

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geografie

Michael BOLHA

**PRÍSPEVOK K ŠTÚDIU TEPLOTNÝCH INVERZIÍ  
V OLOMOUCI A OKOLÍ**

**CONTRIBUTION TO STUDY OF TEMPERATURE  
INVERSIONS IN OLOMOUC AND ITS SURROUNDINGS**

Bakalárska práca

Vedúci práce:

*doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.*

Olomouc 2013

## Bibliografický záznam

- Autor (osobné číslo):** Michael Bolha (R10119)
- Študijný obor:** Regionálna geografia
- Názov práce:** Príspevok k štúdiu teplotných inverzií v Olomouci a okolí
- Title of thesis:** Contribution to study of temperature inversions in Olomouc and its surroundings
- Vedúci práce:** doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc
- Rozsah práce:** 54 strán
- Abstrakt:** Cieľom tejto práce je analyzovať a popísať základné charakteristiky teplotných inverzií v mestskej a prímestskej krajine Olomouce počas radiačných dní klimatického roku 2011. Skúmané sú dĺžky trvania a intenzity inverzií v jednotlivých ročných obdobiach na troch vybraných výškových profiloch. Zisťoval sa taktiež vplyv prevládajúcej poveternostnej situácie na početnosť a intenzitu teplotných inverzií. Spracovávané sú 10 minútové a hodinové merania.
- Kľúčové slová:** teplotná inverzia, mestská klíma, Olomouc, radiačné dni, MESSO
- Abstract:** The aim of this thesis is to analyze and describe the basic characteristics of temperature inversions in urban and suburban landscape during radiative days of climatic year 2011. The duration and intensity of inversions in all seasons in selected vertical profiles are examined. The effect of prevailing weather situation on the occurrence frequency and intensity of temperature inversions was also investigated. 10 minute and hourly measurements are processed
- Keywords:** temperature inversion, urban climate, Olomouc, radiative day, MESSO

Prehlasujem, že som zadanú bakalársku prácu vypracoval samostatne za použitia literatúry a zdrojov uvedených v zozname.

V Olomouci 10. 5. 2013

.....

### **Pod'akovanie**

Rád by som touto cestou pod'akoval pánovi doc. RNDr. Miroslavovi Vysoudilovi, CSc. za ochotu pri vedení mojej bakalárskej práce, za všetky odborné rady a pripomienky. Pod'akovanie patrí taktiež pracovníkom Českého hydrometeorologického ústavu, pobočky Praha, hlavne pánovi RNDr. Lubosovi Němcovi za cenné konzultácie.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michael BOLHA**  
Osobní číslo: **R10119**  
Studijní program: **B1301 Geografie**  
Studijní obor: **Regionální geografie**  
Název tématu: **Příspěvek ke studiu teplotních inverzí v Olomouci a okolí**  
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je analyzovat a popsat výskyt teplotních inverzí v Olomouci a okolí pro radiační dny v roce 2011 na základě dat z Metropolitní staniční sítě v Olomouci.

Předběžná struktura práce

1. Úvod
2. Cíle, rešerše literatury, metody
3. Analýza meteorologického jevu - teplotní inverze
4. Zhodnocení časových řad (databáze)
5. Výsledky a jejich diskuze
6. Závěr
7. Seznam literatury

Summary

Přílohy a volné přílohy

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání

Rozsah pracovní zprávy: 5 000 - 8 000 slov

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**  
Rozsah pracovní zprávy: **5 000 - 8 000 slov**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

- GELETIČ, J., VYSOUDIL, M. (2012):** Analysis of surface temperatures in urban and suburban landscapes from satellite thermal images: a case study of Olomouc and its environs, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, Vol. 20, No. 1, p. 55-69. ISSN 1210-8812.
- NOSEK, M. (1972):** *Metody v klimatologii*. Praha: Československá akademie věd, 434 s.
- POLČÁK, N. (2001):** Analýza teplotných inverzií v Banskej Bystrici na základe terénnych pozorovaní. In: **TURISOVÁ, Ingrid.** Ekologická diverzita modelového územia Banskobystrického regiónu: zborník referátov z celoslovenskej vedeckej konferencie (Banská Bystrica, 8.11. 2001). Banská Bystrica: Fakulta prírodných vied UMB Banská Bystrica, s. 55-65. ISBN 80-228-1123-8.
- PROŠEK, P., REIN, F. (1982):** *Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry*. Brno: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 237 s.
- SOBÍŠEK, B. (1993):** *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, s. 119-120, 130. ISBN 80-85368-45-5.
- VYSOUDIL, M. (2008):** Surface atmosphere layer temperature regime: case study of the Nature park Bystrice river valley, the Nížký Jeseník highland, Czech republic. In: *Moravian geographical reports*, Vol. 16, No. 3, p. 41-56. ISSN 1210-8812.
- YOSHINO, M. M. (1975):** *Climate in a small area: An Introduction to Local Meteorology*. Tokyo: University of Tokyo Press.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.**  
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **24. dubna 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2013**

L.S.

Prof. RNDr. Juraž Ševčík, Ph.D.  
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 24. dubna 2012

## Obsah

Úvod.....	8
1. Ciele práce .....	9
2. Dáta a metódy .....	10
2.1 Vlastné metódy.....	13
3. Teoretické východiská.....	14
3.1 Zhodnotenie dostupnej literatúry .....	14
3.2 Obecná charakteristika teplotných inverzií.....	19
3.3 Typy teplotných inverzií .....	22
3.4 Vplyv prevládajúcej poveternostnej situácie na výskyt teplotných inverzií.....	23
3.5 Teplotné inverzie v mestských aglomeráciách .....	24
3.6 Klimatické pomery mesta Olomouc.....	27
4. Zhodnotenie výskytu teplotných inverzií na základe analýzy časových rad.....	29
4.1 Profil JUTA-LETO .....	30
4.1.1 Početnosť výskytu.....	30
4.1.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie .....	32
4.1.3 Dĺžka trvania inverzií.....	33
4.1.4 Intenzita inverzií .....	35
4.2 Profil LETO-KOPE.....	36
4.2.1 Početnosť výskytu.....	36
4.2.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie .....	38
4.2.3 Dĺžka trvania inverzií.....	39
4.2.4 Intenzita inverzií .....	41
4.3 Profil JUTA-KOPE .....	43
4.3.1 Početnosť výskytu.....	43
4.3.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie .....	44
4.3.3 Dĺžka trvania inverzií.....	45
4.3.4 Intenzita inverzií .....	47
5. Záver.....	49
6. Summary.....	51
7. Zoznam literatúry .....	53

## Úvod

Teplotné inverzie vykazujú v mestských aglomeráciách špecifický režim. Rozdiely v teplotnom zvrstvení prízemnej časti atmosféry medzi mestskou a prímestskou krajinou sú potom výraznejšie. Hlavný podiel na tom má predovšetkým charakter aktívneho povrchu v meste, kde prevládajú umelé povrchy vytvorené antropogénnou činnosťou.

Mesto Olomouc je piatym najväčším mestom Českej republiky. Nachádza sa v Hornomoravskom úvale, ktorý je priaznivo orientovaný voči prevládajúcim smerom prúdenia vzduchu. Práve údolná poloha centra mesta pri rieke Morave a vyvýšeniny v okrajových častiach mesta (Neředín, Svatý Kopeček) poskytujú možnosť sledovať a analyzovať výskyt teplotných inverzií na území mesta.

Pre túto prácu boli vybrané na spracovanie iba dni klimatického roku 2011 s radiačným charakterom počasia, keďže podmienky pre vznik a vývoj inverzií sú vtedy najpriaznivejšie. Možno predpokladať, že výsledky práce ukážu rozdielny režim charakteristík teplotných inverzií na profile v rámci mesta v porovnaní s profilmi medzi mestom a prímestskou krajinou. Rozdiely sa dajú očakávať taktiež pri porovnaní jednotlivých ročných období.



## **1. Ciele práce**

Cieľom bakalárskej práce je analyzovať a popísať výskyt teplotných inverzií v Olomouci a okolí na základe rozboru podkladových dát dostupných z Metropolitnej staničnej siete prevádzkovej Univerzitou Palackého. Vzhľadom na rozsah databázy dát o teplotách z vybraných staníc sa práca obmedzuje na dni s radiačným charakterom počasia, ktoré sa vyskytli počas klimatického roku 2011. Výškové rozdiely medzi sledovanými meteorologickými stanicami poskytujú možnosť matematicky vyjadriť charakteristiky výskytu sledovaného javu na jednotlivých profiloch. Práca primárne analyzuje intenzity a dĺžky trvaní meteorologického javu teplotných inverzií. Sekundárne sa usiluje o zhodnotenie vplyvu prevládajúcej poveternostnej situácie na výskyt inverzného zvrstvenia prízemnej časti atmosféry. Poznatky zistené v tejto práci, tak ako aj použité metódy môžu byť ďalej využité pri štúdiu teplotných inverzií v mestskej a prímestskej krajine stredne veľkých miest.

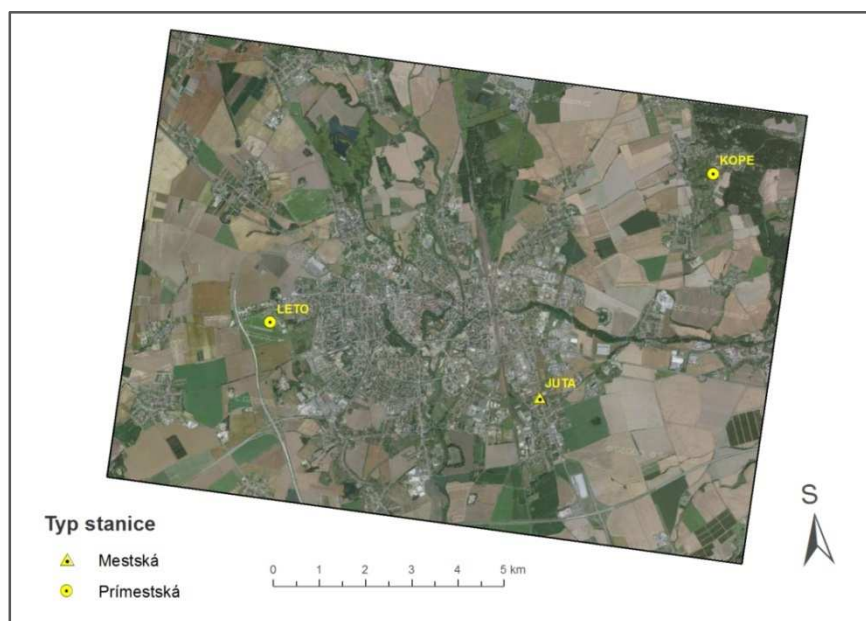
## 2. Dáta a metódy

Základné dáta potrebné pre prácu boli získané z troch staníc Metropolitnej staničnej siete Olomouc (MESSO). Staničná sieť MESSO vznikla účelovo v roku 2009 v súvislosti s projektom štúdia mestskej a prímestskej klímy Olomouce. V súčasnosti tvorí sieť MESSO 8 automatických staníc firmy Fiedler-Mágr a 7 datalogerov registrujúcich iba teplotu vzduchu.

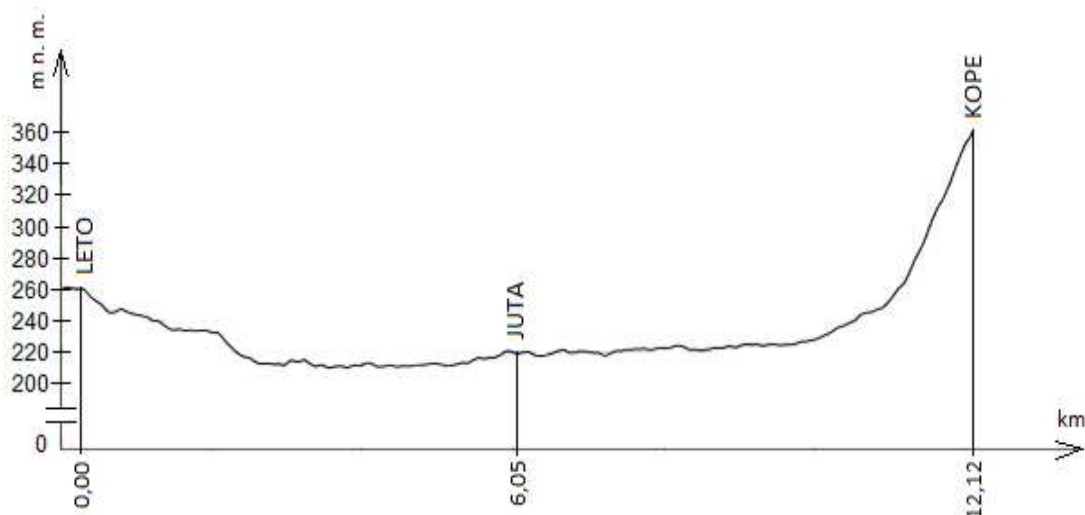
Nami použité stanice sú Olomouc-Svätý Kopeček (ďalej **KOPE**), Olomouc-letišťe (ďalej **LETO**) a Olomouc-Holice (ďalej **JUTA**). Všetky stanice merajú teplotu a vlhkosť vzduchu 1,5 m nad aktívnym povrchom z dôvodu presnejšieho zistenia vplyvu aktívneho povrchu na teplotný režim v prízemnej vrstve atmosféry. Ďalej sa meria teplota pôdy v hĺbke 0,2 m a zrážky 1 m nad aktívnym povrchom. Stanica JUTA meria teplotu pôdy taktiež v hĺbke 0,05 m a 0,5 m. Stanice JUTA a KOPE merajú teplotu a vlhkosť vzduchu taktiež vo výške 0,5 m. Všetky dáta sú prostredníctvom GSM zasielané na server Fiedler-Mágr, kde sú archivované a dostupné vo formáte \*.csv. Tri stanice vybrané pre účely spracovania tejto práce disponujú meteorologickou radou pozorovaní so začiatkom k 1. 4. 2009 (Řepka, Lipina, Vysoudil, 2012).

Tabuľka 1 Základné údaje o vybraných staniaciach siete MESSO (Řepka, Lipina, Vysoudil, 2012)

Stanica	Indikatív	Zemepisná šírka	Zemepisná dĺžka	Nadm. výška [m]
Olomouc-Holice	JUTA	49°34'55''	17°17'32''	219
Olomouc-letišťe Neředín	LETO	49°35'29''	17°12'35''	258
Olomouc-Svätý Kopeček	KOPE	49°37'39''	17°20'20''	362



Obr. 1 Rozmiestnenie vybraných staníc v rámci Olomouce (Bolha, 2013)



Obr. 2 Pozdĺžny lomený prevýšený profil územia medzi lokalitami Olomouc-letisko (LETO), Olomouc-Holice (JUTA) a Svatý Kopeček (KOPE)



Obr. 3 Meteorologická stanica LETO (Vysoudil, 2009)

Mestská časť Neředín sa nachádza na severozápadnom okraji Olomouce. Aktívny povrch v okolí stanice tvorí hlavne trávnatá plocha letiska, v menšej miere betónový povrch letiskovej infraštruktúry. Reliéf v okolí je prevažne rovinný a má dobré podmienky z pohľadu osvetlenia povrchu.



Obr. 4 Meteorologická stanica KOPE (Vysoudil, 2009)

Mestská časť Svatý Kopeček je od centra mesta vzdialená približne 5 km. Stanica sa nachádza na pozemku základnej školy na ulici Dvorského 11, v nadmorskej výške 362 m. Aktívny povrch v okolí stanice tvorí trávnatá záhrada s listnatými stromami. Lokalita leží na miernom svahu s juhozápadnou orientáciou.



