zaznamenala nejnížší průměrnou denní teplotu o den dříve stanice KOPE a to -15,1 °C (tab. 9). Nejvyšší počet dní splňující podmínku pro existenci chladné vlny zaznamenala stanice KOPE (31), nejméně 17 dní stanice JUTA. Nejchladnějším měsícem byl únor s průměrnou teplotou -5,2 °C (KOPE).

Tab. 7: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2012

Charakteristika	29.1.–14.2.	2.12.–4.12.	6.12.–14.12.	21.12.–23.12.
Tmin, prům.	-15,1 °C (KOPE)	-2,4 °C (KOPE)	-10,1 °C (DDHL)	-1,2 °C (ENVE)
Tmax, prům.	-4,8 °C (ENVE)	-1,8 °C (KOPE)	-1,3 °C (JUTA)	-6,2 °C (KOPE)
Tmax.	-12,3 °C 4.2. (DDHL)	-1,4 °C 4.12. (KOPE)	-5,6 °C 9.12. (DOMI)	-4,1 °C 22.12. (LETO)
Tmin.	-19,6 °C 3.2. (LETO)	-4,9 °C 4.12. (KOPE)	-14,6 °C 12.12. (BOT_Pdf)	-8,5 °C 21.12. (KOPE)

Tab. 8: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2012

Stanice	29.1.–14.2.	6.12.–14.12.	21.12.–23.12.
BOT_Pdf	-13,2	-8,6	*
DOMI	-14,4	-9,4	-5,1
ENVE	-13,1	-8,0	-4,7
JUTA	-13,2	*	*
průměr	-13,5	-8,7	-4,9

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Tab. 9: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2012

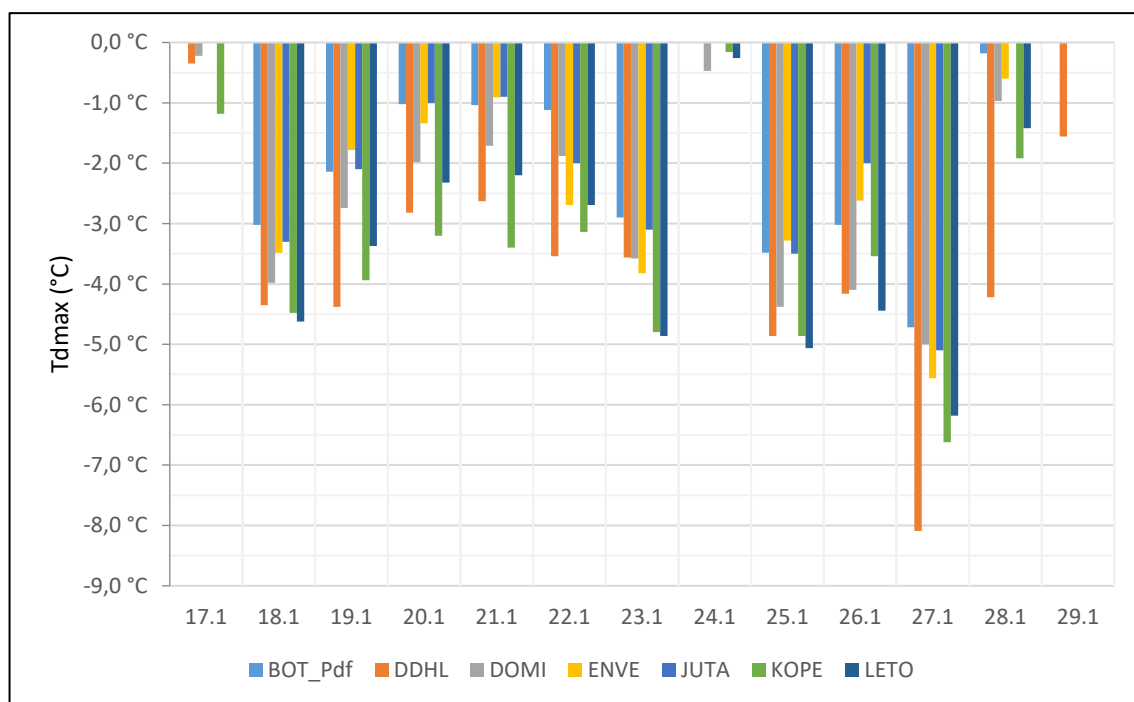
Stanice	29.1.–14.2.	2.12.–4.12.	6.12.–14.12.	21.12.–23.12.
DDHL	-14,4	*	-10,1	*
KOPE	-15,1	-2,4	-7,6	-6,2
LETO	-14,8	*	-9,4	-5,8
Průměr	-14,8	-2,4	-9,0	-6,0

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

5.3 Chladné vlny v roce 2013

První chladná vlna započala 12. 1. na stanicích DOMI a KOPE, o den později na stanicích BOT_Pdf, ENVE a LETO. Stanice DDHL a JUTA chladnou vlnu nezaznamenaly. Ukončení chladné vlny bylo 15. 1. na všech stanicích kromě KOPE, kde vlna skončila o den dříve. Nejdéle trvala chladná vlna na stanici DOMI, a to 4 dny, ostatní stanice jmenovitě BOT_Pdf, ENVE, KOPE a LETO mají shodnou dobu trvání 3 dny. Průměrná denní teplota po dobu existence chladné vlny ležela v intervalu $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ENVE) až $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE). Denní maximální teploty neklesly pod hodnotu $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE). Povětrnostní situace v průběhu chladné vlny byla první dva dny NEc a zbývající dva dny SEc (Racko,2018).

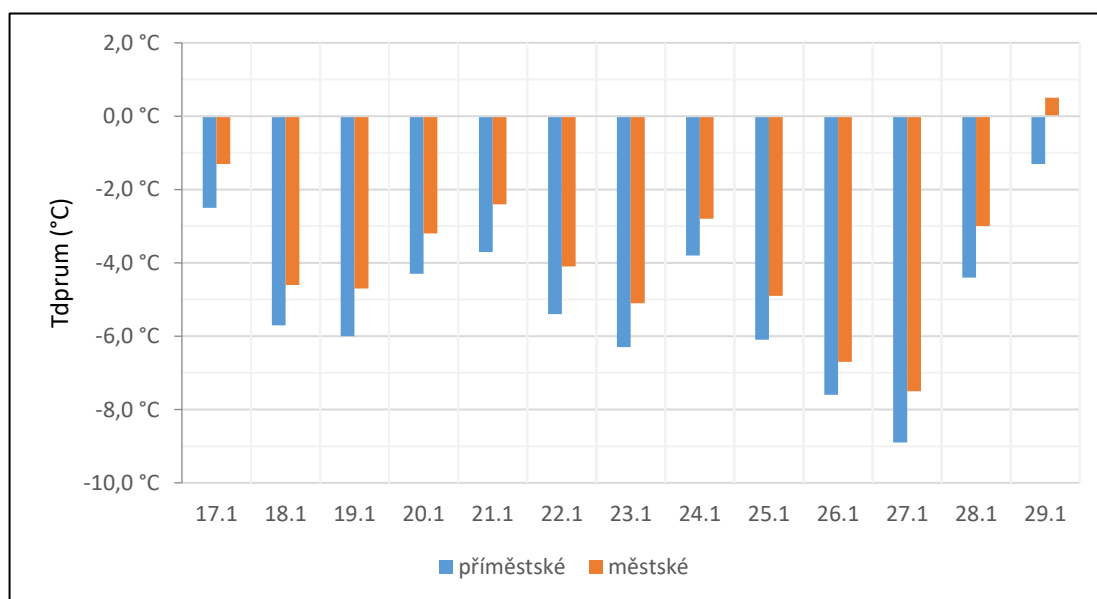
Druhá chladná vlna byla zaznamenána na stanicích DDHL, DOMI a KOPE 17. 1., následující den na zbylých stanicích BOT_Pdf, ENVE, JUTA, LETO a skončila 29. 1., kdy jako poslední stanice DDHL zaznamenala denní maximální teploty pod bodem mrazu. Nepřetržitých 12 dní trvala pouze na stanicích DOMI a KOPE. Zbylé stanice zaznamenaly rozdílné délky epizod. Dne 24. 1. nastalo výrazné oteplení (obr. 6), kdy denní maximální teploty vystoupily nad bod mrazu a předčasně tím byla ukončena chladná vlna na stanicích BOT_Pdf, DDHL, ENVE, JUTA.



Obr. 6: Absolutní maximální denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) během chladné vlny 17. 1. – 29. 1.

2013 na vybraných stanicích MESSO

Pro lepší orientaci je tato epizoda chladné vlny na výše zmíněných stanicích, kde došlo k oteplení rozdělena na dvě části. První část před oteplením – do dne 24. 1., a druhá část po oteplení. Následující den (25. 1.) na stanicích BOT_Pdf, DDHL, ENVE, JUTA znovu denní maximální teploty klesly pod bod mrazu. Započala tak druhá část chladné vlny, která měla rozdílnou délku trvání. Nejkratší úsek v době trvání 3 dní zaznamenala stanice JUTA, dále po 4 dnech shodně zaznamenaly BOT_Pdf a ENVE. Nejdéle druhá část chladné vlny trvala 5 dní na stanici DDHL, a to až do 29. 1. po sečtení obou částí chladné vlny se stanice DDHL s délkou trvání 12 dní vyrovná stanicím DOMI a KOPE. Průměrná denní teplota za dobu trvání chladné vlny se pohybuje v rozmezí od -1,0 °C (BOT_Pdf) do -9,6 °C (DDHL). Porovnání městských a příměstských stanic (obr. 7), nadále dokladuje druhou skupinu stanic jako chladnější – rozdíl mezi průměrnými teplotami je v rozmezí 0,9 °C až 1,4 °C ve prospěch příměstských. Nejchladnějším dnem epizody je 27. 1. s denní minimální teplotou -13,4 °C (LETO) a denním maximem -8,0 °C (DDHL). Jedná se také o jediný den v rámci celé epizody chladné vlny, kdy byly denní maxima pod hodnotou -5,0 °C. Zbylé příměstské stanice zaznamenaly hodnoty -6,6 °C (KOPE) a -6,2 °C (LETO). Městské stanice dosáhly hodnoty -5,5 °C (ENVE). První tři dny byla povětrnostní situace klasifikována jako Ec, následovaly dva dny se situací typu SEc, následně je zaznamenána situace Ea s dobou trvání 5 dní. Konec chladné vlny byl ve znamení situace typu Wc (Racko, 2018).



Obr. 7: Průměrné denní teploty (°C) na městských a příměstských stanicích v období chladné vlny 17. 1. – 29. 1. 2013

V pořadí třetí chladná vlna 2013 započala 9. 2. na stanici KOPE o den později na stanici DDHL. Zbylé stanice chladnou vlnu nezaznamenaly. Vlna skončila 12. 2. shodně na obou stanicích KOPE v délce trvání 4 dny a DDHL 3 dny. Průměrné denní teploty se pohybovaly v intervalu -1,9 °C (DDHL) až -3,3 °C (KOPE). Nejnižší maximální denní teplota byla zaznamenána 10. 2., na stanici KOPE s hodnotou -1,7 °C. Shodně po dvou dnech byly zaznamenán povětrnostní situace B a SEc (Racko, 2018).

