

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování (KVHEM)



## **Extrémní mezidenní změny teploty vzduchu**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: Bc. Slavomír FILÍN  
Vedoucí práce: doc. RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.

2019

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Slavomír Filín

Environmentální modelování

Název práce

**Extrémní mezidenní změny teploty vzduchu**

Název anglicky

**Extreme interdiurnal changes of air temperature**

---

### Cíle práce

V souvislosti s přechody atmosférických front, výraznou teplou nebo studenou advekcí apod. může docházet k situacím, kdy se teplota vzduchu na časové škále zhruba 6-48 hodin výrazně mění (typicky lze tyto jevy studovat např. pomocí mezidenních změn teplot odečítaných v pevném termínu, např. 7, 14 nebo 21 hod místního času). Tyto situace mohou vést i k výrazným prostorovým rozdílům teploty na relativně malém území velikosti ČR. Cílem práce je zpracovat výskyt extrémních mezidenních změn teploty vzduchu na vybrané stanici v ČR v posledních desetiletích, charakterizovat je podle synoptických a dalších příčin a v závislosti na jednotlivých ročních obdobích, a analyzovat jejich statistické rozdělení.

### Metodika

Práce využije klimatických dat z vybrané stanice za období 1961-2010 včetně údajů o směru a rychlosti proudění a oblačnosti. Vybrané případy extrémních mezidenních změn teploty vzduchu budou diskutovány ve vztahu k synoptické situaci, přechodům atmosférických front a průběhu dalších meteorologických prvků.

**Doporučený rozsah práce**

50 s.

**Klíčová slova**

teplota vzduchu, mezidenní změny, atmosférické fronty, synoptická situace

---

**Doporučené zdroje informací**

Čašek M., 2017: Prudké mezidenní poklesy teploty vzduchu a jejich sezonalita. Bakalářská práce, Praha, Univerzita Karlova – Přírodovědecká fakulta, 2017

Chromov, S. P., 1968: Meteorológia a klimatológia, Bratislava, Slovenská akadémia vied, 453 s.

Netopil R. & kol., 1984: Fyzická geografie I., SPN – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.

Vysoudil M., 2014: Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie, Univerzita Palackého, 978-80-244-3892-4

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2019

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2019

### **Prohlášení**

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne a že som uviedol všetky literárne pramene, z ktorých som čerpal.

Zároveň vyhlasujem, že sa tlačaná verzia tejto diplomovej práce zhoduje s verziou, ktorá bola odovzdaná elektronicky do informačného systému.

V Praze dne 15.4.2019

.....

**Bc. Slavomír Filín**

## **Poděkování**

Týmto by som veľmi rád poďakoval vedúcemu tejto diplomovej práce doc. RNDr. Janu Kyselému, Ph.D za pomoc a odborné konzultácie počas písania tejto diplomovej práce a taktiež motiváciu priniesť čo najlepšie výsledky.

Taktiež som veľmi vďačný svojej rodine za podporu počas celého štúdia.

## **Abstrakt**

V súvislosti s prechodmi atmosférických front, výraznou teplou a studenou advekciou apod. môže dochádzať k situáciám, kedy sa teplota vzduchu na časovej škále zhruba 6-48 hodín výrazne mení (typicky je možné tieto javy študovať napr. pomocou mezidenných zmien teplôt odčítaných v pevnom termíne, napr. 7, 14 alebo 21 hod miestneho času). Tieto situácie môžu viesť k výrazným priestorovým rozdielom teploty na relatívne malom území rozlohy ČR. Práca obsahuje informácie o štatistickom rozdelení jednotlivých druhov zmien a ich sezónnom vývoji, s využitím dát zo stanice Praha-Ruzyně. Obsahom práce je taktiež analýza synoptických situácií súvisiacich s extrémnymi zmenami teplôt vzduchu, vplyvom atmosférických front, advekčných a radiačných faktorov. Rovnako je na základe tejto práce možné získať prehľad o viacerých možnostiach odčítania mezidenných zmien teploty vzduchu a vhodného využitia konkrétnych klimatických termínov.

## **Klíčová slova**

teplota vzduchu, mezidenní změny, atmosférické fronty, synoptická situace

## **Abstract**

In connection with passages of atmospheric fronts, pronounced warm and cold advection, etc. there may be situations when air temperature varies considerably over a period of time of about 6-48 hours (typically, these phenomena can be studied by day-to-day temperature changes using fixed measurement times, e.g., 7, 14 and 21 hours local time). These situations can lead to significant spatial differences in temperature in a relatively small area of the Czech Republic. Based on data from the Prague-Ruzyně station, the thesis contains information about the statistical distribution of individual types of changes as well as their seasonal development. The content of this thesis is also an analysis of synoptic situations related to extreme changes in temperature, the influence of atmospheric fronts, advection and radiation factors. It is also possible to gain insight into several options for defining day-to-day changes in air temperature and making appropriate use of specific climatic terms.

## **Key words**

air temperature, interdiurnal changes, atmospheric fronts, synoptic situation

Obsah:

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>CIEĽ PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>LITERÁRNA REŠERŠ</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1.</b>	<b>Teplota vzduchu a jej zmeny</b> .....	<b>12</b>
3.1.1.	Základné fyzikálne pojmy .....	12
3.1.2.	Geografické faktory ovplyvňujúce teplotu vzduchu .....	12
3.1.3.	Príčiny zmien teploty vzduchu .....	13
3.1.3.1.	Radiačný prenos tepla .....	13
3.1.3.2.	Prúdenie vzduchu .....	14
3.1.4.	Meranie teploty vzduchu .....	16
<b>3.2.</b>	<b>Cirkulácia vzduchu v atmosfére</b> .....	<b>16</b>
4.2.1.	Všeobecná cirkulácia atmosféry .....	16
3.2.2.	Tropické cyklóny a mimotropická cirkulácia .....	17
3.2.3.	NAO – Severoatlantická oscilácia .....	18
<b>3.3.</b>	<b>Vzduchové hmoty a frontálny systém</b> .....	<b>19</b>
3.3.1.	Vzduchové hmoty .....	19
3.3.2.	Atmosférické fronty .....	20
3.3.3.	Synoptické mapy .....	23
3.3.4.	Poveternostné singularity .....	24
<b>3.4.</b>	<b>Spôsoby analýzy extrémnych zmien teplôt vzduchu</b> .....	<b>24</b>
<b>4.</b>	<b>ANALÝZA TEPLOTNÝCH ZMIEN</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1.</b>	<b>Vstupné dáta pre analýzu zmien</b> .....	<b>26</b>
4.1.1.	Výber meteorologickej stanice .....	26
4.1.2.	Časová rada teplôt vzduchu a ďalších prvkov .....	27
4.1.3.	Archív synoptických máp a prechodu front cez Prahu .....	28
<b>4.2.</b>	<b>Základná metóda výpočtu zmeny teploty</b> .....	<b>28</b>
<b>4.3.</b>	<b>Analýza extrémnych zmien teploty</b> .....	<b>29</b>
4.3.1.	Definícia typov zmien teplôt vzduchu .....	29
4.3.2.	Vymedzenie sezón .....	30
4.3.3.	Sezónna analýza zmien .....	33
4.3.3.1.	Mierne zmeny teploty vzduchu .....	33
4.3.3.2.	Výrazné zmeny teploty vzduchu .....	35
4.3.3.3.	Extrémne zmeny teploty vzduchu .....	37
4.3.4.	Využitie rozdielných termínov odčítania zmien .....	38
4.3.4.1.	Termín odčítania zmeny k 14 h .....	40
4.3.4.2.	Termín odčítania zmeny k 7 h .....	43
4.3.5.	Vybrané prípady extrémnych zmien .....	47
<b>5.</b>	<b>DISKUSIA</b> .....	<b>53</b>
<b>6.</b>	<b>ZÁVER</b> .....	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>PREHLAD LITERATÚRY A POUŽITÝCH ZDROJOV</b> .....	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV, TABULIEK A GRAFOV</b> .....	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>ZOZNAM PRÍLOH</b> .....	<b>63</b>



# 1. ÚVOD

V posledných desaťročiach sa téma zmeny klímy a jej negatívny vývoj dostáva do povedomia nielen odbornej ale čím ďalej tým viac aj širokej verejnosti. Environmentálne témy a ich problémy sa čoraz viac objavujú nielen v médiách ale aj na sociálnych sieťach a stávajú sa predmetom záujmu prakticky všetkých sociálnych a vekových skupín. Či už náhle zmeny teploty alebo dlhotrvajúce vlny tepla zaregistroval snáď každý a je potrebné sa týmto témam venovať. Posledné správy a modely naznačujú, že môže byť prakticky neskoro v oblasti globálneho otepľovania a implementácie skupín opatrení na jeho zmiernenie. Náročnosť riešenia dopadov vyššie spomínaných extrémnych udalostí sa stáva čoraz zložitejšia. Tieto následky sú však už len dôsledkom dlhotrvajúcej a zhoršujúcej sa situácie.

Veľký počet odborníkov sa zameriava na témy ako globálne otepľovanie a analýzu dát na základe priemeru daných hodnôt. V súčasnosti sú však rovnako spracovávané štúdie extrémnych udalostí, v našom prípade variability teploty vzduchu. Následky extrémnych výkyvov počasia sú podľa Schär & kol. (2004) signifikantnejšie ako priemerné zmeny napríklad teploty vzduchu.

Prípady extrémnych zmien teploty vzduchu alebo atmosférického tlaku spôsobené prechodom silných studených front môžu mať za následok dokonca zvýšenie úmrtnosti populácie na území ČR v určitých prípadoch až o 13% (Plavcová & Kyselý , 2010). Podobné výsledky sa objavujú aj v iných krajinách napr. v USA (Ebi & kol., 2004).

V tejto diplomovej práci sa zameriam na analýzu zmien teplôt vzduchu, konkrétne na medzidenné, resp. náhle zmeny teploty vzduchu a to na území Českej Republiky.

## 2. CIEĽ PRÁCE

V súvislosti s prechodmi atmosférických front, výraznou teplou a studenou advekciou apod. môže dochádzať k situáciám, kedy sa teplota vzduchu na časovej škále zhruba 6-48 hodín výrazne mení (typicky je možné tieto javy študovať napr. pomocou medzidenných zmien teplôt odčítaných v pevnom termíne, napr. 7, 14 alebo 21 hod miestneho času). Tieto situácie môžu viesť k výrazným priestorovým rozdielom teploty na relatívne malom území veľkosti ČR. Cieľom práce je zapracovať výskyt extrémnych medzidenných zmien teploty vzduchu na vybranej stanici v ČR v posledných desaťročiach, charakterizovať ich podľa synoptických a ďalších príčin a v závislosti na jednotlivých ročných obdobiach, a analyzovať ich štatistické rozdelenie.

## 3. LITERÁRNA REŠERŠ

### 3.1. Teplota vzduchu a jej zmeny

#### 3.1.1. Základné fyzikálne pojmy

Teplota vzduchu reprezentuje základný prejav meteorologických prvkov. Režim teploty vzduchu a jej vývoj definuje základnú klimatickú charakteristiku daného miesta. Zmena teploty nastáva vo všetkých smeroch a vrstvách atmosféry - rovnako je však premenlivá v čase.

Masa vzduchu pracuje s prijatým teplom diametrálne odlišne ako pevnina či vodné plochy. Rozdiel je spôsobený jednou zo základných fyzikálnych vlastností, rozdielnou **tepelnou kapacitou**. Tá určuje schopnosť látky - plynov prijať a zároveň odovzdať teplo. Ďalšou základnou fyzikálnou vlastnosťou vzduchu je **tepelná vodivosť**, ktorá popisuje rýchlosť šírenia tepla v danom médiu. Koeficient tepelnej vodivosti súvisí s hustotou danej látky alebo plynu. Rozlišujeme taktiež tzv. **teplotnú vodivosť**, ktorá popisuje schopnosť plynu sa zahrievať či ochladzovať. **Teplotná vodivosť** popisuje tepelnú vodivosť v závislosti na množstve vlhkosti obsiahnutej v objeme vzduchu (Vysoudil, 2014).

#### 3.1.2. Geografické faktory ovplyvňujúce teplotu vzduchu

Teplotu vzduchu ovplyvňuje viacero základných faktorov, ktoré sú uvedené v nasledujúcej kapitole. Jedná sa o akési priestorové rozloženie vzduchových hmôt, ktorých teplota je určovaná morfológiou zemského povrchu a oceánov. Tie sú vystavované pôsobeniu slnečného žiarenia, tzv. insolácie.

Prvým základným faktorom je **zemepisná šírka**, ktorá sa na teplote vzduchu podieľa zásadným spôsobom. Pribúdajúcou zemepisnou šírkou sa znižuje intenzita slnečnej energie pôsobiaca na zemský povrch, ktorá má za následok znižovanie teploty vzduchu smerom k pólom. Tento faktor sa behom roka mení vzhľadom na ročné obdobia. V našich zemepisných šírkach má svoje maximum počas letného slnovratu a svoje minimum počas zimného slnovratu.

Dôležitým faktorom je rozdiel medzi teplotou vzduchu nad pevninou a oceánmi. Vlastnosť popisujúca tento faktor sa nazýva **oceanita a kontinentalita**.

Rozhodujúca je schopnosť oceánov udržiavať svoju teplotu s podstatne menšími výkyvmi ako pevnina.

Posledným zo základných faktorov, ktorý ovplyvňuje teplotu vzduchu je zmena **nadmorskej výšky** nad pevninským priestorom a to predovšetkým v oblasti výškovo rozmanitého reliéfu. Jedná sa o zmenu teploty vzduchu od závislosti s meniacou sa nadmorskou výškou. Vo väčšine prípadov teplota vzduchu klesá s rastúcou nadmorskou výškou (Kráľ, 1999). Naplatí to však vždy a v prípade **inverzie teploty** to je naopak. V troposfére sa vyskytuje viacero druhov inverzií, hlavné sú prízemné vrstvy studeného vzduchu - prízemné inverzie (Netopil, 1984).

### 3.1.3. Príčiny zmien teploty vzduchu

#### 3.1.3.1. Radičný prenos tepla

Jedným z najvýznamnejších faktorov pôsobiacich na teplotu vzduchu je **radičný prenos tepla**. Tento proces výmeny tepelnej energie medzi zemským povrchom a vzduchom prebieha neustále. Energia od Slnka v podobe krátkovlnného a ultrafialového žiarenia môže byť čiastočne odrazená avšak podstatná časť je absorbovaná atmosférou a zemským povrchom (NOAA, 2019). Následne je energia transformovaná a vyžarovaná v podobe tepla zemským povrchom. Jedná sa o tzv. **tepelné dlhovlnné žiarenie**, ktoré spôsobuje ochladzovanie zemského povrchu. Tento proces transformácie a distribúcie tepla následne ovplyvňuje celý rad atmosférických faktorov (Brimich, 2019).

Rovnako ako zemský povrch, dlhovlnné žiarenie vyžaruje aj zemská atmosféra. Žiarenie vyžarované atmosférou, ktoré dopadne na zemský povrch nazývame **spätné žiarenie atmosféry**. Strata energie - **efektívne vyžarovanie** je rozdiel dlhovlnného žiarenia zemského povrchu a spätného žiarenia atmosféry. Najsilnejšia fáza efektívneho vyžarovania nastáva väčšinou v poludňajších hodinách, kedy je zemský povrch najteplejší. V nočných hodinách reprezentuje efektívne vyžarovanie stratu teploty, ktorá nie je kompenzovaná slnečnou radiáciou čím je oproti denným hodinám ochladenie výraznejšie. Tento pomer (deň - noc) je riadený mierou oblačnosti, ktorá pohlcuje dlhovlnné žiarenie a tým zvyšuje intenzitu spätného žiarenia atmosféry (Hatfield , Sauer, & Prueger, 2005).

Rozdielny priebeh a intenzita vyžarovania tepla medzi zemským povrchom a atmosférou je predmetom tejto práce v nadväznosti na analýzu príčiny vzniku extrémnych zmien teploty vzduchu.

### 3.1.3.2. Prúdenie vzduchu

Prúdenie vzduchu reprezentuje priestorový presun vzduchových hmôt a fyzikálne procesy výmeny energie. V našej atmosfére prebieha pohyb neustále od jej vzniku. Presun vzduchu prebieha na úrovni mikroklímy, ale rovnako aj vo veľkej mierke, tzv. makroklímy. Prúdenie ako také je pre funkčnosť atmosféry v podobe akej ju poznáme jej základný proces. S prúdením vzduchu je spojený nielen presun hmotných častíc ale predovšetkým aj transport energie – tepla. Prúdenie vzduchu spojené s presunom vzduchových mäs s určitými fyzikálnymi vlastnosťami je spolu s dlhovlnným žiarením zásadný faktor pre vývoj zmeny teploty vzduchu na danom území – v našom prípade ČR.

V meteorológii rozdeľujeme podľa Vysoudila (2014) sedem základných typov prúdenia. Jednotlivé prúdenia sa medzi sebou líšia priestorovým rozložením, ktoré sa viaže ku konkrétnemu typu.

V tejto diplomovej práci sa najviac zameriame na prúdenie horizontálneho charakteru - **advekciu** vzduchu. S advekciou je spojený aj prenos tepla prípadne vlhkosti vzduchu. Jedná sa o presun vzduchových mäs z pravidla rovnakých fyzikálnych vlastností a veľkých objemov (Chromov, 1937). Advekcia vzduchu je jeden z hlavných faktorov ovplyvňujúci vývoj a rýchlosť zmien teplotu vzduchu v danom území. Spolu s frontami a radičnými faktormi tvoria základné príčiny vzniku výrazných zmien teploty vzduchu (Bennett, 2017).

Najjednoduchšou formou prúdenia je **laminárne prúdenie**, ktoré vzniká nad aerodynamicky rovným povrchom. Laminárne prúdenie je výškovo limitované a vytvára sa len do vzdialenosti desiatiny milimetrov v tzv. laminárnej vrstve. V prírode sa prakticky nevyskytuje.

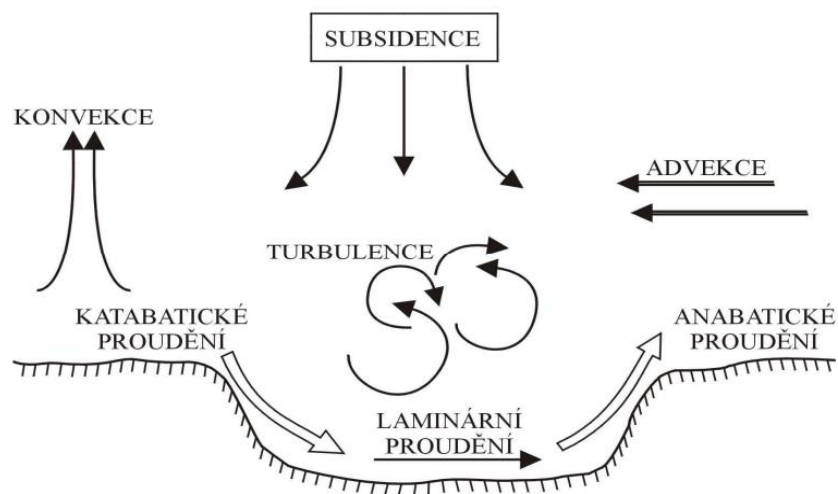
Ďalším typom prúdenia sú **katabatické a anabatické prúdenia (vetry)**. Tento typ prúdení je viazaný na zvažujúci sa georeliéf, kde chladný vzduch zostupuje svahom smerom k nižším nadmorským výškam v dôsledku ochladenia sa vzduchu pri styku s chladnejším svahom. Prúdenie opačného charakteru, kde nastáva presun vzduchu smerom nahor, má názov **anabatické prúdenie**, ktoré naopak od katabatického vetru vzniká v dôsledku oteplenia vzduchu na styku s vyhriatym svahom zväčša pôsobením radiácie.

Vertikálne sa formujúce prúdenie smerom nahor sa nazýva **konvekčné prúdenie**. Konvekčné prúdenie rozdeľujeme na termickú a nútenú konvekciu. V dôsledku zníženia hustoty teplejšieho vzduchu sa začína vzduch presúvať do vyšších vrstiev - termická konvekcia. V prípade nútenej konvekcie sa jedná o prúdenie smerom k vyšším vrstvám z dôvodu narazenia vzduchu na prekážku pri

horizontálnom prúdení - advekcií. Konvekčné prúdenie je obvykle spojené s turbulenciou a premiešavaním objemov vzduchu s rozdielnou teplotou (Munzar a kol., 1993).

Zosadenie vzduchu smerom k zemi pomalých rýchlostí sa nazýva **subsidiencia**. Prúdenie sa od konvekčného vyznačuje dlhotrvajúcejším vplyvom na vývoj počasia. Jedná sa o sedavé pohyby väčších objemov vzduchu, ktoré sa vyskytujú v oblastiach vyššieho tlaku. Výsledkom subsidencie vzduchu sú častokrát subsidenčné inverzie teploty (ČMeS, 2017).

Najviac sa vyskytujúcou formou prúdenia vzduchu je **turbulencia**. Tvorí ju množstvo vírivých, nepravidelných, vznikajúcich a postupne zanikajúcich a medzi sebou interagujúcich pohybov. Turbulenciu rozdeľujeme na dve príčiny jej vzniku, tzv. termická príčina, ktorá má základ v teplotných rozdieloch vzduchových hmôt a mechanická príčina, ktorá je spôsobená nepravidelnosťou georeliéfu zeme (Augustyn & kol., 1998).