*Obr. 5 Meteorologická stanica JUTA (Vysoudil, 2009)*

Povahu mestskej má stanica JUTA, naopak povahu prímestskej majú stanice LETO a KOPE.

Všetky výpočty s databázou údajov boli vykonávané v tabuľkovom editore Microsoft Excel. V tomto programe boli taktiež vytvorené príslušné tabuľky a grafy pre prehľadnenie množstva údajov. Základné meteorologické dáta boli získané z troch vybraných staníc účelovej Metropolitnej staničnej siete v Olomouci, ktoré bolo pre potreby bakalárskej práce a zhodnotenia údajov nutné ďalej upravovať. Dáta sú spracovávané na úrovni dvoch intervalov (10 minútový a hodinový).

Počítané sú priemerné intenzity a dĺžky trvania inverzií na úrovni oboch intervalov a pre všetky tri profily. Zisťovali sa aj maximálne hodnoty týchto dvoch sledovaných charakteristík. Priemerné i maximálne hodnoty sú roztriedené podľa ročných období.

Hodnotilo sa obdobie klimatického roku 2011 (december 2010–november 2011). Ako charakteristické boli z dôvodu reprezentatívnosti zvolené radiačné dni v tomto období, ktoré boli rozdelené do klimatických ročných období (zima–december–február, jar–marec–máj, leto–jún–august, jeseň–september–november). Na úvod bolo nutné vykonať kontrolu správnosti dát z automatizovaných staníc v podobe odstránenia nadbytočných meraní mimo základný 10 minútový interval. Všetky hodnoty teploty vzduchu sa zaokrúhlili s presnosťou na jedno desatinné miesto. Pre každé 10 minútové meranie bol vypočítaný rozdiel teplôt medzi stanicami JUTA a LETO, LETO a KOPE, a nakoniec JUTA a KOPE.

V juhovýchodnej časti mesta leží priemyselná zóna v mestskej časti Holice. V bezprostrednej blízkosti stanice, v areáli podniku Juta, sa nachádza viacero priemyselných budov. Aktívny povrch v okolí stanice tvoria z veľkej časti betónové plochy. Z troch sledovaných staníc leží v najmenej nadmorskej výške.

## 2.1 Vlastné metódy

Tam, kde bol rozdiel teplôt medzi vyššie a nižšie položenou stanicou kladný, znamenalo to vyššiu teplotu na vyššie položenej stanici, a teda výskyt teplotnej inverzie. Prípady, kedy bola hodnota rozdielu teplôt medzi vyššie a nižšie položenou stanicou v intervale  $<0; 0,2 \text{ }^\circ\text{C}>$ , neboli zahrnuté medzi inverzné situácie z dôvodu uvažovanej odchýlky meraní prístrojov. Taktiež boli vypustené inverzie s dobou trvania kratšou ako jedna hodina (6 meraní v rade pri 10 minútovom intervale). Ak sa však pri meraniach v 10-minútovom základnom intervale vyskytla inverzia s hodnotou v rozmedzí uvažovanej odchýlky medzi dvoma riadnymi inverznými situáciami s minimálnou dĺžkou trvania jednej hodiny (6 meraní v rade), boli aj tieto hodnoty brané do úvahy ako jedna súvislá inverzia. V ojedinelých prípadoch boli takýmto spôsobom brané do úvahy aj rozdiely teplôt medzi dvoma stanicami, ktoré síce nenasvedčovali inverznému zvrstveniu atmosféry na danom profile, avšak ich výskyt v súvislej rade hodnôt predstavujúcich inverziu je veľmi krátky (maximálne jedno 10 minútové meranie). Takýto rozdiel braný do úvahy bol považovaný za náhodne spôsobený miestnymi vplyvmi.

V hodinovom intervale sa počítalo s údajmi nameranými v celých hodinách, nepočítal sa priemer za uplynulú hodinu. Ak sa vyskytla iba jedna hodina s inverziou (nepredchádzala jej ani po nej nenasledovala žiadna ďalšia), neuvažovalo sa s ňou pri ďalších výpočtoch. Na úrovni hodín sa zisťovala aj súvislosť výskytu inverzií s prevládajúcim typom poveternostnej situácie.

S inverziami, ktoré začali v radiačných dňoch a pokračovali do nasledujúceho dňa sa počítalo ako s jednou súvislou inverziou a bola priradená ku dňu, v ktorom začala. Pre lepšie zrovnanie boli vypočítané pre všetky tri sledované profily aj prepočítané vertikálne teplotné gradienty. Na úrovni 10 minútového intervalu boli určené pre každý profil priemerné vertikálne gradienty za každý radiačný deň a ročné obdobie. Pri výpočtoch tejto charakteristiky boli taktiež priradené merania s inverznou situáciou presahujúce do nasledujúceho dňa k radiačnému dňu, v ktorom inverzia začala.

### 3. Teoretické východiská

Charakter makropočasia výrazne ovplyvňuje tiež klímu malých oblastí na úrovni topoklímy. Určuje špecifiká miestnej klímy a prejavy miestnych klimatických efektov v zmysle ich zosilnenia alebo oslabenia. Preto musí byť tento príčinný meteorologický faktor vzniku miestnych klimatických efektov rešpektovaný a zohľadnený (Vysoudil, 2009).

#### 3.1 Zhodnotenie dostupnej literatúry

Pre spracovanie bakalárskej práce boli použité články z odborných časopisov a knižné zdroje.

Teplotné inverzie porovnaním úzkych konkávných tvarov reliéfu so širšími uzavretejšími konkávnymi tvarmi reliéfu a so širokými otvorenými konkávnymi tvarmi reliéfu skúmal Polčák (2001). Sieť pozorovacích stanovíšť bola účelovo rozmiestnená na charakteristické lokality v údoliach, na svahoch a na vrcholoch neďaleko mesta. Pozorovania sa uskutočnili v troch dňoch s anticyklonálnym typom počasia. Najväčšie rozdiely sa pri terénnych meraniach prejavili medzi úzkymi konkávnymi tvarmi reliéfu, ktoré boli miestami chladnejšie až o 5 °C ako široké otvorené konkávne tvary reliéfu. Pozornosť venoval tiež rozdielu medzi južne a severne orientovanými svahmi. Nižšie teploty vzduchu sa vyskytovali počas celého dňa na severne orientovaných svahoch. Je to spôsobené ich zatienením najmä v neskorších popoludňajších hodinách a skorým nástupom vyžarovania. Južné svahy boli najteplejšie v porovnaní so severnými svahmi v neskorých popoludňajších hodinách v dôsledku ich priameho ožiarenia. Z hore uvedeného možno konštatovať, že teplotné inverzie medzi konkávnymi tvarmi reliéfu a severne orientovanými svahmi budú menšie ako s južne orientovanými svahmi. Pri porovnaní rôzne vysokých konvexných tvarov sa teplotné inverzie vyskytovali v skorých ranných hodinách medzi stredne vysokými konvexnými tvarmi reliéfu (820 m n. m.) a nižšími konvexnými tvarmi reliéfu (565 m n. m.). Medzi strednými a vyššími konvexnými tvarmi reliéfu (1 100 m n. m.) sa teplotné inverzie nevyskytovali, alebo boli len slabej intenzity a krátkeho trvania.

Pre sledovanie inverzií v tatranskej oblasti vzal Petrovič (1953) za základ pozorovania z Popradu, Starého Smokovca, Skalnatého Plesa a Lomnického štítu. Pre spracovanie sa použil materiál z rokov 1946–1952, iba z Lomnického štítu sú údaje za obdobie 1947–1952. Autor v práci predkladá možnosť roztriedenia inverzií podľa veľkosti rozdielu okamžitých teplôt na dvoch stanicách. Za deň s inverziou je braný

deň, v ktorom bola na vyššie položenej stanici teplota vyššia ako na nižšie položenej stanici. Za základ štúdia inverzií boli vzaté rozdiely termínových pozorovaní, maximálnych i minimálnych teplôt a nakoniec rozdiely priemerných denných teplôt. Podľa veľkosti tohto rozdielu roztriedil Petrovič inverzie tak, ako je znázornené v tabuľke 2. Toto roztriedenie je vykonané aj v tejto bakalárskej práci.

Tab. 2 Rozdelenie inverzií z hľadiska intenzity podľa Petroviča (1953, 1967)

Rozdiel teplôt [°C]	Typ
0,1 - 3,0	slabé
3,1 - 6,0	stredne silné
6,1 - 9,0	silné
9,1 - 12,0	mohutné
12,1 - 15,0	mimoriadne mohutné

Ak si všimneme roztriedenie inverzií medzi Popradom a Starým Smokovcom ( $\Delta H=309$  m) podľa ich intenzity v práci Petroviča (1953), zistíme, že prevažná časť pripadá na inverzie slabé s teplotným rozdielom od 0,1 °C do 3,0 °C. Je to dôsledok širokej kotliny, v ktorej sa zhromažďuje studený vzduch a pomerne malej moci vrstvy vzduchu, takže silnejšie inverzie sa v tak veľkých priestorových rozmeroch nevytvárajú.

Medzi Popradom a Starým Smokovcom sa teplotné inverzie podľa termínových pozorovaní vyskytujú najčastejšie v januári, a to viac ako 18 dní v priemere. Najmenej ich má júl, a to v priemere 8 dní. Od januára po júl je pokles počtu dní s inverziou pravidelný. Od júla je zase pribúdanie počtu dní s inverziou pravidelné po október (Petrovič, 1953).

Rozšírenie zhodnotenia teplotných inverzií z roku 1953 aj na dolinu horného Váhu a horného Hrona predkladá opäť Petrovič (1967). Okrem pôvodného profilu so štyrmi stanicami na svahoch Vysokých Tatier sa za obdobie rokov 1951–1960 hodnotí aj dvojica staníc Liptovský Hrádok–Štrbské Pleso a za obdobie 1955–1960 dvojice staníc Chopok–Liptovský Hrádok a Chopok–Brezno. V tejto práci už autor hodnotí aj vplyv typických poveternostných situácií na výskyt inverzií rozdelením na anticyklonálne a cyklonálne situácie.

Režim teploty v prízemnej vrstve atmosféry na území prírodného parku Bystřice (stredná časť Nízkeho Jeseníku, ČR) analyzuje príspevok Vysoudila (2008). Analyzované boli teplotné rady zo siedmich účelovo zriadených automatických staníc

v období máj–august 2006. Rozboru boli podrobené iba časové rady z radiačných dní, reprezentované dňami s anticyklonálnym počasím. Na vybraných staniciach bola venovaná pozornosť miere a intenzite prehrievania prízemnej vrstvy atmosféry v mesiacu júl v čase 6:00–14:00 hod. SELČ. V tomto období boli tiež analyzované teplotné inverzie z hľadiska ich intenzity a dĺžky trvania. Autor v tejto prípadovej štúdií vykonal tiež klasifikáciu inverzií z hľadiska intenzity podľa Petroviča (1953, 1967). Taktiež roztriedil inverzie z hľadiska ich trvania tak, ako je znázornené v tabuľke 3.

*Tab. 3 Rozdelenie inverzií z hľadiska trvania podľa Vysoudila (2008)*

Trvanie [hod.]	Typ
<2	krátkodobé
2–4	strednodobé
>4	dlhodobé

Radiačné teplotné inverzie predstavujú pravdepodobne najčastejšie sa vyskytujúci miestny meteorologický jav nielen v oblastiach s výrazne vertikálne členitým reliéfom, ktorý reprezentuje krajinný typ Nízkeho Jeseníku vrátane Údolí Bystřice. V súvislosti s klasifikáciou teplotných inverzií z hľadiska intenzity (tabuľka 2) spadá najviac prípadov do kategórie slabé. Stredne silné inverzie boli menej časté a silné inverzie boli iba ojedinelé. Vzhľadom k výraznému vertikálnemu členeniu oblasti Prírodného parku sú teplotné inverzie najčastejšie zodpovedné za utváranie miestnej klímy. Počas dní s anticyklonálnym rázom počasia boli teplotné inverzie na profiloch staníc Moravský Beroun (545 m n. m.)–Domašov n. B.-líheň (458 m n. m.) a Moravský Beroun–Hlubočky-domov dôchodcov (307 m n. m.) vymedzené takmer vždy. Z hľadiska trvania reprezentovali stredne dlhé inverzie (Vysoudil, 2008).

O vplyve prevládajúcej poveternostnej situácie na štatistiky výskytu teplotných inverzií pojednávajú vo svojom článku pre Royal Meteorological Society aj Milionis a Davies (2007). Táto práca je prvým systematickým pokusom o kvantitatívne vyjadrenie tejto závislosti. Dáta analyzované v práci pochádzajú z rádiosondážnych meraní aerologickej stanice v Hemsby (východné Anglicko). Napriek tomu, že výskum bol vykonávaný vo voľnej atmosfére a nie na úrovni topoklímy v prízemnej vrstve atmosféry, poskytuje predstavu pre lepšie pochopenie vplyvu prevládajúceho prúdenia na vznik teplotných inverzií. Bližšie sa tejto téme venuje kapitola 3.4.

Analýzou efektu mesta Szeged (Maďarsko) na hodnoty minimálnych teplôt v období 1978–1980 sa zaoberá štúdia Ungera a Csákiho (1994). Charakteristiky



tepelného ostrova boli skúmané zisťovaním vzťahu medzi jeho intenzitou a makrosynoptickými typmi, oblačnosťou, rýchlosťou vetra a rozlične zastavanými časťami mesta. Pozorovania na sieti mestských staníc jasne dokazujú, že teplotný prebytok stúpa od okrajových častí mesta smerom k jeho stredu. Podrobnejšie sa tejto problematike venuje kapitola 3.5.

Monografia Končeka a kol. (1974) má v podstate makroklimatické zameranie. Mezoklimatické aspekty sú však uvedené vo viacerých kapitolách diela. V kapitolách venujúcich sa teplotným inverziám je podaný prehľad charakteristík v podobe porovnaní slovenskej a poľskej strany Vysokých Tatier, ako aj v rámci jednotlivých výškových profilov na oboch stranách pohoria.

Južne orientované svahové polohy sú najteplejšie v neskorých popoludňajších hodinách v dôsledku ich priameho ožiarenia. Toto tvrdenie Polčáka (2001) korešponduje s tvrdením v monografii Končeka a kol. (1974), že Poprad v Spišskej kotline má v zime v slnečných dňoch po celý deň nižšie teploty ako svahové polohy na Skalnatom Plese (1 778 m n. m.). Od 18. hodiny je Poprad (704 m n. m.) za slnečných dní dokonca chladnejší ako Lomnický štít (2 632 m n. m.). Podobný pomer nastáva na severnej strane Vysokých Tatier medzi Zakopaným (844 m n. m.) a Kasprowym Wierchom (1 991 m n. m.) dokonca už od 17. hodiny, čo značí skorší nástup vyžarovania zo zemského povrchu na severne orientovaných svahoch. Pritom sa tento rozdiel do polnoci stále zväčšuje. To znamená, že slnečné dni na dne kotlín, na úpäti horstva, ukazujú v zime opačnú tendenciu zmeny teploty ako stredné a najmä vysoké horské polohy. Na profile Poprad–Skalnaté Pleso sú po celý rok malé, často najmä v jesenných a zimných mesiacoch za jasnej oblohy záporné teplotné gradienty, teda inverzie teploty vzduchu, ktoré zotrávajú v početných prípadoch aj v popoludňajších hodinách. Tiež je známy odlišný režim vertikálnych gradientov teploty v dennej dobe v priebehu roka medzi profilmi Poprad–Skalnaté Pleso a Skalnaté Pleso–Lomnický štít. Na rozdiel od prvého profilu má druhý uvedený profil za slnečných dní po celý rok najväčšie vertikálne teplotné gradienty, ktoré dosahujú v priemere takmer suchoadiabatické hodnoty z dôvodu zotrvania snehovej pokrývky vo vyšších horských polohách a s tým súvisiacou veľmi intenzívnou vertikálnou výmenou vzduchu v jarnom období.