Poslední chladná vlna roku začala 18. 12. shodně na příměstských stanicích KOPE a LETO, ostatní stanice její existenci nezaznamenaly. Chladná vlna skončila 21. 12. na stanici LETO a o den dříve na stanici KOPE s délkou trvání 4, resp. 3 dny. Průměrná denní teplota za období chladné vlny byla v rozmezí od -0,7 °C do -2,7 °C na stanici KOPE. Minimální denní teplota během chladné vlny byla -3,4 °C (LETO). Převládající povětrnostní situace byla SWc₂ (Racko, 2018).

Celkem tedy byly v průběhu roku 2013 zaznamenány 4 chladné vlny na vybraných stanicích MESSO, a to v období 12. 1. – 15. 1., 17. 1. – 29. 1., 9. 2. – 12. 2., 18. 12. – 21. 12. Z výše zmíněných epizod byla nejdelší druhá lednová s dobou trvání 12 dní. Četností výskytu znovu převažují příměstské stanice, které zaznamenaly všechny čtyři epizody (tab. 10). Naopak městské stanice pouze dvě vyjma stanice JUTA, která zaznamenala pouze jednu. Únorová epizoda v tomto roce je charakteristická velmi malými teplotami pod bodem mrazu na příměstských i některých městských stanicích.

Tab. 10: Délka chladných vln v roce 2013 na stanicích MESSO vyjádřena ve dnech

Stanice	12.1.–15.1.	17.1.–29.1.	9.2.–12.2.	18.12.–21.12.
BOT_Pdf	3	10	*	*
DDHL	*	12	3	*
DOMI	4	12	*	*
ENVE	3	10	*	*
JUTA	*	9	*	*
KOPE	3	12	4	3
LETO	3	11	*	4
Maximální délka	4	12	4	4
Minimální délka	3	9	3	3
Průměr	3,2	10,8	3,5	3,5

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Denní maxima na stanici KOPE se pohybovaly v rozmezí -0,1 °C do -1,7 °C. Podobný interval měla i druhá stanice DDHL a to od -0,2 °C do -1,2 °C. Městské stanice zaznamenaly v období epizodu maximálně dva dny, kdy byly denní maximální teploty pod bodem mrazu, například DOMI naměřila dne 11. 2. denní maximální teplotu -0,9 °C a tu samou hodnotu udává i stanice ENVE. Nižší teplotu -0,4 °C změřila ve stejný den stanice JUTA. Jako jediná městská, nezaznamenala stanice BOT_Pdf ani jednu denní maximální teplotu pod bodem mrazu.

Při porovnání teplotních charakteristik (tab. 11) vychází příměstské stanice jako oblasti s vyšším výskytem absolutních hodnot, a to v 15 ze 16 sledovaných případů. Nejchladnějším dnem všech epizod roku 2013 byl 27. 1. s denní minimální teplotou vzduchu -13,4 °C (LETO), nejnižší průměrná teplota byla zaznamenána ve stejný den s hodnotou -9,6 °C (tab. 13) shodně na stanici DDHL. Z městských stanic podle tab. 12 zaznamenala nejnižší denní průměrnou teplotu ENVE s hodnotou -7,8 °C. Maximální počet dní splňujících definici chladné vlny byl 22 na stanici KOPE, nejméně jich bylo naopak zaznamenáno na stanici JUTA (9). Nejchladnějším měsícem roku byl leden s průměrnou teplotou -2,7 °C (KOPE).

Tab. 11: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2013

Charakteristika	12.1.–15.1.	17.1.–29.1.	9.2.–12.2.	18.12.–21.12.
Tmin, prum.	-5,5 °C (KOPE)	-9,6 °C (DDHL)	-3,3 °C (KOPE)	-2,7 °C (KOPE)
Tmax, prum.	-2,3 °C (KOPE)	-1,0 °C (BOT_Pdf)	-1,9 °C (DDHL)	-0,7 °C (KOPE)
Tmax.	-2,6 °C 14.1. (KOPE)	-8,0 °C 27.1. (DDHL)	-1,7 °C 10.2. (KOPE)	-1,9 °C 19.12. (KOPE)
Tmin.	-9,1 °C 15.1. (LETO)	-13,4 °C 27.1. (LETO)	-5,6 °C 9.2. (DDHL)	-3,4 °C 21.12. (LETO)

Tab. 12: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2013

Stanice	12.1.–15.1.	17.1.–29.1.
BOT_Pdf	-3,7	-7,0
DOMI	-4,4	-7,7
ENVE	-4,1	-7,8
JUTA	*	-7,3
průměr	-4,1	-7,5

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Tab. 13: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2013

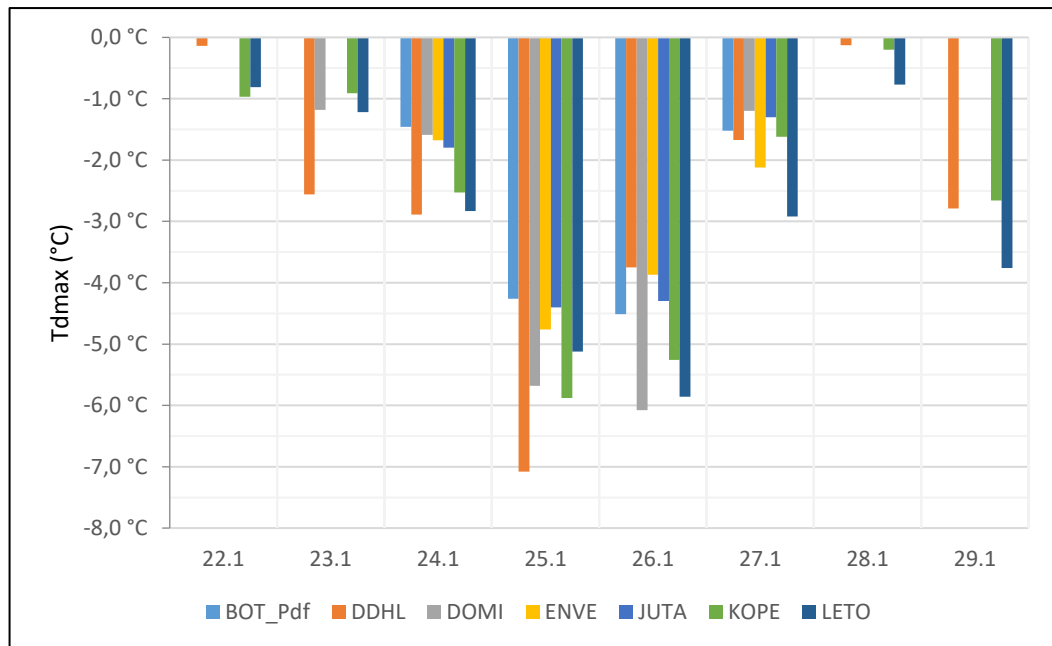
Stanice	12.1.–15.1.	17.1.–29.1.	9.2.–12.2.	18.12.–21.12.
DDHL	*	-9,6	-2,4	*
KOPE	-5,5	-8,5	-3,3	-2,7
LETO	-4,9	-8,5	*	-2,6
průměr	-5,2	-8,9	-2,9	-2,7

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

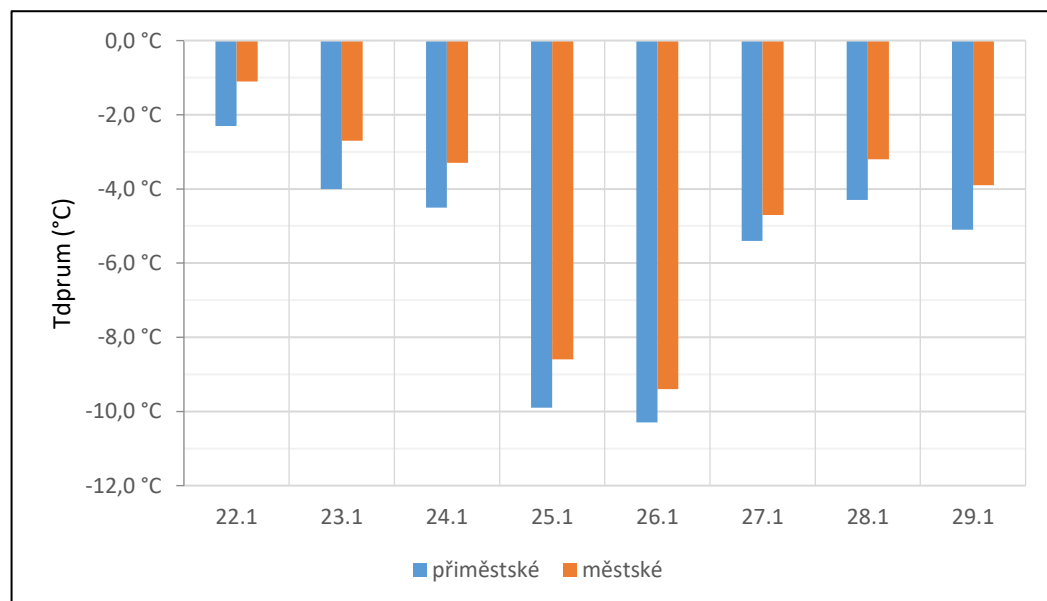
5.4 Chladné vlny v roce 2014

První chladná vlna byla zaznamenána na příměstských stanicích DDHL, KOPE a LETO 22. 1., o den později na stanici DOMI a nejpozději 24. 1. na stanicích BOT_Pdf, ENVE a JUTA. Epizoda skončila 29. 1., nepřetržitě 8 dní trvala pouze na příměstských stanicích. Městské stanice shodně zaznamenaly konec chladné vlny již o dva dny dříve, a to 27. 1. Následující den nastalo výraznější oteplení, kdy denní maxima byla nad bodem mrazu na všech městských stanicích. Příměstské stanice zaznamenaly jen velice mírné teploty pod nulou viz obr. 8. Například stanice DDHL zaznamenala denní maximální teplotu pouhých -0,1 °C. Oteplení bylo jen jednodenní, 29. 1. znova všechny stanice zaznamenaly maximální denní teploty pod bodem mrazu. Přerušení oteplením dne 28. 1. znemožnilo započtení následujícího dne u městské stanice do chladné vlny podle stanovené definice. Vzhledem k tomu nejsou denní maximální teploty vyznačeny na obr. 9. Nejdéle trvala chladná vlna na stanicích DDHL, KOPE, LETO (8 dní). Maximální denní teploty za dobu trvání chladné vlny ležely v rozmezí -0,1 °C až -7,0 °C oba extrémy shodně zaznamenány na stanici DDHL. Nejnižší průměrná denní teplota činí -10,4 °C (LETO). Nejchladnějším dnem za období 22. 1. – 29. 1. je 26. 1. s denní minimální teplotou v rozmezí od -11,7 °C (DOMI) do -13,8 °C (KOPE). Srovnání průměrných denních teplot ukazuje, že příměstské stanice jsou chladnější po celou dobu trvání chladné vlny v rozmezí 0,7 °C až 1,3 °C (obr. 9). Patrné jsou i rozdíly mezi jednotlivými dny. První tři dny průměrné teploty dosahují maximální hodnoty pouhých -4,5 °C. Následující den, tedy 25. 1., započíná ochlazení a propad průměrných teplot je výraznější, průměrná teplota příměstských stanic poklesla o 5,4 °C. Průměrná teplota městských stanic zaznamenala téměř totožný pokles o 5,3 °C. Ochlazení vyvrcholilo 26. 1. Průměrná teplota příměstských stanic dosáhla na hodnotu -10,3 °C. Další den nastalo oteplení a průměrné

teploty opět pozvolna stoupaly až k $-4,7\text{ °C}$ pro městské stanice a $-5,4\text{ °C}$ pro příměstské. Převládající povětrnostní situace byla Ec (Racko, 2018).