Obr. č. 1 Základné pohyby vzduchu v atmosfére (zdroj, Vysoudil 2014)

### **3.1.4. Meranie teploty vzduchu**

Meranie teploty vzduchu patrí v meteorológii medzi najspoľahlivejšie merania, avšak je dôležité dodržať správne umiestnenie teplotných snímačov, tak aby nedochádzalo k skresleniu a nesprávnosti výsledkov. Merania vykonávané v meteorologických búdkach by pri nesprávne zvolenej konštrukcii mohli v prípade nízkej veternej aktivity viesť k nereprezentatívnym hodnotám teploty vzduchu (WMO, 2008). Meteorologické búdky sa umiestňujú do výšky 2 metre nad terénom, zároveň je dôležité aby bola konštrukcia schopná odrážať slnečné žiarenie a umožňovala stálu výmenu vzduchu medzi vonkajškom a vnútornou časťou búdky, kde je umiestnený samotný snímač teploty vzduchu (Chromov, 1968).

Teplota vzduchu sa udáva rôznymi spôsobmi ako napr. formou maximálnej - minimálnej teploty alebo odčítaním k pevne stanovenému časovému termínu. Jedná sa o tzv. klimatické dáta (merania), ktoré popisujú aktuálny stav klímy, resp. jej teplotu k termínu 7, 14 a 21 h MSSČ (miestny stredný slnečný čas).

Tento čas je rozdielny v závislosti od miestneho poludníku. V rámci územia ČR sa pohybuje časový rozdiel približne o 20 minút. Pre ČR (strednú Európu) je určený čas UTC+1 (SEČ - Stredoeurópsky čas), ten je však od klimatických termínov MSSČ odlišný. Znamená to, že v rovnaký stredoeurópsky čas bude klimatické meranie k 14 h odčítané približne o 20 minút neskôr na západe územia ČR ako na východe krajiny.

## **3.2. Cirkulácia vzduchu v atmosfére**

### **4.2.1. Všeobecná cirkulácia atmosféry**

Najtypickejšou vlastnosťou zemskej atmosféry je jej neustály pohyb, presúvanie sa vzduchových hmôt veľkých objemov a jej cirkulácia. Formy cirkulácie atmosféry ako cirkulácia vzduchu v cyklónach a anticyklónach, tryskové prúdenie – tzv. jetstream alebo pasátová a monzúnová cirkulácia sa na tvorbe počasia podieľajú zásadným spôsobom. Všeobecná cirkulácia sa riadi určitou pravidelnosťou, ktorá je spôsobená prakticky nemeniacim sa georeliéfom, rozložením radiačnej bilancie a rotáciou zeme. S tým súvisí aj chod ročných období a intenzita slnečného žiarenia (Harrington & Oliver , 2007).

Základne zákonitosti všeobecnej cirkulácie podľa Vysoudila (2014):

- nad vertikálnou rýchlosťou prúdenia prevláda horizontálna zložka
- vo vyššej miere nastáva zonálne prúdenie nad meridionálnym
- jedná sa hlavne o vírovo - turbulentný režim prúdenia
- nepretržitá premenlivosť pohybov v atmosfére spôsobujúca nestacionárnosť všeobecnej cirkulácie atmosféry
- neustála transformácia smerov a rýchlostí prúdenia medzi jednotlivými vrstvami atmosféry
- pri zmenách smeru a rýchlosti pozorujeme sezónnosť



Obr. č. 2 Schéma všeobecnej cirkulácie atmosféry (zdroj, phys.org 2019)

### 3.2.2. Tropické cyklóny a mimotropická cirkulácia

**Tropické cyklóny** vznikajú v zóne tropickej konvergencie v oceánskej oblasti. Vznikajú ako tlakové nízke, ktoré sa odpoja z rovníkového pásu nízkeho tlaku a ich vývoj narastá nasávaním tepelnej energie z ohriatych oceánov. Uplatňuje sa tu Coriolisova sila a dochádza k rotácií, na severnej pologuli proti smeru hodinových ručičiek. Pre tropické cyklóny sú typické vysoké rozdiely tlaku vzduchu (tlakové gradienty) v ich centre a na okraji. Veľmi nízke hodnoty s porovnaním s okolím majú za následok vysoké rýchlosti vetru ( $50-100 \text{ m.s}^{-1}$ ). Oblasť ich vzniku je medzi  $5-20^\circ$  zemepisných šírok rovnako ako na južnej tak i severnej pologule. Rýchlosť postupu tropických cyklón je z počiatku pomerne malá od  $10-20 \text{ km.h}^{-1}$  a smer pohybu je vo väčšine prípadov od východu na západ. Následne sa začnú odchyľovať smerom od rovníku k vyšším zemepisným šírkam. Tropická cyklóna môže zaniknúť ešte v tropickej oblasti v prípade, že sa dostane nad pevninu, kde v dôsledku straty energie spôsobenej trením vzduchu o georeliéf zaniká a jej vývoj nepokračuje (Thurman & Trujillo, 2005).



Výskyt mimotropickej cirkulácie sa začína v oblasti subtrópov a smeruje k pólom. Oblasť miernych zemepisných šírok sa vyznačuje intenzívnou cyklónálnou činnosťou pozostávajúcej z tvorby a presunu cyklón a anticyklón. Vývoj a charakter atmosférických procesov je v mimotropickej oblasti formovaný hlavne členením a striedaním pevniny a oceánov. V miernych šírkach severnej pologule prevláda západné prúdenie vzduchu, ktoré sa v zimných mesiacoch zosilňuje z dôvodu prúdenia vzduchu z tlakových výš (Azorská a Havajská) k tlakovým nížam (Islandská, príp. Aleutská). V letných mesiacoch prúdenie zoslabuje a presun vzduchu je významnejšie ovplyvňovaný mierou insolácie. Tým sa vytvára priestor pre častejšie vpády chladného vzduchu zo severu prípadne teplejšieho z juhu (Gardiner, 2008). Zmeny teploty vzduchu tohto typu sa môžu stať predmetom analýzy tejto diplomovej práce. V prípade ak bude teplotná zmena na území ČR dostatočne silná a jej rozdiel teplôt vzduchu extrémny, bude možné danú zmeny teploty v analýze komentovať.

**Mimotropické cyklóny** rozdeľujeme na cyklóny vznikajúce v dôsledku nerovnomerného ohrevu pevninského povrchu, tzv. **termické cyklóny** a na cyklóny **frontálne**. Vznik **nefrontálnych (termických)** cyklón pozorujeme v letných mesiacoch nad pevninou, na rozdiel od zimných, kedy je vznik spôsobený vyššími teplotami oceánov. V tejto diplomovej práci sa budeme venovať predovšetkým **frontálnym cyklónam** vznikajúcim na miestach výskytu atmosférických front. Ďalšou skupinou sú **nefrontálne termické anticyklóny**, ktoré majú relatívne malé veľkosti. Na rozdiel od termických cyklón, anticyklóny vznikajú nad chladným zemským povrchom. Vznik termických anticyklón nad pevninou je možno pozorovať len v noci. V zimných mesiacoch môže pôsobiť anticyklóna nad pevninou pomerne dlho a rásť (Kopáček & Bednář, 2005).

### 3.2.3. NAO – Severoatlantická oscilácia

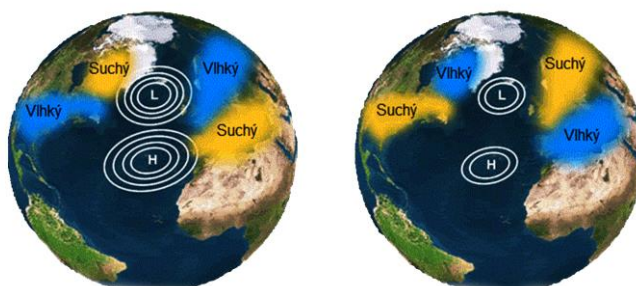
Počasié v Európe resp. na našom území je významne ovplyvňované Severoatlantickou osciláciou a to hlavne v jesenných a zimných mesiacoch. Jedná sa o vzájomné pôsobenie Islandskej tlakovej níše a Azorskej tlakovej výše. Rozdeľujeme kladnú a zápornú fázu severoatlantickej oscilácie - kladný a záporný index. Tento vývoj je z veľkej časti ovplyvňovaný povrchovou zmenou teploty oceánov (Rodwell, 1999). Vedci sa však nezhodujú v názore spôsobu vzájomného pôsobenia atmosféra – oceán alebo oceán - atmosféra. **Kladná fáza** NAO je spojená s vyšším tlakom v oblasti Azorskej tlakovej anticyklóny a s nižším tlakom v

Islandskej tlakovej níži oproti normálu. Tento jav spôsobuje zosilnenie západného prúdenia v oblasti miernych šírok, ktoré sa posúva viac k severu. Výsledkom býva teplejšia a vlhkejšia zima v severnej časti Európy a suchšia v južnej. **Záporná fáza** NAO reprezentuje nižšiu aktivitu už spomínaných tlakových útvarov. V dôsledku slabšieho západného prúdenia nastáva v oblasti severnej Európy chladnejšie a suchšie počasie. V južnej časti Európy zase vlhšie a teplejšie počasie (Gardiner, 2018).

V prípade kladnej fázy by na území ČR mala s vysokou pravdepodobnosťou nastať mierna zima s nie príliš extrémnymi mínusovými teplotami ako pri zápornej fáze. Tento faktor súvisí s dostatkom vlahy a intenzívnejšou advekciou, ktorá v prípade zápornej fázy NAO absentuje (Beranová & Huth, Time variations of the effects of circulation variability modes on European temperature and precipitation in winter, 2008).

Index NAO zohráva taktiež zásadnú úlohu vplyvajúcu na variabilitu denných teplôt v zimných mesiacoch. V prípade teplotných extrémov sú na fázy NAO citlivejšie extrémne ochladenia ako oteplenia (Beranová & Kyselý, 2013).

### KLADNÁ FÁZA    ZÁPORNÁ FÁZA



Obr. č. 3 Kladná fáza NAO (vľavo) a záporná fáza NAO (vpravo) (zdroj, Gardiner 2018)

## 3.3. Vzduchové hmoty a frontálny systém

V nasledujúcej kapitole sa zameriam na faktory, ktoré vytvárajú a ovplyvňujú charakter počasia a klimatické pomery konkrétneho miesta. Pokúsim sa popísať vznik a priebeh frontálnej činnosti a pôsobenie vzduchových hmôt.

### 3.3.1. Vzduchové hmoty

Objemy vzduchu formujúce sa na základe podobných fyzikálnych vlastností, s rozlohou porovnateľnou s plochou pevninských útvarov a morí nazývame **vzduchové hmoty**. Pohyb vzduchových hmôt je ovplyvňovaný všeobecnou

cirkuláciou atmosféry, tlakovými útvarmi prípadne teplotou pevniny alebo oceánov. V prípade, že sú vzduchové hmoty rôznych fyzikálnych vlastností, resp. teplôt uložené nad sebou, je z pravidla teplejšia oblasť vzduchu uložená nad chladnejšou (Molnár, 1970).

Vzduchové hmoty rozdeľujeme podľa oblasti ich vzniku na 4 základné typy:

- arktická alebo antarktická (AVH alebo AAVH)
- polárna (PVH) - vzduch miernych šírok
- tropická (TVH)
- ekvatoriálna (EVH) – vlhká TVH

Z hľadiska fyzikálne-termodynamických a termických vlastností delíme vzduchové hmoty na (**termodynamická klasifikácia**) (Vysoudil, 2014):

- Teplá vzduchová hmota (stabilná – nestabilná)

Pohybuje sa teplých oblastí do oblastí chladnejších.

- Studená vzduchová hmota (stabilná – nestabilná)

Pohyb v opačnom smere ako teplá vzduchová hmota.

- Miestna vzduchová hmota (stabilná – nestabilná)

Pôsobí dlhšiu dobu v danej oblasti a nemení svoje vlastnosti

### 3.3.2. Atmosférické fronty

Medzi dvoma vzduchovými hmotami sa tvorí prechodová oblasť, ktorej šírka býva od 200 do 500 km, táto oblasť sa nazýva **frontálna zóna**. V prípade, že sa frontálna zóna sformuje dostatočne výrazne hovoríme o tzv. fronte. Prechodová oblasť – frontálna plocha má uhol sklonu veľmi malý od 0,5 do 1,0°. Dĺžka frontálnej zóny sa pohybuje okolo niekoľko tisíc km a šírka okolo niekoľko sto km, dokonca v prízemnej vrstve len niekoľko desiatok km (Molnár, 1970).

Atmosférické fronty rozdeľujeme na 3 základné druhy:

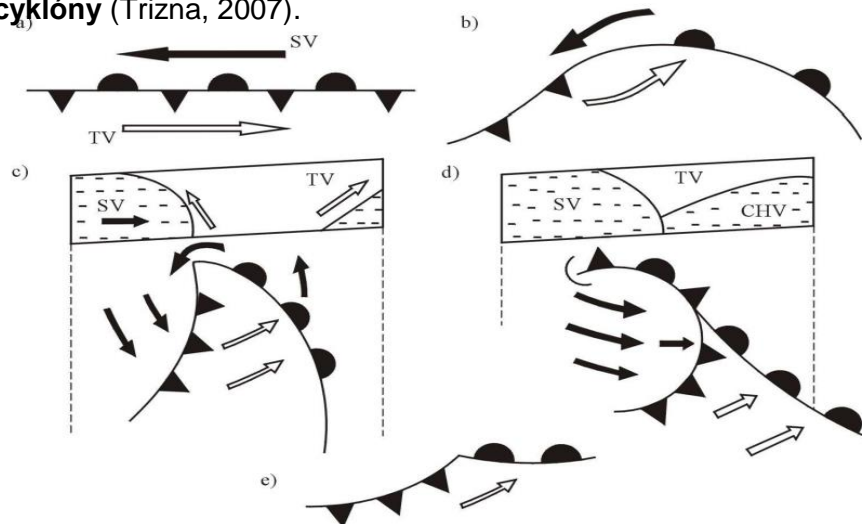
- Arktický (AF) a antarktický (AAF) front oddeľuje arktický a antarktický vzduch od polárneho.
- Polárny front (PF) oddeľujúci polárny vzduch od tropického.

- Tropický front (TF) reprezentujúci hranicu medzi tropickým a ekvatoriálnym vzduchom.

Vznik a zánik atmosférických front prebieha neustále. Tento proces tvorby front sa nazýva frontogenéza, naopak proces zániku front sa nazýva frontolýza.

Na styku hlavných atmosférických front vznikajú **frontálne cyklóny**. Ich pôsobenie má na vývoj a zmeny počasia v našich zemepisných šírkach značný vplyv. Vznik je zapríčinený vzájomným pôsobením vzduchových mäs s odlišnými fyzikálnymi vlastnosťami, začiatok má vlastnosti vlnovej poruchy (Kobzová, 1998).

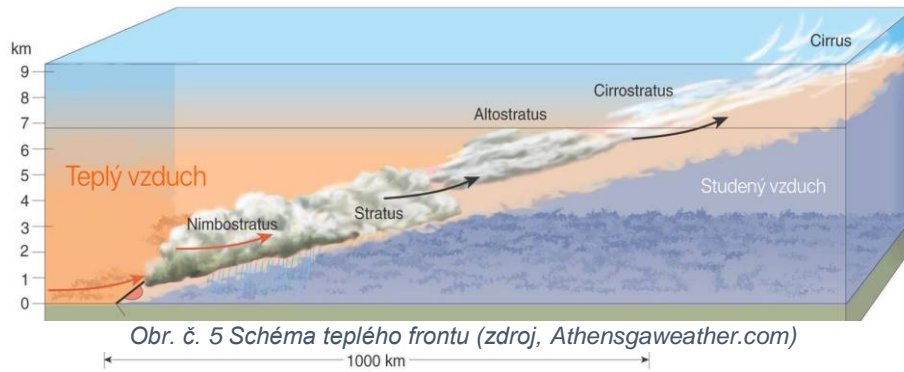
V oblasti vzájomného pôsobenia studeného a teplého vzduchu postupne vzniká prvá časť procesu tvorby cyklóny – **štádium vlny**. Následne pri vstupe teplého vzduchu do studeného vzniká tzv. **teplý sektor cyklóny** sprevádzaný poklesom tlaku vzduchu. Tento stupeň štádia vzniku cyklóny sa nazýva **štádium mladej cyklóny** (Trizna, 2007).



Obr. č. 4 Vznik a vývoj cyklóny a) front, b) vlna, c) mladá cyklóna, d) okludujúci cyklón, e) odumierajúca cyklóna (SV - studený vzduch, CHV - chladný vzduch, TV - teplý vzduch) (zdroj, Vysoudil 2014)

Svojim rýchlym a dynamickým priebehom sú typické teplé a studené fronty, ktoré si popíšeme detailnejšie.

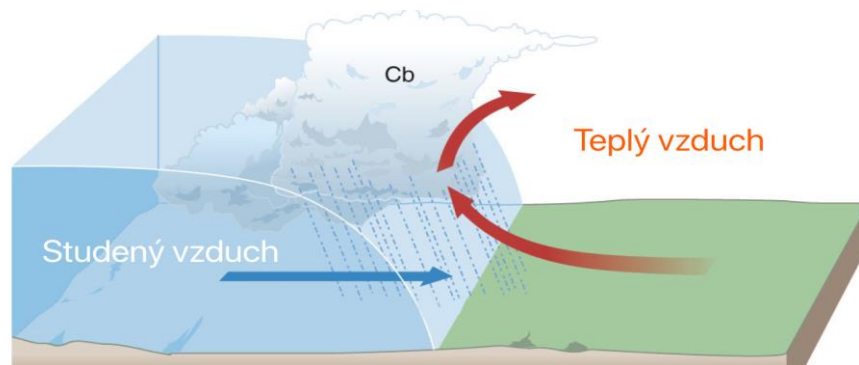
Ak nastáva pohyb teplého vzduchu smerom k mase studeného vzduchu hovoríme o **teplom fronte**. Keďže teplý vzduch je ľahší vystupuje nad ustupujúci klin studeného vzduchu. Pri výstupe teplého vzduchu dochádza ku kondenzácii vodnej pary a na strane teplého vzduchu sa vytvára oblačnosť v typickom poradí pre teplú frontu. Príchod teplého frontu sa prejavuje poklesom tlaku vzduchu a dlhotrvajúcimi zrážkami v oblasti frontálnej plochy. Po prechode frontu strieda dlhotrvajúce zrážky so slabou intenzitou, vo väčšine prípadov oblačnosť typu Stratocumulus, ktorá zamedzuje prístupu slnečného žiarenia (Jessa , 2011).



V prípade ak postupuje studený vzduch proti mase teplého vzduchu jedná sa o **studený front**. Nastáva náhly pokles teploty vzduchu, kopovitá oblačnosť, prehánky a v letných mesiacoch silné búrky.

**Studený front** rozdeľujeme na front 1. a 2. typu:

**Prvý typ** je charakteristický výstupom teplého vzduchu v celej výške frontálnej plochy. Vo frontálnej zóne nastávajú prehánky a vo vnútri fronty dlhotrvajúcejšie dažde spolu s nárazovým vetrom.



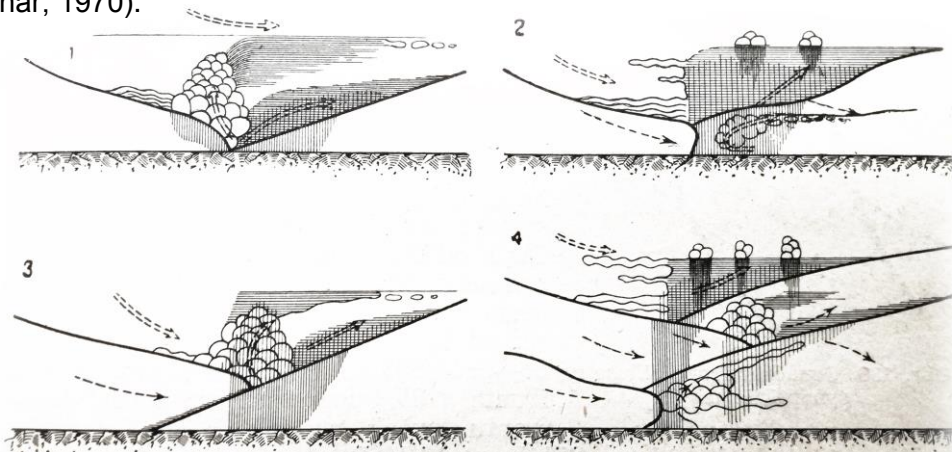
Obr. č. 6 Studený front druhého typu (zdroj, Edu.glogster.com)

Prechod **druhého typu** studeného frontu je na rozdiel od prvého výrazne intenzívnejší. Priebeh zrážkových udalostí je taktiež intenzívnejší, často nastávajú búrky a silný vietor. Na čele frontu sa vytvára oblačnosť typu Cumulonimbus. Pozorujeme vznik rozsiahlejšej oblačnosti vo vertikálnom smere. V prípade horizontálneho rozsahu sa jedná len o desiatky kilometrov (Mulqueen & Schultz, 2015).

Studený front sa posúva rýchlejšie ako teplý a tým vytláča teplý vzduch smerom nahor a tým sa teplý sektor cyklóny zmenšuje. Nasleduje vznik **oklúzneho frontu**, ktorý sa postupne uzatvára a cyklóna začne s vyrovnávaním teplotných

rozdielov. To má za následok zánik cyklóny. V niektorých prípadoch môže dôjsť k jej regenerácii a celý proces sa opakuje (Ruda, 2014).

**Teplý a studený oklúzny front** sa rozlišuje v teplote vzduchových hmôt pred a za oklúznym frontom. V prípade, že je studený vzduch za studeným frontom teplejší ako ustupujúci, hovoríme o teplom oklúznom fronte. Naopak ak je studený vzduch postupujúci za studeným frontom chladnejší, nastáva studený oklúzny front (Molnár, 1970).



Obr. č. 7 Typy oklúzných front (zdroj, Bergeron, 1934)

Na obr. č. 7 sú znázornené viaceré typy oklúzných front. Tie môžu pozostávať z viaceru nad sebou usporiadaných frontálnych útvarov. V prípade č. 4 môže dôjsť k vzniku až dvojnásobnej oklúznej fronty uloženej nad sebou. V prípade č. 1 sa jedná o štandardný oklúzny front, ktorý nastáva v prípade spojenia (dobehtia) teplej fronty klinom studeného vzduchu studeného frontu.