Na základe pozorovaní v 10-ročnom období 1951–1960 v tatranskej oblasti svedčia o častom výskyte inverzií teploty záporné gradienty v priemerných hodnotách. Na severnej strane Vysokých Tatier použil Konček a kol. (1974) dvojicu staníc Nowy

Targ–Zakopane ( $\Delta H=244$  m) a na južnej strane dvojicu staníc Poprad–Starý Smokovec ( $\Delta H=315$  m) podľa spracovania Petroviča (1953, 1967). Analýza výsledkov spracovania ukázala, že na severnej strane Vysokých Tatier inverzie o hrúbke 244 m, dané výškovým rozdielom medzi Nowym Targom a Zakopaným, sa vyskytujú v priemere v dvoch tretinách všetkých dní roka. Najviac inverzií je v januári, najmenej v júni. Obdobné tvrdenie platí aj pre profil na južnej strane pohoria, kde sa letné inverzie prejavujú v nočnej dobe len kratší čas, zatiaľ čo v zime inverzie trvajú často po celý deň. V dolinách Podhalia je výskyt inverzií v noci a nad ránom veľmi častým javom jednak z dôvodu katabatického prúdenia na svahoch Vysokých Tatier, a s tým súvisiacim vznikom jazier studeného vzduchu, a taktiež z dôvodu dobrých podmienok pre zatečenie studeného až arktického vzduchu od severu. Pri porovnaní výskytu inverzií na južnej strane horstva medzi Popradom a Starým Smokovcom ( $\Delta H=315$  m) ako aj medzi Popradom a Štrbským Plesom ( $\Delta H=627$  m) sa ukazuje, že inverzie do hrúbky 315 m sú častejšie ako inverzie dosahujúce hrúbku 627 m.

Vymedzenie teplotných inverzií v olomouckej aglomerácii na základe výsledkov nameraných teplôt v účelovej staničnej sieti za obdobie február 1990–február 1991 má za cieľ diplomová práca Sadílkovej (1993). Sleduje priebeh, dobu trvania a intenzitu inverzií, a taktiež poveternostné situácie v dňoch s výskytom inverzií. Vyhodnocuje tiež kvalitu ovzdušia na základe nameraných hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok.

Klasifikáciu miestnych klimatických efektov vo svojej práci vykonal Vysoudil (2009), pričom inverzné polohy a mrazové kotliny (všeobecne miesta so zníženými možnosťami premiešavania vzduchu v dôsledku radiačných inverzií) zahrnul spolu s teplotnými rozdielmi v mestskej krajine vyvolanými existenciou tepelného/chladného ostrova do kategórie miestnych klimatických efektov spojených s termickými a/alebo termodynamickými procesmi. Podľa periodicity zaradil existenciu miest s radiačnými inverziami a miestnymi hmlami v prípade radiačného počasia do kategórie neperiodické miestne klimatické efekty. Vzhľadom k tomu, že miestne klimatické efekty sú možnými príčinami prírodných katastrof, v práci sú popísané tiež ich predpokladané dôsledky pre životné prostredie.

Javy na rozličných typoch aktívneho povrchu (trávnatý povrch, kultúrna krajina, mestská krajina, priemyselná krajina, lesné porasty, vodné plochy) popisuje vo svojom diele Yoshino (1975). Popisuje taktiež javy vyskytujúce sa vplyvom topografických podmienok, vrátane vertikálneho a horizontálneho rozloženia meteorologických prvkov na rozličných tvaroch reliéfu.

Metódam klimatologického, respektíve makroklimatologického spracovania meteorologických pozorovaní sa venuje knižná publikácia Noska (1972). Prvá časť knihy je venovaná predovšetkým aplikáciám štatistických metód v klimatológii. Sú tu podávané len základné vzorce a postupy výpočtov bez odvodzovania a dôkazov. V druhej časti práce je podaný popis a výklad spracovania jednotlivých klimatických prvkov.

Poskytnúť obecný prehľad o problematike výmeny energie medzi aktívnym povrchom a prízemnou atmosférou, vlastnostiach prízemnej atmosféry, ich režime a modifikáciách podmienených vlastnosťami aktívneho povrchu vrátane jeho utvárania je hlavným cieľom publikácie, ktorú priniesli Prošek, Rein (1982).

Atlas podnebia Česka (Tolasz a kol., 2007) je tematické kartografické dielo s encyklopedickými prvkami, ktoré podáva komplexný náhľad na klímu Česka v období 1961–2000. Podáva však klimatické vymedzenie Olomouce iba z hľadiska makroklímy.

Pre potreby bakalárskej práce lepšie poslužil článok Vysoudila a Tomáša (2011). Zaoberá sa popisom a hodnotením teplotných pomerov priamo na území mesta Olomouce a vychádza z rozboru dostupných dlhodobých časových rad. Za obdobie 1876–1961 je rozboru podrobená teplotná rada zo stanice Olomouc-Kláštevní Hradisko a za obdobie 1946–2009 spojené teplotné rady zo staníc Olomouc-Slavonín a Olomouc-Holice.

Popis Metropolitnej staničnej siete Olomouc (MESSO) a základné údaje o staniaciach zhrňuje príspevok Řepky, Lipinu a Vysoudila (2012).

### **3.2 Obecná charakteristika teplotných inverzií**

Inverziou v meteorológii rozumieme opačný než obvyklý priebeh zmien meteorologického prvku s výškou v danej vrstve atmosféry. Môže ísť ako o okamžitý stav, tak o klimatologickú zvláštnosť na miestnej úrovni. Konkrétne inverzia teploty vzduchu predstavuje zvláštny prípad vertikálneho rozloženia teploty vzduchu, pri ktorom v určitej vrstve atmosféry, v tzv. inverznej vrstve, teplota s nadmorskou výškou narastá. Tento jav má značný význam mimo iného preto, že stabilné teplotné zvrstvenie ovzdušia v inverznej vrstve brzdí premiešavanie vzduchu vo vertikálnom aj horizontálnom smere. Tým dochádza v nižších a obzvlášť v uzatvorených polohách k vytváraniu hmiel, jazier studeného vzduchu atd. V inverznej vrstve sa často vytvára vrstevnatá oblačnosť, ktorá spôsobuje hlavne v zime výrazné skrátenie slnečného svitu v nižších polohách oproti nadinverzným horským polohám využívaným k rekreácii

a pod. Inverzie teploty vzduchu charakterizujeme výškou, v ktorej ju pozorujeme, mocnosťou (vertikálnym rozsahom) vrstvy, v ktorej teplota s výškou narastá, a teplotným gradientom v tejto vrstve. Najpriaznivejšie podmienky pre vznik inverzie teploty vzduchu sú v kvazistacionárnych anticyklónach (Sobíšek, 1993).

Vznik inverzií sa mení sezónne v závislosti so sezónnymi zmenami charakteristík prevládajúcich vzdušných mäs a dĺžkou noci na uvažovanom mieste. Sezónne zmeny vo frekvencii výskytu a intenzite inverzií sú závislé na sezónnych rozdieloch týchto faktorov.

Podľa pozorovaní o 3:00 hod. vo výške 1,5 a 150 m v Budapešti (Maďarsko), najsilnejšia inverzia (0,79 °C/100 m) sa vyskytla v auguste, potom v septembri a najslabšie inverzie sa objavovali v zime. Naopak frekvencia výskytu inverzií v Klagenfurte (Rakúsko) dokazuje zimné maximum a letné minimum. Mocnosť a intenzita inverznej vrstvy boli taktiež maximálne v zime a minimálne v lete, s malými maximami v apríli a auguste. Tieto charakteristiky môžu byť považované za rovnaké v alpských údoliach (Yoshino, 1975). Tieto rozdiely dokazujú osobitný význam miestnych klimatických podmienok na utváranie inverzií a všetky miestne faktory podieľajúce sa na ich vzniku je potrebné brať v úvahu.

Izotermia, ktorá je v tejto práci riešená podružne, znamená prípad teplotného zvrstvenia ovzdušia, pri ktorom sa teplota vzduchu v určitej vrstve s výškou nemení. V izotermickej vrstve sa vertikálny teplotný gradient rovná nule a potenciálna teplota v nenasýtenom vzduchu a v blízkosti hladiny 1000 hPa s výškou narastá zhruba o 1 °C/100 m. Izotermia sa vytvára najčastejšie v medznej vrstve atmosféry pri prestavbe normálneho zvrstvenia na zvrstvenie inverzné a naopak (Sobíšek, 1993).

Pod pojmom medzná vrstva atmosféry obecné rozumieme vrstvu atmosféry, v ktorej sa bezprostredne prejavuje vplyv zemského povrchu na pole meteorologických prvkov. Medzná vrstva atmosféry dosahuje od zemského povrchu do výšky niekoľko sto metrov až približne 2 km a výška jej hornej hranice rastie so zväčšujúcou sa drsnosťou zemského povrchu, s rýchlosťou vetra a so vzrastajúcou instabilitou teplotného zvrstvenia ovzdušia. Obdobne definujeme teplotnú medznú vrstvu ako vrstvu, v ktorej je denný chod teploty ovplyvňovaný podkladom. Súčasťou medznej vrstvy atmosféry v jej najspodnejšej časti je prízemná vrstva atmosféry so silnejším vplyvom aktívneho povrchu. Prejavuje sa v nej vplyv charakteru polohy miesta (konkávny, konvexný, rovinný, svahový georeliéf). Mocnosť prízemnej vrstvy

atmosféry je premenlivá, zvyčajne od 30–50 m do 100 m, zriedkavo až do 250–500 m, pričom jej hornú hranicu znižujú prejavy advekčného rázu počasia (Sobíšek, 1993).

Premiešavanie vzduchu turbulenciou v blízkosti povrchu zohráva dôležitú úlohu vo vymedzení mocnosti inverznej vrstvy a vertikálneho gradientu teploty v nej. Turbulencia a transport tepla prostredníctvom nej zvyčajne vzrastá so vzrastajúcou rýchlosťou vetra. Horná hranica inverznej vrstvy má tendenciu klesať tam, kde je silný vplyv okolitých hôr. Napríklad hrúbka inverznej vrstvy v doline obklopenej horami bola 50–80 m, ale na pobreží to bolo 100–200 m, podľa pozorovaní na ostrove Ôchô na juhozápade Japonska. Výška hornej hranice inverznej vrstvy sa mení hlavne počas noci (Yoshino, 1975).

V medznej vrstve atmosféry existujú v zvláštnych prípadoch tzv. teplotné zádržné vrstvy. Pod týmto pojmom rozumieme také vrstvy v spodnej atmosfére, ktoré náhlou zmenou, resp. zmenšením vertikálneho teplotného gradientu, tvoria prekážku pre vertikálne premiešavanie vzduchu. Patria tu predovšetkým teplotné inverzie a teplotné izotermie, ale tiež prípady, kedy sa vertikálny teplotný gradient náhle zníži o dostatočne veľkú hodnotu, aj keď smerom do výšky od zlomového bodu na krivke zvrstvenia zostáva aj naďalej v kladných hodnotách (v zmysle úbytku teploty s výškou). Sú to prípady, kedy napr. činí hodnota vertikálneho teplotného gradientu  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  a náhle poklesne napr. na hodnotu  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  výšky. Aj takáto zmena vedie k zmenšeniu vertikálnych tokov hybnosti tepla (Prošek, Rein, 1982).

Vertikálny teplotný gradient ako charakteristika inverzie teploty vzduchu udáva záporne vzatú zmenu teploty pripadajúcu na jednotkovú vzdialenosť vo vertikálnom smere. Podľa tejto charakteristiky hodnotíme stabilitu atmosféry. Vo väčšine prípadov je v troposfére vertikálny teplotný gradient kladný (teplota s výškou klesá). Ak je v niektorých vrstvách atmosféry záporný, znamená to teplotnú inverziu (Sobíšek, 1993). Preto je zmena teploty s výškou nelineárna. Najvýraznejšia je v blízkosti aktívneho povrchu a s rastom výšky intenzita zmien teploty klesá (Sadílková, 1993).

V bezprostrednej blízkosti aktívneho povrchu môže dosahovať vertikálny teplotný gradient hodnoty až do  $10^3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . V troposfére je priemerná hodnota vertikálneho teplotného gradientu okolo  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , aj keď teplota sa tu s výškou mení nerovnomerne v závislosti na dennej a ročnej dobe, nadmorskej výške a polohe miesta (Sadílková, 1993).

Vertikálny profil teploty prízemnej atmosféry je v období negatívnej energetickej bilancie podmienený stratou energie (a teda poklesom teploty) aktívneho

povrchu. Prevláda emitovanie dlhovlnného žiarenia nad intenzitou prižiarenej energie. V súlade so zmenou energetickej bilancie z negatívnej na pozitívnu, a teda so zmenou vertikálneho profilu teploty v prízemnej atmosfére v ranných hodinách, ku ktorej dochádza pri výške Slnka okolo  $10^\circ$ , nastáva stav blízky izotermii, po ktorom nasleduje intenzívny rast hodnoty vertikálneho teplotného gradientu, obzvlášť v blízkosti aktívneho povrchu (Prošek, Rein, 1982).

V súlade so zmenou instabilného teplotného zvrstvenia na stabilné vo večerných hodinách sa od ukončenia večernej izotermie mení hodnota vertikálneho teplotného gradientu na zápornú. Jeho pokles do záporných hodnôt je od momentu zmeny pozitívnej na negatívnu energetickú bilanciu veľmi výrazný. Maximum dosahuje už 1 až 2 hodiny po západe Slnka. Až do momentu východu Slnka jeho hodnota rastie. Pre prízemnú atmosféru je v nočných hodinách typická zhruba 20 m mocná vrstva so záporným teplotným gradientom, ktorého absolútne hodnoty klesajú logaritmicky s výškou. Túto vrstvu nazývame prízemná inverzná vrstva, nad ňou sa nachádza približne izotermická vrstva s mocnosťou 300 až 400 m, v extrémnych prípadoch až 1 000 m. Obe vrstvy súhrnne označujeme pojmom celková inverzná vrstva (Prošek, Rein, 1982).

O stabilne zvrstvenej atmosfére môžeme hovoriť vtedy, ak má vzduchová častica tendenciu k návratu do pôvodnej hladiny po vychýlení pomocou určitého vonkajšieho impulzu. V opačnej situácii, kedy vychýlená vzduchová častica pokračuje v započatom vertikálnom pohybe a zväčšuje svoju výchylku už bez pôsobenia počiatočného impulzu, atmosféra sa nachádza v instabilnom stave. Stabilné podmienky výrazne ovplyvňujú vertikálny prenos tepla, vodnej pary a rôznych zmesí v atmosfére (Sadílková, 1993).

### 3.3 Typy teplotných inverzií

Podľa výšky inverznej vrstvy nad zemou rozlišujeme prízemnú a výškovú inverziu teploty vzduchu, podľa príčiny vzniku inverziu advekčnú, frontálnu, radiačnú, subsidenčnú, turbulentnú a pasátovú. Z iného hľadiska delíme inverzie na statické a dynamické (Sobíšek, 1993).

**Radiačná** – teplotná inverzia vznikajúca ako dôsledok vyžarovania tepla zo zemského povrchu, z povrchu snehu alebo ľadu, z hornej vrstvy oblakov a pod. Najčastejšie sú prízemné radiačné inverzie. Menej často vznikajú radiačné inverzie pri vyžarovaní oblačnej alebo veľmi vlhkej, poprípade znečistenej vrstvy vzduchu vo

voľnej atmosfére, kedy sa inverzia vytvára nad touto vrstvou ako radiačná inverzia výšková.