Obr. 8: Absolutní maximální denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) během chladné vlny 22. 1. – 29. 1. 2014 na vybraných stanicích MESSO



Obr. 9: Průměrné denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) na městských a příměstských stanicích v období chladné vlny 22. 1. – 29. 1. 2014

V pořadí druhá chladná vlna byla zaznamenána pouze na příměstských stanicích DDHL, KOPE, LETO a započala na všech stanicích shodně dne 30. 11. Skončila 2. 12., jednalo se o krátkou epizodu v délce trvání 3 dní. Maximální denní teploty byly v rozmezí od $-1,4\text{ °C}$ (DDHL) do $-2,5\text{ °C}$ (KOPE). Nejchladnější den za dobu trvání

chladné vlny byl 1. 12. s denní minimální teplotou od $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (DDHL) do $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE). První den chladné vlny byl typ zjištěné povětrnostní situace SEa, zbylé dva dny SEc (Racko, 2018).

Poslední chladná vlna 2014 byla zaznamenána 27. 12. na všech zkoumaných stanicích MESSO. Epizoda trvala celých 5 dní a skončila 31. 12. vyjma stanice ENVE, kde byla ukončena 29. 12. Denní teplotní maxima v období chladné vlny byly v intervalu $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BOT_Pdf) až $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LETO). Nejnižší denní teplota byla zaznamenána na stanici LETO 30. 12. ($-11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Průměrné denní teploty byly v intervalu od $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (JUTA) do $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LETO). Převládající povětrnostní situace v průběhu chladné vlny byla Wc (Racko, 2018).

V roce 2014 byly tedy zaznamenány tři epizody chladných vln, v období 22. 1. – 29. 1., 30. 11. – 2. 12., 27. 12. – 31. 12. Nejdelší epizodou za rok 2014 je lednová s dobou trvání 8 dní souběžně na stanicích DDHL, KOPE a LETO (tab. 14). Nejkratší byla epizoda na přelomu listopadu a prosince s dobou trvání pouze 3 dní. Její výskyt je vázán jen na příměstské stanice. Poslední epizoda na konci prosince je význačná svou shodnou délkou, kdy všechny stanice zaznamenaly 5 dní teplot pod bodem mrazu, vyjma ENVE (3). V porovnání teplotních charakteristik (tab. 15), vychází příměstské stanice jako oblasti s vyšším výskytem extrémních hodnot a to v 10 z 12 sledovaných případů. Nejchladnějším dnem v rámci zaznamenaných chladných vln roku 2014 je 26. 1., s denní minimální teplotou $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE), nejnižší průměrná teplota byla zaznamenána ve stejný den s hodnotou $-10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stanici LETO. Městské stanice podle tab. 16 vykazují nejnižší denní průměrné teploty v intervalu od $-9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Příměstské zaznamenaly nižší hodnoty, a to v intervalu od $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tab. 17). Nejvíce dní splňující definici chladné vlny bylo zaznamenáno na všech příměstských stanicích, jmenovitě DDHL, KOPE, LETO s počtem 17. Naopak nejméně zaznamenala stanice ENVE (7). Nejchladnějším měsícem roku 2014 je leden s průměrnou teplotou $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LETO).

Tab. 14: Délka chladných vln v roce 2014 na stanicích MESSO vyjádřena ve dnech

Stanice	22.1.–29.1.	30.11.–2.12.	27.12.–31.12.
BOT_Pdf	4	*	5
DDHL	8	3	5
DOMI	5	*	5
ENVE	4	*	3
JUTA	4	*	5
KOPE	8	3	5
LETO	8	3	5
Maximální délka	8	3	5
Minimální délka	4	3	3
Průměr	5,8	3,0	4,7

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Tab. 15: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2014

Charakteristika	22.1.–29.1.	30.11.–2.12.	27.12.–31.12.
Tmin, prům.	-10,4 °C (LETO)	-2,5 °C (KOPE)	-7,0 °C (LETO)
Tmax, prům.	-1,0 °C (BOT_Pdf)	-1,4 °C (DDHL)	-2,7 °C (DOMI)
Tmax.	-7,0 °C 25.1. (DDHL)	-1,3 °C 30.11. (DDHL)	-5,2 °C 31.12. (LETO)
Tmin.	-13,8 °C 26.1. (KOPE)	-3,2 °C 1.12. (KOPE)	-11,0 °C 30.12. (LETO)

Tab. 16: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2014

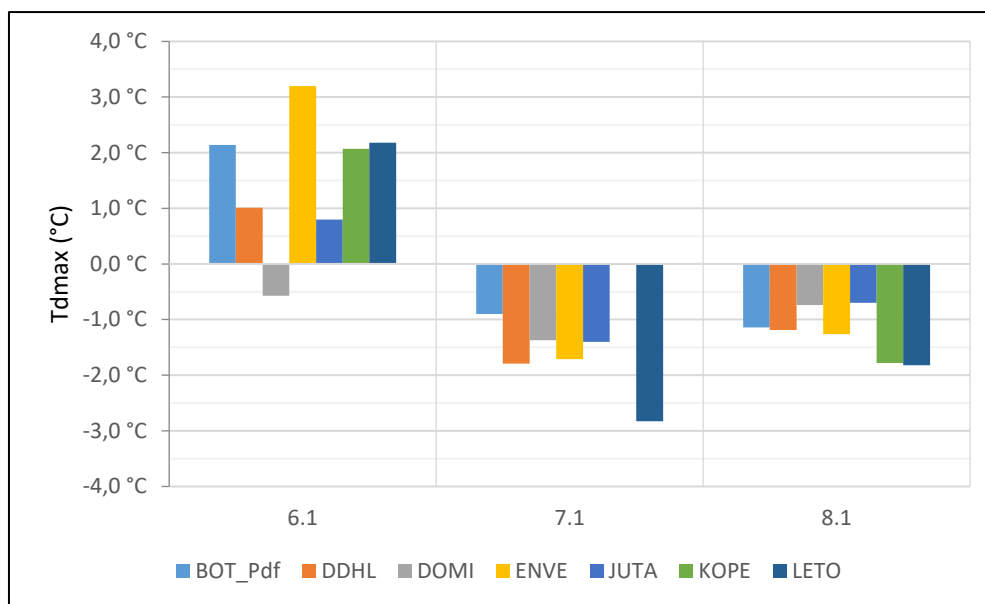
Stanice	22.1.–29.1.	27.12.–31.12.
BOT_Pdf	-9,3	-6,1
DOMI	-9,5	-5,5
ENVE	-9,3	-6,3
JUTA	-9,4	-5,8
průměr	-9,4	-5,9

Tab. 17: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2014

Stanice	22.1.–29.1.	30.11.–2.12.	27.12.–31.12.
DDHL	-10,0	-2,1	-6,6
KOPE	-10,3	-2,5	-6,9
LETO	-10,4	-2,0	-7,0
průměr	-10,2	-2,2	-6,8

5.5 Chladné vlny v roce 2015

Jediná zaznamenaná chladná vlna tohoto roku započala 6. 1. a byla vázaná na stanici DOMI, kde i 8. 1. skončila. Ostatní stanice zaznamenaly shodně pouze dva dny 7. 1. a 8. 1., kdy byly teplotní maxima pod bodem mrazu. Denní maximální teploty na stanici DOMI byly v rozmezí $-0,5\text{ °C}$ do $-1,3\text{ °C}$ (obr. 10). Nejnižší denní teplota byla zaznamenána 7. 1. s hodnotou $-8,5\text{ °C}$. V porovnání, absolutní minimum v období chladné vlny bylo zaznamenáno na stanici BOT_Pdf s hodnotou $-9,8\text{ °C}$ ve stejný den. Mírnému ochlazení, které zaznamenaly stanice 7. 1. předcházela noční inverze z předchozího dne. Všechny stanice vykazovaly vysoké hodnoty denní amplitudy teploty. Nejvyšší hodnota $11,7\text{ °C}$ byla zjištěna na stanici BOT_Pdf, zde do určité míry přispěla i poloha meteorologické stanice, která se nachází městské zástavbě v blízkosti historického centra Olomouce. Denní amplituda stanic ENVE a LETO také překročila hranici $11,0\text{ °C}$. Naopak nejnižší hodnotu vykazuje právě jediná stanice, která zaznamenala chladnou vlnu (DOMI).



Obr. 10: Absolutní maximální denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) během chladné vlny 6. 1. – 8. 1. 2015 na vybraných stanicích MESSO

Grafické srovnání průměrných denních teplot na městských a příměstských stanicích nebylo provedeno vzhledem k charakteru popisované epizody. Pro úplnost je zmíněno, že v období chladné vlny 6. 1. – 8. 1. zaznamenané na stanici DOMI byly průměrné teploty nižší na příměstských stanicích (tab. 19, tab. 20). Rozdíl byl ovšem

velice nepatrný, a to v rozmezí od 0,1 °C do 0,9 °C. První den chladné vlny byla povětrnostní situace Ap₄ zbylé dva dny převládal typ Wc (Racko, 2018).

V roce 2015 byla zaznamenána jediná epizoda chladné vlny v období 6. 1. – 8. 1. a to pouze na stanici DOMI (tab.18). Z pohledu výskytu chladných vln se jedná o nejteplejší rok ve zkoumaném období. Tuto skutečnost částečně podporuje i to, že nejchladnějším měsícem roku byl právě leden s průměrnou teplotou 0,6 °C (DDHL).