### 3.3.3. Synoptické mapy

Medzi základné nástroje vyhodnocovania počasia, teploty vzduchu a ich samotnú predpoveď patria synoptické mapy. Ich obsahom sú informácie o tlaku vzduchu nad konkrétnym územím, mieste pôsobenia jednotlivých tlakových útvarov a oblačnosti spolu s údajmi o meteorologických javoch ako sú napr. zrážky. Každá mapa popisujúca synoptickú situáciu nad daným územím sa rovnako viaže ku konkrétnemu času a dátumu. Analýzou synoptických máp je možné zároveň získať prehľad o aktuálnej meteorologickej situácii ale rovnako slúži ako podklad k tvorbe predpovede počasia (Tolasz, 2008).

### 3.3.4. Poveternostné singularity

V období ročného cyklu sa môžu objavovať výkyvy meteorologických prvkov od priemerných hodnôt pozorované v danom kalendárnom období. Niekedy sa však tieto anomálie objavujú pravidelne v tú istú dobu v priebehu roka. Tieto javy nazývame poveternostné **singularity**. Častokrát ich opisujú niektoré z ľudových pranostiek, založené na dlhoročných skúsenostiach ľudí. Prejavy počasia, ktoré hodnotíme ako extrémne sú zväčša vyvolané niektorými typickými synoptickými situáciami, vyznačujúcimi sa vysokou intenzitou resp. aktivitou (Brázdil & Štekl, 1999).

V prípade že sa hodnota výrazne neodchyľuje od priemernej hodnoty pozorovanej v danej dobe, jedná sa o bežnú situáciu. Naopak ak je hodnota extrémna, nemusí sa vždy jednať o singularitu. Výkyv je jednoducho zapríčinený náhodnými procesmi atmosféry (Radová & Kyselý, 2009).

## 3.4. Spôsoby analýzy extrémnych zmien teplôt vzduchu

Vo všeobecnosti sa väčšina štúdií zameriava na analýzu vývoja teploty vzduchu na základe v priemerných hodnôt. S tým súvisia aj následné štúdie dopadu zmien priemernej teploty na krajinu, obyvateľstvo či ekonomiku.

Viac citelnejšou zmenu pre človeka a prírodu môžu byť naopak náhle zmeny teploty vzduchu. Týmito zmenami sa zaoberajú analýzy krátkodobých – medzidenných zmien teplôt vzduchu v danej oblasti. Analýzy vo väčšine prípadoch obsahujú štatistické vyhodnotenie a rozbor príčin vzniku danej extrémnej udalosti (Cattiaux & kol., 2015).

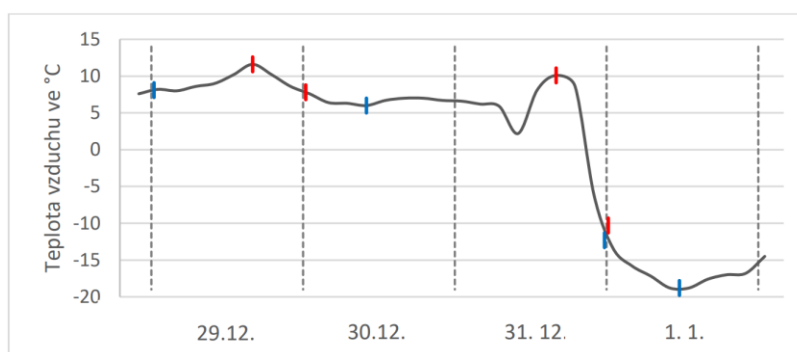
Krátkodobé zmeny je podľa Cattiaux & kol. (2015) možno rozdeliť na dva druhy a to na rozdiel teplôt počas jedného dňa (DTR) a rozdiel teploty vzduchu medzi dvoma dňami (ITV). V tejto diplomovej práci sa budeme zaoberať zmenami ITV a to konkrétne vždy v priebehu 24h.

Index DTR (diurnal temperature range) popisuje mieru rozdielu medzi maximálnou a minimálnou teplotou vzduchu v priebehu daného dňa. Zníženia indexu DTR v priebehu posledných storočí nasvedčujú pravdepodobnému neprirodzenému vývoju. Táto zmena predstavuje v globálnej mierke v priebehu 50 rokov zníženie DTR o  $\sim 0.4^{\circ}\text{C}$  (Braganza & kol., 2004).

Ciaranek (2016) vo svojej práci analyzovala priebeh teplôt aj v nasledujúcich 1 – 4 dní. Ako vstupné dáta slúžili teploty vzduchu získané z piatich meteorologických staníc na území Poľska. Časové rady popisujú priebeh meraných teplôt od r. 1961-2010. Rozdiel teplôt vzduchu (ITV) v priebehu 24 h sa v prípade extrémnych zmien pohyboval do hodnôt 20,3 °C. V prípade meraných teplotných rozdielov medzi 1 – 3 prípadne 1 – 4 dňom sa maximálne rozdiely pohybujú až okolo 25°C. Tieto teplotné extrémny boli vo väčšom počte zastúpené v období prvej polovice analyzovaných dát.

Tam & Gough (2012) pracovali na analýze vývoja teplotných zmien „zo dňa na deň“ (day-to-day) na území Kanady. Na rozdiel od Ciaranek (2016) vyhodnocovali mesačné priemerné zmeny teploty vzduchu od roku 1959 – 1992. Hodnoty mesačných priemerných rozdielov teplôt (ITV) sa pohybujú od 1,5 – 2,8 °C. Zároveň v ďalšej časti aplikovali prah a orezali dáta od štandardných zmien. Prahové hodnoty zvolili 5°C a 10°C. Počet zmien prekračujúcich 5°C u ITV - 24 h sa pohybuje od 3 – 14 prípadov za mesiac. Najväčšie výkyvy teplôt boli zaznamenané v mesiacoch január - marec. Počet prekročení prahovej hodnoty 10°C (u ITV) je v porovnaní s prahom 5°C menší. Prekročenia sa pohybujú od 0 – 5 prekročení resp. ochladení či oteplení nad 10°C za jeden mesiac.

Čašek (2017) vo svojej bakalárskej práci analyzoval zmeny teploty vzduchu v priebehu 24, 48 a 72 hodín. Ako vstupné dáta použil hodnoty maximálnych, minimálnych a priemerných teplôt pre meteostanicu Praha - Ruzyně. Výsledky analyzoval v závislosti na intenzite danej zmeny a na jej sezónnom výskyte. Práve intenzita poklesov maximálnej a minimálnej teploty vzduchu je v závislosti na konkrétnej sezónne diametrálne odlišná. V zimnej sezóne sa nachádzajú najväčšie poklesy minimálnych denných teplôt vzduchu. Naopak najväčšie poklesy maximálnej dennej teploty vzduchu pozoroval skôr v teplej časti roka. Taktiež sa zamerl na priebeh najsilnejšieho ochladenia počas sledovaného obdobia od 1.1.1946 do 31.12.2016 na Silvestra v roku 1978.



Obr. č. 8 Priebeh teploty vzduchu na Silvestra 1978, (zdroj, Čašek 2017)



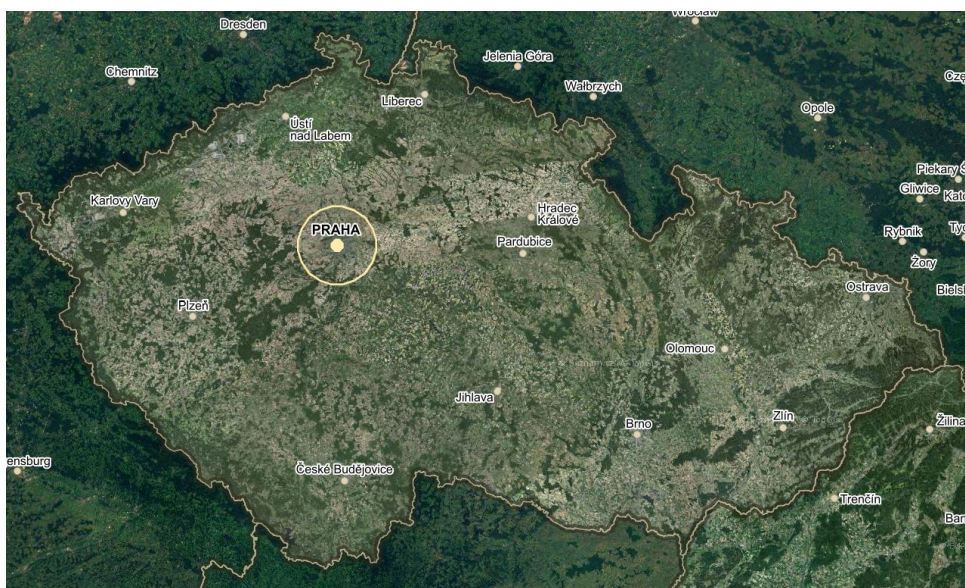
## 4. ANALÝZA TEPLOTNÝCH ZMIEN

### 4.1. Vstupné dáta pre analýzu zmien

#### 4.1.1. Výber meteorologickej stanice

Pre účely získania teplotných meraní bola zvolená meteorologická stanica Praha – Ruzyně. Historicky bolo na stanici Praha – Ruzyně zahájené meranie v roku 1924, ktoré obsahovalo meranie rýchlosti vetra, pozorovanie aktuálneho počasia a zakres máp pre letecké účely. V roku 1937 bola Poveternostní služba letecká premiestnená do novej letiskovej budovy. V roku 1939 bola činnosť prerušená okupáciou ČSR a dňa 2.9.1939 musela služba opustiť pracovisko sídliace na letisku. Prevádzka bola obnovená v roku 1945 a prudkým vývojom leteckej techniky vznikla nutnosť zvýšenia kvality samotnej služby. Z dôvodu výstavby bola stanica premiestňovaná 3 krát. Súčasná poloha stanice je od roku 1976 vo vlastnom areály spolu s budovou umiestnené na okraji letiska. Od roku 1995 je prevádzka meteorologickej stanice plne automatizovaná (Soukup, 2017).

Stanica sa nachádza  $50^{\circ}10'03''$  s.z.š. a  $14^{\circ}25'55''$  v.z.d. v nadmorskej výškovej hladine 364 m.n.m.. Vzdialenosť od pristávacej plochy letiska je 230m severovýchodne od stanice a 870m od letiskovej budovy. V okolí sa nenachádzajú vodné plochy a lesy, zároveň sa jedná o rovinný okolitý terén.



Obr. č. 9 Mapa ČR s vyznačením polohy meteostanice Praha - Ruzyně.  
(zdroj letecké mapy: Mapy.cz r.2019)

#### 4.1.2. Časová rada teplôt vzduchu a ďalších prvkov

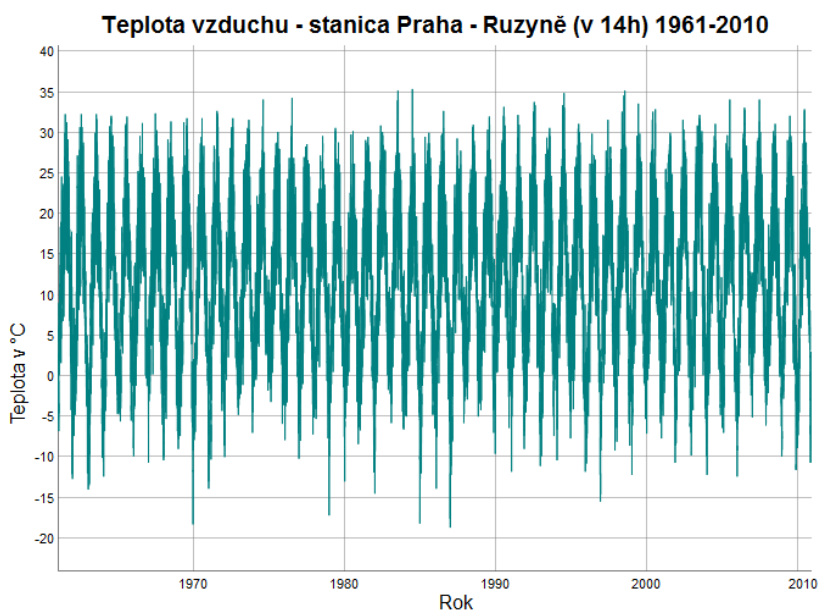
Vstupné dáta poskytnuté vedúcim tejto diplomovej práce sú typu denných klimatických meraní vo formáte 7, 14 a 21 hod MSSČ pozostávajúce z meraní teplôt vzduchu od 1.1.1961 po 31.12.2010 – 50 rokov. Z týchto meraní teploty je počítaný denný priemer teploty vzduchu daného dňa. Táto hodnota však nebola použitá z dôvodu dodržania pevného časového kroku pozorovania zmien v priebehu 24h.

Základným vstupným údajom do výpočtu boli merania odčítané k 14 h. Teplota vzduchu odčítaná k 7 h alebo 21 h je vo väčšej miere ovplyvňovaná radiačnými vplyvmi, či už ochladeniami alebo oteplením. Rozdiely medzi odčítaním teploty k 14 h a 7 h, prípadne 21 h budú analyzované a diskutované.

Pevne stanovený čas odčítania zmien, v našom prípade k termínu 14 h MSSČ objektívnejšie reflektuje zmenu teploty vzduchovej hmoty ako celku, kedy je v priebehu denných hodín vzduch obvykle premiešavaný medzi vyššími a nižšími vzduchovými vrstvami troposféry (Moberg & kol., 2002).

Súčasťou súboru vstupných dát je okrem informácií o teplote vzduchu odčítanej k danému termínu aj údaj o rýchlosti a smeru vetra. Ten následne slúžil ako základný podklad k vyhodnoteniu podielu advekcie na vzniku extrémnej zmeny.

Posledný údaj - informácia o pokryve oblohy oblačnosťou, udávaná v desatinách slúžila rovnako ako podklad k určeniu príčiny vzniku extrémnej zmeny. Konkrétne sa jedná o podiel radiácie na extrémnom oteplení alebo ochladení.



Graf č. 1 Časová rada teploty vzduchu Praha - Ruzyně

### 4.1.3. Archív synoptických máp a prechodu front cez Prahu

Pre účely analýzy meteorologických situácií spôsobujúcich zistené extrémne zmeny boli použité synoptické mapy ERA - 20C (atmosférická reanalýza r.1900-2010) (zdroj: Wetterzentrale, 2019) a archív ČHMÚ prechodov atmosférických front cez územie Prahy (zdroj: ČHMÚ 2019).

V prípade synoptických máp boli analyzované mapy k termínu 12:00 UTC dňa pred odčítanou zmenou teploty vzduchu a k termínu 12:00 UTC v deň odčítanej zmeny. Teplotné zmeny boli odčítané k termínu 14:00 MSSČ pre meteostanicu Praha - Ruzyně čo tvorí približne hodinový rozdiel medzi odčítaním zmeny a stavom atmosférickej situácie vykreslenej na synoptickej mape. Tento rozdiel je možné považovať za akceptovateľný. Použité synoptické mapy popisujúce geopotenciálnu výšku tlakovej hladiny 850 hPa v kombinácii s vykresleným teplotným poľom boli získané z online archívu dostupného na Nemeckom portáli Wetterzentrale. V prípade vybraných extrémnych prípadov sú časy synoptických máp individuálne.

Podobne boli získané aj záznamy prechodov atmosférických front cez meteostanicu Praha - Ruzyně, konkrétne z online dostupného archívu portálu ČHMÚ. Záznamy front od r. 1950 po súčasnosť obsahujú informáciu o čase, typu a smeru prechodu fronty ku konkrétnemu dátumu. Novšie záznamy od r. 1984 obsahujú aj informáciu o intenzite danej frontálnej činnosti.

## 4.2. Základná metóda výpočtu zmeny teploty

Základným výpočtom teplotných zmien – tzv. „day-to-day“ zo dňa na deň, bol rozdiel teplôt v priebehu 24h. Jednalo sa o dve skupiny zmien a to ochladenia a oteplenia. Výpočet teplotnej zmeny odčítal od teploty v aktuálny deň (T) teplotu nameranú v predchádzajúcom dni ( $T_{d-1}$ ).

$$\Delta T = T - T_{d-1}$$

Zmena teploty vzduchu, resp. ochladenie alebo oteplenie je pripisované aktuálnemu dňu v ktorom nastal teplotný rozdiel a odlišil sa od predchádzajúceho dňa ( $T_{d-1}$ ).

### 4.3. Analýza extrémnych zmien teploty

#### 4.3.1. Definícia typov zmien teplôt vzduchu

Základnou problematikou je odlíšenie zmien a vymedzenie pojmov popisujúcich veľkosť danej zmeny, či už v prípade ochladení alebo oteplení. Výpočtom 5% a 95% kvantilu z celkového počtu zmien bol určený prah odlišujúci mierne zmeny ( $\Delta T < 5,0^{\circ}\text{C}$ ) od výrazných ( $\Delta T \geq 5,0^{\circ}\text{C}$ ). Konkrétna hodnota prislúchajúca tomuto kvantilu z celkového počtu zmien (18261) je  $-6,5^{\circ}\text{C}$  a  $+5,4^{\circ}\text{C}$ . Z dôvodu zosúladenia a možnosti rovnomerného porovnávania ochladení a oteplení od  $0^{\circ}\text{C}$ , bola určená rovnaká hodnota prahov pre oba typy zmien. V prípade prahu odlišujúceho výrazné ochladenia ( $-6,5^{\circ}\text{C}$ ) od miernych hodnota  $-5,0^{\circ}\text{C}$  odpovedá menej presne 5% kvantilu ako pri otepleniach ( $+5,4^{\circ}\text{C}$ ). Z dôvodu vyššie uvedeného však bola hodnota prahu pre ochladenia zvolená ekvivalentne od  $0^{\circ}\text{C}$  ako aj v prípade oteplení ( $\pm 5,0^{\circ}\text{C}$ ).

Ďalšou hranicou oddeľujúcou výrazné zmeny od extrémnych je hodnota  $10^{\circ}\text{C}$  ( $|\Delta T| \geq 10,0^{\circ}\text{C}$ ). Opäť sa nejedná o ekvivalentne definovaný prah pre oba typy zmien rovnomerne od  $0^{\circ}\text{C}$ . Príčinou je prevládajúci počet výrazných a extrémnych ochladení nad otepleniami (viz. tab. č.1).

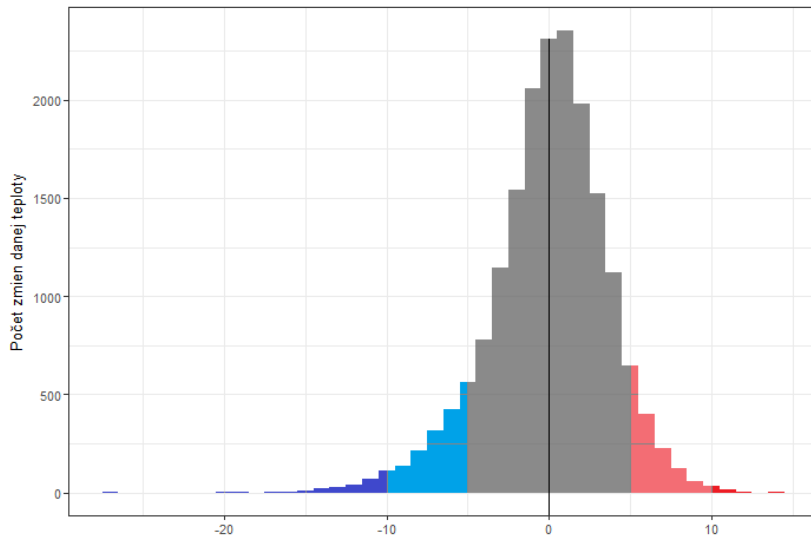
		Počet zmien					
		Ochladenia	bez zmeny	Oteplenia			
		8342	257	9662			
Extrémne ( $\Delta T \leq -10,0^{\circ}\text{C}$ )	Výrazné ( $\Delta T \leq -5,0^{\circ}\text{C}$ )	Mierne ( $\Delta T > -5,0^{\circ}\text{C}$ )	$0^{\circ}\text{C}$	Mierne ( $\Delta T < 5,0^{\circ}\text{C}$ )	Výrazné ( $\Delta T \geq 5,0^{\circ}\text{C}$ )	Extrémne ( $\Delta T \geq 10,0^{\circ}\text{C}$ )	
214	1366	6762	257	8510	1114	38	

Tabuľka č. 1 Počet zmien pre kompletný súbor ochladení a oteplení odčítaných k 14:00

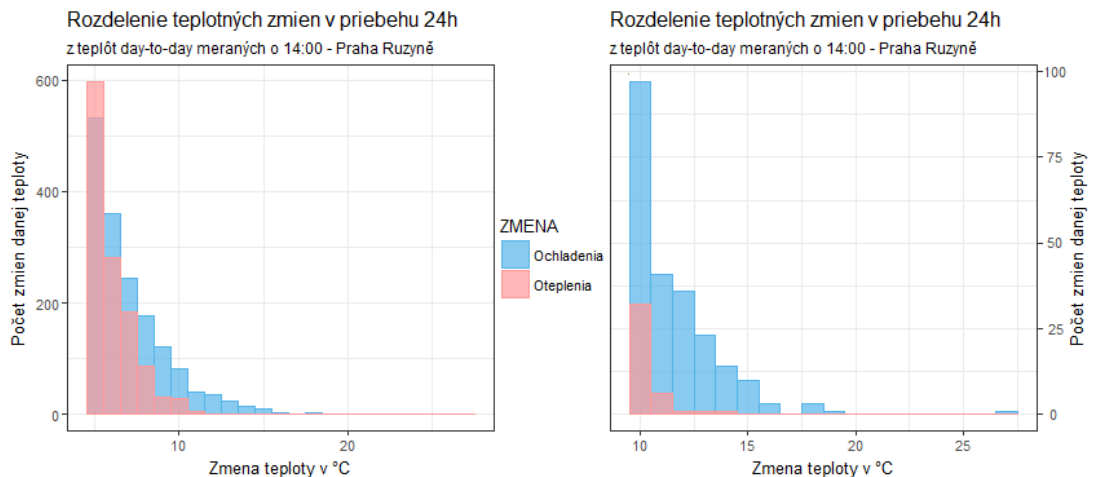
Na základe tab. č. 1 je možné konštatovať, že prevaha výrazných a extrémnych ochladení nad otepleniami je kompenzovaná vyšším počtom miernych oteplení nad miernymi zmenami v prípade ochladení. Tieto odlišnosti vytvárajú vzájomnú rovnováhu medzi ochladeniami a otepleniami.