**Nočná** – inverzia teploty vzduchu vznikajúca v medznej vrstve atmosféry v noci ochladzovaním vzduchu v dôsledku efektívneho vyžarovania aktívneho povrchu. Je najčastejším prípadom prízemných radiačných inverzií. Dobré bývajú vyvinuté za jasných nocí so slabým vetrom alebo bezvetrím. V kotlinách a údolných polohách podporuje túto inverziu stekanie ochladeného vzduchu z okolitých svahov do nízkych polôh.

**Prízemná** – teplotná inverzia v medznej vrstve atmosféry, začínajúca bezprostredne od zemského povrchu. Obvykle vzniká ako dôsledok nočného vyžarovania aktívneho povrchu. V zime, kedy je malý príkon slnečného žiarenia na zemskom povrchu, sa prízemné inverzie môžu vytvárať aj počas dňa.

### **3.4 Vplyv prevládajúcej poveternostnej situácie na výskyt teplotných inverzií**

Najvýraznejším prejavom vplyvu počasia na aktivitu teplotných inverzií je fakt, že rôzne mesiace počas roka sa vyznačujú rôznou aktivitou teplotných inverzií v nadväznosti na rozdiely vo frekvencii výskytov rôznych typov počasia (Milionis, Davies, 2007). Milionis a Davies vo svojej práci využívajú klasifikáciu poveternostných situácií pre britské ostrovy, ktorú zostavil profesor H. H. Lamb. Podľa tejto klasifikácie sa vyčleňujú dve hlavné skupiny typov počasia. Prvou je skupina smerových typov, ktorá zahŕňa 8 sektorov (každý s veľkosťou 45°) podľa azimutu. Druhú skupinu tvoria nesmerové typy cyklonálneho a anticyklonálneho počasia. Milionis a Davies (2007) vytvorili tri skupiny najčastejšie sa vyskytujúcich poveternostných typov nad britskými ostrovmi, a to prevládajúce západné prúdenie, anticyklóna a cyklóna. Do skupín cyklonálnych a anticyklonálnych typov zahrnuli pre oba prípady všetkých 8 smerových typov. Do jednej skupiny zahrnuli spolu s prevládajúcim západným prúdením aj juhozápadné prúdenie z dôvodu veľmi podobných vlastností vzdušných mäs. Autori práce spomínajú tri hlavné nevýhody Lambovej klasifikácie. Prvou je fakt, že poveternostná situácia je pre deň uvádzaná ako priemer za 24 hodín. Z toho vyplýva, že poveternostná situácia prevládajúca na poludnie sa môže líšiť od tej o polnoci. Druhou nevýhodou je skutočnosť, že poveternostná situácia charakteristická pre územie veľkého rozsahu nemusí byť totožná s typom počasia na úrovni mezoklímy. Posledná nevýhoda hovorí o výškových inverziách spájaných s anticyklónami. Podľa autorov sa nemusí vždy jednať o subsidenčnú inverziu teploty vzduchu, aj keď ide o najčastejšiu

prípád. Výsledky práce ukázali, že rozdiely v priemernej mocnosti prízemných inverzií pre tri skupiny najčastejšie sa vyskytujúcich poveternostných typov nie sú štatisticky významné. Rozdiely v priemernej intenzite už štatisticky významné sú. Taktiež hodnota vertikálneho teplotného gradientu je počas prízemných inverzií pri anticyklonálnych typoch výrazne odlišná od cyklonálnych typov počasia.

Výskyt inverzií za rôznych poveternostných situácií medzi Liptovským Hrádkom a Popradom za obdobie 1951–1960 hodnotil Petrovič (1967) nie podľa mesiacov, ale za jednotlivé ročné obdobia. Najviac dní s inverziou pripadá na zimu, kedy sa inverzie podľa minimálnej teploty najčastejšie vyskytujú pri situáciách Ea a SEa a až na treťom mieste v poradí je výskyt inverzií pri anticyklóne nad strednou Európou (A). Najmenej inverzií pripadá na dni so západnou a severozápadnou anticyklonálnou situáciou (Wa, NWa). Z prípadov cyklonálnych situácií sa najsilnejšie inverzie medzi Liptovským Hrádkom a Štrbským Plesom za obdobie 1951–1960 vyskytujú podľa všetkých ukazateľov v zime v dňoch so situáciou A, SEa a Ea. Naopak v dňoch so situáciou Na a NEa sú najslabšie.

Pri porovnaní výskytu inverzií v závislosti od poveternostnej situácie zistil Konček a kol. (1974) najviac inverzií pri anticyklóne nad strednou Európou. V Liptovskej kotline sa za týchto okolností vyskytlo vyše 75 % dní s inverziou. Pri cyklonálnych situáciách prinášajúcich advekciu vzduchu bolo inverzií podstatne menej. Silné inverzie s rozdielom teplôt nad 6 °C sa pozorovali okrem za anticyklón nad strednou Európou tiež za anticyklón nad juhovýchodom a východom vnútrozemia. Inverzie, ktoré sa vyskytovali za cyklonálnych situácií, boli výrazne slabšie, s rozdielom teplôt do 3 °C.

### **3.5 Teplotné inverzie v mestských aglomeráciách**

Olomoucká aglomerácia leží v Hornomoravskom úvale, ktorý je miestom častého výskytu plošne aj vertikálne rozsiahlych teplotných inverzií. Mestom preteká rieka Morava, ktorá spolu so všetkými prítokmi vytvára priaznivé podmienky k častému výskytu inverzií. Z toho vyplýva, že samotné mesto je oblasťou častého vzniku teplotných inverzií a je pre neho typický výskyt špecificky mestskej klímy.

Už ľudia v 17. storočí si boli dobre vedomí toho, že mestská krajina má v porovnaní s vidieckou krajinou špecifickú klímu. Tento fakt potvrdil rakúsky meteorológ Julius von Hann pozorovacími záznamami v polovici 19. storočia a jav pomenoval mestská teplota (Yoshino, 1975).



Čím väčšie je mesto, tým sú charakteristiky mestskej klímy výraznejšie, ale v prípade stredne veľkých miest je skúmanie faktorov mestskej klímy náročnejšie (Unger, Csáki, 1994).

Urbanizované územia, ako napríklad mestá alebo mestské aglomerácie, predstavujú špecifický vertikálne členený aktívny povrch, tvorený prevažne pevnými stavebnými materiálmi. Predstavujú typický príklad lokálnej klímy, výrazne antropogénne ovplyvnenej.

Jedným z najlepšie pozorovateľných meteorologických javov v tomto smere je existencia tzv. mestského tepelného ostrova, ktorý je silne ovplyvnený terénom a prúdením vzduchu. Brzdíaci účinok nerovného terénu vedie k zmenšeniu priemernej rýchlosti vetra v rámci mestskej zástavby. Ak prekročí rýchlosť vetra určitú kritickú hodnotu, môže sa ostrov tepla vplyvom turbulentného a horizontálneho prúdenia v nižšej vrstve atmosféry presunúť alebo úplne rozptýliť (Sadílková, 1993).

Skúmanie vzťahu medzi intenzitou tepelného ostrova a rýchlosťou vetra odhalilo, že ak je rýchlosť vetra menšia ako 2,0 m/s, vznikajú najintenzívnejšie tepelné ostrovy ( $\Delta T_{u-r} > 3$  °C, kde  $T_u$  predstavuje teplotu v meste a  $T_r$  teplotu v prímestskej krajine). Naopak ak rýchlosť vetra presahuje 7 m/s, tepelný ostrov je veľmi slabý ( $\Delta T_{u-r} < 1$  °C) (Unger, Csáki, 1994).

Inverzia medzi povrchom a výškou 29 m nad ním vznikla v meste Lindenberg (Nemecko) vtedy, ak bola rýchlosť vetra menej ako 5 m/s vo výške 29 m a zanikla vtedy, keď rýchlosť vetra presiahla 5 m/s v rovnakej výške. Najsilnejšie inverzie vznikali v prípadoch, keď bola rýchlosť vetra 1–2 m/s (Yoshino, 1975).

Za slabého všeobecného prúdenia vzduchu vzniká v dôsledku tepelného ostrova vlastná cirkulačná bunka medzi mestom a okolím s vertikálnou cirkuláciou podobnou prirodzenej termike, ktorá pripomína brízovú cirkuláciu. Má sekundárne účinky, ako napríklad zvýšené množstvo konvektívnej oblačnosti (Sobíšek, 1993).

Existencia mestského tepelného ostrova sa prejavuje tým, že priemerná teplota vzduchu v mestách je v zrovnaní s okolitou krajinou vyššia o 1–2 °C. To sú však priemerné hodnoty. Tento rozdiel môže kolísať vo veľkom rozpätí v rôznych ročných obdobiach aj počas dňa, rovnako ako pri rôznych meteorologických podmienkach. V jednotlivých prípadoch môže byť v meste až o 8–10 °C teplejšie ako v jeho okolí, v iných dňoch, napríklad pri veľkej oblačnosti, sa rozdiel vôbec neprejaví alebo v meste môže byť chladnejšie o niekoľko stupňov ako v jeho okolí (Sadílková, 1993).

Závislosť medzi intenzitou tepelného ostrova a oblačnosťou jasne ukazuje, že najlepšie sa vyvíja počas nocí s pokrytím oblohy oblačnosťou do 3/8 (Unger, Csáki, 1994).

Intenzita tepelného ostrova môže byť kvantifikovaná rozdielom teplôt ( $\Delta T_{u-r}$ ) medzi mestskou a prímestskou stanicou a najväčší rozdiel býva 3–5 hodín po západe Slnka. Skutočnosť, že podmienky pre vznik tepelného ostrova sú najpriaznivejšie za anticyklonálnej situácie dokladuje tiež zistenie najväčšieho rozdielu  $\Delta T_{u-r}$  počas dní s týmto typom poveternostnej situácie. Naopak najmenší rozdiel  $\Delta T_{u-r}$  bol zistený počas situácie, keď Szeged ležal v teplom sektore cyklóny nad Stredomorím, čo prinášalo do oblasti vysoké úhrny zrážok (Unger, Csáki, 1994).

Maximálny horizontálny gradient teploty vzduchu medzi centrálnou časťou mesta a predmestiami je v priemere 1–2 °C/1 km v malých alebo stredne veľkých mestách, avšak v extrémnych prípadoch dosahuje 5 °C/1 km alebo viac. Hodnoty zistil japonský meteorológ Sekiguti na príklade mesta Yonezawa (Japonsko) medzi 21:30–23:00 hod. miestneho času. Sekiguti taktiež pozoroval horizontálne rozloženie teploty vzduchu v meste Ogaki (populácia 70 000, Japonsko) pri povrchu, 10, 20 a 30 m nad povrchom. Tepelný ostrov bol zistený práve do výšky 30 m nad povrchom a rozdiel medzi centrálnou časťou mesta a okrajovými časťami sa znižoval so stúpajúcou výškou (Yoshino, 1975).

Denná zmena teploty vzduchu v mestskej krajine je oneskorená v porovnaní s prímestskou krajinou. Teplota vzduchu v ktorejkoľvek lokalite v meste má lineárny vzťah vzhľadom k hustote zástavby. Ak hustota zástavby vzrastie o 10 %, teplota vzduchu za pokojnej noci vzrastie o 0,23 °C, avšak v čase maximálnej teploty je vzostup teploty vzduchu pomerne malý, približne 0,1 °C pri náraste hustoty zástavby o 10 %. Počas oblačnej noci je vzostup teploty ešte menej výrazný, iba 0,06 °C. Tieto výsledky prezentoval Takahashi na príklade mesta Ogaki, hodnoty môžu byť považované za rovnaké pre všetky stredne veľké a malé mestá (Yoshino, 1975).

Štúdiom mestského tepelného ostrova a s ním súvisiacich teplotných inverzií sa zaoberali tiež Kłysik a Fortuniak (1999) na príklade mesta Łódź v Poľsku. Zistili, že mestský tepelný ostrov sa lepšie vyvíja za pokojných nocí v lete ako v zime.

V Slovinsku sa výskumu teplotných inverzií a vplyvom reliéfu na ich utváranie venoval na príklade Ljubljanskej kotliny Ogrin (2005). V Maribore sa výskumu mestského tepelného ostrova ako typickej mestskej klímy a podmienkam jeho vzniku venoval Žibera (2012).

### 3.6 Klimatické pomery mesta Olomouc

#### *Klimatické oblasti*

Väčšina územia mesta Olomouc patrí do teplej klimatickej oblasti T2. Menšia východná časť mesta leží v oblasti mierne teplej. Mierne teplá oblasť má v meste dve podoblasti: MT10 a MT11. Juhovýchodná časť mesta sa nachádza v mierne teplej klimatickej oblasti MT11. Do miernej teplej klimatickej oblasti MT10 patrí severovýchod mesta (Quitt, 1971).

Pre teplú klimatickú oblasť T2 je charakteristické dlhé, teplé a suché leto. Veľmi krátke prechodné obdobie s teplou až mierne teplou jarou a jeseňou. Mierne teplá, krátka a suchá zima s krátkym trvaním snehovej pokrývky.

Pre mierne teplú klimatickú oblasť MT10 je charakteristické dlhé, teplé a mierne suché leto. Krátke prechodné obdobia s mierne teplou jarou a jeseňou. Charakteristická je tiež mierne teplá, krátka a veľmi suchá zima s krátkym trvaním snehovej pokrývky.

Mierne teplá klimatická oblasť MT11 sa vyznačuje dlhým, suchým a teplým letom. Prechodné obdobia sú krátke s mierne teplou jarou a jeseňou. Zima je mierne teplá, krátka a veľmi suchá, s krátkym trvaním snehovej pokrývky.

Tab. 4 Charakteristika klimatických oblastí na území Olomouce podľa Quitta (1971)

Klimatická oblasť	T2	MT10	MT11
Počet letných dní	50–60	40–50	40–50
Počet dní s priemernou teplotou 10 °C a viac	160–170	140–160	140–160
Počet mrazových dní	100–110	110–130	110–130
Počet ľadových dní	30–40	30–40	30–40
Priemerná teplota v januári [°C]	-2 – -3	-2 – -3	-2 – -3
Priemerná teplota v apríli [°C]	8–9	7–8	7–8
Priemerná teplota v júli [°C]	18–19	17–18	17–18
Priemerná teplota v októbri [°C]	7–9	7–8	7–8
Počet dní so zrážkami 1 mm a viac	90–100	100–120	90–100
Zrážkový úhrn vovegetačnom období	350–400	400–450	350–400
Zrážkový úhrn v zimnom období	200–300	200–250	200–250
Počet dní so snehovou pokrývkou	40–50	50–60	50–60
Počet zamračených dní	120–140	120–150	120–150
Počet jasných dní	40–50	40–50	40–50

#### *Teplota vzduchu*

Podľa Atlasu podnebia Česka (Tolasz a kol., 2007), ktorý je spracovaný na základe údajov za obdobie 1961–2000, leží územie Olomouce takmer celé v oblasti s priemernou ročnou teplotou medzi 8–9 °C, iba malá časť územia na severovýchode

(Svatý Kopeček, Radíkov, Lošov) leží v oblasti s priemernou ročnou teplotou vzduchu medzi 7–8 °C.