Tab. 18: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2015

Charakteristika	6.1.–8.1.
T _{min} , prům.	-4,6 °C (DOMI)
T _{max} , prům.	-2,7 °C (DOMI)
T _{max} .	-1,3 °C 6.1. (DOMI)
T _{min} .	-8,5 °C 7.1. (DOMI)

Tab. 19: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2015

Stanice	6.1.–8.1.
BOT_Pdf	-5,2
DOMI	-4,6
ENVE	-5,3
JUTA	-4,9
Průměr	-5,0

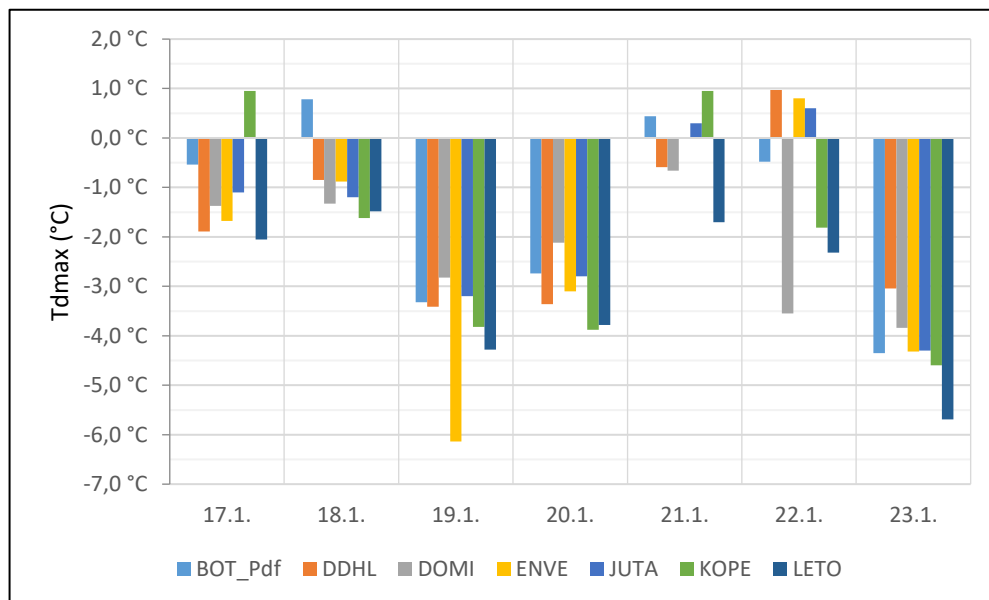
Tab. 20: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2015

Stanice	6.1.–8.1.
DDHL	-5,9
KOPE	-5,4
LETO	-6,0
Průměr	-5,8

5.6 Chladné vlny v roce 2016

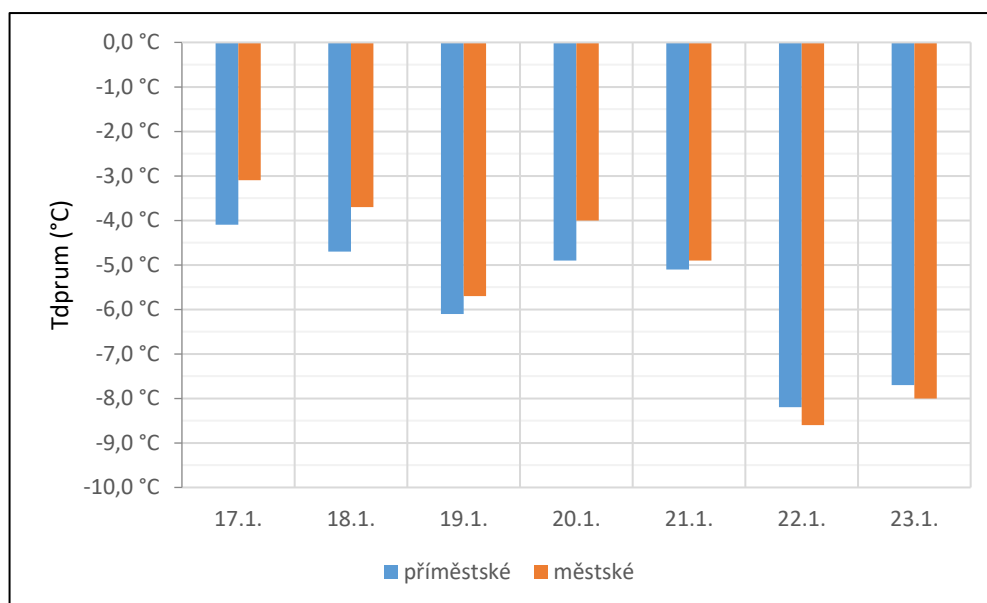
První chladná byla zaznamenána na stanicích DOMI a LETO již 31. 12. 2015. Vzhledem k vybrané časoprostorové charakteristice a rozdělení na jednotlivé kalendářní roky v metodice práce je za nástup chladné vlny považován až následující den 1. 1. 2016, kdy byla epizoda chladné vlny zaznamenána na všech zbývajících stanicích. Chladná vlna byla ukončena 6. 1. shodně na všech stanicích v době trvání 6 dní. Maximální denní teploty se pohybovaly v rozmezí od $-0,1\text{ °C}$ (DOMI) do $-7,2\text{ °C}$ (LETO). Minimální denní teplota byla zaznamenána 4. 1. na stanici LETO s hodnotou $-10,8\text{ °C}$. Průměrné denní teploty v rámci chladné vlny jsou v intervalu $-3,0\text{ °C}$ (JUTA) až $-9,1\text{ °C}$ (LETO).

Následující chladná vlna započala v druhé polovině ledna, respektive 17. 1. shodně na všech stanicích vyjma KOPE, kde byl nástup o den opožděn a BOT_Pdf, která nesplnila podmínku chladné vlny – v období výskytu zaznamenala denní maximální teploty nad bodem mrazu 18. 1. a 21. 1. (obr. 11). Epizoda předčasně skončila 20. 1. na stanicích JUTA, KOPE a ENVE – zde z důvodu neúplnosti dat ze dne 21. 1., o den později na stanici DDHL. Nepřetržitě trvala chladná vlna pouze na stanicích DOMI a LETO a skončila 23. 1. Doba trvání chladné vlny je v rozmezí od 3 dnů (KOPE) až 7 dnů (DOMI) a (LETO).



Obr. 11: Absolutní maximální denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) během chladné vlny 17. 1. – 23. 1. 2016 na vybraných stanicích MESSO

Maximální denní teploty byly v intervalu od $-0,5\text{ °C}$ (BOT_Pdf) až $-6,1\text{ °C}$ (ENVE). Nejnižší denní teplota byla naměřena 23. 1. na stanici BOT_Pdf s hodnotou $-15,1\text{ °C}$. Průměrné denní teploty se nacházely v podobném intervalu jako u epizody na začátku ledna, a to od $-2,7\text{ °C}$ (JUTA) do $-9,4\text{ °C}$ (BOT_Pdf). Nejchladnějším dnem epizody byl 23. 1., kdy denní minimální teploty na všech stanicích vyjma KOPE vykazovaly hodnoty pod $-12,5\text{ °C}$. V porovnání průměrných denních teplot mezi příměstskými a městskými stanicemi vychází znova příměstské jako chladnější. Poslední dva dny chladné vlny je možné na obr. 12 pozorovat výrazný pokles průměrných teplot na obou typech stanic, v důsledku vyvrcholení teplotní intenzity chladné vlny. Městské stanice 22. 1. a 23. 1. zaznamenaly o $0,3\text{ °C}$ a $0,4\text{ °C}$ nižší teploty než stanice příměstské. Tyto poslední dva dny chladné vlny vykazují i městské stanice nejvyšší hodnoty denní amplitudy teplot, například stanice BOT_Pdf, která 22. 1. zaznamenala denní amplitudu teploty $14,4\text{ °C}$ a stanice ENVE $11,0\text{ °C}$. Příměstská stanice KOPE ten samý den zaznamenala denní amplitudu teploty pouze $10,0\text{ °C}$.



Obr. 12: Průměrné denní teploty ($^{\circ}\text{C}$) na městských a příměstských stanicích v období chladné vlny 17. 1. – 23. 1. 2016

Poslední chladná vlna započala shodně na všech zkoumaných stanicích MESSO 20. 12. a byla ukončena taktéž shodně na všech stanicích 23. 12. s celkovou dobou trvání 4 dnů. Hodnoty denních maximálních teplot byly v rozmezí od $-0,5\text{ °C}$ (JUTA) do $-3,4\text{ °C}$ shodně zaznamenaných na stanicích KOPE a LETO. Průměrné denní teploty jsou ze všech epizod v roce 2016 v nejmenším intervalu od $-1,0\text{ °C}$ (JUTA) do $-4,0\text{ °C}$

(KOPE). Nejnižší denní minimální teplota činí $-6,2$ °C zaznamenána na stanici DDHL dne 21. 12.

Celkem tři chladné vlny byly zaznamenány za rok 2016 v období 1. 1. – 6. 1., 17. 1. – 23. 1., 20. 12. – 23. 12. Nejdelší epizodou je druhá lednová s celkovým počtem dní (7), zaznamenaných na stanici DOMI a LETO. Naopak nejkratší chladnou vlnou je prosincová s maximální délkou 4 dny zaznamenaných shodně na všech stanicích. První a poslední epizoda chladné vlny v roce 2016 (tab. 21) se v rámci celého zkoumaného období vyznačují i ojedinělou shodou v počtu zaznamenaných dní na jednotlivých stanicích MESSO, to znamená vždy byl zaznamenán maximální možný počet dní v závislosti na dostupných staničních záznamech.

Tab. 21: Délka chladných vln v roce 2016 na stanicích MESSO vyjádřena ve dnech

Stanice	1.1.–6.1.	17.1.–23.1.	20.12.–23.12.
BOT_Pdf	6	*	4
DDHL	6	5	4
DOMI	6	7	4
ENVE	6	4	4
JUTA	6	4	4
KOPE	6	3	4
LETO	6	7	4
Maximální délka	6	7	4
Minimální délka	6	3	4
Průměr	6,0	5,0	4,0

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Nejchladnějším dnem v rámci chladných vln je 23. 1. s denní minimální teplotou $-15,1$ °C (BOT_Pdf). Nejnižší průměrná teplota byla $-9,4$ °C (BOT_Pdf) zaznamenána 22. 1. Z tohoto pohledu je druhá lednová epizoda nejchladnější viz tab. 22. Pokud porovnáme průměrné denní minimální teploty vzduchu na městských a příměstských stanicích, je na první pohled patrné, že chladná vlna zaznamenána v prosinci zdaleka nedosahuje průměrných teplot chladných vln zaznamenaných v měsíci lednu. A to jak, na městských tak i příměstských stanicích. Ve dvou ze tří epizod se příměstské stanice jeví jako chladnější v období první chladné vlny o $0,5$ °C a v období třetí chladné vlny $0,9$ °C. V jediném případě, konkrétně v druhé lednové epizodě městské stanice vykazují nižší průměr a to o $0,2$ °C. Tento minimální rozdíl je to jisté míry ovlivněn teplotními výkyvy zaznamenanými na stanici BOT_Pdf, které neumožnily zaznamenání chladné vlny podle stanovené definice, tudíž chybějící záznam v tab. 23 může zkreslovat celkový průměr denní minimální teploty v období 17. 1. – 23. 1. Z příměstských stanic

podle tab. 24 zaznamenala DDHL nejnižší průměrnou teplotu -9,2 °C během druhé lednové chladné vlny. Maximální počet dní splňující definici chladné vlny za rok 2016 byl 17 (DOMI, LETO) a nejméně 10 (BOT_Pdf). Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -2,1 °C (LETO).