Rovnaké výsledky reprezentuje aj graf č. 2, kde sú jednotlivé typy zmien odlišené farebne a vykreslené podľa počtu prípadov odpovedajúcim konkrétnej zmene teploty v  $^{\circ}\text{C}$ . Rozdelenie výrazných a extrémnych zmien je znázornené na grafe č. 3.

Rozdelenie teplotných zmien v priebehu 24h  
z teplôt day-to-day meraných o 14:00 - Praha Ruzyně



Graf č. 3 Rozdelenie teplotných zmien (tmavo modrá - extrémne ochladenia, svetlo modrá - výrazné ochladenia, šedá - mierne ochladenia a oteplenia, svetlo červená - výrazné oteplenia a silne červená - extrémne oteplenia), hodnota kroku - 1°C



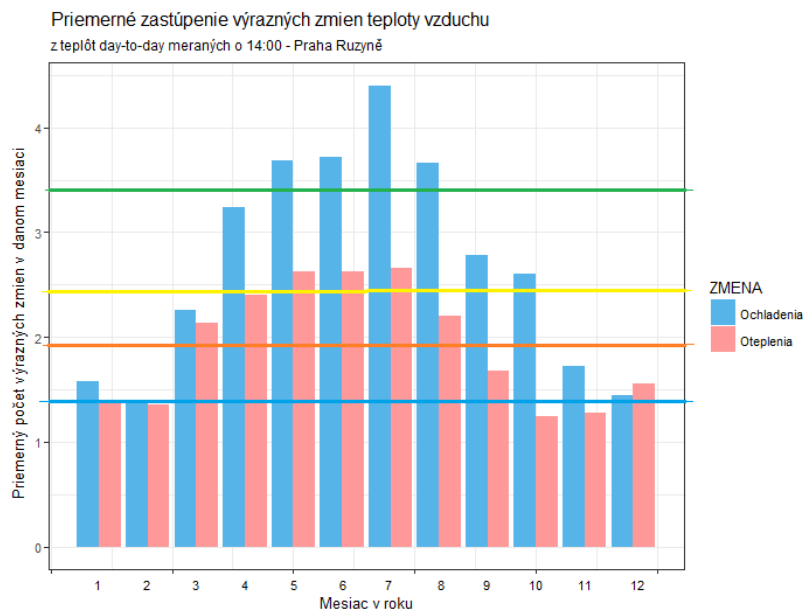
Graf č. 3 Porovnanie počtu výrazných zmien nad 5,0°C – vľavo a extrémnych zmien nad 10,0°C - vpravo, hodnota kroku - 1°C

Extrémne zmeny nad  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  obsahujú oproti výrazným o 100% viac ochladení ako oteplení. Zároveň pozorujeme exponenciálny pokles počtu prípadov so zvyšujúcou sa hodnotou zmeny teploty. U hodnôt zmeny nad  $15^{\circ}\text{C}$  môžeme hovoriť už len o konkrétnych extrémnych prípadoch ktorých analýza bude predmetom poslednej kapitoly.

#### 4.3.2. Vymedzenie sezón

Pre účely sezónnej analýzy a rozboru teplotných zmien v priebehu 24h neodpovedá kalendárne rozloženie počtu mesiacov pre jednotlivé sezóny charakteru rozloženia teplotných zmien, ktoré sú v danej sezóne obsiahnuté.

Teplotné zmeny nad 5°C majú v priebehu roka rôzne zastúpenie, ktoré sa líši nielen v intenzite ochladení a oteplení ale aj v množstve prípadov meniacich sa v závislosti na konkrétnej sezóne. Rozloženie priemerného počtu zmien väčších ako 5°C v priebehu roka popisuje nasledovný graf č. 4.



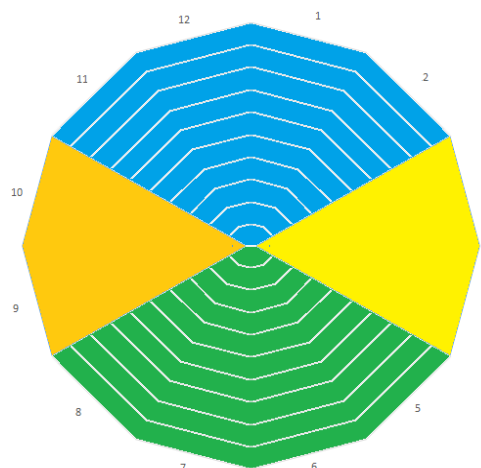
Graf č. 4 Priemerné zastúpenie výrazných zmien nad  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  v priebehu roka

Kalendárny rok bol rozdelený na 4 nerovnomerné sezónne obdobia.

Zimná sezóna plynie 4 mesiace od začiatku novembra do konca februára. Vzhľadom na približne rovnaké priemerné zastúpenie výrazných a extrémnych zmien v týchto mesiacoch (okolo 1,4) bola zimná sezóna inšpiráciou stanoviť zimnú a letnú sezónu na počet 4 mesiacov.

Jarná a jesenná sezóna plynie 2 mesiace a reprezentuje svojim charakterom akési prechodné obdobie medzi letom a zimou.

Letná sezóna s najväčším počtom výrazných a extrémnych zmien obsahuje od začiatku mája do konca augusta rovnaký počet mesiacov ako zimná (viz. vyššie). Výnimočný je mesiac júl, ktorý obsahuje najvyšší počet výrazných a extrémnych zmien. V prípade posledného mesiaca letnej sezóny - august, sledujeme nižší počet oteplení tohto typu v porovnaní s ostatnými mesiacmi. Mesiace máj a jún majú rozdiely medzi počtom priemerných oteplení a ochladení vyrovnaný.



Obr. č. 10 Sezónne rozdelenie kalendárneho roku (zima - modrá, jar - žltá, leto - zelená a jeseň - oranžová)

Rozdielny počet jednotlivých prípadov výrazných a extrémnych zmien je zaznačený v tab. č. 2. Tabuľka obsahuje počet zmien pre každú sezónu a termíny odčítania zmeny. Taktiež je počítaná hodnota kvantilu pre  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+5^{\circ}\text{C}$  pre každý termín a sezónu. Jednotlivé kvantilové rozdelenia sú priemerované sezónne a následne celkovo. Jedná sa o hodnotu kvantilu 6,7% k  $-5^{\circ}\text{C}$  a 94,9% k  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Počet jednotlivých zmien slúži k popisu charakteru danej sezóny. Na základe najvyššieho počtu (viz tab. 2.) výrazných a extrémnych zmien odčítaných k termínu 14 h, slúžil tento termín ako rozhodujúci pri určovaní rozloženia počtu mesiacov pre jednotlivé sezóny.

Z I M A	Ochladenia	Nad $5^{\circ}\text{C}$	Celkový	Hodnota kvantilu v % pre		L E T O	Ochladenia	nad $5^{\circ}\text{C}$	Celkový	Hodnota kvantilu v % pre	
		počet	počet	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$			počet	počet	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$
	k 07:00	464	3027	7,7	92,3		k 07:00	207	2778	3,4	99,0
	k 14:00	325	2978	5,4	94,9		k 14:00	779	2584	12,7	91,6
	k 21:00	366	3030	6,1	94,3		k 21:00	341	2826	5,5	96,6
	Oteplenia	počet	počet	Priemerné hodnoty kvantilov v % pre			Oteplenia	počet	počet	Priemerné hodnoty kvantilov v % pre	
	k 07:00	465	2894	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$		k 07:00	63	3241	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$
	k 14:00	305	2935	6,4	93,8		k 14:00	518	3496	7,2	95,7
	k 21:00	344	2886				k 21:00	207	3241		
J A R	Ochladenia	Nad $5^{\circ}\text{C}$	Celkový	Hodnota kvantilu v % pre		J E S E Ň	Ochladenia	nad $5^{\circ}\text{C}$	Celkový	Hodnota kvantilu v % pre	
		počet	počet	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$			počet	počet	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$
	k 07:00	143	1385	4,7	94,7		k 07:00	170	1566	5,6	95,6
	k 14:00	291	1314	9,5	92,1		k 14:00	254	1466	8,3	95,0
	k 21:00	171	1311	5,6	96,1		k 21:00	177	1494	5,8	96,9
	Oteplenia	počet	počet	Priemerné hodnoty kvantilov v % pre			Oteplenia	počet	počet	Priemerné hodnoty kvantilov v % pre	
	k 07:00	161	1623	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$		k 07:00	134	1432	$-5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$
	k 14:00	242	1694	6,6	94,3		k 14:00	153	1537	6,6	95,8
	k 21:00	120	1685				k 21:00	95	1499		
Priemerné hodnoty kvantilov v % pre $-5^{\circ}\text{C}$ a $+5^{\circ}\text{C}$ ->										6,7	94,9

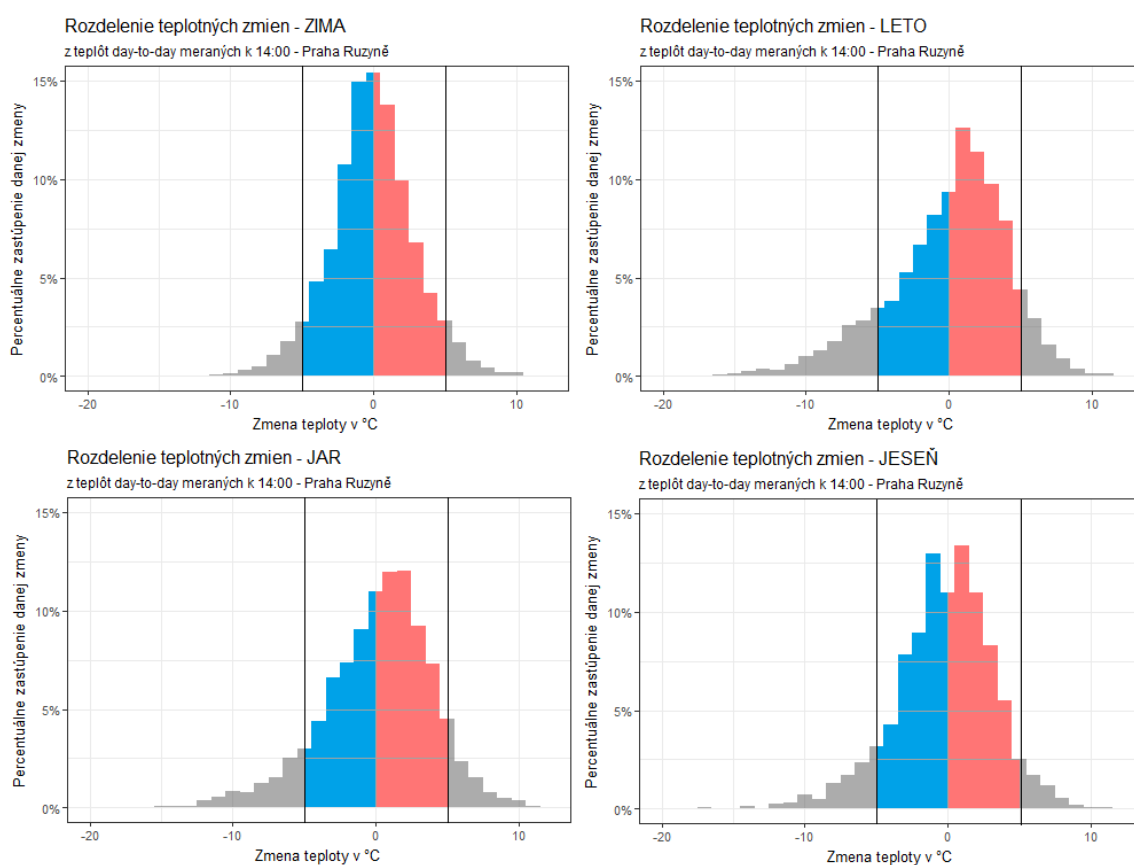
Tabuľka č. 2 Počty prípadov a hodnoty kvantilového rozdelenia pre jednotlivé sezóny, termíny a typy zmien teplôt vzduchu nad  $\pm 5^{\circ}\text{C}$

### 4.3.3. Sezónna analýza zmien

#### 4.3.3.1. Mierne zmeny teploty vzduchu

Výskyt a vlastnosti teplotných zmien sú odlišné v závislosti od jednotlivých sezón, ktoré sú odvodené od cyklu štyroch ročných období. Jednotlivé atmosférické procesy - typické pre konkrétne ročné obdobie (sezónu) sú príčinou a zásadným spôsobom sa podieľajú na vzniku a veľkosti teplotnej zmeny.

Zastúpenie jednotlivých zmien bolo porovnávané nielen u výrazných a extrémnych prípadov ale v celom rozsahu oteplení a ochladení.



Graf č. 5 - 9 Percentuálne zastúpenie miernych zmien daných sezón (červená - oteplenia, modrá - ochladenia), hodnota kroku - 1°C

Z celkového rozloženia analyzovaných zmien je možné odvodiť charakter zmien teploty danej sezóny a zároveň porovnávať sezóny z pohľadu teplotného vývoja medzi sebou. Konkrétna prevaha typu a veľkosti zmien danej sezóny vytvára náhľad k procesom, ktoré sa môžu podieľať na tvorbe teplotných zmien pričom sú zároveň typické pre danú sezónu.



Rozdielny počet miernych zmien je vždy nutné analyzovať v porovnaní s počtom výrazných, prípadne extrémnych zmien.

V prípade zimnej sezóny prevažujú mierne ochladenia, čo odpovedá charakteru zimného počasia, resp. našej vymedzenej sezóny. V porovnaní s ostatnými sezónami obsahuje zimná sezóna približne o 5% viac miernych zmien, konkrétne v oblasti okolo 1,0 - 1,5°C. Taktiež obsahuje zimná sezóna najvyššie zastúpenie prípadov kedy zmena teploty prakticky nenastala (okolo 0°C). Dôvod značného výskytu miernych zmien v porovnaní s ostatnými sezónami je s vysokou pravdepodobnosťou zapríčinený znížením radiačného pôsobenia počas zimných mesiacov a to predovšetkým v prípade oteplení.

V rámci jarnej sezóny dominuje vyšší počet miernych oteplení nad ochladeniami. Zároveň pozorujeme vyšší počet extrémnych ochladení ako u extrémnych otepleniach. Jarná sezóna trvá o polovicu kratšie ako zimná. Z toho dôvodu boli zmeny prepočítané na percentuálny výskyt konkrétnej hodnoty teplotnej zmeny - relatívna početnosť.

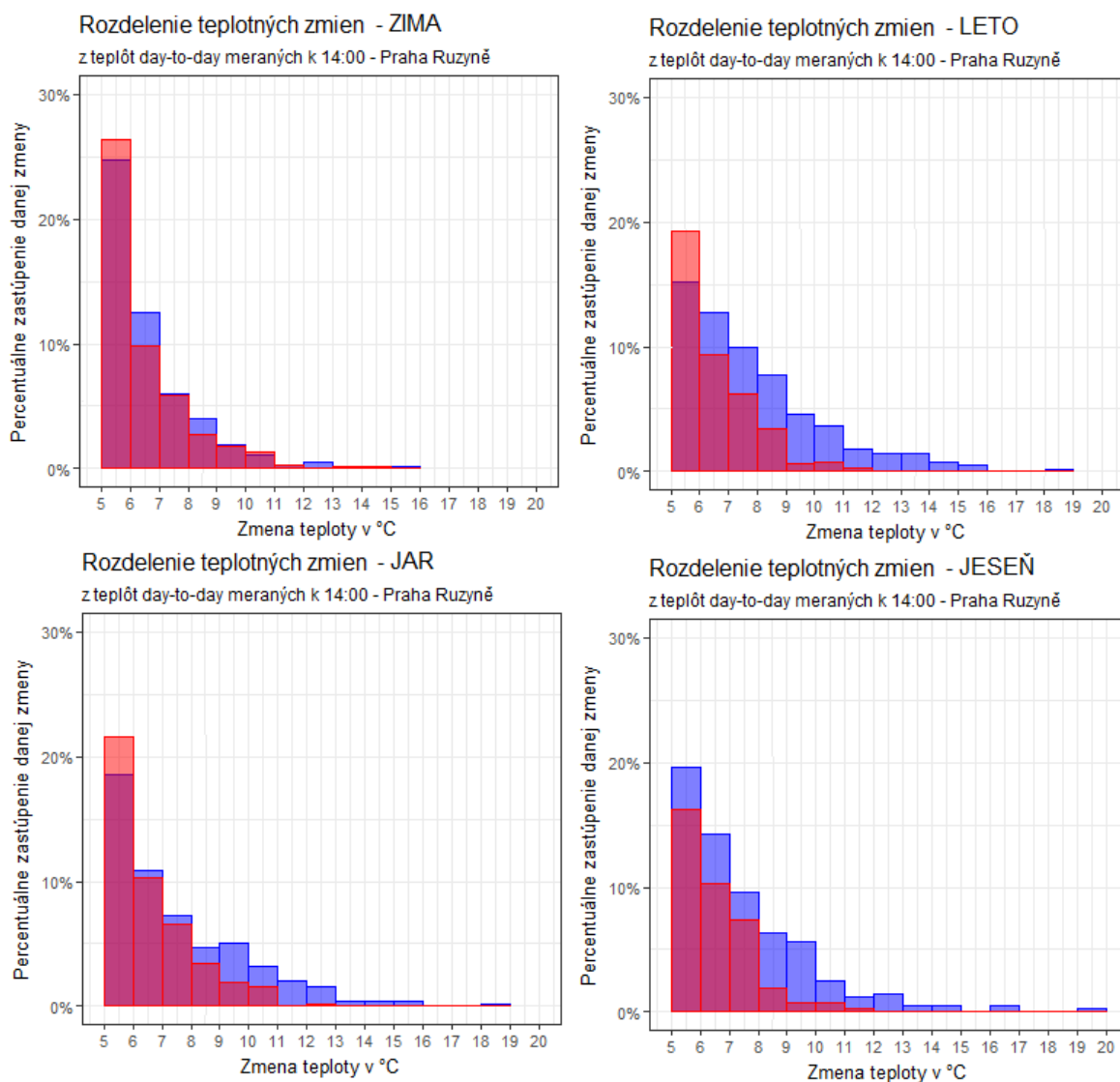
Podobný charakter zmien pokračuje aj v letnom období avšak v porovnaní so zimnou a tiež jarnou sezónou pozorujeme značný nárast oteplení od 1 - 3°C. Tieto oteplenia sú zapríčinené typickým radiačným oteplením v priebehu dňa, konkrétne pri analýze zmien odčítaných k termínu 14 h sa jedná o zvýšenie teploty vzduchu v poludňajších hodinách. Letná sezóna obsahuje v porovnaní s ostatnými sezónami najviac zmien všeobecne. Svedčí o tom aj fakt, že obsahuje najnižšie zastúpenie prípadov, kedy zmena teploty vzduchu nenastala. Tento charakter počasia odpovedá priebehu teplôt v letných mesiacoch.

Jesenná sezóna obsahuje pomerne rovnomerné rozloženie miernych zmien. Mierne prevládajú opäť oteplenia, čo môže byť spôsobené faktormi, ktoré sa vyskytujú hlavne v lete a pri ktorých vzniká oteplenie, napr. radiačné oteplenie v priebehu dopoludnia. V prípade jesennej sezóny je možné pozorovať rovnaké zastúpenie zmien okolo 1°C v prípade jak oteplení tak aj ochladení. Z tohto pohľadu je možné definovať jesennú sezónu ako aktívnejšiu čo sa týka miernych zmien v porovnaní s jarnou, avšak jesenná sezóna je vyvázenejšia a je možné ju definovať ako prechodnejšie obdobie ako už v prípade spomínanej jarnej sezóny.

### 4.3.3.2. Výrazné zmeny teploty vzduchu

Sezónne rozloženie výrazných zmien dopĺňa a nadväzuje na predošlú analýzu miernych zmien. Je zrejmé, že výrazné a extrémne zmeny vyvažujú nižší výskyt či už miernych ochladení alebo oteplení u niektorých sezón. Zároveň je pre každú sezónu typické odlišné zastúpenie extrémnych zmien nad 10°C.

Grafy č. 10 - 13 zobrazujú porovnanie percentuálneho zastúpenia jednotlivých výrazných a extrémnych zmien pre konkrétnu sezónu. Rovnako je potrebné výsledky porovnávať a analyzovať spolu s predošlými miernymi zmenami. Extrémne zmeny budú analyzované jednotlivo v ďalšej časti samostatne. Z dôvodu zjednodušenia porovnávania jednotlivých sezón boli v grafoch zachované rozsahy osí a zvolený jednotný krok škály 1°C.



Graf č. 10 -13 Sezónne porovnanie percentuálneho zastúpenia jednotlivých výrazných a extrémnych zmien (modrá - ochladenia, červená - oteplenia), hodnota kroku - 1°C

Mierná prevaha výrazných ochladení nad otepleniami vyskytujúca sa v zimnej sezóne je v porovnaní s ostatnými sezónami najnižšia. V prípade zmien od 5°C do 6°C sú ochladenia mierne prevažované otepleniami. U ďalších hodnôt sú zmeny vyrovnané prípadne mierne prevládajú ochladenia. Prípad prevahy oteplení v oblasti 5°C nastáva aj v ostatných sezónach okrem jesennej.