Priemerná ročná teplota obdobia 1946–2009 bola 8,9 °C. To je o 0,6 °C viac, ako za obdobie 1876–1961. Dlhodobu teplotne podpriemerné boli v teplotnej rade 1946–2009 iba obdobia 1968–1973 a 1976–1981. V rovnakom zmysle potom teplotne nadpriemerné obdobie zahŕňa roky 1998–2009 (okrem roku 2005). Uvedené dlhodobu nadpriemerné obdobie potvrdzuje všeobecne prezentovaný názor, že sa teplota vzduchu na prelome 20. a 21. storočia obecné zvyšovala. Po roku 1990 bol výskyt podpriemerných ročných teplôt výnimkou. Maximálna ročná teplota z teplotnej rady 1946–2009 pripadla na rok 2008 a predstavovala 10,5 °C. To je 2,2 °C nad dlhodobým priemerom rokov 1876–1961, čo dokladuje obecný trend rastu teploty vzduchu v posledných desaťročiach. Hodnotu 10,0 °C presiahla aj v roku 1992, 1994, 2000, 2007 a 2009. Minimálna ročná teplota 7,0 °C z teplotnej rady 1946–2009 pripadla na rok 1956.

Ročný chod teploty vzduchu vykazuje jedno ročné maximum (letné) a minimum (zimné), čo charakterizuje stredoeurópsky režim. Minimálne priemerné mesačné teploty boli vždy vyššie v období 1946–2009, čo môže byť znovu potvrdením rastúcej teploty vzduchu v druhej polovici 20. a začiatkom 21. storočia.

V prípade denných maximálnych teplôt existuje reálny dôvod domnievať sa, že teplotný rekord 36,9 °C nameraný v dvoch dňoch (29. 7. 1921 a 15. 8. 1952) na stanici Olomouc-Neředín (letišťe) bol prekonaný v roku 2010 na niektorej zo staníc MESSO. Dňa 17. 7. 2010 bola na automatických staniciach Svatý Kopeček a Botanická zahrada Pedagogickej fakulty UP nameraná maximálna denná teplota 37,5 °C, resp. 37,1 °C. Nasledujúci deň zaznamenal teplotný snímač v lokalite Horní lán (sídlisková zástavba) dokonca denné maximum 39,1 °C. Absolútne minimum v Olomouci -33,6 °C bolo zaznamenané 11. 2. 1929 v Olomouci-Slavoníně (Vysoudil, Tomáš, 2011).

### ***Veterné pomery***

Priemerná sezónna rýchlosť vetra na jar sa pohybuje na území Olomouce medzi 2,0–2,5 m/s, iba v severovýchodnej časti na úpätí Nížkeho Jeseníku vzrastá spolu s nadmorskou výškou na 3,0–3,5 m/s. V lete, na jeseň a v zime je priemerná sezónna rýchlosť vetra v centrálnej časti mesta pod 2,0 m/s, v okrajových častiach dosahuje hodnoty 2,0–2,5 m/s a na severovýchodnom okraji mesta (Radíkov, Lošov, Svatý Kopeček) 2,5–3,0 m/s (Tolász a kol., 2007).

### ***Slnčné žiarenie***

Priemerný ročný úhrn globálneho žiarenia je 3 800–3 900 MJ/m<sup>2</sup>. Priemerný ročný úhrn priameho žiarenia predstavuje 1 800–1 900 MJ/m<sup>2</sup>. Priemerný ročný úhrn doby trvania slnečného svitu je v južnej časti mesta 1 600–1 700 hodín a v severnej časti 1 500–1 600 hodín. Priemerná ročná oblačnosť je 60–65 %. Priemerný ročný počet jasných dní je 40–50, priemerný ročný počet zamračených dní je 140–150 (Tolasz a kol., 2007).

## **4. Zhodnotenie výskytu teplotných inverzií na základe analýzy časových rad**

Početnosť výskytu inverzií, izotermií a normálnych teplotných zvrstvení je počítaná pre 10 minútové merania aj pre hodinové merania. Pre oba tieto intervaly meraní sú počítané aj priemerné dĺžky trvania inverzie a priemerné intenzity inverzie podľa ročných období. Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie a taktiež priemerný vertikálny teplotný gradient počas jednotlivých poveternostných situácií sú počítané z hodinových meraní. Z hodinového intervalu merania sú tiež vykonané klasifikácie inverzií podľa dĺžky trvania a intenzity. V prípade klasifikácie podľa dĺžky trvania som pristúpil k úprave kritéria použitého v práci Vysoudila (2008). Nakoľko autor v práci hodnotí merania s polhodinovým intervalom, hranice intervalov som v našom prípade zdvojnásobil. V prípade klasifikácie podľa intenzity som inverzie zaraďoval do tried podľa hodnôt vertikálneho teplotného gradientu, a nie podľa reálnych hodnôt nameraných v celých hodinách. Taktiež priemerné intenzity inverzie podľa ročných období na Obr. 10, 17 a 24 sú prepočítané na vertikálny teplotný gradient, údaje o maximálnych intenzitách už však reprezentujú výškové rozdiely jednotlivých profilov.

Je potrebné pripomenúť, že ak prekračovala inverzná situácia aj do nasledujúceho dňa, bola vždy počítaná k radiačnému dňu, v ktorom začala.

Zrovnanie hodnôt na vertikálny teplotný gradient bolo vykonané z dôvodu lepšieho porovnania ukazovateľov na všetkých troch sledovaných profiloch.

Za prípad izotermie bola považovaná situácia, kedy hodnota rozdielu teplôt medzi vyššie a nižšie položenou stanicou bola v intervale  $<0; 0,2 \text{ }^\circ\text{C}>$ , čo predstavuje uvažovanú odchýlku meraní prístrojov pri vymedzovaní inverzných situácií.

Všetky údaje sa vzťahujú iba na radiačné dni klimatického roku 2011.

Tab. 5 Zoznam radiačných dní klimatického roku 2011 s uvedením poveternostnej situácie

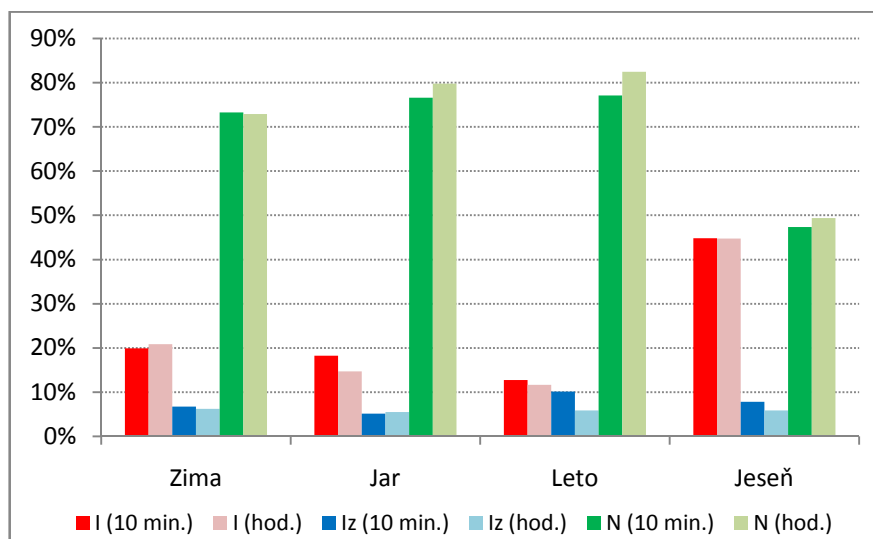
Dátum	Situácia	Popis situácie
7.2.	Wa	Západná anticyklonálna situácia
9.2.	Ap2	Putujúca anticyklóna
27.2.	Vfz	Vchod frontálnej zóny
28.2.	Ea	Východná anticyklonálna situácia
2.3.	Ea	Východná anticyklonálna situácia
6.3.	Nc	Severná cyklonálna situácia
8.3.	Ap3	Putujúca anticyklóna
29.3.	Wa	Západná anticyklonálna situácia
30.3.	Wa	Západná anticyklonálna situácia
16.4.	A	Anticyklóna nad strednou Európou
20.4.	SEa	Juhovýchodná anticyklonálna situácia
6.5.	Ap2	Putujúca anticyklóna
7.5.	NEa	Severovýchodná anticyklonálna situácia
9.5.	NEa	Severovýchodná anticyklonálna situácia
19.5.	SWc2	Juhozápadná cyklonálna situácia
24.5.	Wal	Západná anticyklonálna situácia letného typu
28.6.	NEa	Severovýchodná anticyklonálna situácia
9.7.	SWc2	Juhozápadná cyklonálna situácia
20.8.	Ap2	Putujúca anticyklóna
23.8.	SWa	Juhozápadná anticyklonálna situácia
26.8.	Sa	Južná anticyklonálna situácia
26.9.	A	Anticyklóna nad strednou Európou
27.9.	Bp	Brázda postupujúca cez strednú Európu
30.9.	A	Anticyklóna nad strednou Európou
1.10.	A	Anticyklóna nad strednou Európou
16.10.	Ea	Východná anticyklonálna situácia
17.10.	Ea	Východná anticyklonálna situácia
22.10.	SEa	Juhovýchodná anticyklonálna situácia
8.11.	Ea	Východná anticyklonálna situácia
12.11.	SEa	Juhovýchodná anticyklonálna situácia
13.11.	SEa	Juhovýchodná anticyklonálna situácia

## 4.1 Profil JUTA-LETO

### 4.1.1 Početnosť výskytu

Z Obr. 5 je zrejmé, že okrem jesene výrazne prevažovali v ostatných ročných obdobiach podľa percentuálneho zastúpenia situácie s normálnym teplotným zvrstvením pri 10 minútových meraniach aj pri hodinových meraniach. Práve na jeseň boli inverzné

situácie oveľa početnejšie (44,8 % pri hod. i 10 min. meraniach), takmer sa vyrovnali počtu prípadov s normálnym teplotným zvrstvením.



Obr. 5 Početnosť výskytu inverzie (I), izotermie (Iz) a normálneho teplotného zvrstvenia (N) na profile JUTA-LETO

Prípady izotermie predstavujú vo všetkých ročných obdobiach najmenší podiel zastúpenia. Všeobecne bola pozorovaná izotermia častejšie podľa 10 minútových meraní ako podľa hodinových (okrem jari). V lete sa podiel situácií s izotermiou podľa 10 minútových meraní výrazne približuje podielu inverzných situácií. Inverzie boli častejšie pozorované v zime podľa hodinových meraní, na jar a v lete zase podľa 10 minútových. Na jeseň bolo inverzií podľa 10 minútových a hodinových meraní rovnako veľa (44,8 %). Normálne teplotné zvrstvenie bolo častejšie zistené podľa hodinových meraní (okrem zimy). Tab. 6 a 7 poskytujú prehľad absolútnych počtov zistených 10 minútových a hodinových intervalov so sledovanými situáciami.

Tab. 6 Počet 10 min. intervalov s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-LETO

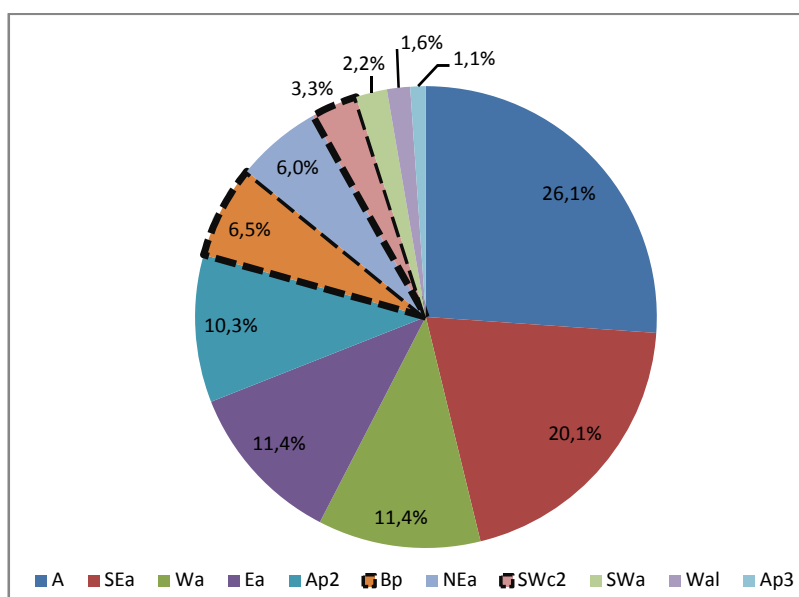
Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	115	39	423
Jar	12	321	90	1345
Leto	5	92	73	555
Jeseň	10	646	113	682
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>1174</b>	<b>315</b>	<b>3005</b>

Tab. 7 Počet hodín s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-LETO

Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	20	6	70
Jar	12	43	16	233
Leto	5	14	7	99
Jeseň	10	107	14	118
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>184</b>	<b>43</b>	<b>520</b>

#### 4.1.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie

Výseče na Obr. 6, ktoré sú ohraničené čiernymi prerušovanými čiarami, predstavujú cyklonálne situácie. V tomto prípade predstavujú iba necelých 10 % inverzií, vyše 90 % inverzií teda vznikalo počas anticyklonálnych typov počasia. Počas južnej anticyklóny 26. 8., severnej cyklóny 6. 3. a vchodu frontálnej zóny 27. 2. sa na profile nevyskytli žiadne hodiny s inverziou, preto nie sú zobrazené ani na Obr. 6.

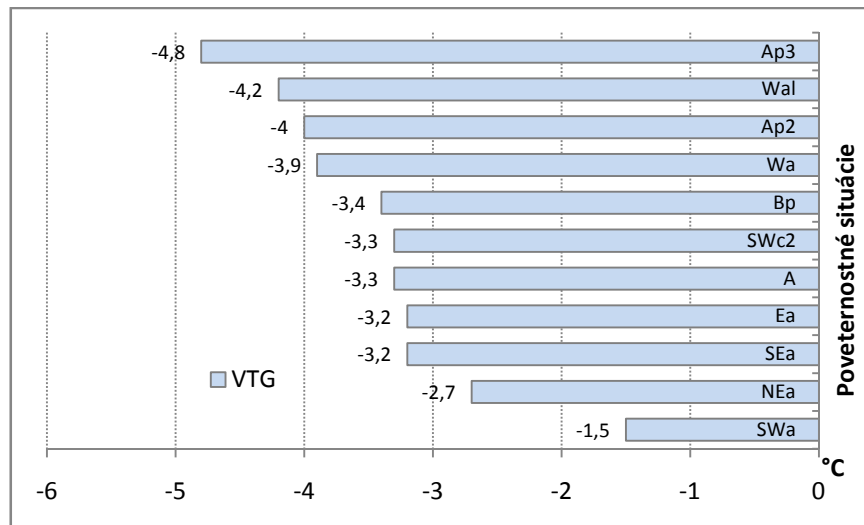


Obr. 6 Početnosť výskytu poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile JUTA-LETO

Viac ako štvrtina prípadov inverzií sa vyskytla počas anticyklóny nad strednou Európou. O niečo málo viac ako pätina prípadov inverzií spadá do situácie, kedy počasie v strednej Európe ovplyvňovala juhovýchodná anticyklonálna situácia. Rovnaký podiel (11,4 %) zastupujú západná a východná anticyklonálna situácia, nasleduje ich putujúca anticyklóna druhého typu pohybujúca sa približne po 50. rovnobežke smerom na východ. O niečo menej sa inverzie vyskytovali v brázdě postupujúcej cez strednú Európu a počas severovýchodnej anticyklonálnej situácie. Najmenej sa inverzie vyskytovali počas juhozápadnej cyklonálnej situácie,



juhozápadnej anticyklonálnej situácie, západnej anticyklonálnej situácie letného typu a počas putujúcej anticyklóny tretieho typu, kedy sa riadiaci tlakový útvar pohybuje od Severného mora nad južné Karpaty.