Tab. 22: Teplotní charakteristika chladných vln v roce 2016

Charakteristika	1.1.–6.1.	17.1.–23.1.	20.12.–23.12.
Tmin, prům.	-9,1 °C (LETO)	-9,4 °C (BOT_Pdf)	-4,0 °C (KOPE)
Tmax, prům.	-3,0 °C (JUTA)	-2,7 °C (JUTA)	-1,0 °C (JUTA)
Tmax.	-7,2 °C 3.1. (LETO)	-6,1 °C 19.1. (ENVE)	-3,4 °C 21.12.,22.12. (LETO, KOPE)
Tmin.	-10,8 °C 4.1. (LETO)	-15,1 °C 23.1. (BOT_Pdf)	-6,2 °C 21.12. (DDHL)

Tab. 23: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na městských stanicích MESSO v roce 2016

Stanice	1.1.–6.1.	17.1.–23.1.	20.12.–23.12.
BOT_Pdf	-7,8	*	-3,0
DOMI	-7,3	-9,2	-2,6
ENVE	-8,1	-7,7	-3,3
JUTA	-8,0	-8,3	-2,6
průměr	-7,8	-8,4	-2,9

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Tab. 24: Průměrná denní minimální teplota vzduchu (°C) v průběhu chladných vln na příměstských stanicích MESSO v roce 2016

Stanice	1.1.–6.1.	17.1.–23.1.	20.12.–23.12.
DDHL	-7,7	-9,2	-3,5
KOPE	-8,1	-6,6	-4,0
LETO	-9,1	-8,9	-3,9
průměr	-8,3	-8,2	-3,8

6 Výsledky a diskuze

Chladná vlna byla v práci definovaná jako souvislé období nejméně tří po sobě následujících dnů, kdy maximální denní teplota nepřesahuje hodnotu $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Doleželová, 2015). Celkově bylo pro časoprostorovou charakteristiku chladných vln v období 2011–2016 využito 7 stanic MESSO. Z toho 4 byly považovány za městské (BOT_Pdf, DOMI, ENVE, JUTA) a zbylé 3 jako příměstské (DDHL, KOPE, LETO). Podle již výše zmíněné definice chladné vlny bylo ve zkoumaném období zjištěno 20 epizod uvedeného meteorologického jevu v celkové maximální délce trvání 116 dní. Vzhledem k tomu, že problematika chladných vln není pro jiné město s podobnými geografickými podmínkami na území České Republiky zpracována nebylo možné provést vzájemné srovnání.

Meziroční srovnání chladných vln ve zkoumaném období 2011–2016 vykazuje tyto nejdůležitější výsledky. V prvním roce 2011 bylo na stanicích MESSO zaznamenáno 5 jednotlivých chladných vln (tab. 25). Jedná se o nejvyšší počet v celém sledovaném šestiletém období. V roce 2011 byla jako jediná detekována chladná vlna v měsíci listopadu v období od 21. 11. (KOPE), případně 22. 11. (DDHL, LETO) do 25. 11. Z pohledu teplotní intenzity se jednalo o nevýznamnou epizodu s nejnižší denní maximální teplotou pouhých $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE). V průběhu následujících let byly listopadové teploty nadprůměrné a další chladné vlny nebyly zaznamenány. Rok 2012 lze považovat za nejchladnější. Na stanicích MESSO byla zaznamenána nejdelší chladná vlna s délkou trvání 17 dní. Dále byl zaznamenán nejvyšší počet dní v chladných vlnách (32). Absolutní denní minimální teplota dosahovala hodnoty $-19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LETO) změřena dne 3. 2. Podobné extrémní teploty byly zaznamenány celorepublikově, například $-21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve Valašském Meziříčí a v Opavě $-25,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (INFOMET, 2012). V tomto zkoumaném roce bylo zaznamenáno také nejvíce chladných vln v měsíci prosinci a to celkem 3. Následující rok 2013 je velice podobný dvěma předchozím. Byly zaznamenány celkem 4 chladné vlny s maximálním počtem dní 24. Podobně jako v roce 2012 dominovala i nyní nadprůměrně dlouhá chladná vlna na konci ledna (v roce 2012 konec ledna a první polovina února). Jejíž maximální délka trvání byla 12 dní. Zaznamenané teploty v průběhu chladné vlny byly pro daný rok extrémní, ovšem v porovnání s rokem 2012 byl rozdíl znatelný. Nejnižší denní maximální teplota byla $-8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (DDHL). Nejnižší zaznamenaná denní minimální teplota byla $-13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. (LETO). Zajímavostí je, že v obou letech 2012 a 2013 byly extrémní

teploty zaznamenány na stejných stanicích MESSO, konkrétně DDHL a LETO. Rok 2014 byl podle tab. 25 vůči předchozím letem spíše podprůměrný. Celkově byly zaznamenány 3 chladné vlny z čehož dvě v měsíci prosinci. Nejnižší zaznamenaná denní maximální teplota v průběhu chladných vln byla $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (DDHL). Statisticky se jednalo o předposlední rok v rámci četností výskytu chladných vln v období 2011–2016. Za nejteplejší je možné považovat zkoumaný rok 2015, kdy maximální počet dní v chladných vlnách je roven nejnižšímu možnému počtu dní podle definice chladné vlny a to 3. Maximální denní teplota klesla jen na hodnotu $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ v průběhu jediné epizody tohoto roku, která byla zaznamenána pouze na stanici DOMI. Teplotní rozdíly na všech stanicích byly nepatrné a o splnění podmínky pro definici chladné vlny rozhodovalo pouze $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poslední zkoumaný rok 2016 byl podle zjištěných výsledků srovnatelný s rokem 2014. Byly shodně zaznamenány 3 chladné vlny s téměř totožnou maximální délkou trvání. Podobné jsou si i v zaznamenaných teplotách. Nejnižší denní maximální teplota v roce 2016 byla $-7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LETO) v porovnání s naměřenými $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (DDHL) v roce 2014. Znatelný rozdíl ovšem nacházíme při pohledu na průměrný počet dní v chladných vlnách, který vyzdvihuje rok 2016. Tento rozdíl je způsoben nižší teplotní intenzitou jednotlivých chladných vln v roce 2014, kdy docházelo k teplotním výkyvům mezi jednotlivými stanicemi. To mělo za následek zkracování doby trvání chladných vln, a to v závěru znamená nižší průměrný počet dní. Z celkového počtu 20 zaznamenaných epizod připadá 13 na první tři zkoumané roky. Je tedy možné pozorovat klesající četnost výskytu jednotlivých chladných vln v následujících třech zkoumaných letech, kdy je jich zaznamenáno pouze 7. Na první tři roky tedy připadá 80 ze 116 zaznamenaných dní v chladných vlnách. Důležité je podotknout, že pokles četnosti výskytu jednotlivých epizod nemusí nutně znamenat zkracování jejich délky trvání. Například v roce 2016 byly zjištěny tři chladné vlny a nejdelší z nich trvala 7 dní. Oproti 5 chladným vlnám v roce 2011, kdy nejdelší trvala 6 dní. Toto tvrzení může být ovlivněno i dalšími faktory, například typem aktivního povrchu, dále místními geografickými podmínkami v okolí stanice anebo vlivem městské zástavby. Zmíněné faktory mohou pozitivně či negativně působit na teplotní charakteristiky a ovlivňovat výsledné počty dní v jednotlivých chladných vlnách.

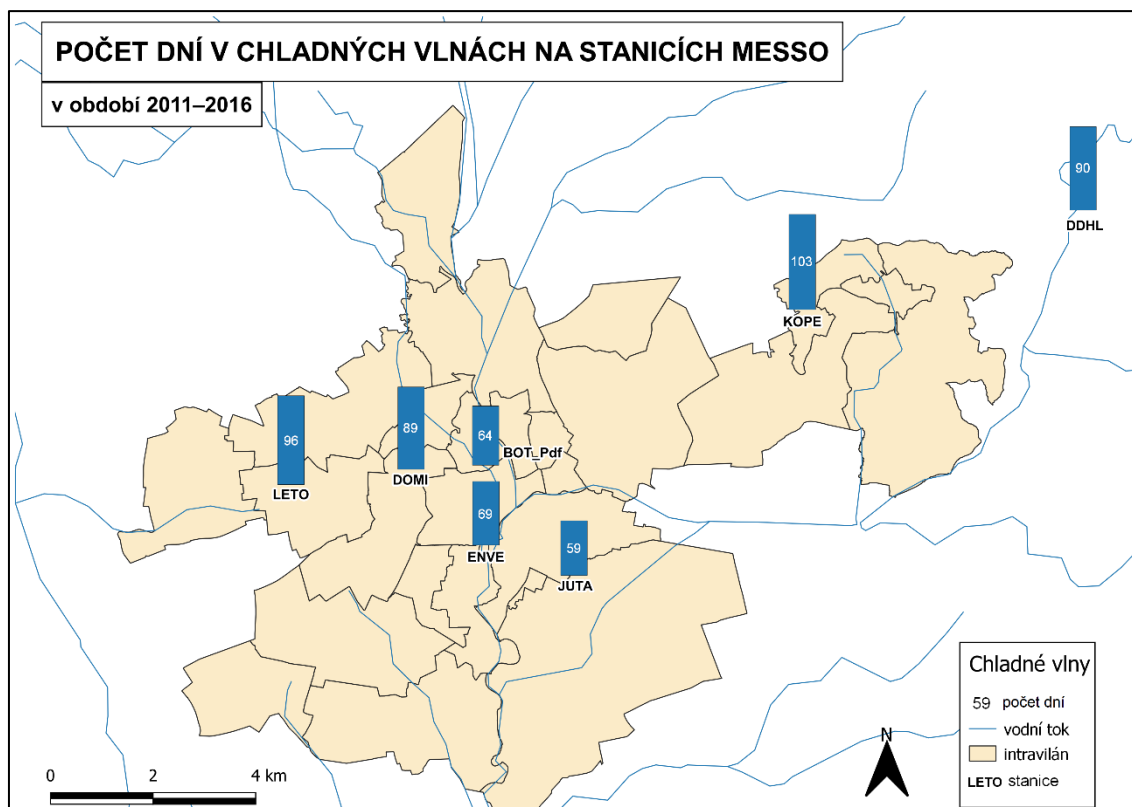
Při srovnání počtu chladných vln na jednotlivých stanic MESSO zaznamenala JUTA jejich nejmenší počet (9) To se také projevilo na celkovém počtu zaznamenaných dní v chladných vlnách na dané stanici (59). Jako druhá v pořadí je stanice BOT_Pdf s 10 zaznamenanými chladnými vlnami v celkové délce 64 dní. Zmíněné stanice se tak jeví vzhledem ke zjištěným četnostem výsledků jako nejteplejší. Podpořit toto tvrzení mohou polohy obou stanic, které se nachází v intravilánu města, konkrétně v zastavěné vilové části Holice a Lazce. Zde a v historickém centru města je nejvíce patrný možný vliv tepelného ostrova na zkoumané teplotní charakteristiky (Vysoudil et. al, 2012). Pokud porovnáme nejnižší denní maximální teploty v průběhu chladných vln u stanic BOT_Pdf – JUTA jsou výsledky skoro totožné. Z městských stanic zmíněná dvojice každoročně, až na ojedinělé případy vykazovala nejvyšší hodnoty sledované teplotní charakteristiky. Například v roce 2011 zaznamenala stanice BOT_Pdf nejnižší denní maximální teplotu v chladných vlnách $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, stanice JUTA zaznamenala o dvě desetiny vyšší hodnotu a to $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozdíl oproti zbylým městským stanicím je znatelný o více jak $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (DOMI $-6,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, ENVE $-6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Jako třetí v pořadí je další městská stanice ENVE. Zde bylo zjištěno ve zkoumaném období 12 chladných vln v celkovém počtu 69 dní. Ve srovnání s dvěma předchozími stanicemi se ENVE nejeví jako chladnější. Podle průměrných teplot v období 2011–2016 vykazuje ENVE téměř totožné hodnoty jako dvě výše popsané stanice. Jednotlivé rozdíly se pohybují maximálně v rozpětí $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je tedy zcela pravděpodobné, že vliv teplejšího městského prostoru hraje velký vliv i ve výsledných teplotních charakteristikách na stanici ENVE. Mimo jiné podle (tab. 2 a tab. 14), bylo na zmíněné stanici v letech 2011 a 2014 zjištěn minimální počet dní v chladných vlnách.