Charakter zmien v jarnej sezóne sa svojim rozložením diametrálne neodlišuje od zimnej sezóny. Narastá ale počet extrémnych ochladení najmä v oblasti od 9°C do 13°C. Zastúpenie výrazných zmien mierne klesá avšak vyšší počet výrazných ochladení je dorovnávaný zvyšujúcim sa počtom predošlých miernych oteplení. V porovnaní so zimnou obsahuje jaraná sezóna vyšší počet spomínaných extrémnych ochladení a to až do 18°C. Tie sa v zimnej sezóne vyskytujú len v konkrétnych prípadoch.

Letná sezóna obsahuje najväčší počet výrazných. resp. extrémnych ochladení a oteplení. V porovnaní so zimnou sezónou sa jedná o nárast o viac ako dvojnásobok v prípade výrazných ochladení (zima - 325, leto - 779) a o viac ako polovicu v prípade oteplení (zima - 305, leto - 518) - viz. tab. č. 2. Nárast počtu zmien sa vyskytuje rovnako u výrazných ako aj u extrémnych zmien nad 10°C. V prípade odčítania medzidenných zmien teploty vzduchu k termínu 7 h obsahuje letná sezóna len 63 prípadov (viz tab. č. 2) výrazných, prípadne extrémnych oteplení. V porovnaní s termínom 14 h sa jedná o niekoľko násobný rozdiel. U ostatných sezón sa rozdiely v odčítaných termínoch v takejto silnej miere nevyskytujú. Tento rozdiel je spôsobený výraznou radiačnou aktivitou v dopoludňajších hodinách, ktorá je v letnej sezóne dominujúca a pri odčítaní k termínu 7 h sa vo výpočte neprejaví.

Rovnováhu miernych zmien teploty vzduchu okolo 1°C v prípade jesennej sezóny dopĺňa prevaha výrazných a extrémnych ochladení nad otepleniami. Konkrétne sa jedná o 153 výrazných oteplení a 254 výrazných ochladení, čo tvorí prevahu približne 60%. Ochladenia prevládajú vo všetkých hodnotách teplotných zmien. Je možné tvrdiť, že jesenná sezóna obsahuje najväčšie zastúpenie výrazných a extrémnych ochladení v porovnaní s otepleniami v rámci vymedzených sezón. Taktiež sa v nej vyskytuje najvyšší počet extrémnych ochladení a to až do 16 či 19 °C.

#### 4.3.3.3. Extrémne zmeny teploty vzduchu

Extrémne zmeny teplôt vzduchu je možné oddeliť od výrazných zmien definovaním dvoch hraníc. U oboch typoch je stanovený prah hodnotou zmeny teploty vzduchu o 10°C ( $\Delta T \geq 10^\circ\text{C}$ ). Pre účely analýzy zmien bolo vybraných 20 najextrémnejších prípadov ochladení a oteplenia pre termíny odčítania zmeny 14 h a 7 h (viz tab. č.3). V prípade ochladení k termínu 14 h pozorujeme odchýlenie v podobe vyššej intenzity zmien od stanoveného prahu a to približne o 5°C.

V porovnaní 20 najextrémnejších ochladení k termínu 14 h obsahuje letná sezóna (12 prípadov - viz. tab. č. 3) najväčšie zastúpenie daných zmien. Pri opačnom type sú najextrémnejšie oteplenia sezónne rozložené v priebehu roka rovnomernejšie ako ochladenia. Najväčší počet oteplení obsahuje letná sezóna, avšak sezóna pozostáva z dvojnásobného počtu mesiacov ako jarná. Z toho dôvodu je možné tvrdiť, že štatisticky bude v jarných mesiacoch vznikať extrémne oteplenie častejšie ako v lete.

Najextrémnejšia situácia nastala v prípade ochladenia až o 27,3°C (počas 24h). Druhé najsilnejšie ochladenie o 19,6°C je približne o tretinu menšie ako spomínané najsilnejšie (o 27,3°C). Najsilnejšie ochladenie, ktoré nastalo počas silvestrovskej noci z 31.12.1978 na 1.1.1979 prebiehalo intenzitou zmeny až o 3°C za hodinu. Postup studenej fronty cez územie Nemecka pretrvával 2 dni. Následne na Silvestra prekročil hranice v oblasti Krušných Hor a v nočných hodinách sa studený vzduch dostal na územie Prahy (Psika, 2005). Toto ochladenie sa vymedzuje od ostatných najextrémnejších zmien, ktorých rozsah je približne 10°C.

Zmeny odčítané k termínu 14 h				Zmeny odčítané k termínu 7 h			
Ochladenia		Oteplenia		Ochladenia		Oteplenia	
Dátum	Zmena teploty	Dátum	Zmena teploty	Dátum	Zmena teploty	Dátum	Zmena teploty
1.1.1979	-27,3 °C	15.1.1968	14,2 °C	1.1.1979	-21,0 °C	2.1.2003	20,6 °C
10.4.1986	-18,9 °C	2.1.2003	14,0 °C	3.1.1987	-16,7 °C	15.1.1968	18,3 °C
27.4.1962	-15,6 °C	26.1.1995	12,0 °C	7.1.1982	-14,1 °C	28.1.2010	16,0 °C
27.4.1989	-15,4 °C	7.1.2004	11,2 °C	27.1.2010	-13,1 °C	11.1.1986	13,3 °C
7.5.1997	-15,7 °C	7.4.1986	12,4 °C	30.1.1987	-12,9 °C	11.1.1967	12,2 °C
26.7.1963	-18,6 °C	11.4.1983	10,6 °C	1.1.2003	-12,6 °C	8.1.1976	11,5 °C
18.7.2009	-16,1 °C	22.4.1995	10,6 °C	11.1.1964	-11,9 °C	8.1.1979	11,4 °C
5.7.2005	-15,6 °C	3.4.1962	10,5 °C	5.1.2003	-11,7 °C	3.2.1970	17,1 °C
1.7.2003	-15,1 °C	5.4.1961	10,5 °C	10.2.1966	-13,2 °C	8.2.1990	12,3 °C
24.7.1986	-15,1 °C	1.5.1977	11,2 °C	1.2.1998	-12,6 °C	7.2.2006	12,1 °C
11.7.1993	-15,0 °C	2.5.1997	10,6 °C	5.2.2006	-11,4 °C	11.2.2005	12,1 °C
6.8.1990	-18,7 °C	3.6.1974	10,8 °C	20.3.2005	-11,8 °C	8.2.1979	12,0 °C
13.8.1998	-15,8 °C	5.7.1988	11,3 °C	31.5.2005	-12,3 °C	22.2.1978	11,5 °C
23.8.1993	-15,4 °C	15.7.1976	10,6 °C	24.9.2003	-11,3 °C	2.4.1977	12,5 °C
6.8.1985	-15,4 °C	1.8.1992	11,9 °C	9.10.2009	-11,3 °C	26.11.1983	12,0 °C
1.8.1964	-14,7 °C	14.8.1974	10,9 °C	11.11.1985	-11,2 °C	16.11.1963	11,8 °C
10.9.1973	-17,0 °C	21.8.1980	10,9 °C	9.12.1991	-13,6 °C	20.12.2010	16,3 °C
13.9.1962	-16,9 °C	28.10.1980	11,1 °C	21.12.1995	-11,7 °C	18.12.1991	14,6 °C
18.10.1967	-19,6 °C	6.10.1981	10,7 °C	3.12.1961	-11,3 °C	3.12.1969	11,9 °C
6.12.1961	-15,8 °C	24.12.1977	10,9 °C	9.12.1971	-11,3 °C	21.12.2009	11,5 °C

Tabuľka č. 3 Sezónne rozloženie 20 najextrémnejších zmien teploty (modrá - zimná sezóna, žltá - jarná sezóna, zelená - letná sezóna a oranžová - jesenná sezóna)

Pri výbere 20 najextrémnejších teplotných zmien v tab. č. 3, 4, 5, 6 a 7 pozorujeme značnú sezónnu nerovnováhu medzi odčítaním zmeny k termínu 14 h a k termínu 7 h. Rozdiel v analýze zmien pri odčítaní k termínu 14 h a 7 h je spôsobený rozdielnymi faktormi, ktorých výsledkom je samotná extrémna zmena teploty vzduchu.

Nasledujúce tabuľky obsahujú výber 20 najextrémnejších zmien a rozbor daných extrémnych udalostí v závislosti na údají o:

- dátume, kedy bola daná zmena odčítaná (dátum a termín)
- hodnote teplotnej zmeny odčítanej k danému termínu
- prechode fronty súvisiacej s danou zmenou teploty
- stupeň pokrytia oblohy oblakmi
- rýchlosť vetra k danému termínu
- odčítané teploty vzduchu k termínom počas 24h a jednotlivé teplotné rozdiely medzi nimi

Na základe popisu smeru a rýchlosti vetra (advekcia), spolu s informáciou o množstve oblačnosti je vytvorený percentuálny odhadol podielu daného faktoru na vzniku extrémnej zmeny teploty.

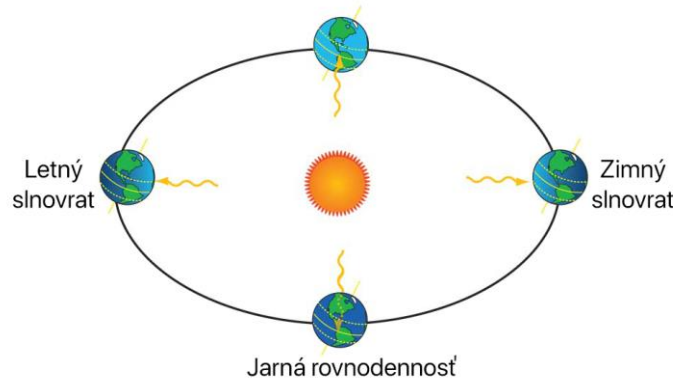
#### **4.3.4. Využitie rozdielných termínov odčítania zmien**

Jednotlivé zložky pôsobiace na daný vývoj teploty vzduchu majú rôzne výsledky v priebehu dňa rovnako ako aj počas rozdielných sezón v ktorých sa vyskytujú. V prípade advekcie chladného alebo teplého vzduchu je zásadný smer prúdenia. Ten prakticky sám definuje typ advekcie. V prípade, že sa jedná o prúdenie vzduchu zo severu je vysoko pravdepodobné, že sa jedná o studenú advekciu. Naopak prúdenie vzduchu (advekcie) z juhu reprezentuje teplú advekciu. V prípade prúdenia vzduchu zo západu, prípadne východu sa nedá jasne vopred stanoviť o aký typ prúdenia sa jedná. V prípade západného prúdenia je pravdepodobné, že bude vplyv advekcie v zimných mesiacoch teplý a v letných studený. Tento rozdiel je spôsobený stálejšou teplotou vzduchu v oblasti Atlantického oceánu, odkiaľ vzduch v prípade západného prúdenia prúdi do strednej Európy. Východné prúdenie je vo väčšine prípadoch spájané s výrazným ochladením.

Vplyv advekcie je na veľkosti zmeny teploty závislý od intenzity prúdenia, resp. rýchlosti vetra. V prípadoch, kedy je smer prúdenia totožný s teóriou ochladenia alebo oteplenia a zároveň pozorujeme výraznú veternú činnosť je zrejmé, že podstatná časť vzniku extrémnej zmeny teploty vzduchu bola zapríčinená práve pôsobením advekcie.

Ďalšou príčinou zmeny môže byť vplyv oblačnosti, ktorá pôsobí na vývoj teploty diametrálne odlišne v závislosti na výskyte v priebehu 24h, resp. deň - noc. Príkladom je prísun oblačnosti v obedňajších, prípadne popoludňajších hodinách v zime. Následne počas zamračenej noci teplota vzduchu k ránnému termínu 7h výrazne neklesá, z dôvodu nízkej úrovne efektívneho vyžarovania. Opačný priebeh pôsobenia nastáva v letných mesiacoch, kedy vysoký pomer oblačnosti počas dňa zamedzí prísunu slnečného žiarenia, čo má vo väčšine prípadov za následok ochladenie, prípadne sa teplota vzduchu počas dňa nezvyšuje. Pôsobenie radiačného ochladzovania je čiastočne riadené dĺžkou nočných a denných hodín. Extrémne prípady ochladenia tohto druhu sa vyskytujú prakticky len v zimných mesiacoch. Hlavným dôvodom je približne až dvojnásobná doba trvania noci v zime v porovnaní s letom. Táto doba sa viaže k letnému a zimnému slnovratu, kedy je najkratšia noc (letný) a naopak noc najdlhšia (zimný). Následne sa rozdiel vyrovnáva bližšie k dňom jarnej a jesennej rovnodennosti.

Tak ako pôsobí oblačnosť na teplotu vzduchu v prípade jej silného pokryvu, ovplyvňuje hodnotu zmeny aj v prípade jej absencie. Extrémne radiačné ochladenie môže nastať obzvlášť v prípade kedy silný pokryv oblačnosti strieda k večerným hodinám jasná obloha. V dôsledku dlhovečného vyžarovania tepla zemským povrchom, ktoré nie je kompenzované spätným žiarením z dôvodu chýbajúcej oblačnosti nastáva strata tepla a ochladenie vzduchu počas noci až o 10°C (viz. tab. č. 6). Zároveň je extrémny prípad radiačného (nočného) ochladenia vyskytujúceho sa v zimných mesiacoch obvykle kombinovaný s miernou advekciou zo severu. Jesenná rovnodennosť



Obr. č. 10 Ilustrácia slnovratu a rovnodennosti, (zdroj, Scijinks.gov 2019)

#### 4.3.4.1. Termín odčítania zmeny k 14 h

Pri termíne 14 h nastávajú extrémne ochladenia po prechode silnej studenej fronty zo západu, prípadne severozápadu. Prechod fronty je častokrát sprevádzaný výraznou studenou advekciou, ktorá sa vo väčšine prípadoch zásadne podieľa na poklese teploty vzduchu. Podstatná časť extrémnych zmien nastáva v intervale 14-21h a následne pokračuje počas noci k dňu, kedy bola odčítaná (ITV). V letných mesiacoch je taktiež pokles teploty umocnený príchodom oblačnosti v deň odčítania zmeny, v dôsledku čoho nebola teplota opätovne zvýšená pôsobením radiácie v dopoludňajších hodinách. Výsledkom môže byť ochladenie v priebehu večerných hodín až o približne 10°C - 16°C (interval 14-21 h) - viz tab. č. 4. Počas dopoludňajších hodín sa vzduch ochladzuje už len mierne, dokonca v niektorých prípadoch nastáva oteplenie pravdepodobne pôsobením radiácie. Sezónna prevaha letných mesiacov v prípade ochladení odčítaných k termínu 14 h je spôsobená prevahou situácií, kde sa prejavuje prechod studenej fronty, pri ktorej je teplotný rozdiel vzduchových hmôt v letných mesiacoch výraznejší. V zimných mesiacoch je intenzita radiácie, resp. teplota vzduchu počas dňa v porovnaní s letnými mesiacmi nižšie. Z toho dôvodu sa väčší teplotný rozdiel v prípade prechodu fronty a následne vyvolaná extrémna zmena teploty vzduchu k 14 h vyskytuje prevažne v letných mesiacoch, viz tab. č.4. Prechod týchto studených front môže byť častokrát v letných mesiacoch sprevádzaný silnými burkami, krupobitím a lejakmi, ktoré sa môžu na zmene teploty vzduchu podieľať rovnako zásadne ako prechod samotného studeného frontu.

Ochladenia	Zmena teploty k 14h	Prechod fronty	Smer vetra	Oblačnosť k termínu (0-10)				Rýchlosť vetra k termínu (m/s)				Teploty a zmeny k termínu (°C)				Príčina zmeny		Ochladenie (14-21h)				
				14 h	21 h	7 h	14 h	14 h	21 h	7 h	14 h	14 h	21 h	7 h	14 h	oblačnosť	advekcia					
1.1.1979	-27,3 °C	SFN	NW	7	10	10	9	18	6	4	2	10,1	-21,9	-11,8	-7,0	-18,8	1,6	-17,2	10%	90%	21,9	
10.4.1986	-18,9 °C	SFS	N	2	7	10	10	7	6	7	11	23,6	-13,8	9,8	-2,5	7,3	-2,6	4,7	50%	50%	13,8	
27.4.1962	-15,6 °C	SFN	N	1	9	10	10	4	2	6	9	23,4	-10,8	12,6	-3,3	9,3	-1,5	7,8	50%	50%	10,8	
27.4.1989	-15,4 °C	SFSW	NE	3	4	10	10	3	4	8	2	21,4	-9,7	11,7	-4,9	6,8	-0,8	6,0	50%	50%	9,7	
7.5.1997	-15,7 °C	SFSW	SW	5	9	9	10	8	9	6	0	23,3	-13,5	9,8	-4,1	5,7	1,9	7,6	10%	90%	13,5	
1.7.2003	-15,1 °C	SFW	N	7	9	10	10	2	3	3	5	30,3	-5,6	24,7	-7,2	17,5	-2,3	15,2	10%	90%	5,6	
5.7.2005	-15,6 °C	SFW	N	5	9	10	10	4	4	7	6	25,6	-5,3	20,3	-7,9	12,4	-2,4	10,0	10%	90%	5,3	
11.7.1993	-15,0 °C	SFW	N	6	10	10	10	7	4	8	7	25,3	-8,7	16,6	-5,5	11,1	-0,8	10,3	10%	90%	8,7	
18.7.2009	-16,1 °C	SFW	W	8	8	9	10	3	1	6	5	29,5	-9,8	19,7	-5,5	14,2	-0,8	13,4	10%	90%	9,8	
24.7.1986	-15,1 °C	SFW	W	7	9	9	10	8	5	9	8	29,2	-12,1	17,1	-2,1	15,0	-0,9	14,1	10%	90%	12,1	
26.7.1963	-18,6 °C	SFW	W	3	5	8	10	1	2	6	6	32,3	-6,5	25,8	-8,6	17,2	-3,5	13,7	50%	50%	6,5	
1.8.1964	-14,7 °C	SFNW	NW	2	5	9	10	2	3	3	4	28,4	-7,3	21,1	-2,8	18,3	-4,6	13,7	50%	50%	7,3	
6.8.1990	-18,7 °C	SFW	S	3	5	8	10	4	5	1	7	33,2	-9,1	24,1	-4,9	19,2	-4,7	14,5	50%	50%	9,1	
6.8.1985	-15,4 °C	SFSW	W	2	6	10	10	9	5	3	7	28,3	-5,1	23,2	-8,4	14,8	-1,9	12,9	50%	50%	5,1	
13.8.1998	-15,8 °C	SFW	N	3	10	8	10	2	3	2	3	35,2	-16,0	19,2	-1,2	18,0	1,4	19,4	50%	50%	16,0	
23.8.1993	-15,4 °C	SFW	N	8	6	10	8	5	5	6	2	29,6	-7,2	22,4	-10,6	11,8	2,4	14,2	10%	90%	7,2	
10.9.1973	-17,0 °C	SFNW	NW	6	9	10	9	5	2	6	9	30,1	-10,0	20,1	-4,3	15,8	-2,7	13,1	10%	90%	10,0	
13.9.1962	-16,9 °C	SFNW	N	5	1	9	10	9	15	6	6	28,8	-8,0	20,8	-6,7	14,1	-2,2	11,9	10%	90%	8,0	
18.10.1967	-19,6 °C	SFNW	W	7	10	5	9	11	11	8	8	23,8	-10,8	13,0	-4,6	8,4	-4,2	4,2	10%	90%	10,8	
6.12.1961	-15,8 °C	SFW	W	9	1	10	10	6	6	6	6	17,8	-6,8	11,0	-7,0	4,0	-2,0	2,0	10%	90%	6,8	
Priemerné hodnoty 20 ochladení ->				5	7	9	10	6	5	6	6	26,5	-9,9	16,6	-5,5	11,1	-1,5	9,6				

SFN/W/S - studený front zo severu/západu/juhu  
N/W/S - smer vetra zo severu/ západu/ juhu