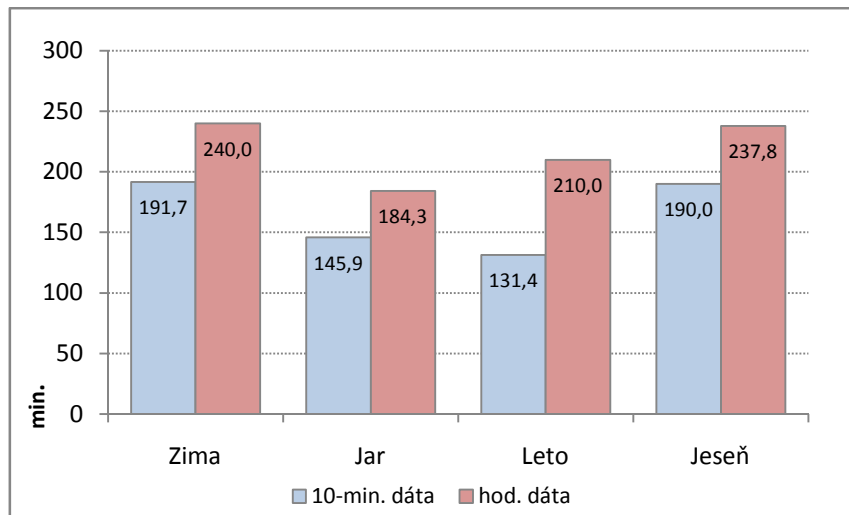


Obr. 7 Priemerný vertikálny teplotný gradient počas poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile JUTA-LETO

Obr. 7 poskytuje predstavu o intenzitách inverzií počas jednotlivých poveternostných situácií reprezentované vertikálnym teplotným gradientom. Najväčšia intenzita inverzie bola zistená počas putujúcej anticyklóny tretieho typu. Na nasledujúcich miestach sa umiestnili s pomerne malým rozdielom ďalšie tri anticyklonálne situácie. Za pozornosť stojí skutočnosť, že intenzita inverzií bola počas anticyklóny nad strednou Európou nižšia ako za juhozápadnej cyklonálnej situácie. Ešte menej intenzívne boli inverzie počas anticyklonálnych situácií s prevládajúcim východným prúdením (Ea, SEa, NEa), najmenej výrazné však boli inverzie počas anticyklóny s juhozápadným prúdením.

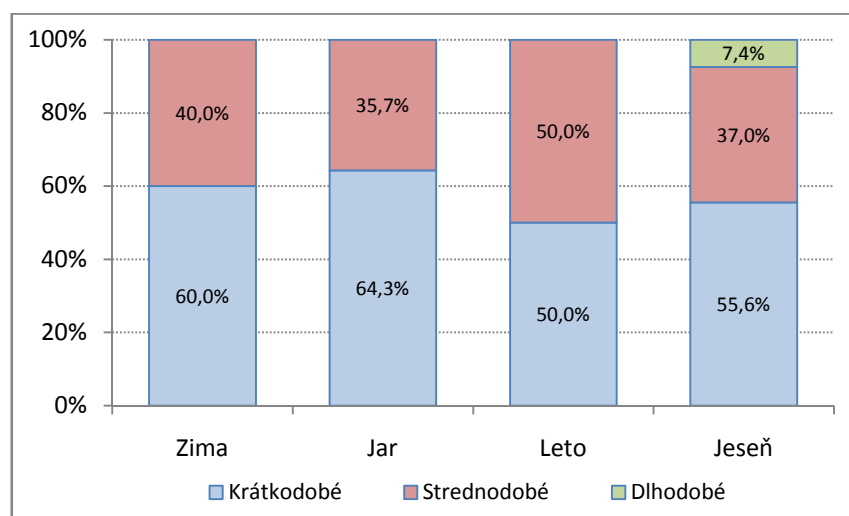
#### 4.1.3 Dĺžka trvania inverzií

Všeobecne bola väčšia priemerná dĺžka trvania inverzie zistená vo všetkých ročných obdobiach pri hodinových meraniach. Podľa 10 minútových aj hodinových meraní bola najväčšia priemerná dĺžka inverzie zistená v zime. Naopak najkratšie trvanie podľa 10 minútových meraní mali inverzie v lete a podľa hodinových meraní na jar. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná dĺžka trvania inverzie pre 10 minútové merania 164,75 minúty a pre hodinové merania 218,02 minúty.



Obr. 8 Priemerná dĺžka trvania inverzie podľa ročných období na profile JUTA-LETO

Maximálna dĺžka trvania inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach 480 minút a vyskytla sa dňa 7. 2. v čase 00:40–08:30 hod., pri hodinových meraniach to bolo 8 hodín dňa 7. 2. v čase 01:00–08:00 hod. Na jar trvala inverzia podľa 10 minútových meraní najdlhšie 300 minút v období 30. 3. 21:10 hod.–31. 3. 02:00 hod., podľa hodinových meraní to bolo 5 hodín v období 30. 3. 22:00 hod.–31. 3. 02:00 hod. V lete sa najdlhšia inverzia pri 10 minútových meraniach vyskytla v čase 20. 8. 19:50 hod.–21. 8. 00:00 hod., čo predstavuje 260 minút. Pri hodinových meraniach trvala inverzia v lete najdlhšie 5 hodín v čase 20. 8. 20:00 hod.–21. 8. 00:00 hod. Maximálna dĺžka trvania inverzie pre oba intervaly merania na jeseň bola zároveň najväčšia pre celý rok. Pre 10 minútové merania to bolo 650 minút v období 26. 9. 17:50 hod.–27. 9. 04:30 hod. a pre hodinové merania 11 hodín v čase 26. 9. 18:00 hod.–27. 9. 04:00 hod. Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam vo všetkých ročných obdobiach.

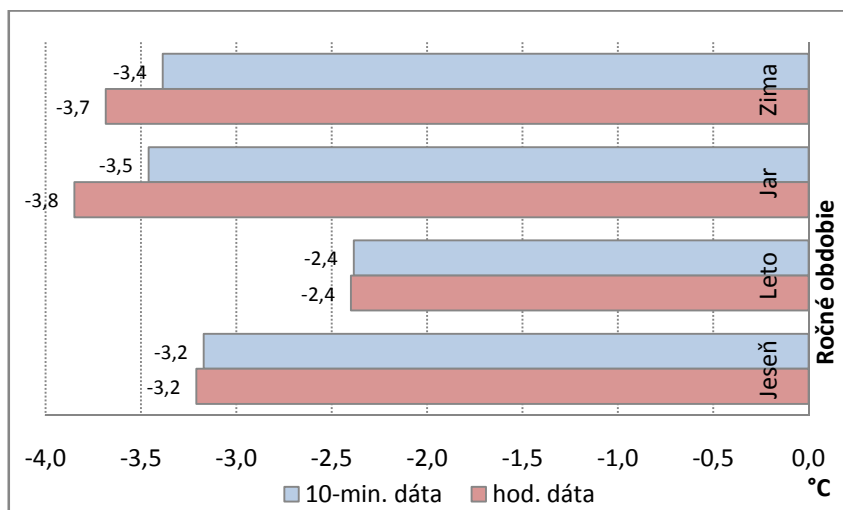


Obr. 9 Výskyt inverzií podľa dĺžky trvania v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-LETO

Z Obr. 9 je zrejmé, že dlhodobé inverzie (>8 hod.) sa vyskytli iba na jeseň, presnejšie 26. 9. 18:00 hod.–27. 9. 04:00 hod. a 27. 9. 14:00 hod.–27. 9. 23:00 hod. V prípade krátkodobých (<4 hod.) a strednodobých inverzií (4–8 hod.) pomer zastúpenia vo všetkých ročných obdobiach nezaznamenáva veľké výkyvy.

#### 4.1.4 Intenzita inverzií

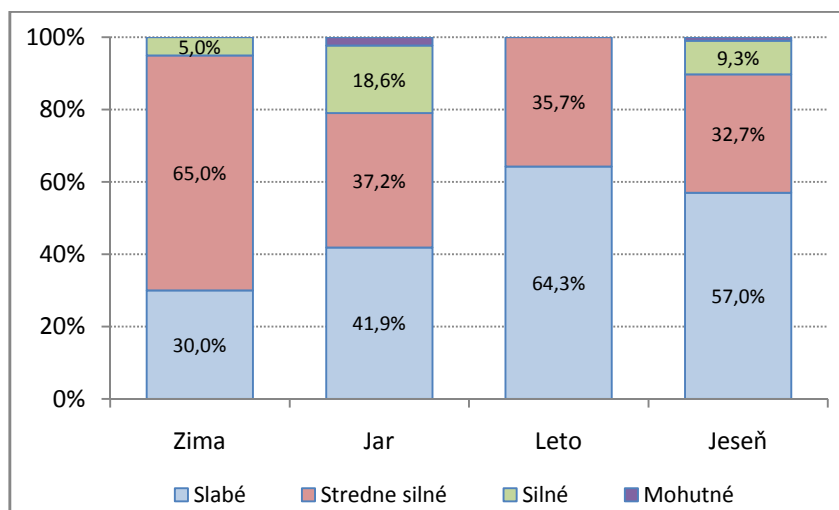
Podľa hodinových meraní bola intenzita inverzií zistená vždy väčšia ako podľa 10 minútových. Najväčší rozdiel v intenzite medzi dvoma intervalmi merania bol zaznamenaný na jar tak, ako je zrejmé z Obr. 10. Naopak v lete a na jeseň boli rozdiely medzi 10 minútovým a hodinovým intervalom merania minimálne. Najsilnejšie inverzie boli zistené na danom profile na jar, nasledovala zima, jeseň a leto. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná intenzita inverzie 3,1 °C/100 m pre 10 minútové merania a 3,29 °C/100 m pre hodinové merania.



Obr. 10 Priemerná intenzita inverzie podľa ročných období na profile JUTA-LETO

Maximálna intenzita inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach zistená 9. 2. v čase 01:10 hod., pričom na stanici LETO bolo o 2,9 °C teplejšie ako na stanici JUTA. V prípade hodín to bolo 9. 2. o 01:00 hod., kedy bolo letisko o 2,6 °C teplejšie ako stanica v Holiciach. Na jar bola inverzia najsilnejšia podľa 10 minútových meraní 20. 4. v čase 21:00 a 21:10 hod. (rozdiel 4,0 °C), podľa hodinových meraní taktiež 20. 4. o 21:00 hod. (rozdiel 4,0 °C). Pri najsilnejšej inverzii v lete bol podľa 10 minútových meraní najväčší rozdiel 2,0 °C zistený 20. 8. v čase 20:40 hod. a 26. 8. v čase 23:20 hod. Hodinové merania v lete odhalili najsilnejšiu inverziu 20. 8. o 21:00 hod. s rozdielom teplôt 1,9 °C. Jesenná najsilnejšia inverzia podľa 10 minútových meraní s rozdielom teplôt 3,9 °C bola zistená 13. 11. v čase 18:10 hod., pri hodinových meraniach to bolo 30. 9. o 01:00 hod., kedy bola stanica LETO o 3,7 °C teplejšia ako stanica JUTA.

Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam v zime, na jar a v jednom prípade v lete.



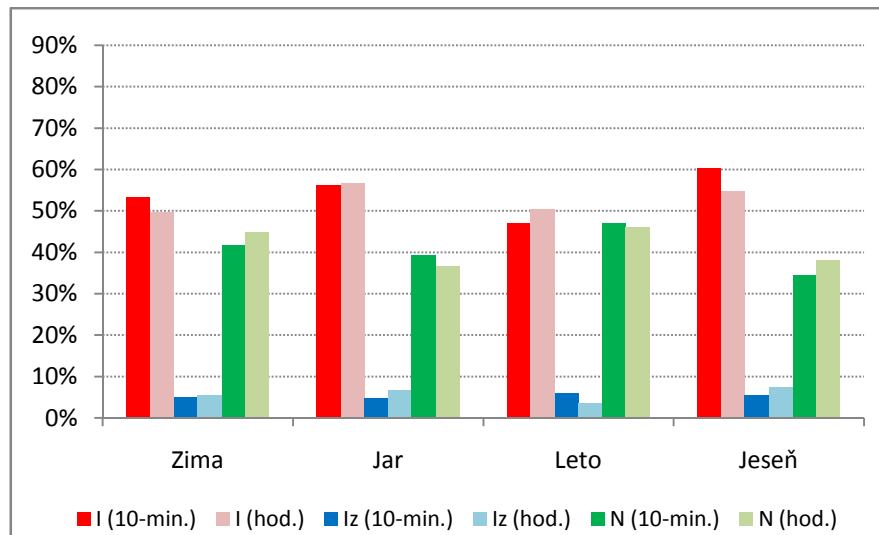
Obr. 11 Výskyt inverzií podľa intenzity v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-LETO

Najviac slabých inverzií s rozdielom teplôt 0,1–3,0 °C sa vyskytlo v lete, naopak najmenej v zime. Stredne silné inverzie s rozdielom teplôt 3,1–6,0 °C boli zase najpočetnejšie v zime, najmenej sa vyskytovali na jeseň. Práve na jeseň však mali svoje zastúpenie aj inverzie silné a mohutné, takisto tomu bolo aj na jar a čiastočne aj v zime. To potvrdzuje skutočnosť, že najsilnejšie inverzie sa vyskytujú v prechodných obdobiach. V lete sa dokonca nevyskytli ani žiadne silné inverzie.

## 4.2 Profil LETO-KOPE

### 4.2.1 Početnosť výskytu

Pomer zastúpenia inverzných situácií a normálneho teplotného zvrstvenia bol na profile LETO-KOPE vo všetkých ročných obdobiach oveľa vyrovnanerší v porovnaní s profilom JUTA-LETO. Najvyrovnanerší bol tento pomer v lete, v ostatných ročných obdobiach dokonca inverzie podľa oboch intervalov meraní prekračujú zastúpenie normálneho zvrstvenia o 10–20 %.



Obr. 12 Početnosť výskytu inverzie (I), izotermie (Iz) a normálneho teplotného zvrstvenia (N) na profile LETO-KOPE

Opäť najmenší podiel majú situácie s izotermiou. Izotermia bola početnejšia pri hodinových meraniach ako pri 10 minútových (okrem leta). Inverzia bola zistená podľa 10 minútových meraní častejšie na jeseň a v zime, na jar a v lete to bolo častejšie podľa hodinových meraní. Úplne opačne to bolo pri normálnom zvrstvení. Tab. 8 a 9 poskytujú prehľad absolútnych počtov zistených 10 minútových a hodinových intervalov so sledovanými situáciami.