Podobné výsledky vykazují stanice DDHL a DOMI, kde bylo shodně zaznamenáno 14 chladných vln pouze s rozdílem v počtu dní, kdy stanice DDHL zaznamenala 90 dní a DOMI 89 (tab. 26). Je možné tvrdit, že DOMI jako jediná městská stanice zjištěnými výsledky nejbližší odpovídá charakteru stanice příměstské. Podobnosti jsou viditelné i v nejbližším okolí aktivního povrchu stanice (vzrostlá vegetace, plošně menší vodní plocha). Dále je to také jediná stanice, která zaznamenala chladnou vlnu v roce 2015. Zjištěné teplotní charakteristiky jsou srovnatelné s příměstskými stanicemi. Například porovnání extrémních hodnot denní minimální teploty napříč všemi zkoumanými roky ukazuje, že stanice DOMI zaznamenala v letech 2011, 2012 a 2016 druhé nejnižší hodnoty vůbec. Chladněji bylo už jen na stanici

LETO. Pro představu v roce 2012 absolutní denní minimální teplota v průběhu chladných vln byla $-19,6\text{ °C}$ (LETO) stanice DOMI zaznamenala $-18,5\text{ °C}$.

DDHL zaznamenala ze všech příměstských stanic nejméně chladných vln (obr. 13). Díky své poloze v inverzním údolí řeky Bystřice a její nadmořské výšce 307 metrů (druhá nejvýše položená stanice) se jeví jako velmi chladná. Podle zjištěných výsledků zde byly v letech 2011 ($-7,5\text{ °C}$), 2012 ($-12,3\text{ °C}$), 2013 ($-8,0\text{ °C}$) a 2014 ($-7,0\text{ °C}$) naměřeny nejnižší denní maximální teploty v průběhu všech na stanici zaznamenaných chladných vln. Naopak nejnižší denní minimální teploty nebyly nijak výrazné. Ve většině letch byly hodnoty teplot srovnatelné s městskými stanicemi.

Druhou stanicí s nejvyšším počtem zaznamenaných chladných vln je LETO. Celkem bylo zjištěno 16 epizod v délce 96 dní, průměrná délka jedné chladné vlny na zmíněné stanici tak byla 6,0 dní. Podle zkoumaných teplotních charakteristik, bylo na stanici LETO zaznamenáno absolutní minimum v celém zkoumaném období 2011–2016, kdy 3. 2. 2012 teplota dosahovala hodnoty $-19,6\text{ °C}$ (tab. 7). Nejnižší teploty stanice zaznamenala i v roce 2011 ($-14,6\text{ °C}$) a 2013 ($-13,4\text{ °C}$). Nejnižší denní maximální teploty byly v porovnání ke stanici DDHL výrazně vyšší, a to v rozmezí od $1,2\text{ °C}$ do $1,9\text{ °C}$. Vyjma roku 2016, kdy stanice LETO zaznamenala nejnižší denní maximální teplotu s hodnotou $-7,2\text{ °C}$. Nejvíce chladných vln bylo zjištěno na stanici KOPE a to 19 v celkovém počtu 103 dní. Vzhledem k místním geografickým podmínkám v bezprostřední blízkosti stanice a její nadmořské výšce jsou zjištěné hodnoty zcela logické. Stanice KOPE také vykazuje maximální počet dní v chladných vlnách hned ve 4 zkoumaných letech. V porovnání s ostatními stanicemi MESSO má KOPE dle zjištěných výsledků v prostorové četnosti nejvyšší šanci na výskyt chladné vlny v rámci vybrané definice toho meteorologického jevu. Lze ji tedy považovat za nejchladnější z vybraných stanic, a to i z důvodu, že zde byly v průběhu většiny zkoumaných let (vyjma roku 2015) zaznamenány všechny chladné vlny v rámci zkoumaného území města Olomouce. Tvrzení podporují nejnižší zjištěné průměrné teploty v průběhu jednotlivých chladných vln. V roce 2011 stanice KOPE zaznamenala z celkového počtu 5 epizod hned ve 4 případech nejnižší průměrné teploty. Následující rok ve 2 ze 4 případů. V roce 2013 to bylo ve 3 ze 4 případů v roce 2014 a 2016 shodně pouze v 1 případě ze 3. KOPE se ve srovnání svou teplotní charakteristikou nejbliže podobá stanici LETO. Pokud porovnáme zaznamenané nejnižší denní maximální teploty nejsou rozdíly mezi oběma stanicemi nijak zásadní ($0,4\text{ °C}$ – $0,9\text{ °C}$).



Obr. 13: Počet dní v chladných vlnách na stanicích MESSO v období 2011–2016 (Zdroj: ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, vlastní zpracování QGIS 3.6.1.)

Při označení vybraných stanic na městské a příměstské jsou zřetelná následující fakta. Podle zjištěných dat (tab. 26) příměstské stanice zcela přesvědčivě vykazují nejvyšší počty zaznamenaných epizod chladných vln s delší dobou trvání než stanice městské. Jedinou výjimkou tohoto tvrzení je stanice DOMI, která ač je klasifikována jako městská vykazuje výsledky velice podobné příměstským stanicím. To může být z části přisuzováno umístění dané stanice, kdy je obklopena vyšší zástavbou a částečně aktivním povrchem blízkého okolí, které tvoří vzrostlá vegetace a menší vodní plocha, jak už bylo zmíněno v podkapitole 4.2. Průměrný počet dní v chladných vlnách vztahený ke všem stanicím ve zkoumaném šestiletém období je 81,1. Pokud rozdělíme stanice podle jejich polohy jsou výsledky následující, městské stanice zaznamenaly v průměru 70,2 dní. Příměstské stanice očekávaně zaznamenaly vyšší průměr, a to v počtu 96,3 dní. Na první pohled je znova patrný vliv teplejšího městského prostoru, tento fakt byl již mnohokrát pro město Olomouc prokázán (např. Vysoudil, et. al, 2012, Janků, 2018, Dubský 2019). Viditelné dopady teplejšího městského prostoru jsou i na samotných záznamech sledovaných teplotních charakteristik jednotlivých meteorologických stanic (viz příloha 1–3). Celkově vychází průměrná doba trvání jedné chladné vlny ve sledovaném období 2011–2016 v rozmezí 5,4 dní (KOPE) až 6,5 dní

(JUTA). Tyto hodnoty jsou ovšem jen orientační vzhledem k rozdílnosti jednotlivých stanic a jejich počtu zaznamenaných epizod.

Tab. 25: Celkový výskyt chladných vln v Olomouci za zkoumané období 2011–2016

Rok	Maximální počet dní	Minimální počet dní	Průměrný počet dní	Počet epizod
2011	24	18	21,0	5
2012	32	28	30,0	4
2013	24	18	21,0	4
2014	16	10	13,0	3
2015	3	3	3,0	1
2016	17	13	15,0	3
Celkem	116	90	103,0	20

Tab. 26: Charakteristiky chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO v období 2011–2016

Stanice	Počet chladných vln	Počet dní	Průměrná délka chladné vlny
BOT_Pdf	10	64	6,4
DDHL	14	90	6,4
DOMI	14	89	6,3
ENVE	12	69	5,7
JUTA	9	59	6,5
KOPE	19	103	5,4
LETO	16	96	6,0

6.1 Povětrnostní situace v době trvání chladných vln

Mimo vlivu geografických podmínek v blízkosti každé stanice a jejího aktivního povrchu se na době trvání a intenzitě jednotlivých chladných vln podílí i aktuální povětrnostní situace (Domonkos et. al., 2003). V rámci každé zjištěné chladné vlny byla tato povětrnostní situace sledována. Výsledné četnosti jednotlivých povětrnostních situací jsou v tab. 27. Jako podkladová data byla využita databáze Typizace povětrnostních situací pro území České republiky z webového portálu ČHMÚ (Racko, 2018). V přílohách práce jsou uvedeny povětrnostní situace ve vybraných měsících s výskytem chladných vln ve zkoumaném období 2011–2016.

Z údajů v tab. 27 je patrné, že výskyt chladných vln doprovází řada typů povětrnostních situací a ve zkoumaném období zaznamenáno až 21 jednotlivých povětrnostních typů. Nejvyšší počet dní byl vázán na východní anticyklonální situaci (dále jen Ea) a to v počtu 29. Tento typ povětrnostní situace byl zaznamenán pouze v prvních třech zkoumaných letech. Podle Racka (2018) je situace Ea charakteristická tlakovou výší, která zasahuje ze severu a severovýchodu do střední Evropy, a tak udává ráz počasí. V zimní části roku je ve střední Evropě běžný výskyt studeného pevninského vzduchu s velmi nízkými teplotami. Tvrzení podporují zjištěné výsledky výskytu chladných vln, například v roce 2011 byla druhá nejdelší epizoda vázaná pouze na situaci Ea. Denní minimální teploty v průběhu této epizody byly jedny z nejnižších v daném roce. Dalším příkladem je rok 2012, kdy se na nejdelší chladné vlně podílela situace Ea ve 14 z 17 zaznamenaných dnech. Při této epizodě bylo také zaznamenané absolutní minimum v celém zkoumaném období ($-19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, LETO), a to ve dne, kdy převládala výše zmíněná povětrnostní situace. Poslední příklad je z roku 2013, kdy byla situace Ea znovu zaznamenána v průběhu nejdelší chladné vlny daného roku. Znova platí, že zaznamenané denní minimální teploty byly jedny z nejnižších v daném období.