Tabuľka č. 4 20 najextrémnejších ochladení k termínu 14 h



Oteplenia		Prechod fronty	Smer vetra	Oblačnosť k termínu (0-10)				Rýchlosť vetra k termínu (m/s)				Teploty a zmeny k termínu (°C)				Príčina zmeny		Oteplenie (7-14h)				
Dátum	Zmena teploty k 14h			14 h	21 h	7 h	14 h	14 h	21 h	7 h	14 h	14 h	21 h	7 h	14 h	Δ	Δ		oblačnosť radičná	advekčná		
2.1.2003	14,0 °C	OFW	W	10	10	8	10	2	2	7	3	-7,0	3,2	-3,8	9,6	5,8	1,2	7,0	20%	80%	1,2	
7.1.2004	11,2 °C	OFW	W	9	10	10	10	3	2	1	5	-9,9	0,9	-9,0	0,7	-8,3	9,6	1,3	20%	80%	9,6	
15.1.1968	14,2 °C	TFW	W	10	10	10	8	4	4	12	11	-8,3	8,2	-0,1	5,0	4,9	1,0	5,9	80%	20%	1,0	
26.1.1995	12,0 °C	TFW	W	10	10	7	8	6	4	11	7	0,4	0,7	1,1	7,5	8,6	13,8	12,4	0%	100%	3,8	
3.4.1962	10,5 °C	TFSW	S	8	0	8	1	12	4	4	6	7,1	4,5	2,6	0,5	3,1	14,5	17,6	80%	20%	14,5	
5.4.1961	10,5 °C	TFSW	W	9	9	9	9	1	1	0	9	11,8	2,6	9,2	2,7	6,5	15,8	22,3	0%	100%	15,8	
7.4.1986	12,4 °C	TFS	S	9	10	10	6	5	2	2	2	4,5	0,2	4,7	1,1	3,6	13,3	16,9	50%	50%	13,3	
11.4.1983	10,6 °C		S	10	5	9	8	1	3	4	4	9,0	0,9	8,1	2,0	10,1	9,5	19,6	20%	80%	9,5	
22.4.1995	10,6 °C		SE	7	4	2	1	4	2	4	10	15,2	3,4	11,8	0,8	12,6	13,2	25,8	50%	50%	13,2	
1.5.1977	11,2 °C	TFS	S	10	7	10	6	4	3	3	14	14,6	3,7	10,9	2,2	8,7	17,1	25,8	0%	100%	17,1	
2.5.1997	10,6 °C		W	9	3	3	5	3	2	4	2	9,5	4,8	4,7	3,9	8,6	11,5	20,1	80%	20%	11,5	
3.6.1974	10,8 °C		W	9	4	0	4	7	2	6	5	14,7	2,6	12,1	2,5	14,6	10,9	25,5	50%	50%	10,9	
5.7.1988	11,3 °C	TFSW	SE	7	3	9	4	3	1	2	5	19,4	3,1	16,3	1,1	17,4	13,3	30,7	20%	80%	13,3	
15.7.1976	10,6 °C		W	10	8	0	4	4	1	1	1	17,1	0,1	17,0	1,0	18,0	9,7	27,7	80%	20%	9,7	
1.8.1992	11,9 °C		S	10	6	6	8	9	3	2	5	18,1	0,2	18,3	1,5	19,8	10,2	30,0	50%	50%	10,2	
14.8.1974	10,9 °C	TFSW	S	9	6	3	3	8	1	2	5	20,0	2,7	17,3	0,4	16,9	14,0	30,9	50%	50%	14,0	
21.8.1980	10,9 °C	TFW	W	10	9	7	7	6	8	8	16	15,0	2,4	17,4	0,2	17,6	8,3	25,9	0%	100%	8,3	
6.10.1981	10,7 °C	TFSW	S	10	10	4	6	5	2	4	3	12,3	1,0	11,3	1,1	10,2	12,8	23,0	50%	50%	12,8	
28.10.1980	11,1 °C	TFW	S	9	10	6	3	4	9	5	5	8,2	1,9	10,1	0,7	10,8	8,5	19,3	50%	50%	8,5	
24.12.1977	10,9 °C	TFSW	S	10	10	10	9	2	3	10	11	-0,1	0,1	-0,2	5,2	5,0	5,8	10,8	0%	100%	5,8	
Priemerné hodnoty 20-tich oteplení ->				9	7	7	6	5	3	5	6	8,6	0,6	8,0	1,7	9,7	10,2	19,9				
TFW/S - teplý front zo západu / juhu																						
Výrazné oteplenie v dopoludňajších hodinách vplyvom slnečného žiarenia v kombinácii s advekciou																						
OFW - oklúzny front zo západu																						

Tabuľka č. 5 20 najextrémnejších oteplení k termínu 14h

#### 4.3.4.2. Termín odčítania zmeny k 7 h

Vo väčšine prípadov extrémnych oteplení k termínu 14 h je frontálna činnosť rovnako zásadná príčina vzniku extrémnych zmien ako v prípade ochladení. Tá môže byť spojená s výraznou teplou advekciou z južnej prípadne západnej časti Európy. Hovoríme o teplých prípadne oklúzných frontoch s prechodom vo večerných alebo nočných hodinách z juhu alebo západu. Rozdiel medzi otepleniami v teplej a studenej časti roka pozorujeme v odlišnosti výskytu teplotných zmien v priebehu dňa, resp. noci. Vo väčšine prípadov sa silnejšie oteplenie ako k termínu 14 h (24h) prejavuje v dopoludňajších hodinách - viz tab. č. 5 (Oteplenie 7-14 h). V teplej časti roka je dopoludňajšie oteplenie spôsobené najmä slnečným žiarením, prípadne dopĺňané teplou advekciou vzduchu po prechode fronty z juhu alebo západu. Kombinácia týchto faktorov zapríčiňuje oteplenie na poludnie o 10°C - 15°C v priebehu 7 hodín (7-14 h) - viz tab. č.5.

V chladnej časti roka sú extrémne oteplenia vyvolané pôsobením teplej advekcie v kombinácii s prechodom teplého, prípadne oklúzného frontu. Zároveň je v dôsledku silnej oblačnosti miera efektívneho vyžarovania tepla zemským povrchom nízka a počas noci nedochádza k výraznejšiemu radiačnému ochladzovaniu. Výsledkom vplyvu teplej advekcie počas noci môže byť oteplenie až o 9°C v intervale 21-7h.

Ochladenia	Prechod fronty	Smer vetra	Oblačnosť k termínu (0-10)			Rýchlosť vetra k termínu (m/s)			Teploty a zmeny k termínu (°C)			Príčina zmeny		Ochladenie (21-7h)						
			7 h	14 h	21 h	7 h	14 h	21 h	7 h	Δ	7 h	Δ	oblačnosť radičná		advekčná					
1.1.1979 -21,0 °C	SFN	N	10	7	10	10	5,0	18,0	6,0	4,0	2,2	7,9	10,1	-21,9	-11,8	-7,0	-18,8	0%	100%	7,0
1.1.2003 -12,6 °C		N	10	9	0	1	6,0	5,0	5,0	1,0	-2,2	-1,8	-4,0	-5,5	-9,5	-5,3	-14,8	80%	20%	5,3
3.1.1987 -16,7 °C	SFN	N	7	9	10	0	9,0	13,0	10,0	4,0	5,3	0,7	6,0	-12,0	-6,0	-5,4	-11,4	0%	100%	5,4
5.1.2003 -11,7 °C	SFN	N	9	9	9	8	5,0	5,0	5,0	3,0	4,0	-4,7	-0,7	-3,1	-3,8	-3,9	-7,7	0%	100%	3,9
7.1.1982 -14,1 °C	SFN	N	9	6	4	4	15,0	10,0	14,0	8,0	5,9	-8,5	-2,6	-6,0	-8,6	0,4	-8,2	0%	100%	-0,4
11.1.1964 -11,9 °C		N	10	8	4	4	4,0	3,0	4,0	0,0	-7,3	0,8	-6,5	-4,9	-11,4	-7,8	-19,2	80%	20%	7,8
27.1.2010 -13,1 °C		N	10	1	0	0	4,0	3,0	3,0	3,0	-7,2	1,9	-5,3	-7,4	-12,7	-7,6	-20,3	80%	20%	7,6
30.1.1987 -12,9 °C		N	9	3	2	1	6,0	8,0	5,0	7,0	-6,5	0,5	-6,0	-7,1	-13,1	-6,3	-19,4	80%	20%	6,3
1.2.1998 -12,6 °C	SFN	N	10	6	4	1	6,0	5,0	3,0	1,0	-3,2	-3,0	-6,2	-7,2	-13,4	-4,4	-15,8	20%	80%	2,4
5.2.2006 -11,4 °C		N	10	10	9	3	2,0	2,0	2,0	1,0	-3,1	1,6	-1,5	-3,1	-4,6	-9,9	-14,5	80%	20%	9,9
10.2.1966 -13,2 °C	SFN	N	4	10	10	10	9,0	5,0	2,0	1,0	7,2	7,8	-0,6	5,0	-5,6	-0,4	-6,0	0%	100%	0,4
20.3.2005 -11,8 °C	SFN	N	9	9	0	1	6,0	5,0	4,0	2,0	8,2	-4,8	3,4	-5,1	-1,7	-1,9	-3,6	80%	20%	1,9
31.5.2005 -12,3 °C	SFW	W	2	8	10	6	1,0	2,0	5,0	5,0	24,0	0,9	24,9	-7,4	17,5	-5,8	11,7	100%	0%	5,8
24.9.2003 -11,3 °C	SFN	W	7	9	8	3	6,0	4,0	3,0	4,0	18,3	-4,4	13,9	3,7	10,2	-3,2	7,0	0%	100%	3,2
9.10.2009 -11,3 °C	SFN	N	9	9	9	7	7,0	9,0	3,0	2,0	18,1	4,6	22,7	-11,7	11,0	-4,2	6,8	0%	100%	4,2
11.11.1985 -11,2 °C	SFW	W	9	8	9	3	15,0	11,0	13,0	7,0	11,8	-0,1	11,7	-5,5	6,2	-5,6	0,6	0%	100%	5,6
3.12.1961 -11,3 °C	SFW	W	9	7	4	7	6,0	12,0	9,0	4,0	10,0	2,2	12,2	-8,7	3,5	-4,8	-1,3	0%	100%	4,8
9.12.1991 -13,6 °C		N	10	10	10	1	3,0	2,0	3,0	1,0	-0,1	-0,9	-1,0	-1,8	-2,8	-10,9	-13,7	80%	20%	10,9
9.12.1971 -11,3 °C	SFNW	N	9	5	6	6	9,0	14,0	10,0	6,0	2,7	-0,5	2,2	-5,6	-3,4	-5,2	-8,6	0%	100%	5,2
21.12.1995 -11,7 °C	SFN	N	10	10	10	0	6,0	2,0	8,0	3,0	1,8	-1,6	0,2	-1,5	-1,3	-8,6	-9,9	80%	20%	8,6
Priemerné hodnoty 20 ochladení ->			9	8	6	4	7	7	6	3	4,5	-0,9	3,6	-6,7	-3,1	-5,3	-8,4			

SFN/W - studený front zo severu/západu  
Výrazné ochladenie počas noci v dôsledku radiáčného ochladenia

Tabuľka č. 6 20 najextrémnejších ochladení k termínu 7h

V tab. č. 6 je uvedených 20 najextrémnejších ochladiení odčítaných k termínu 7 h. Pri zmene termínu ku ktorému sa viažu pozorované zmeny dochádza k už spomínanej sezónnej nerovnováhe.

Pri analýze extrémnych ochladiení k termínu 7h pozorujeme dve základné situácie pri ktorých môže nastať teplotná zmena extrémneho charakteru. Jednou z nich je radiačné ochladenie počas noci. Kombináciou rozpustenia oblačnosti vo večerných hodinách, mierneho prúdenia vzduchu zo severu a následného radiačného ochladenia v noci vzniká extrémna zmena vyskytujúca sa predovšetkým k termínu 7h. Taktiež pozorujeme prípady kombinácie prechodu studenej fronty a následnej výraznej studenej advekcie vzduchu zo severu, prípadne v letných mesiacoch zo západu. Spolu tvoria tieto faktory, ktoré sú typické pre zimnú sezónu značnú prevahu prípadov, resp. sezónnu nerovnováhu (viz tab. č. 6).

Príčiny sezónnej prevahy prípadov extrémnych oteplení v zimných mesiacoch, pri odčítaní k termínu 7 h (viz. tab. č. 7) súvisia s vplyvom pôsobenia nasledujúcich faktorov. Vo väčšine prípadov sa jedná o extrémne oteplenia v nadväznosti na ranné mínusové teploty odčítané k termínu 7 h. Tie nastali s vysokou pravdepodobnosťou vplyvom radiačného ochladenia z dôvodu malej oblačnosti počas noci. Stav jasného počasia následne pokračoval aj v priebehu dopoludňajších hodín a v kombinácií s teplou advekciou sa teplota vzduchu zásadne zvýšila. Vznik extrémnej zmeny bol však pravdepodobne podmienený následným prechodom teplej, prípadne oklúznej fronty z juhu alebo západu vo večerných hodinách. Prechod frontu má za následok prílev oblačnosti, ktorej výsledkom je nízka hodnota efektívneho vyžarovania, resp. teplota vzduchu počas nočných hodín výrazne neklesá. Prechod fronty je taktiež v prípade extrémnych oteplení sprevádzaný silnou teplou advekciou. Výsledkom kombinácie týchto faktorov je extrémne oteplenie, ktoré je typické pre zimné mesiace a je možné ho analyzovať práve odčítaním zmien k termínu 7 h.

Oteplenia	Zmena teploty k 14h	Prechod fronty	Smer vetra	Oblačnosť k termínu (0-10)			Rýchlosť vetra k termínu (m/s)			Teploty a zmeny k termínu (°C)				Príčina zmeny		Oteplenie (7-14h)						
				7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	14h	21h	7h	Δ	Δ		Δ	Δ	oblačnosť radiácia	advekcia		
2.1.2003	20,6 °C	OFW	S	1	10	10	8	1,0	2,0	2,0	7,0	-14,8	7,8	-7,0	3,2	-3,8	9,6	5,8	50%	50%	7,8	
8.1.1976	11,5 °C	TFW	W	3	9	10	10	2,0	2,0	6,0	4,0	-7,3	7,7	0,4	1,9	2,3	1,9	4,2	50%	50%	7,7	
8.1.1979	11,4 °C	TFW	S	0	3	7	8	4	2	5	5	-18,0	11,3	-6,7	-4,1	-10,8	4,2	-6,6	80%	20%	11,3	
11.1.1986	13,3 °C	TFW	W	10	0	10	10	4,0	4,0	4,0	10,0	-11,6	5,1	-6,5	-0,2	-6,7	8,4	1,7	0%	100%	5,1	
11.1.1967	12,2 °C	TFW	W	3	9	6	9	4,0	2,0	7,0	10,0	-18,8	9,9	-8,9	-1,3	-10,2	3,6	-6,6	80%	20%	9,9	
15.1.1968	18,3 °C	TFW	W	10	10	10	10	2,0	4,0	4,0	12,0	-13,4	5,1	-8,3	8,2	-0,1	5,0	4,9	20%	80%	5,1	
28.1.2010	16,0 °C	OFNW	W	0	9	10	8	3,0	2,0	10,0	12,0	-20,3	11,9	-8,4	1,7	-6,7	12,4	-4,3	50%	50%	11,9	
3.2.1970	17,1 °C	TFW	S	0	0	10	9	2,0	4,0	2,0	13,0	-13,9	9,3	-4,6	0,2	-4,4	7,6	3,2	50%	50%	9,3	
7.2.2006	12,1 °C	TFNW	S	2	1	9	10	1,0	2,0	4,0	9,0	-12,8	7,7	-5,1	-2,1	-7,2	6,5	-0,7	50%	50%	7,7	
8.2.1990	12,3 °C	TFW	S	0	0	8	7	5,0	5,0	5,0	12,0	-1,8	10,9	9,1	-5,4	3,7	6,8	10,5	50%	50%	10,9	
8.2.1979	12,0 °C	OFWSW	S	0	7	10	10	4,0	7,0	5,0	4,0	-11,0	10,4	-0,6	-2,2	-2,8	3,8	1,0	50%	50%	10,4	
11.2.2005	12,1 °C	OFW	S	8	10	10	10	2,0	4,0	10,0	7,0	-9,6	12,2	2,6	0,3	2,9	-0,4	2,5	20%	80%	12,2	
22.2.1978	11,5 °C		S	0	4	3	10	2,0	4,0	5,0	5,0	-17,4	13,9	-3,5	-3,2	-6,7	0,8	-5,9	80%	20%	13,9	
2.4.1977	12,5 °C	TFSW	S	3	10	9	9	6,0	8,0	6,0	7,0	-3,3	10,1	6,8	-0,7	6,1	3,1	9,2	50%	50%	10,1	
16.11.1963	11,8 °C	TFSW	W	3	10	10	9	1,0	4,0	1,0	9,0	-1,8	6,1	4,3	0,1	4,4	5,6	10,0	50%	50%	6,1	
26.11.1983	12,0 °C	TFW	S	10	10	10	10	1,0	8,0	8,0	13,0	-2,6	6,4	3,8	2,5	6,3	3,1	9,4	20%	80%	6,4	
3.12.1969	11,9 °C		W	1	8	9	9	6,0	5,0	7,0	9,0	-14,7	10,1	-4,6	1,1	-3,5	0,7	-2,8	100%	0%	10,1	
18.12.1991	14,6 °C	OFW	S	3	6	10	10	0,0	0,0	3,0	8,0	-12,1	5,3	-6,8	4,6	-2,2	4,7	2,5	50%	50%	5,3	
20.12.2010	16,3 °C	OFWSW	S	10	10	9	7	2,0	1,0	4,0	12,0	-13,3	5,7	-7,6	5,5	-2,1	5,1	3,0	20%	80%	5,7	
21.12.2009	11,5 °C	OFW	S	1	0	10	3	6,0	6,0	4,0	7,0	-15,8	4,3	-11,5	-0,1	-11,6	7,3	-4,3	50%	50%	4,3	
Priemerné hodnoty 20 oteplení ->				3	6	9	9	2,9	3,8	5,1	8,8	-11,7	8,6	-3,2	0,5	-2,7	4,5	1,8				

OFW/SW/NW - oklúzny front zo západu/juhozápadu/severozápadu

TFW/NW/SW - teplý front zo západu/severozápadu/juhozápadu

Výrazné oteplenie v dopoludňajších hodinách vplyvom slnečeného žiarenia a výraznej advekcie

Tabuľka č. 7 20 najextrémnejších oteplení k termínu 7h

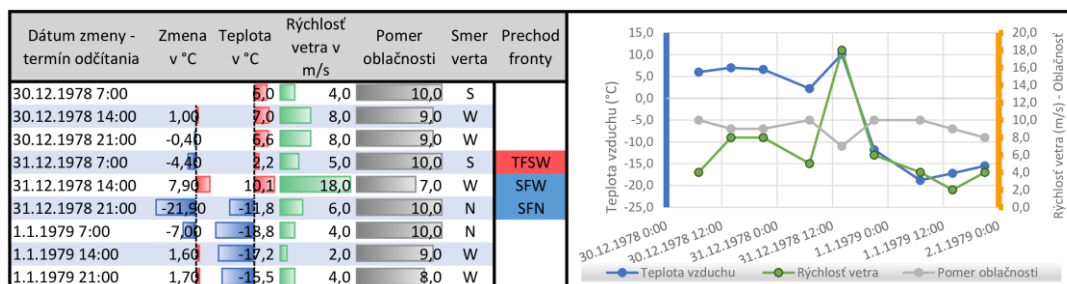
### 4.3.5. Vybrané prípady extrémnych zmien

Táto kapitola obsahuje detailnejší pohľad na vybrané extrémne prípady. Jedná sa o situácie popisujúce základné príčiny vzniku extrémnych zmien v spojitosti s atmosférickými procesmi, ktoré danú situáciu vyvolávajú. Je možné popísať základné typy príčin vzniku, ktoré sa viažu k jednotlivým sezónam.

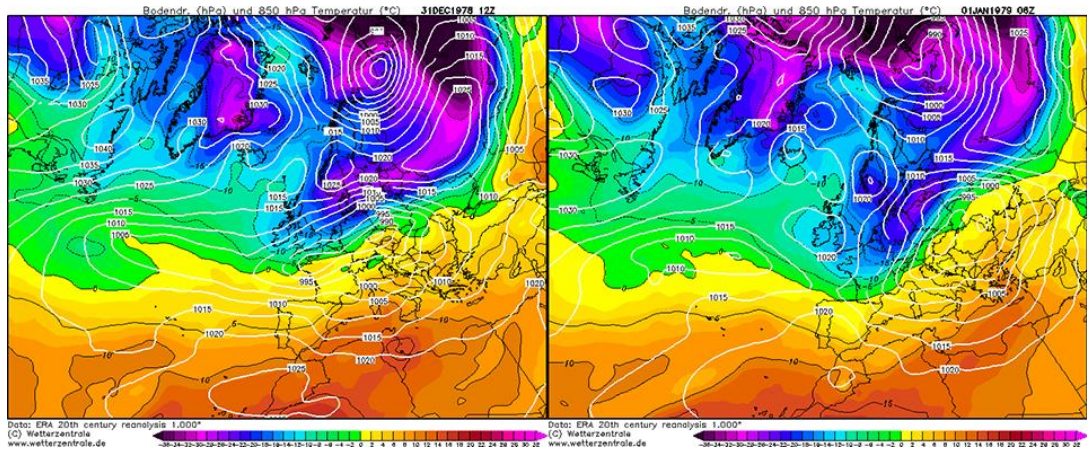
#### Najsilnejšie ochladenie z 31.12.1978 na 1.1.1979

Ako prvý prípad rozoberiem už spomínané najextrémnejšie ochladenie na Silvestra v r. 1978. Extrémne ochladenie nastalo v priebehu popoludňajších hodín dňa 31.12.1978. Prechodom výraznej studenej fronty zo severu vzniklo ochladenie v priebehu 7 hodín až 21,9°C. Následne vplyvom prílevu studeného vzduchu zo severu teplota klesla k termínu 7 h o ďalších 7°C až na -18,8°C. V tab. č. 8 pozorujeme extrémne výraznú advekciu studeného vzduchu, ktorá v kombinácii s prechodom studenej fronty zapríčinila ochladenie o 28,9°C v priebehu 17 hodín. Táto zmena teploty bola podľa informácie o oblačnosti zapríčinená dominantným pôsobením extrémne výraznej studenej advekcie spoločne s prechodom studenej fronty zo severu. Jedná sa o typický prípad extrémneho ochladenia spôsobeného prechodom intenzívnej fronty v spojitosti s advekciou, v tomto prípade v zimnej sezóne.

Toto najextrémnejšie ochladenie sa od ostatných vymedzuje zásadným spôsobom. Keďže táto hodnota nebola zďaleka prekročená v novodobejších dejinách merania teploty vzduchu, jedná sa o tzv. „frontu století“. V porovnaní s ostatnými extrémnymi zmenami teploty vzduchu je tento prípad ochladenia prakticky o 10°C silnejší, čo teoreticky vytvára ďalší druh intenzity zmien teploty vzduchu.