Tab. 8 Počet 10 min. intervalov s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile LETO-KOPE

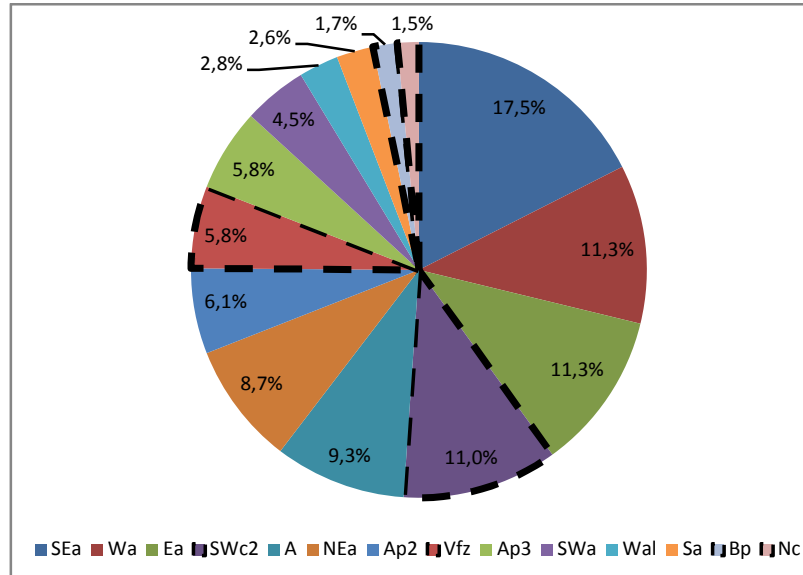
Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	351	33	274
Jar	12	1122	93	782
Leto	5	401	49	401
Jeseň	10	1009	90	577
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>2883</b>	<b>265</b>	<b>2034</b>

Tab. 9 Počet hodín s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile LETO-KOPE

Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	54	6	49
Jar	12	186	22	120
Leto	5	71	5	65
Jeseň	10	151	20	105
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>462</b>	<b>53</b>	<b>339</b>

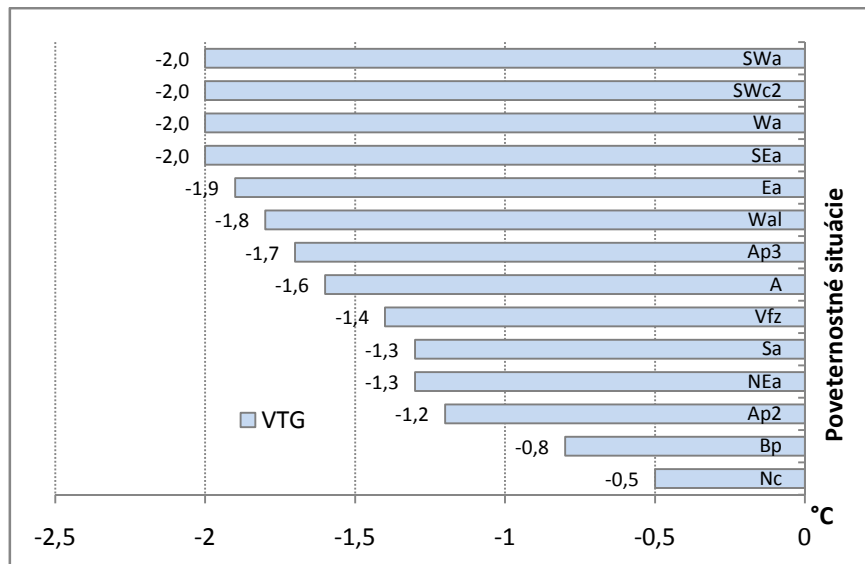
#### 4.2.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie

Výseče, ktoré sú na Obr. 13 ohraničené čiernou prerušovanou čiarou, predstavujú cyklonálne situácie. V tomto prípade predstavujú 20 % inverzií, čo je o 100 % viac, ako tomu bolo v prípade profilu JUTA-LETO.



Obr. 13 Početnosť výskytu poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile LETO-KOPE

Najviac inverzií sa vyskytlo počas juhovýchodnej anticyklonálnej situácie. S rovnakým pomerom zastúpenia (11,3 %) nasledujú západná a východná anticyklóna. O niečo menej, presne 11 % prípadov s inverziami pripadá na juhozápadnú cyklonálnu situáciu. Anticyklóna nad strednou Európou sa umiestnila až na 5. mieste, zatiaľ čo na profile JUTA-LETO to bola najpočetnejšia situácia s výskytom inverzie. Inverzie sa vyskytli tiež častejšie počas vchodu frontálnej zóny ako počas putujúcej anticyklóny 3. typu a počas juhozápadnej anticyklóny. Najmenej sa inverzie vyskytovali v anticyklonálnych typoch pri západnej anticyklóne letného typu a pri južnej anticyklóne, z cyklonálnych typov to bolo počas brázd postupujúcej cez strednú Európu, a tiež počas severnej cyklonálnej situácie.

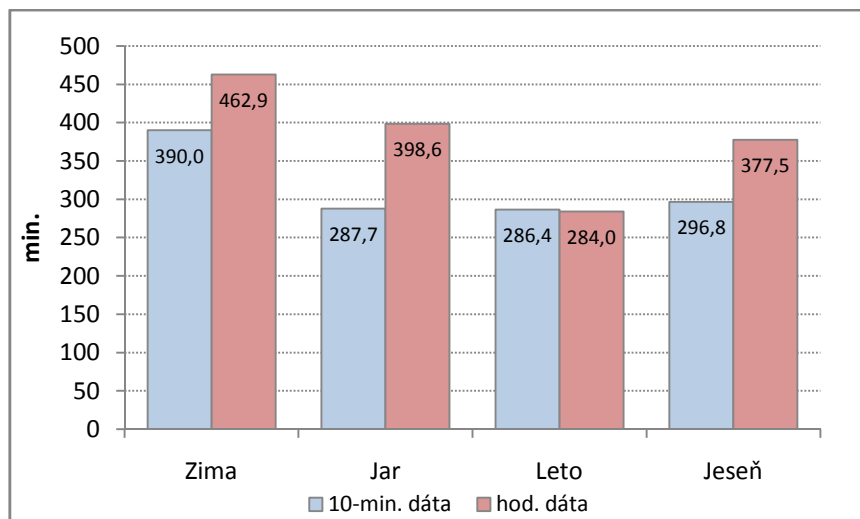


Obr. 14 Priemerný vertikálny teplotný gradient počas poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile LETO-KOPE

Z Obr. 14 je zrejmé, že intenzity inverzií reprezentované vertikálnym teplotným gradientom boli rovnaké, ak sa jednalo o situácie s juhozápadným či západným prúdením (SWa, SWc2, Wa), rovnakú hodnotu zaznamenávame aj pri juhovýchodnej anticyklóne. Pri ďalších štyroch anticyklonálnych situáciách pozorujeme postupný pokles intenzity. Južná a severovýchodná anticyklonálna situácia sú charakterizované rovnakou intenzitou inverzií. Najslabšie inverzie sa vyskytovali počas cyklonálnych typov Bp a Nc.

#### 4.2.3 Dĺžka trvania inverzií

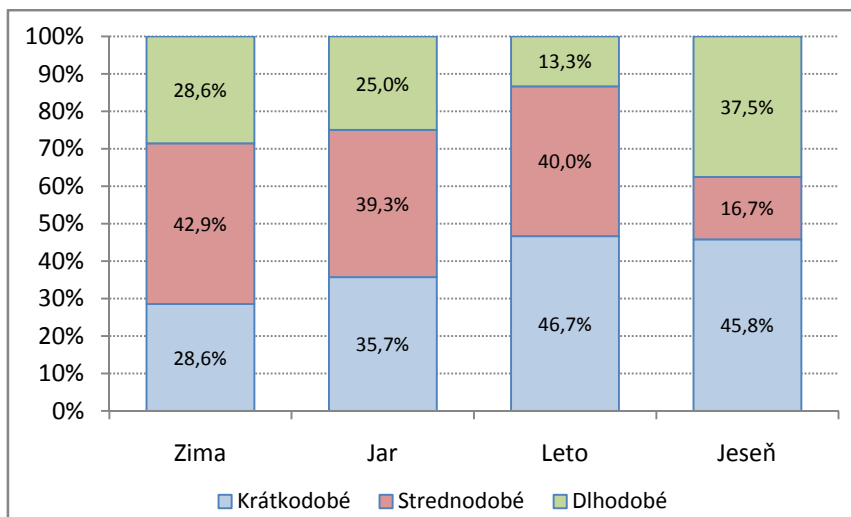
Väčšia priemerná dĺžka trvania inverzie podľa 10 minútových meraní ako podľa hodinových bola zistená iba v lete. Podľa 10 minútových aj hodinových meraní bola najväčšia priemerná dĺžka inverzie zistená v zime. Naopak najkratšie trvanie podľa 10 minútových meraní mali inverzie v lete, veľmi podobne bola na tom jar. Podľa hodinových meraní to bolo opäť leto. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná dĺžka trvania inverzie pre 10 minútové merania 315,22 minúty a pre hodinové merania 380,73 minúty.



Obr. 15 Priemerná dĺžka trvania inverzie podľa ročných období na profile LETO-KOPE

Maximálna dĺžka trvania inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach 1130 minút a vyskytla sa v období 7. 2. 19:10 hod.–8. 2. 13:50 hod., pri hodinových meraniach to bolo 18 hodín v období 7. 2. 20:00 hod.–8. 2. 13:00 hod. Na jar trvala inverzia podľa 10 minútových meraní najdlhšie 1220 minút v období 8. 3. 18:00 hod.–9. 3. 14:10 hod., podľa hodinových meraní to bolo 20 hodín v období 29. 3. 21:00 hod.–30. 3. 16:00 hod. V lete sa najdlhšia inverzia pri 10 minútových meraniach vyskytla v období 23. 8. 20:30 hod.–24. 8. 07:00 hod., čo predstavuje 640 minút. Pri hodinových meraniach trvala inverzia v lete najdlhšie 11 hodín v období 23. 8. 21:00 hod.–24. 8. 07:00 hod. Pre 10 minútové merania bola najdlhšia inverzia na jeseň v dĺžke 960 minút zistená v období 8. 11. 18:20 hod.–9. 11. 10:10 hod. V tomto intervale merania a v tomto ročnom období sa zistili pomerne dlhé inverzie (850 minút) aj v období 22. 10. 20:10 hod.–23. 10. 10:10 hod. a v období 12. 11. 17:50 hod. – 13. 11. 07:50 hod. Pre hodinové merania je hodnota najdlhšie trvajúcej inverzie na jeseň 16 hodín v období 8. 11. 19:00 hod.–9. 11. 10:00 hod. Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam v zime, v lete a na jeseň. Najdlhšia inverzia podľa oboch intervalov meraní sa vyskytla na jar.



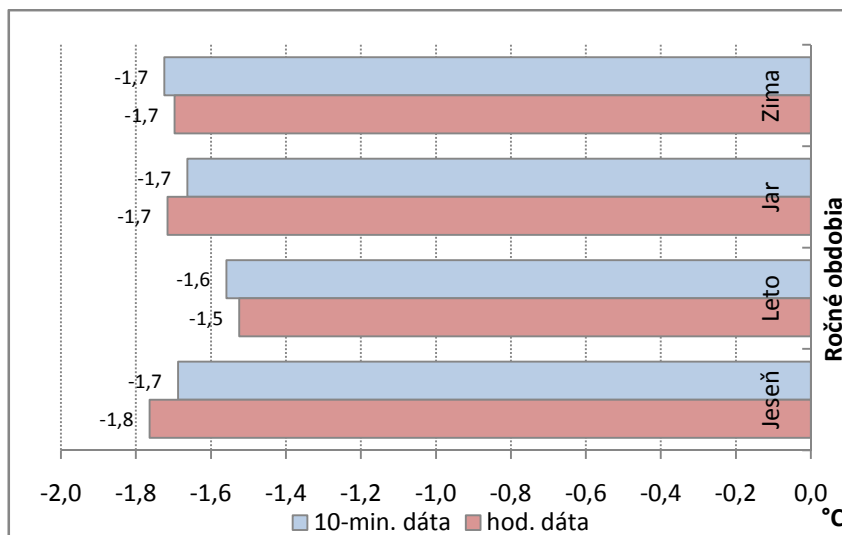


Obr. 16 Výskyt inverzií podľa dĺžky trvania v jednotlivých ročných obdobiach na profile LETO-KOPE

Z Obr. 16 je jasné, že pomer dlhodobo trvajúcich inverzií (>8 hod.) v lete je menší na úkor krátkodobých inverzií (<4 hod.), ktorý je v tomto ročnom období najväčší. Strednodobé inverzie (4–8 hod.) sa najčastejšie vyskytovali v zime, ale na jar a v lete bol pomer zastúpenia veľmi podobný. Na jeseň majú strednodobé inverzie najmenšie pomerné zastúpenie, zato dlhodobé inverzie majú na jeseň najväčší podiel zo všetkých ročných období.

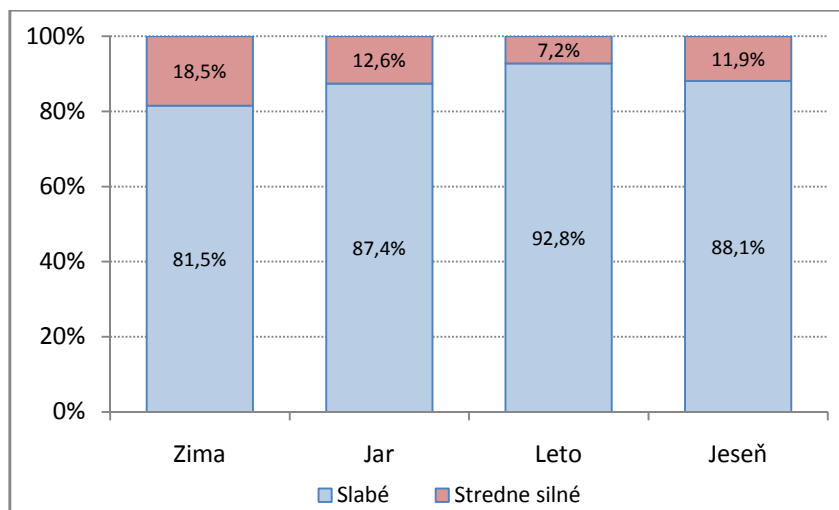
#### 4.2.4 Intenzita inverzií

Podľa hodinových meraní bola intenzita inverzií zistená väčšia ako podľa 10 minútových v prechodných ročných obdobiach. Najväčší rozdiel v intenzite medzi dvoma intervalmi merania bol zaznamenaný na jeseň tak, ako je zrejmé z Obr. 17. Celkovo sú však rozdiely medzi 10 minútovým a hodinovým intervalom merania z pohľadu absolútnych hodnôt minimálne. Intenzity inverzií sú veľmi podobné vo všetkých ročných obdobiach s výnimkou leta, kedy sa inverzie prejavovali menej intenzívne. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná intenzita inverzie 1,66 °C/100 m pre 10 minútové merania a 1,68 °C/100 m pre hodinové merania.



Obr. 17 Priemerná intenzita inverzie podľa ročných období na profile LETO-KOPE

Maximálna intenzita inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach zistená 8. 2. v čase 05:30 hod., pričom na stanici KOPE bolo o 5,1 °C teplejšie ako na stanici LETO. V prípade hodín to bolo 8. 2. o 06:00 hod., kedy bol Svatý Kopeček o 4,3 °C teplejší ako letisko. Na jar bola inverzia najsilnejšia podľa 10 minútových meraní 21. 4. v čase 01:50 hod. (rozdiel 5,7 °C), podľa hodinových meraní 9. 3. o 03:00 hod. (rozdiel 5,2 °C). Pri najsilnejšej inverzii v lete bol podľa 10 minútových meraní najväčší rozdiel 5,1 °C zistený 24. 8. v čase 01:10 hod. a 01:40 hod. Hodinové merania v lete odhalili najsilnejšiu inverziu 24. 8. o 01:00 hod. s rozdielom teplôt 4,7 °C. Jesenná najsilnejšia inverzia podľa 10 minútových meraní s rozdielom teplôt 5,4 °C bola zistená 9. 11. v čase 04:40 hod., pri hodinových meraniach to bolo taktiež 9. 11. ale v čase 03:00 hod., kedy bola stanica KOPE o 5,1 °C teplejšia ako stanica LETO. Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam vo všetkých ročných obdobiach okrem jari.