Výrazně nižší četnost výskytu připadá na zbylých 20 typů povětrnostních situací. V sestupném pořadí byly shodně zaznamenány Jihozápadní cyklonální situace prvního typu (SWc_1) a Západní cyklonální situace (Wc), kdy byly obě zaregistrovány v délce 9 dní. První zmíněná situace SWc_1 byla v průběhu chladných vln registrována v letech 2012, 2014 a 2016. Za zmínku stojí právě rok 2014, kdy v průběhu chladné vlny (22. 1. – 29. 1.) byla zaznamenána nejnižší denní minimální teplota $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KOPE) a to dne 26. 1., v rámci povětrnostní situace SWc_1 . Druhá zmíněná povětrnostní situace Wc je rovnoměrněji zastoupená v průběhu zkoumaných let, ovšem v souvislosti

s nízkými teplotami nebyly zaznamenány žádné výrazné hodnoty. Následují s 8 dny východní cyklonální situace (Ec) a jihovýchodní cyklonální situace (SEc), které jsou vázané výhradně na chladné vlny v roce 2013 a 2014. Další v pořadí je západní anticyklonální situace (Wa) v počtu 7 dní, která byla registrována v průběhu chladných vln v roce 2011 a 2016. Brázda nízkého tlaku nad střední Evropou (B) byla registrována v počtu 6 dní. Tento typ povětrnostní situace netrval v průběhu žádné chladné vlny déle jak 2 dny. V zaznamenaném počtu 5 dní následují hned čtyři typy povětrnostních situací. Putující anticyklona druhé skupiny (Ap₂), která je ze své velké části (4 dny) vázaná s nejdéle trávající chladnou vlnou v roce 2016. Dále brázda postupující přes střední Evropu (Bp) zaznamenaná v letech 2011, 2012 a 2016. Jihovýchodní anticyklonální situace (SEa) zaznamenaná v roce 2014 a 2016. Poslední je Jihozápadní cyklonální situace druhé skupiny (SWc₂) zaznamenaná v první chladné vlně roku 2011 a 2013, kdy je vázaná na jedinou chladnou vlnu v prosinci. Zbývající nezmíněné povětrnostní situace jsou svojí četností výskytu nerovnoměrně rozprostřeny napříč zkoumanému období.

Tab. 27: Četnost povětrnostních situací u chladných vln v období 2011–2016

Situace	Počet dní
Ea	29
SWc ₁	9
Wc	9
Ec	8
SEc	8
Wa	7
B	6
Ap ₂	5
Bp	5
SEa	5
SWc ₂	5
Ap ₃	4
NWc	4
NEc	4
Nc	3
C	2
Cv	1
Ap ₄	1
Ap ₁	1
SWa	1
Wcs	1

7 Závěr

Diplomová práce vznikla s cílem popsat výskyt chladných vln na území města Olomouce na základě měření teploty vzduchu na vybraných meteorologických stanicích sítě MESSO. Nejdůležitějším úkolem při řešení diplomové práce byl výběr adekvátní definice chladné vlny pro obecné klimatické podmínky ČR, resp. Olomouce. Po vyhodnocení všech dostupných variant byla vybrána definice z publikace Doležalová (2015), která chápe chladnou vlnu jako souvislé období nejméně tří po sobě následujících dnů, kdy maximální denní teplota nepřesahuje hodnotu $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hlavním výsledkem práce je potvrzení existence teplotních rozdílů v průběhu jednotlivých chladných vln na území města Olomouce, kdy byly na základě zaznamenaných hodnot teploty vzduchu příměstské stanice prokazatelně chladnější. Průkazný je i vliv teplejšího městského prostoru a aktivního povrchu nejbližšího okolí jednotlivých meteorologických stanic na nástup a celkovou dobu trvání chladných vln. Dílčím výsledkem práce je i zjištění spojitosti chladných vln s vybranými typy povětrnostních situací dle četnosti jejich výskytu. Nejvyšší počet dní (29), je vázán na situaci Ea. Další nejčtetnější povětrnostní situace jsou SWc₁ a Wc shodně v počtu 9 dní. Ve zkoumaném období 2011–2016 bylo zjištěno celkem 20 chladných vln v souhrnné době trvání 116 dní. Nejvyšší počet chladných vln zaznamenala stanice KOPE (19) naopak nejnižší počet zaznamenala stanice JUTA (9). Absolutní minimální teplota byla $-19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ změřena dne 3. 2. 2012 na stanici LETO. Nejnižší denní maximální teplota byla $-12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ dne 4. 2. 2012 na stanici DDHL. Průměrná délka chladné vlny byla 6,1 dní.

Diplomová práce je příspěvkem ke studii městského klimatu Olomouce a rozšiřuje pohled na extrémní projev počasí známý jako chladná vlna. Zároveň poskytuje náhled na méně probádanou oblast výzkumu městského klimatu Olomouce, v tomto případě zcela původní i ojedinělý. Výsledky této práce mohou být použity pro další výzkum nebo mohou sloužit jako zdroj informací pro širokou veřejnost se zájmem o danou problematiku.

8 Summary

The main goal of this thesis was to describe occurrence of cold waves in the city of Olomouc in period 2011–2016. Meteorological data used for purpose of study were obtained from 7 stations of Metropolitan stations system Olomouc (MESSO). This stations were divided in to two groups. Four urban stations BOT_Pdf, DOMI, ENVE, JUTA, and three suburban stations DDHL, KOPE, LETO. For the analysis of spatio-temporal characteristic of cold waves, are used values of the air temperature which were measured at the height of 1,5 m above active surface. The monitored temperature characteristics are daily maximum temperature (T_{max}), daily minimum temperature (T_{min}) and daily average temperature (T_{prum}). In the examined period 2011–2016 was found twenty cold waves with total duration 116 days. The average duration of cold wave was 6,1 days. Highest number of cold waves (19) was recorded on KOPE station. Minimum number of cold waves recorded was 9 on JUTA station. The lowest temperature was recorded on LETO (3. 2. 2012 -19,6 °C). As additional result of this thesis is frequency of occurrence individual circulation types. The most numerous circulation type in the examined priod 2011–2016 was Eastern cyclonic situation (Ea). Which was registred in 29 days. Second most numerous circulation were Southwestern cyclonic no. 1 (SWc₁) and Western cyclonic (Wc), both situations were detected in 9 days.

9 Použitá literatura

Basarin, B., Lukić, T., Matzarakis, A. (2016): Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia. *Int J Biometeorol*, 60:139–150.

Barnett, A.G., Hajatb, G., Gasparrib, A., Rocklovc, J. (2012): Cold and heat waves in the United States. *Environmental Research*. Volume 112:218224.

Domonkos, P., Kyselý, J., Piotrowicz, K., Petrovic, P., Likso, T. (2003), Variability of extreme temperature events in south–central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *Int. J. Climatol.*, 23: 987-1010.

Doležalová, M. (2015): Teplotní poměry jižní Moravy v období 19612014 a změny v jejich extremitě. Air temperature and the changes in its extremity in the region of the southern Moravia in the period 19612014. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): *Závlahy a jejich perspektiva*. Mikulov, 18. 19. 3. 2015.

Dubský, L. (2019): Charakteristické dny podle maximálního a minimálního teploměru a jejich prostorová variabilita v Olomouci a okolí. Diplomová práce: Katedra geografie, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci.

Hyunen, M., Martens, P., Scharm, D., Weijenber, M., Kunst, A. (2001): The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. *Environmental Health Perspectives*. Volume 109: 463-470.

Chladová, Z., Kalvová, J. (2005): Změny vybraných klimatických charakteristik v České Republice v období 1961–2000. *Meteorologické zprávy*, 58: 146-153.

Janků, Z. (2018): Příspěvek ke studiu městského a příměstského klimatu Olomouce: Denní chod teploty vzduchu v závislosti na charakteru proudění. Diplomová práce: Katedra geografie, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci.

Kyselý, J., Pokorná, L., Kyncl, J., Kříž, B. (2009): Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*, 9:19.

Peterson, T., C., Heim, R., R. (2013): Monitoring and Understanding Changes in Heat Waves, Cold Waves, Floods, and Droughts in the United States: State of Knowledge. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 94, 821–834.

- Porebska, M., Zdunek, M. (2013): Analysis of extreme temperature events in Central Europe related to high pressure blocking situations in 2001–2011. Warsaw: University of Technology, 8 s.
- Poledníková, B. (2010): Příspěvek ke studiu městského/příměstského klimatu (Olomouc a okolí). Diplomová práce: Katedra geografie, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Labajo, Á., Egido, M., Martín, Q., Labajo, J. (2014): Definition and temporal evolution of the heat and cold waves over the Spanish Central Plateau from 1961 to 2010. *Atmósfera*, 27: 273-286.
- Lhotka, O., Kyselý, J. (2015): Characterizing joint effects of spatial extent, temperature magnitude and duration of heat waves and cold spells over Central Europe. *Int. J. Climatol.* 35: 1232–1244.
- Radinović, D., Čurić, M. (2012): Criteria for heat and cold wave duration indexes. *Theor Appl Climatol*, 107:505–510.
- Revich, B., Shaposhnikov, D. (2008): Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. *Occupational and Environmental Medicine*, 65:691-696.
- Rocklöv, J., Forsberg, B., Ebi, K., Bellander, T. (2014): Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Glob Health Action*, 7: 10.
- Savić, S., Selakov, A., Milošević, D. (2014): Cold and warm air temperature spells during the winter and summer seasons and their impact on energy consumption in urban areas. *Nat Hazards*, 73: 373.
- Shaposhnikov, D., Revich, B. (2016): Toward meta-analysis of impacts of heat and cold waves on mortality in Russian North. *Urban Climate*, 15: 16-24.
- Spinoni, J., Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihari, Z., Szalai, S., Vogt, J. and Antofie, T. (2015): Heat and cold waves trends in the Carpathian Region from 1961 to 2010. *Int. J. Climatol.*, 35: 4197-4209.
- Tinklová, A. (2007): Podnebí Olomouce. Diplomová práce: Katedra geografie, PřF, Univerzita Palackého v Olomouci.

Tomczyk, A.M.; Pórolniczak, M.; Kolendowicz, L. (2018) Cold Waves in Poznań (Poland) and Thermal Conditions in the City during Selected Cold Waves. *Atmosphere*, 9, 208.

Vysoudil, M. – Tomáš, M. (2011): Teplotní a srážkové poměry Olomouce. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 301, s. 69–91.

Vysoudil, M., et al. (2012): Podnebí Olomouce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Wang, L., Liu, T., Hu, M., Zeng, W., Zhang, Y., Rutherford, S., Lin, H., Xiao, J., Yin, P., Liu, J., Chu, C., Tong, S., Ma, W., Zhou, M. (2016): The impact of cold spells on mortality and effect modification by cold spell characteristics. *Scientific Reports*, 6:38380.