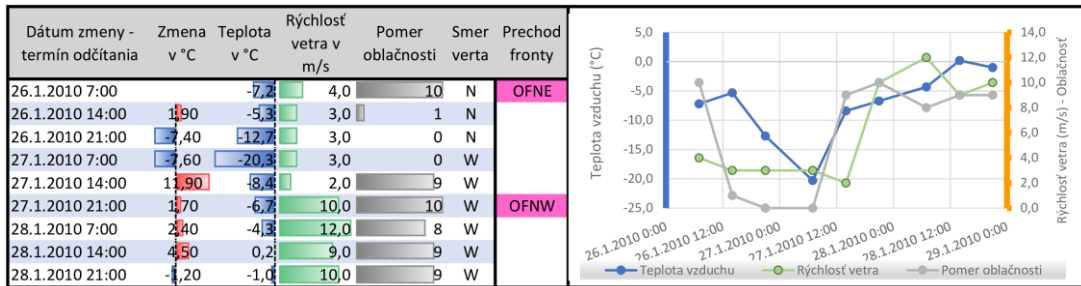
Tabuľka č. 8 Detail najextrémnejšieho ochladenia z 31.12.1978 na 1.1.1979



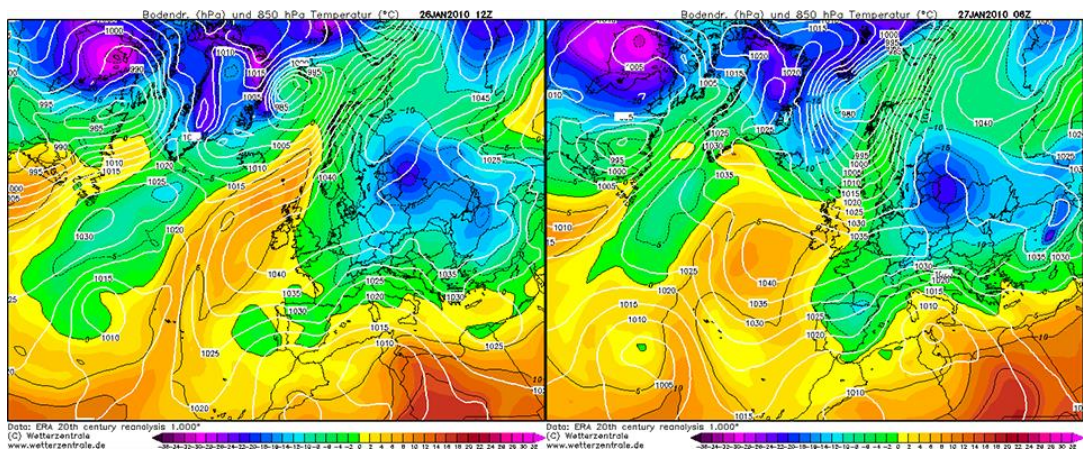
Obr. č. 11 Synoptická situácia 31.12.1978 o 12:00 UTC (vľavo) a 1.1.1979 o 06:00 UTC (vpravo)

### Extrémne ochladenie k 27.1.2010 a extrémne oteplenie k 28.1.2010

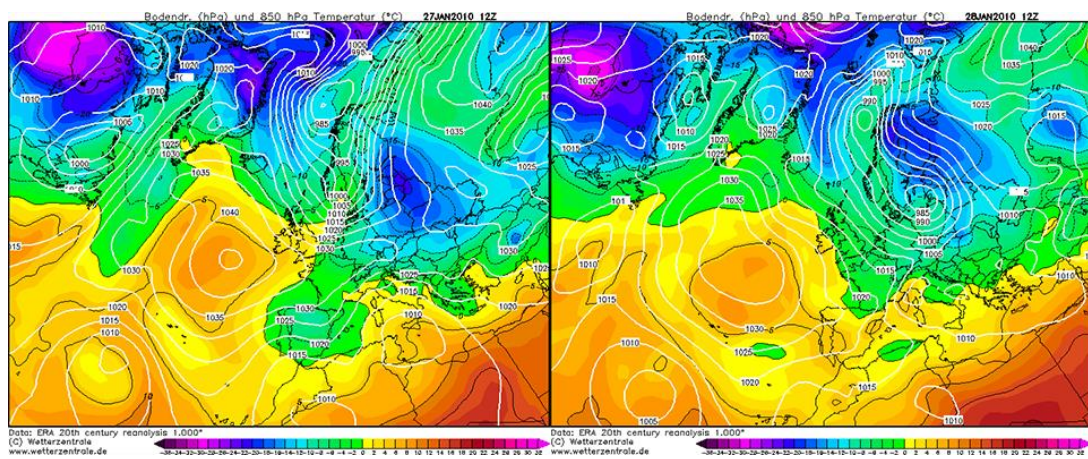
Priebeh extrémneho oteplenia v nadväznosti na extrémne ochladenie v roku 2010 je typickým príkladom poukazujúcim na vplyv oblačnosti a s ňou súvisiacimi radiačnými faktormi na vývoj teploty vzduchu v zimnej sezóne. Vplyvom prúdenia chladného vzduchu zo severu a pôsobenia radiačného ochladenia, z dôvodu nevyskytujúcej sa oblačnosti v noci na 27.1.2010 klesla teplota vzduchu o 15°C v priebehu 17 hodín. Následne sa zmenou smeru advekcie zo západu, ktorá priniesla oblačnosť na sledované územie oteplilo o 11,9°C počas 7 hodín. Vplyvom pôsobenia oblačnosti nebola teplota vzduchu nasledujúce dni výrazne zmenená (viz. tab. č. 9).



Tabuľka č. 9 Detail extrémneho ochladenia k 27.1.2010 a oteplenia k 28.1.2010



Obr. č. 12 Synoptická situácia 26.1.2010 o 12:00 UTC (vľavo) a 27.1.2010 o 06:00 UTC (vpravo)

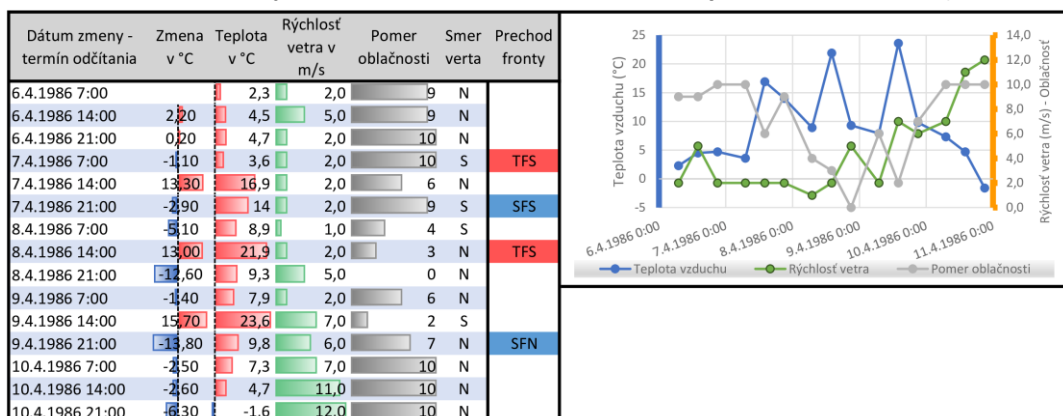


Obr. č. 12 Synoptická situácia 27.1.2010 o 12:00 UTC (vľavo) a 28.1.2010 o 14:00 UTC (vpravo)

### Extrémne oteplenie k 7.4.1986 a ochladenie k 10.4.1986

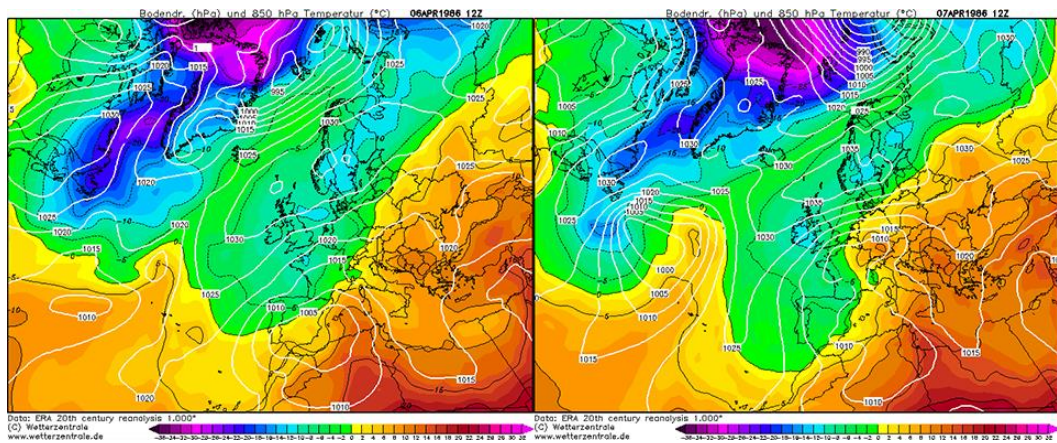
V prípade jarnej sezóny, resp. zmien k 7.4.1986, 8.4.1986 a 10.4.1986 pozorujeme značne rozkolísaný vývoj teplôt vzduchu. V tomto konkrétnom prípade sa jedná o niekoľko po sebe nasledujúcich extrémnych prípadne výrazných oteplení a ochladení (viz. tab. č. 10). Po prechode teplej fronty z juhu sa teplota v dopoludňajších hodinách zvýšila až o 13,3°C. Na zvýšení teploty sa s vysokou pravdepodobnosťou podieľalo aj slnečné žiarenie odhadovanou mierou 50/50 (radiácia/advekcia). Nasledujúci deň sa situácia opakovala avšak po dopoludňajšom oteplení v súvislosti s prechodom teplej fronty a ešte intenzívnejším slnečným žiarením sa k večerným hodinám náhle mení. Vplyvom výraznej studenej advekcie zo severu teplota k termínu 21h klesá o 12,6°C. Následne v súvislosti so zvýšenou oblačnosťou teplota k ranným hodinám neklesá a to aj na vzdory pokračujúcej výraznej studenej advekcie.

Tento prípad popisuje charakter jarnej sezóny, ktorá v prípade extrémnych zmien reprezentuje prechodné obdobie. Pôsobenie teplých a studených front má na teplotný vývoj vzduchu zásadný podiel, avšak je zrejmé, že zásadnejšiu úlohu v prípade jarnej sezóny zohráva pomer oblačnosti nad daným územím. Ak by výrazná studená advekcia k 10.4.1986 neprinášala výraznú oblačnosť, je pravdepodobné, že by teplota klesla omnoho extrémnejšie (viz. tab. č. 10).



Tabuľka č. 10 Detail extrémnych oteplení 7-9.4.1986 a ochladení 8-9.4.1986





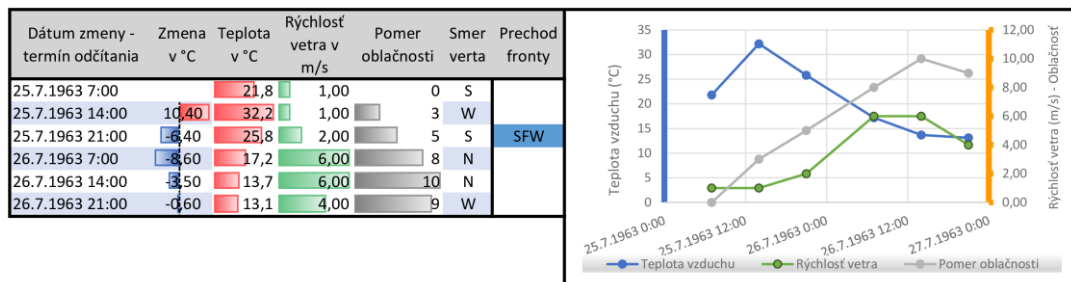
Obr. č. 13 Synoptická situácia k 6.4.1986 o 12:00 UTC (vľavo) a 7.4.1986 o 12:00 UTC (vpravo)

Extrémne ochladenie k 26.7.1963 a oteplenie k 1.5.1977

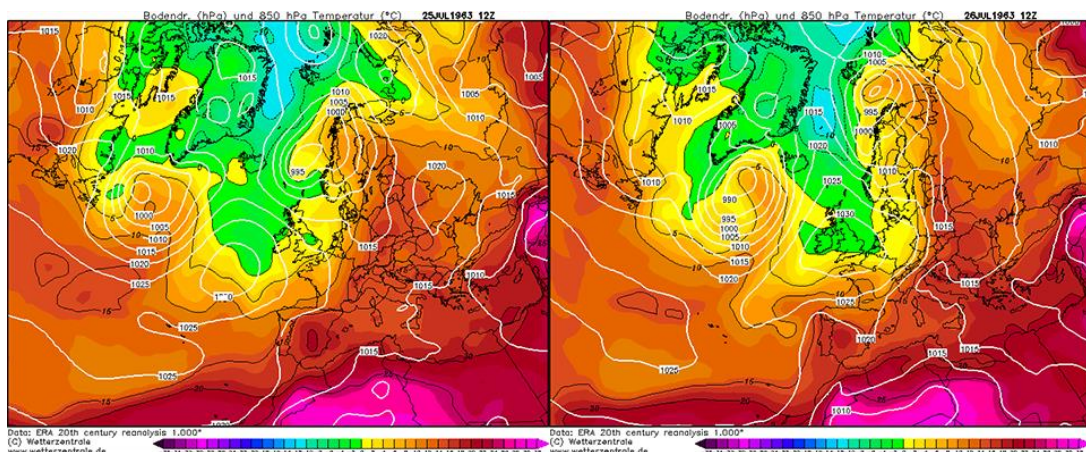
Nasledujúce príklady popisujú typické prípady extrémnych ochladení a extrémnych oteplení, ktoré sa vyskytujú v teplej časti roka.

V obidvoch príkladoch sa jedná o zmeny teploty spôsobené hlavne prechodom studenej alebo teplej fronty v kombinácii pôsobenia advekcie alebo radiačných faktorov.

Po dopoludňajšom oteplení o 10,4°C dôsledkom slnečného žiarenia nastala po prechode studenej fronty zmena smeru prúdenia vzduchu. Následne pôsobením výraznej advekcie zo severu, umocnenej prílevom oblačnosti teplota vzduchu v priebehu 24h klesla o 18,6°C. Toto extrémne ochladenie (viz. tab. č. 11) bolo s najvyššou pravdepodobnosťou vyvolané kombináciou týchto faktorov.

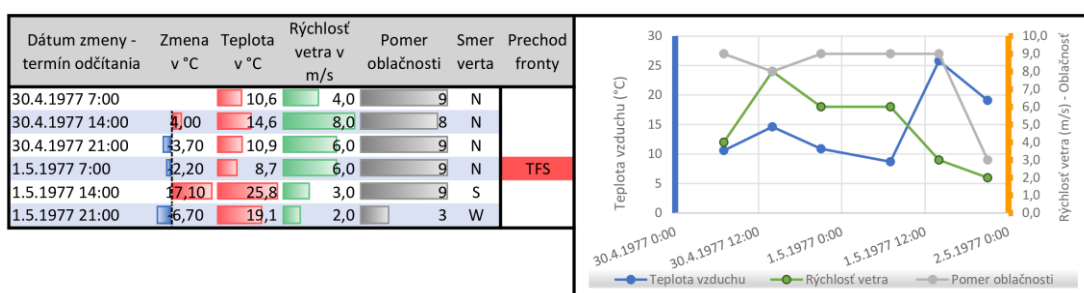


Tabuľka č. 11 Detail extrémneho oteplenia a ochladenia k 26.7.1963

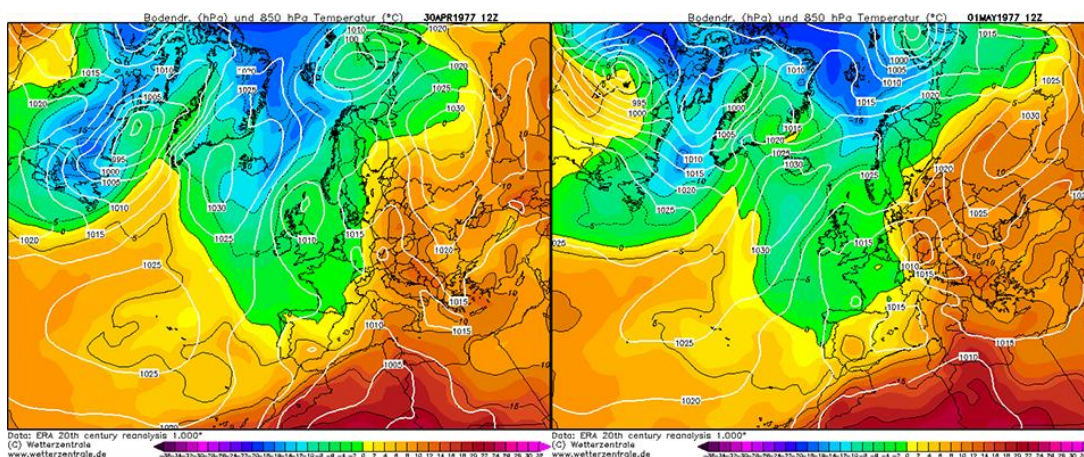


Obr. č. 14 Synoptická situácia k 25.7.1963 o 12:00 UTC (vľavo) a 26.7.1963 o 12:00 UTC (vpravo)

V prípade letnej sezóny sa podobné faktory ako pri vzniku ochladiení prejavujú aj u oteplení. Vo väčšine prípadoch sa jedná o prechody front. V prípade oteplení hovoríme o prechode teplej fronty v kombinácii s výraznou advekciou z juhu prípadne z juhozápadu. Oteplenia sú taktiež vyvolané zmenou smeru prúdenia vzduchu zo severu na južný - juhozápadný vietor. Rovnako môže nastať extrémne oteplenie kombináciou teplej advekcie z juhu a jasného dopoludňajšieho počasia bez oblačnosti. Situácia extrémneho oteplenia k termínu 14h z 1.5.1977 popisuje náhlu zmenu prúdenia v dôsledku prechodu intenzívnej teplej fronty z juhu. Výsledkom je dopoludňajšie oteplenie o 17,1°C v priebehu 7 hodín, na ktorom sa zrejme prakticky nepodieľal radiačný faktor z dôvodu silnej oblačnosti.



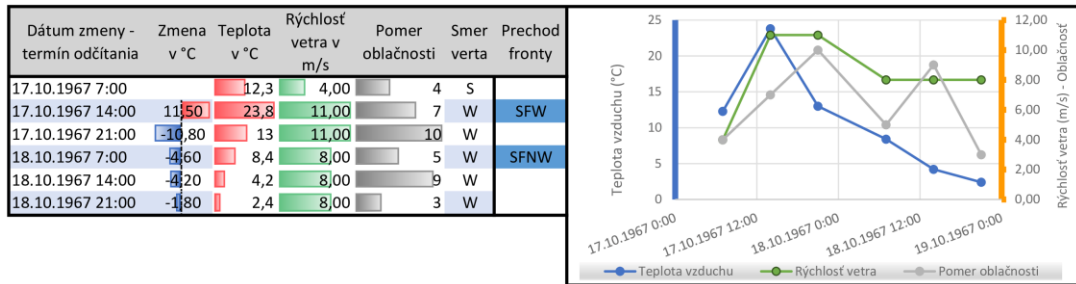
Tabuľka č. 12 Detail extrémneho oteplenia k 1.5.1977



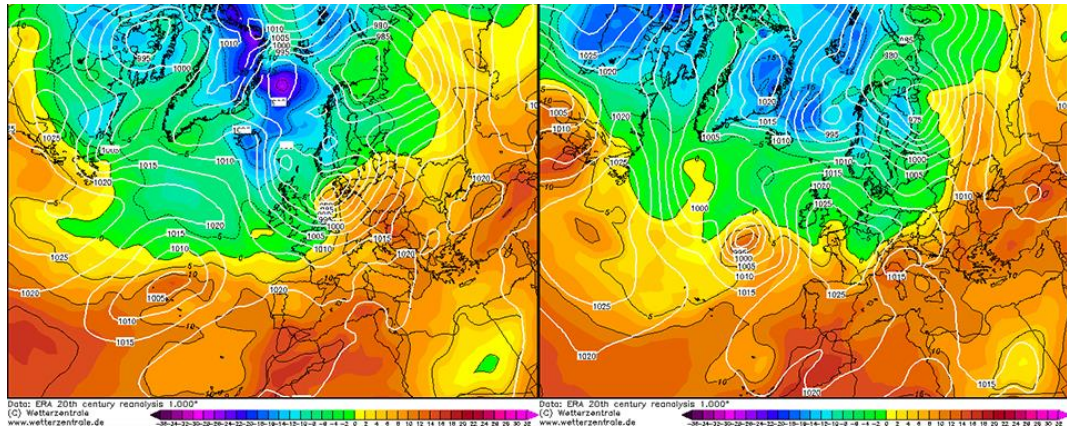
Obr. č. 15 Synoptická situácia k 30.4.1977 o 12:00 UTC (vľavo) a 1.5.1977 o 12:00 UTC (vpravo)

### Extrémne ochladienie k 18.10.1967

Najextrémnejšie zmeny teplôt vzduchu sa v jesennej sezóne v porovnaní s ostatnými sezónami vyskytujú v najnižšom počte. Ako príklad je možné uviesť ochladienie spôsobené prechodom dvoch studených front sprevádzaných výraznou advekciou. V priebehu 24h teplota vzduchu klesla až o 19,6°C. V prípade, že by 18.10.1967 v dopoludňajších hodinách neprešiel cez dané územie druhý studený front (viz. tab. č. 13) je pravdepodobné, že by sa k termínu 14h oteplilo a extrémna zmena by sa vo výpočte neprejavila.



Tabuľka č. 13 Detail extrémneho ochladenia k 18.10.1967



Obr. č. 16 Synoptická situácia k 17.10.1967 o 12:00 UTC (vľavo) a 18.10.1967 o 12:00 UTC (vpravo)

Okrem vyššie uvedených vybraných extrémnych zmien je výber 20 najextrémnejších zmien k termínu 14-14h a 7-7h súčasťou prílohy č. 1 a č. 2. Rovnako obsahuje príloha č. 3 a č. 4 synoptické mapy popisujúce 5 najextrémnejších prípadov ochladení a oteplení k termínu 14h v zimnej a letnej sezóne. Časy prechodov jednotlivých front sú uvedené v UTC. Synoptické situácie sa viažu vždy k 12:00 UTC čo približne odpovedá teplote nameranej v Prahe k termínu 14h.