Internetové zdroje

American Meteorological Society, cited 2017: Climatology. Glossary of Meteorology, dostupný na: http://glossary.ametsoc.org/wiki/Cold_wave

ARCDATA PRAHA, S.R.O., ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD, ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2016): ArcČR 500, <https://www.arcddata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500> (11. 4. 2019)

ČHMÚ (2018): Měsíční data [online] [cit. 2018-09-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>

Infomet | Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu: Počasí v únoru 2012, Dostupný z: <http://www.infomet.cz>

Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS), ČMeS, dostupný na: <http://slovník.cmes.cz>

Racko, S. (2018): Typizace povětrnostních situací pro území České republiky [online]. Praha: ČHMÚ. [cit. 2018-25-5]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>

10 Seznam použitých zkratek

Ap₁ – putující anticyklóna prvního typu

Ap₂ – putující anticyklóna druhého typu

Ap₃ – putující anticyklóna třetího typu

Ap₄ – putující anticyklóna čtvrtého typu

B – brázda nízkého tlaku nad střední Evropou

BOT_Pdf – meteorologická stanice Botanická zahrada Pedagogické fakulty

Bp – brázda postupující přes střední Evropu

C – cyklóna nad střední Evropou

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

Cv – cyklóna výšková

DDHL – meteorologická stanice Hlubočky, Hrubá Voda

DOMI – meteorologická stanice Klášter Dominikánů, Olomouc

Ea – východní anticyklonální situace

Ec – východní cyklonální situace

ENVE – meteorologická stanice Tř. 17 listopadu, Olomouc

JUTA – meteorologická stanice Juta a. s. Olomouc-Holice

KOPE – meteorologická stanice Olomouc-Svatý Kopeček, ul. B. Dvorovského

LETO – meteorologická stanice letiště Olomouc

Nc – severní cyklonální situace

NEc – severovýchodní cyklonální situace

NWc – severozápadní cyklonální situace

SEa – jihovýchodní anticyklonální situace

SEc – jihovýchodní cyklonální situace

SEČ – Středoevropský čas

SWa – jihozápadní cyklonální situace

SWc₁ – jihozápadní cyklonální situace prvního typu

T_{max} – maximální denní teplota

T_{max, prům.} – maximální průměrná teplota

T_{min} – minimální denní teplota

T_{min, prům.} – minimální průměrná teplota

Wa – západní anticyklonální situace

Wc – západní cyklonální situace

Wcs – západní cyklonální situace s jižní dráhou

Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 Absolutní minimální teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO

Příloha 2 Nejnižší denní maximální teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO

Příloha 3 Nejnižší průměrné teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO

Příloha 4 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2011

Příloha 5 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2012

Příloha 6 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2013

Příloha 7 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2014

Příloha 8 Povětrnostní situace v měsíci lednu v roce 2015

Příloha 9 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2016

Příloha 1 Absolutní minimální teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO v období 2011-2016

Stanice	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BOT_Pdf	-13,5	-18,1	-12,4	-12,3	*	-15,1
DDHL	-12,4	-16,7	-11,3	-12,4	*	-14,8
DOMI	-13,7	-18,5	-12,8	-11,7	-8,5	-13,8
ENVE	-13,5	-17,5	-12,2	-12,6	*	-12,9
JUTA	-14,1	-17,2	-12,3	-11,7	*	-12,9
KOPE	-13,6	-17,8	-8,5	-13,8	*	-10,4
LETO	-14,6	-19,6	-13,4	-13,3	*	-14,8

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Příloha 2 Nejnižší denní maximální teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO v období 2011-2016

Stanice	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BOT_Pdf	-5,4	-9,3	-4,7	-4,5	*	-6,3
DDHL	-7,5	-12,3	-8,0	-7,0	*	-5,0
DOMI	-6,3	-11,2	-4,3	-6,0	-1,3	-5,8
ENVE	-6,4	-10,3	-5,5	-4,7	*	-6,2
JUTA	-5,2	-10,7	-5,1	-4,4	*	-6,3
KOPE	-6,5	-10,7	-6,6	-5,8	*	-6,3
LETO	-6,1	-10,8	-6,1	-5,8	*	-7,2

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Příloha 3 Nejnižší průměrné teploty (°C) v průběhu chladných vln na jednotlivých stanicích MESSO v období 2011-2016

Stanice	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BOT_Pdf	-9,1	-13,2	-7,0	-9,3	*	-9,4
DDHL	-9,1	-14,4	-9,6	-10,0	*	-9,2
DOMI	-9,7	-14,4	-7,7	-9,5	-4,6	-9,2
ENVE	-9,6	-13,1	-7,8	-9,3	*	-8,1
JUTA	-9,6	-13,9	-7,3	-9,4	*	-8,3
KOPE	-9,7	-15,1	-8,5	-10,3	*	-8,1
LETO	-10,0	-14,8	-8,5	-10,4	*	-9,1

* – Chladná vlna nebyla zaznamenána

Příloha 4 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2011 – trvání jednotlivých chladných vln vyznačeno barevně

	I	II	XI
1.	NWc	Wa	SEa
2.	Nc	Wc	Sa
3.	Nc	Wc	Sa
4.	Ap ₂	Wc	Sa
5.	SWc ₂	Wa	Sa
6.	SWc ₂	Wa	Ea
7.	SWc ₂	Wa	Ea
8.	SWc ₂	Bp	Ea
9.	SWc ₂	Ap ₂	SEa
10.	SWc ₂	Ap ₂	SEa
11.	Bp	Nc	SEa
12.	Bp	Ap ₄	SEa
13.	Wc	SEc	SEa
14.	Wc	SEc	SEa
15.	Wc	SEa	SEa
16.	SWa	SEa	SEa
17.	SWa	Ec	SEa
18.	NWc	Ec	A
19.	NWc	Ec	A
20.	NWc	Ea	A
21.	Nc	Ea	Ea
22.	Nc	Ea	Ea
23.	NWc	Ea	Ea
24.	NWc	Ea	Wa
25.	Bp	Ea	Wa
26.	Bp	Ea	Wa
27.	Bp	Vfz	Wa
28.	Ap ₃	Ea	Wa
29.	Ap ₃		Wa
30.	Wa		Bp
31.	Wa		

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>

Příloha 5 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2012 – trvání jednotlivých chladných vln vyznačeno barevně

	I	II	XII
1.	Wc	Ea	Ap ₂
2.	Wc	Ea	Bp
3.	Wc	Ea	Bp
4.	Wc	Ea	B
5.	NWc	Ea	B
6.	NWc	Ec	B
7.	NWc	Ea	Ap ₁
8.	NWc	Ea	Ea
9.	NWc	Cv	B
10.	NWc	Ea	C
11.	NWc	Ea	C
12.	NWc	Ea	Ap ₃
13.	Nc	NWc	Ap ₃
14.	Nc	NWc	Wcs
15.	Nc	Nc	Wcs
16.	NEc	Nc	Wcs
17.	NEc	Wc	Wcs
18.	Wc	Wc	Vfz
19.	Wc	Wc	Vfz
20.	NWc	Wa	Ea
21.	NWc	Wa	Ea
22.	NWc	Wa	SWc ₁
23.	NWc	Wc	SWc ₁
24.	NWc	Wc	SWc ₁
25.	Ea	NWc	Wc
26.	Ea	NWc	Wc
27.	Ea	NWc	Wc
28.	Ea	NWc	Wc
29.	Ea	NWc	Wc
30.	Ea		Wc
31.	Ea		Ap ₁

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>

Příloha 6 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2013 – trvání jednotlivých chladných vln vyznačeno barevně

	I	II	XII
1.	Bp	Wc	NWc
2.	Bp	Bp	Ap ₂
3.	NWc	NWc	Ap ₂
4.	NWc	NWc	NWc
5.	NWc	B	NWc
6.	NEc	B	NWc
7.	NEc	B	NWc
8.	Vfz	B	Vfz
9.	Vfz	B	Vfz
10.	NEc	B	Vfz
11.	NEc	SEc	A
12.	NEc	SEc	A
13.	NEc	SEc	A
14.	SEc	Ec	SWc ₂
15.	SEc	Ec	SWc ₂
16.	Ec	Cv	SWa
17.	Ec	NEa	SWa
18.	Ec	NEa	SWa
19.	Ec	Vfz	SWc₂
20.	SEc	Vfz	SWc₂
21.	SEc	Ec	SWc₂
22.	Ea	Ec	SWc ₂
23.	Ea	SEc	SWc ₂
24.	Ea	SEc	Sa
25.	Ea	SEc	Sa
26.	Ea	Ea	B
27.	Wc	Ea	B
28.	Wc	NWa	SWc ₂
29.	Wc		SWc ₂
30.	Wc		Ap ₁
31.	Wc		Ap ₁

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>

Příloha 7 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2014 – trvání jednotlivých chladných vln vyznačeno barevně

	I	XI	XII
1.	SWc ₁	A	SEc
2.	SWc ₁	Sa	SEc
3.	SWc ₁	Sa	SEc
4.	SWc ₂	Sa	SEc
5.	SWc ₂	B	SEc
6.	Ap ₁	B	SEc
7.	SWc ₂	B	SEc
8.	SWc ₂	B	Bp
9.	SWc ₂	Sa	Ap ₁
10.	Ap ₂	Sa	Wc
11.	Bp	Sa	Wc
12.	Ap ₂	SEa	SWc ₂
13.	Ap ₂	SEa	SWc ₂
14.	Bp	SEa	SWc ₂
15.	Bp	SEa	Bp
16.	SWc ₁	SWc ₁	Bp
17.	SWc ₁	SWc ₁	Wc
18.	SWc ₁	C	Wc
19.	SWc ₁	C	Wc
20.	Ec	Ea	Wc
21.	Ec	Ea	Wc
22.	Ec	SEa	Wc
23.	Ec	SEa	Wc
24.	Ec	Bp	Wc
25.	Ec	Ap ₂	Nc
26.	SWc ₁	SEa	Nc
27.	SWc ₁	SEa	B
28.	SEa	SEa	NEc
29.	SEa	SEa	NEc
30.	SEa	SEa	Wc
31.	SEa		Wc

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>

Příloha 8 Povětrnostní situace v měsíci lednu v roce 2015 – trvání chladné vlny
vyznačeno barevně

	I
1.	Wc
2.	Wc
3.	Wc
4.	NWc
5.	NWc
6.	Ap ₄
7.	Wc
8.	Wc
9.	Wc
10.	Wc
11.	Wc
12.	Wc
13.	Wc
14.	Wc
15.	SWa
16.	SWa
17.	Bp
18.	Ap ₁
19.	Ap ₁
20.	B
21.	B
22.	Ec
23.	Ec
24.	Ec
25.	Bp
26.	Bp
27.	Bp
28.	Wcs
29.	Wcs
30.	B
31.	B

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>

Příloha 9 Povětrnostní situace ve vybraných měsících v roce 2016 – trvání jednotlivých chladných vln vyznačeno barevně

	I	XII
1.	SW _{c1}	NWc
2.	SW _{c1}	NWc
3.	SW _{c1}	NWa
4.	SW _{c1}	NWa
5.	SW _{c1}	NWa
6.	Bp	NWa
7.	Bp	Wa
8.	Ap ₁	Wa
9.	SW _{c2}	Wa
10.	SW _{c2}	Wa
11.	SW _{c2}	Bp
12.	B	Bp
13.	B	Ap ₂
14.	Bp	Vfz
15.	Bp	A
16.	Nc	A
17.	Nc	A
18.	Ap ₂	Cv
19.	Ap ₂	SEa
20.	Nc	SEa
21.	Ap ₂	SEa
22.	Ap ₂	Wa
23.	Bp	Wa
24.	Bp	Wc
25.	Wc	Wc
26.	Wc	Wc
27.	Wc	NWc
28.	Wc	NWc
29.	Wc	A
30.	Wc	A
31.	Wc	A

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>