## 5. DISKUSIA

Extrémne zmeny teploty vzduchu v priebehu 24h - medzidenné zmeny teploty je možné pozorovať a analyzovať viacerými spôsobmi. Či už sa jedná o teploty odčítané v pevne stanovenom čase formou klimatických meraní, ako v prípade tejto diplomovej práce alebo formou maximálnej a minimálnej dennej teploty, ktoré využíval pri analýze vo svojej bakalárskej práci Čašek (2017). Každá z možností prináša o niečo odlišný pohľad na teplotné zmeny. Taktiež sa v rámci rôznych spôsobov určovania teplotných zmien vyskytuje otázka, ktorá z možností reflektuje daný typ a druh teplotných zmien správnejším spôsobom.

Ciaranek (2016) vo svojej štúdií rozpracovala analýzu medzidenných zmien teploty ( $T_1-T_{2-4}$ ), ktorú aplikovala na 5 staníc v rámci územia Poľska. Tým docielila reprezentatívnejšie výsledky čo sa týka analýzy výskytu extrémnych zmien v priebehu totožného časového obdobia s akým pracuje aj táto diplomová práca. V jej práci však neanalyzuje zastúpenie jednotlivých zmien v rámci sezónneho rozdelenia a taktiež sa nezaobrá príčinami ich vzniku.

Všeobecne sa v dostupných zahraničných zdrojoch práce podobného zamerania prakticky neobjavujú. Tento fakt prezentuje aj Čašek (2017). Viacero štúdií sa zameriava na analýzu DTR ako napr. (Braganza, Karoly, & Arblaster, 2004) či (Lobell, 2007), avšak nie na medzidenné zmeny, prípadne ich sezónny vývoj.

Táto práca analyzuje výskyt extrémnych medzidenných zmien v priebehu 50 rokov len z jednej meteorologickej stanice Praha - Ruzyně. Pre prípad reprezentatívnejších výsledkov pre celé územie ČR by bolo nutné analyzovať dáta z viacerých a geograficky odlišne umiestnených staníc. Rovnako by bolo možné využiť k analýze vybraných extrémnych prípadov hodinové merania teploty vzduchu, čím by sa zvýšila náročnosť výpočtu zmien rovnako však kvalita výsledkov.

V prípade analýzy teplotných medzidenných zmien odčítaných rovnakým spôsobom ako v tejto diplomovej práci - klimatické merania odčítané v priebehu 24h (medzidenné zmeny) je pravdepodobné, že sa náhle výkyvy teploty vzduchu v priebehu len niekoľkých hodín v analýze neprejavia. Naopak zásadnou nevýhodou analýzy teplotných zmien z meraní maximálnych a minimálnych hodnôt v daný deň je chýbajúca informácia o čase, kedy daná hodnota nastala v priebehu

dňa. V tom prípade môže byť následná analýza príčiny vzniku tejto zmeny zložitejšia, či v niektorých prípadoch nesprávne určená.

Pri spôsobe odčítania medzidenných teplotných zmien k vybranému klimatickému termínu (7h, 14h alebo 21h) sa častokrát vo výsledku neprejavia niektoré druhy extrémnych oteplení a ochladení. Tie sú však pre pochopenie a určenie príčiny vzniku nielen konkrétnej extrémnej udalosti ale aj samotného druhu týchto zmien veľmi zásadné.

V tejto diplomovej práci je ako základný zvolený klimatický termín 14h MSSČ. Tento čas je vhodný použiť pri analýze extrémnych ochladení spôsobených prechodom intenzívnej studenej fronty a to najmä v letných mesiacoch. Taktiež reflektuje extrémne oteplenia, vyskytujúce sa hlavne v letných mesiacoch spojené s dopoludňajším oteplením vplyvom slnečného žiarenia. Odčítanie zmien k tomuto termínu však nie je vhodné pri analýze extrémnych zmien teplôt vzduchu v prípade zimných mesiacov, pri ktorých sa vo výsledku neprejavuje v plnej miere zásadný vplyv radiačného ochladzovania.

Pri analýze extrémnych ochladení, ktoré sa vyskytujú v zimnej sezóne sa javí odčítanie teplotných medzidenných zmien k termínu 7h MSSČ ako vhodnejšie. Reprezentatívnejšie popisuje charakter a príčinu vzniku týchto extrémnych situácií. V prípade extrémnych ochladení k termínu 7h sa vyskytuje druh zmien, ktoré pri termíne 14h nie je možné zdokumentovať. Jedná sa o zmeny teploty v nočných hodinách, ktoré sú v zimných mesiacoch spôsobené prevažne absenciou oblačnosti, hovoríme o tzv. radiačných ochladieniach. Následne vyvolaná zmena teploty sa v najvyššej možnej miere prejaví práve v ranných hodinách, resp. k termínu 7h.

V tejto práci je zároveň vytvorené vlastné sezónne rozdelenie, s odlišným počtom mesiacov v prípade hlavných (zima-letno) a prechodných sezón (jar-jeseň). Toto rozdelenie na rozdiel od ostatných dostupných prác presnejšie odpovedá zastúpeniu výrazných a extrémnych zmien v priebehu roka.

Sezónna nerovnováha v prípade rozloženia 20 najextrémnejších prípadov počas roka je výsledkom práve rozdielnych termínov odčítania týchto zmien. Pri termíne 7h sa prejavujú extrémne zmeny teploty predovšetkým v zimných mesiacoch. To značí, že podstatná časť zmeny teplôt v zimnom období je formovaná práve v nočných hodinách.

Naopak prevaha extrémnych ochladení v letnej sezóne k termínu 14 h spočíva v ochladení k večerným, prípadne nočným hodinám v dôsledku prechodu

studených front. Extrémny pokles v prípade týchto zmien je spôsobený hlavne výrazným teplotným rozdielom na stranách front, ktorý je v letných mesiacoch v porovnaní so zimnou sezónou značne dominantný.

Sezónna prevaha jarných, resp. letných extrémnych oteplení k termínu 14 h je zapríčinená prevahou prípadov, kedy sa na danej zmene podieľa radiačné oteplenie v dopoludňajších hodinách zásadným spôsobom. Intenzita radiácie je v prípade letnej (jarnej) sezóny v porovnaní so zimnou silnejšia, z toho dôvodu sa extrémne oteplenia zapríčinené radiačným oteplením v zimnej sezóne vyskytujú v menšom počte. Na základe týchto poznatkov je možné tvrdiť, že je spôsob analýzy extrémnych radiačných oteplení formou odčítania zmien k tomuto termínu najvhodnejší.

Na základe analýzy extrémnych zmien je možné získať prehľad o pravdepodobnosti výskytu extrémnych udalostí. V rámci sledovaného 50 ročného obdobia dominuje ochladenie na Silvestra r. 1978, ktorého veľkosť ( $27,3^{\circ}\text{C}$  pri odčítaní k termínu 14h) je čisto ojedinelá. Ostatné extrémne ochladenia odčítané k tomuto termínu sa svojou hodnotou pohybujú od približne  $15^{\circ}\text{C}$  do maximálne  $20^{\circ}\text{C}$ . Rovnako vzácny je aj sezónny výskyt tejto zmeny, keďže v ostatných prípadoch extrémne situácie nastali v teplej časti roka. Extrémne ochladenie o  $15^{\circ}\text{C}$  a viac nastáva približne raz za 2-3 roky, na rozdiel od ochladení od  $10^{\circ}\text{C}$  do  $15^{\circ}\text{C}$  kedy nastáva zmena priemerne každé 2-3 mesiace.

## 6. ZÁVER

Výsledky tejto diplomovej práce poukazujú na značnú dôležitosť vhodne zvolených termínov odčítania zmeny teploty vzduchu v závislosti od sezóny a faktoru, ktorý podnecuje vznik extrémnej udalosti. Rovnako slúži popis výskytu extrémnych zmien v určitej sezóne ako náhľad na jej vývoj a teplotný charakter zmien, ktorý je v závislosti na sezóne odlišný.

V práci sú medzidenné zmeny teploty vzduchu rozdelené do základných skupín na základe analýzy ich početnosti a kvantilového rozdelenia. Jednotlivé skupiny sú následne vzájomne porovnávané s dôrazom na sezónne rozdelenie, ktoré je v práci určené nerovnomerne v nadväznosti na priemerný výskyt extrémnych medzidenných zmien teploty vzduchu.

Najsilnejšie extrémny sú taktiež v priebehu roka rozložené nerovnomerne čo sa týka jednotlivých sezón. Táto práca popisuje dôvody a príčiny ich vzniku, rovnako ako aj vysvetlenie sezónnej nerovnováhy ich výskytu.

Pri analýze najextrémnejších situácií vzniká nerovnomerné sezónne rozloženie výskytu týchto zmien, ktorého príčina je detailne popísaná a je súčasťou tejto práce.

## 7. PREHĽAD LITERATÚRY A POUŽITÝCH ZDROJOV

- Athensga Weather. (2019). *Meteorology 101: Weather Fronts*. Dostupné na Internete: <https://www.athensgaweather.com/meteorology-101-pressure-fronts/> - [cit. 15.3.2019]
- Augustyn, A., & kol. (1998). *ENCYCLOPEDIA BRITANNICA - Turbulent flow*. Dostupné na Internete: <https://www.britannica.com/science/turbulent-flow> - [cit. 2.11.2018]
- Bednář, J., & Kopáček, J. (2005). *Jak vzniká počasí*. Praha: Karolinum.
- Bennett, D. (25. 4 2017). *The Difference between Convection & Advection Heat Transfers - Sciencing*. Dostupné na Internete: <https://sciencing.com/difference-convection-advection-heat-transfers-8479535.html> - [cit. 16.3.2019]
- Beranová, R., & Kyselý, J. (2013). Relationships between the North Atlantic Oscillation index and temperatures in Europe in global climate models. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 57, 138-153.
- Beranová, R., & Huth, R. (2008). Time variations of the effects of circulation variability modes on European temperature and precipitation in winter. *International Journal of Climatology*, 28, 139-158.
- Bergeron, T. (1934). *Trojrozměrné sloučený synoptický rozbor část 1. Zásadní úvod do problémů tvoření se vzduchových hmot a front. Preklad B. L. Dzerdzejevsky*. Moskva : Ústřední správa jednotné hydrometeorologické služby (CUEGMS).
- Braganza, K., Karoly, D. J., & Arblaster, J. M. (2004). Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical Research Letters*, 31, 31.
- Brázdil, R., & Štekl, J. a. (1999). *Klimatické poměry Milešovky*. Praha: Akademie věd ČR.
- Brimich, L. (2019). *Otvorená akadémia SAV - Fyzikálne vlastnosti a rozloženie fyzikálnych polí Zeme*. Dostupné na Internete: <http://otvorenaakademia.sav.sk/vyskumne-programy/medzi-zemou-a-vesmirom/vt-1-fyzikalne-vlastnosti-a-rozlozenie-fyzikalnych-poli-zeme/> - [cit. 9.12.2018]
- Cattiaux, J., & kol. (2015). Projected increase in diurnal and interdiurnal variations of European summer temperatures. *Geophysical Research Letters*, 42, 899-907, 3, 92.
- Ciaranek, D. (2016). KRÓTKOTERMINOWE ZMIANY MAKSYMALNEJ TEMPERATURY POWIETRZA W PÓŁROCZU CHŁODNYM W POLSCE. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus* 15, 49–58.
- Čašek, M. (2017). PRUDKÉ MEZIDENNÍ POKLESY TEPLoty VZDUCHU A JEJICH SEZONALITA. Praha: UNIVERZITA KARLOVA - Přírodovědecká fakulta, Bakalárska práca.



- ČHMÚ. (2019). *Meteorologie - Praha Ruzyně*. Dostupné na Internetu: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/praha-ruzyne> - [cit. 14.1.2019]
- ČHMÚ. (2019). *Přechody atmosférických front přes Prahu*. Dostupné na Internetu: <http://synopinfo.wz.cz/fronty/statist/index.htm> - [cit. 18.2.2019]
- ČMeS. (2017). *Elektronický meteorologický slovník*. Dostupné na Internetu: [www.slovník.cmes.cz/heslo/3705](http://www.slovník.cmes.cz/heslo/3705) - [cit. 20.3.2019]
- Ebi, K. L., & kol. (2004). Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983–1998. *International Journal of Biometeorology*, 49, 48-58.
- European Space Agency. (2018). *Aeolus wows with first wind data*. Dostupné na Internetu: <https://phys.org/news/2018-09-aeolus-wows.html> - [cit. 3.2.2019]
- Gardiner, L. (2008). *Windows 2 Universe - The North Atlantic Oscillation*. Dostupné na Internetu: <https://www.windows2universe.org/earth/climate/nao.html> - [cit. 15.11.2018]
- Glogster. (2015). *Cold fronts*. Dostupné na Internetu: <https://edu.glogster.com/glog/ericprocunier-105-assessment-22-2015/2c3rll7iqdq> - [cit. 17.2.2019]
- Harrington, J., & Oliver, J. E. (2007). Understanding and Portraying the Global Atmospheric Circulation. *Journal of Geography*, 99, 23-31.
- Hatfield, J. L., Sauer, T. J., & Prueger, J. H. (2005). Radiation balance. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 355-359.
- Chromov, S. P. (1937). *Úvod do synoptického rozboru počasí*. Praha: Vojenský ústav vědecký.
- Chromov, S. P. (1968). *Meteorológia a klimatológia*. Bratislava: Vydavateľstvo slovenskej akadémie vied.
- Jessa, T. (2011). *What is a Warm Front ? - Universe Today*. Dostupné na Internetu: <https://www.universetoday.com/85351/what-is-a-warm-front/> - [cit. 6.4.2019]
- Kobzová, E. (1998). *Počasí: knížka pro každého*. Olomouc: Rubico.
- Kopáček, J., & Bednář, J. (2005). *Jak vzniká počasí*. Praha: Karolinum.
- Král, V. (1999). *Fyzická geografie Evropy*. Praha: Academia.
- Lobell, D. B. (2007). Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 145, 229-238.
- Mapy.cz. (25. 2 2019). *Letecké mapy*. Dostupné na Internetu: <https://sk.mapy.cz/letecka> - [cit. 23.1.2019]
- Moberg, A., & kol. (2002). Daily Air Temperature and Pressure Series for Stockholm (1756–1998). *Climatic Change*, 53, 171-212.
- Molnár, F. (1970). *Synoptická meteorologie*. Praha: Hydrometeorologický ústav.

- Mulqueen, K. C., & Schultz, D. M. (2015). Non-classic extratropical cyclones on Met Office sea-level pressure charts: double cold and warm fronts. *Weather*, 70, 100-105.
- Munzar, J., Krška, K., & Sobíšek, B. (1993). *Meteorologický slovník výkladový & terminologický*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR.
- Netopil, R. (1984). *Fyzická geografie I*. Praha: SPN - Státní pedagogické nakladatelství.
- NOAA. (2019). *The Earth-Atmosphere Energy Balance - National Weather Service*. Dostupné na Internetu: <https://www.weather.gov/jetstream/energy> - [cit. 6.4.2019]
- NOAA SciJinks. (2019). *Solstice*. Dostupné na Internetu: <https://scijinks.gov/review/solstice/> - [cit. 9.4.2019]
- Plavcová, E., & Kyselý, J. (2010). Relationships between sudden weather changes in summer and mortality in the Czech Republic, 1986–2005. *International Journal of Biometeorology*, 54, 539-551.
- Psika, T. (2005). *Masivní ochlazení na Silvestra 1978 - 79*. Dostupné na Internetu: <http://www.psika.cz/meteorologie/extremni-pocasi/masivni-ochlazení-na-silvestra-1978-79> - [cit. 15.2.2019]
- Radová, M., & Kyselý, J. (2009). Temporal instability of temperature singularities in a long-term series at Prague-Klementinum. *Theoretical and Applied Climatology*, 95, 235-243.
- Rodwell, M. J. (1999). Oceanic forcing of the wintertime North Atlantic Oscillation and European climate. *Nature*, 398, 320-323.
- Ruda, A. (2014). *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele*. Dostupné na Internetu: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz\\_geogr/web/pages/04-cirkulace.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/04-cirkulace.html) - [cit. 27.11.2018]
- Schär, C., & kol. (2004). The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332–336.
- Soukup, L. (7. 2 2017). *Česká meteorologická společnost - 50 let letecké meteorologické stanice a služby na letišti Praha-Ruzyně*. Dostupné na Internetu: <http://www.cmes.cz/cs/node/361> - [cit. 20.1.2019]
- Tam, B. & Gough, W. (2012). Examining past temperature variability in Moosonee, Thunder Bay, and Toronto, Ontario, Canada through a day-to-day variability framework. *Theoretical and Applied Climatology*, 110, 103–113.
- Thurman, H., & Trujillo, A. (2005). *Oceánografie*. Praha: Computer Press.
- Time and Date AS 1995-2019. (2019). *Day and Night World Map - Time and Date*. Dostupné na Internetu: <https://www.timeanddate.com/worldclock/sunearth.html> - [cit. 7.4.2019]
- Tolasz, R. (2008). *Kartografické listy*. Dostupné na Internetu: <http://gis.fns.uniba.sk/kartografickelisty/archiv/KL16/10.pdf> - [cit. 22.12.2018]

Trizna, M. (2007). *Meteorológia, klimatológia a hydrológia pre geografov*. Bratislava: Geo-grafika.

Vysoudil, M. (2014). *Základy fyzické geografie 1 Meteorologie a klimatologie*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci .

Wetterzentrale. (2019). *Archiv - ERA*. Dostupné na Internete: <http://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.php?map=1&model=era&var=1> - [cit. 22.3.2019]

WMO. (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. Dostupné na Internete: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_8\\_en-2012.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_8_en-2012.pdf) - [cit. 16.11.2018]

## 8. ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV, TABULIEK A GRAFOV

Obrázok č. 1: Základné pohyby vzduchu v atmosfére

Obrázok č. 2: Schéma všeobecnej cirkulácie atmosféry

Obrázok č. 3: Kladná a záporná fáza NAO

Obrázok č. 4: Vznik a vývoj cyklóny

Obrázok č. 5: Schéma teplého frontu

Obrázok č. 6: Studený front druhého typu

Obrázok č. 7: Typy oklúzných front

Obrázok č. 8: Priebeh teploty vzduchu najsilnejšieho ochladenia počas sledovaného obdobia

Obrázok č. 9: Mapa ČR s vyznačením polohy meteostanice Praha - Ruzyně.

Obrázok č. 10: Ilustrácia slnovratu a rovníkovej rovnodennosti

Obrázok č. 11: Synoptická situácia k 31.12.1978 o 12:00 a 1.1.1979 o 06:00

Obrázok č. 12: Synoptická situácia k 27.1.2010 o 12:00 a 28.1.2010 o 14:00

Obrázok č. 13: Synoptická situácia k 6.4.1986 o 12:00 a 7.4.1986 o 12:00

Obrázok č. 14: Synoptická situácia k 25.7.1963 o 12:00 a 26.7.1963 o 12:00

Obrázok č. 15: Synoptická situácia k 30.4.1977 o 12:00 a 1.5.1977 o 12:00

Obrázok č. 16: Synoptická situácia k 17.10.1967 o 12:00 a 18.10.1967 o 12:00

### **Tabuľky:**

Tabuľka č. 1: Počet zmien pre kompletný súbor ochladení a oteplení odčítaných k 14:00

Tabuľka č. 2: Počty prípadov a hodnoty kvantilového rozdelenia pre jednotlivé sezóny, termíny a typy zmien teplôt vzduchu nad  $\pm 5^{\circ}\text{C}$

Tabuľka č. 3: Sezónne rozloženie 20 najextrémnejších zmien teploty

Tabuľka č. 4: 20 najextrémnejších ochladení k termínu 14 h

Tabuľka č. 5: 20 najextrémnejších oteplení k termínu 14h

Tabuľka č. 6: 20 najextrémnejších ochladení k termínu 7h

Tabuľka č. 7: 20 najextrémnejších oteplení k termínu 7h

Tabuľka č. 8: Detail najextrémnejšieho ochladenia z 31.12.1978 na 1.1.1979

Tabuľka č. 9: Detail extrémneho ochladenia k 27.1.2010 a oteplenia k 28.1.2010

Tabuľka č. 10: Detail extrémnych oteplení 7-9.4.1986 a ochladení 8-9.4.1986

Tabuľka č. 11: Detail extrémneho oteplenia a ochladenia k 26.7.1963

Tabuľka č. 12: Detail extrémneho oteplenia k 1.5.1977

Tabuľka č. 13: Detail extrémneho ochladenia k 18.10.1967

### **Grafy:**

Graf č. 1: Časová rada teploty vzduchu Praha - Ruzyně

Graf č. 2: Rozdelenie teplotných zmien

Graf č. 3: Porovnanie počtu výrazných zmien a extrémnych zmien

Graf č. 4: Priemerné zastúpenie výrazných zmien nad  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  v priebehu roka

Graf č. 5-9: Percentuálne zastúpenie miernych zmien daných sezón

Graf č. 10-13: Sezónne porovnanie percentuálneho zastúpenia jednotlivých výrazných a extrémnych zmien

## 9. ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1: Synoptická situácia pre 5 prípadov najextrémnejších ochladení  
odčítaných k termínu 14h vyskytujúcich sa v zimnej sezóne

Príloha č. 2: Synoptická situácia pre 5 prípadov najextrémnejších ochladení  
odčítaných k termínu 14h vyskytujúcich sa v letnej sezóne

Príloha č. 3: Synoptická situácia pre 5 prípadov najextrémnejších oteplení  
odčítaných k termínu 14h vyskytujúcich sa v zimnej sezóne

Príloha č. 4: Synoptická situácia pre 5 prípadov najextrémnejších oteplení  
odčítaných k termínu 14h vyskytujúcich sa v letnej sezóne