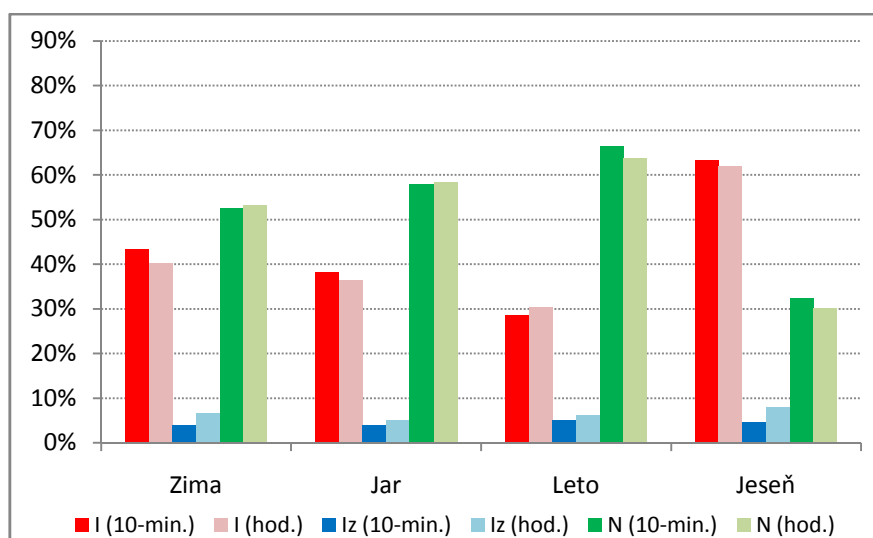
Obr. 18 Výskyt inverzií podľa intenzity v jednotlivých ročných obdobiach na profile LETO-KOPE

Vo všetkých ročných obdobiach mali hlavné zastúpenie slabé inverzie s rozdielom teplôt 0,1–3,0 °C. Najviac tomu bolo tak v lete. Stredne silné inverzie s rozdielom teplôt 3,1–6,0 °C sa vyskytovali v oveľa menšej miere, najviac sa vyskytovali v zime, kedy tvorili takmer jednu pätinu inverzných situácií. Z Obr. 18 taktiež vyplýva, že na profile LETO-KOPE sa počas radiačných dní klimatického roku 2011 nevyskytli žiadne inverzné situácie, kedy bol vertikálny teplotný gradient väčší ako 6,0 °C, čiže silné a mohutné inverzie tu na rozdiel od profilu JUTA-LETO nezaznamenávame.

### 4.3 Profil JUTA-KOPE

#### 4.3.1 Početnosť výskytu

V zimnom a jarnom období prevažovali prípady normálneho teplotného zvrstvenia nad inverznými situáciami približne o 10–20 %. V lete bol tento rozdiel najvýraznejší (o 37,9 % viac prípadov normálneho zvrstvenia ako inverzií pri 10 minútových meraniach). Naopak na jeseň boli inverzné situácie podstatne početnejšie ako normálne zvrstvenie, a to až o 30,9 % pri 10 minútových meraniach. Inverzie boli okrem leta zistené častejšie podľa 10 minútových meraní.



Obr. 19 Početnosť výskytu inverzie (I), izotermie (Iz) a normálneho teplotného zvrstvenia (N) na profile JUTA-KOPE

Početnosť normálneho teplotného zvrstvenia bola v zime a na jar podľa oboch intervalov merania zistená iba s minimálnymi rozdielmi, v lete a na jeseň bola o niečo častejšie zistená pri 10 minútových meraniach. Tradične najnižšie pomerné zastúpenie mali situácie s izotermiou, ktoré boli častejšie zistené podľa hodinových meraní. Tab. 10 a 11 poskytujú prehľad absolútnych počtov zistených 10 minútových a hodinových intervalov so sledovanými situáciami.

Tab. 10 Počet 10 min. intervalov s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-KOPE

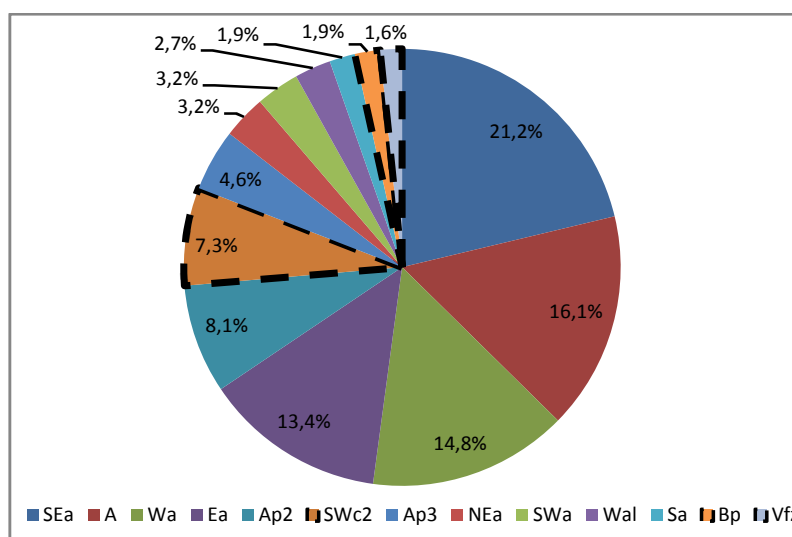
Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	282	26	341
Jar	12	735	75	1117
Leto	5	229	40	533
Jeseň	10	1064	77	544
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>2310</b>	<b>218</b>	<b>2535</b>

Tab. 11 Počet hodín s typmi teplotného zvrstvenia v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-KOPE

Obdobie	Počet RD	Inverzia	Izotermia	Normálne zvrstvenie
Zima	4	43	7	57
Jar	12	115	16	184
Leto	5	40	8	84
Jeseň	10	173	22	84
<b>Celkom</b>	<b>31</b>	<b>371</b>	<b>53</b>	<b>409</b>

#### 4.3.2 Väzba výskytu inverzií na poveternostné situácie

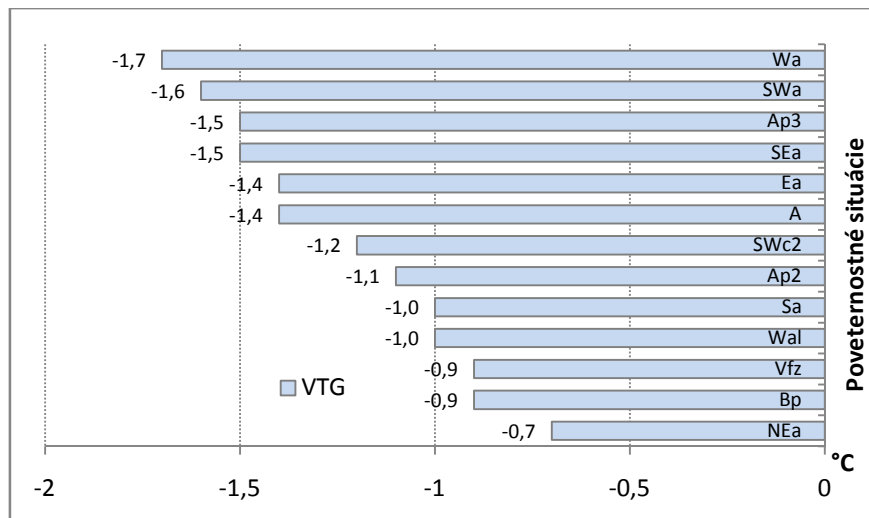
Výseče na Obr. 20, ktoré sú ohraničené čiernymi prerušovanými čiarami, predstavujú cyklonálne situácie. V tomto prípade predstavujú 11,8 % inverzií, 88,2 % inverzií teda vznikalo počas anticyklonálnych typov počasia. Počas severnej cyklóny 6. 3. sa na profile nevyskytli žiadne hodiny s inverziou, preto nie sú zobrazené ani na Obr. 20.



Obr. 20 Početnosť výskytu poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile JUTA-KOPE

O niečo viac ako pätina prípadov sa vyskytla počas juhovýchodnej anticyklóny. Nasledujú ďalšie tri anticyklonálne situácie s pomerne malými rozdielmi (anticyklóna

nad strednou Európou, západná a východná anticyklóna). Putujúca anticyklóna druhého typu sa vyskytla počas inverzií približne dvakrát častejšie ako putujúca anticyklóna tretieho typu. Nasledujú ďalšie 4 anticyklonálne situácie so zastúpením počas inverzií menším ako 4 %. Najmenšie pomerné zastúpenie mali dve cyklonálne situácie (Bp, Vfz), avšak juhozápadná cyklóna bola početnejšia (7,3 %).

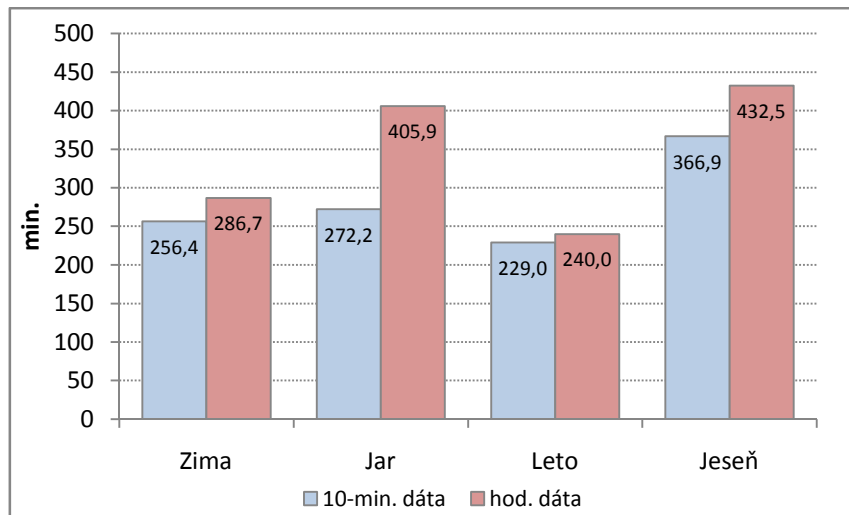


Obr. 21 Priemerný vertikálny teplotný gradient počas poveternostných situácií v období inverzie počas radiačných dní klimatického roku 2011 na profile JUTA-KOPE

Z Obr. 21 je zrejmé, že intenzity inverzií reprezentované vertikálnym teplotným gradientom boli najväčšie, ak sa jednalo o anticyklonálne situácie. Za pozornosť však stojí umiestnenie juhozápadnej cyklóny. Najslabšie inverzie sa vyskytovali počas cyklonálnych typov Vfz a Bp, avšak úplne minimum zaznamenávame u severovýchodnej anticyklóny.

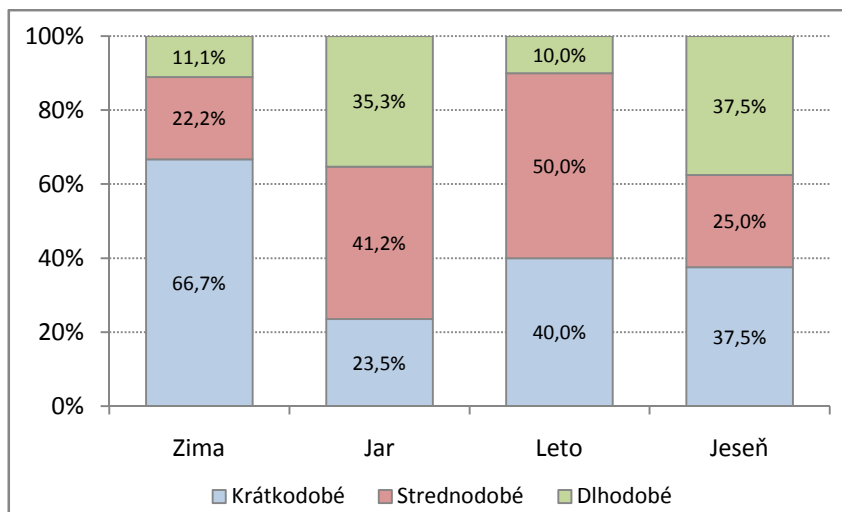
#### 4.3.3 Dĺžka trvania inverzií

Väčšia priemerná dĺžka trvania inverzie bola zistená vo všetkých obdobiach pri hodinových meraniach. Podľa 10 minútových aj hodinových meraní bola najväčšia priemerná dĺžka inverzie zistená na jeseň. Za pozornosť stojí taktiež dlhé trvanie inverzií podľa hodín na jar. Naopak najkratšie trvanie podľa 10 minútových aj hodinových meraní mali inverzie v lete. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná dĺžka trvania inverzie pre 10 minútové merania 281,12 minúty a pre hodinové merania 341,26 minúty.



Obr. 22 Priemerná dĺžka trvania inverzie podľa ročných období na profile JUTA-KOPE

Maximálna dĺžka trvania inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach 1050 minút a vyskytla sa v období 7. 2. 18:10 hod.–8. 2. 11:30 hod., pri hodinových meraniach to bolo 17 hodín v období 7. 2. 19:00 hod.–8. 2. 11:00 hod. Na jar trvala inverzia podľa 10 minútových meraní najdlhšie 830 minút v období 29. 3. 19:20 hod.–30. 3. 9:00 hod., podľa hodinových meraní to bolo 15 hodín v období 29. 3. 20:00 hod.–30. 3. 10:00 hod. V lete sa najdlhšia inverzia pri 10 minútových meraniach vyskytla v období 20. 8. 20:30 hod.–21. 8. 05:40 hod., čo predstavuje 560 minút. Pri hodinových meraniach trvala inverzia v lete najdlhšie 9 hodín v období 23. 8. 23:00 hod.–24. 8. 07:00 hod. Pre 10 minútové merania bola najdlhšia inverzia na jeseň v dĺžke 990 minút zistená v období 8. 11. 17:50 hod.–9. 11. 10:10 hod. V tomto intervale merania a v tomto ročnom období sa zistila ešte jedna dlhotrvajúca inverzia (980 minút), a to v období 13. 11. 16:10 hod.–14. 11. 08:20 hod. Pre hodinové merania je hodnota najdlhšie trvajúcej inverzie na jeseň 17 hodín v období 8. 11. 18:00 hod.–9. 11. 10:00 hod. Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam v zime, na jar a na jeseň.

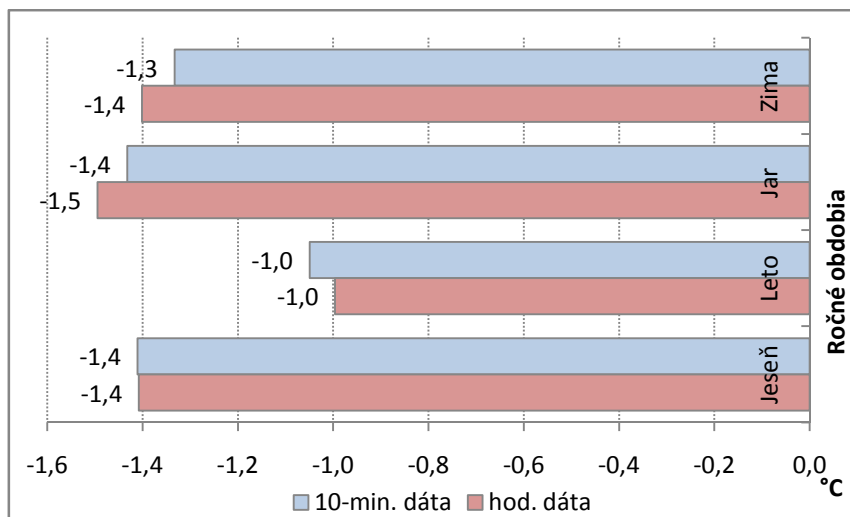


Obr. 23 Výskyt inverzií podľa dĺžky trvania v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-KOPE

Z Obr. 23 je jasné, že pomer dlhodobo trvajúcich inverzií (>8 hod.) v lete a hlavne v zime je menší na úkor krátkodobých inverzií (<4 hod.). Práve v zimnom období boli z celého roka zistené krátkodobé inverzie ako najpočetnejšie. Dlhodobé inverzie boli najpočetnejšie v prechodných ročných obdobiach. Strednodobé inverzie (4–8 hod.) sa najčastejšie vyskytovali v lete, pomerne veľké zastúpenie mali aj na jar.

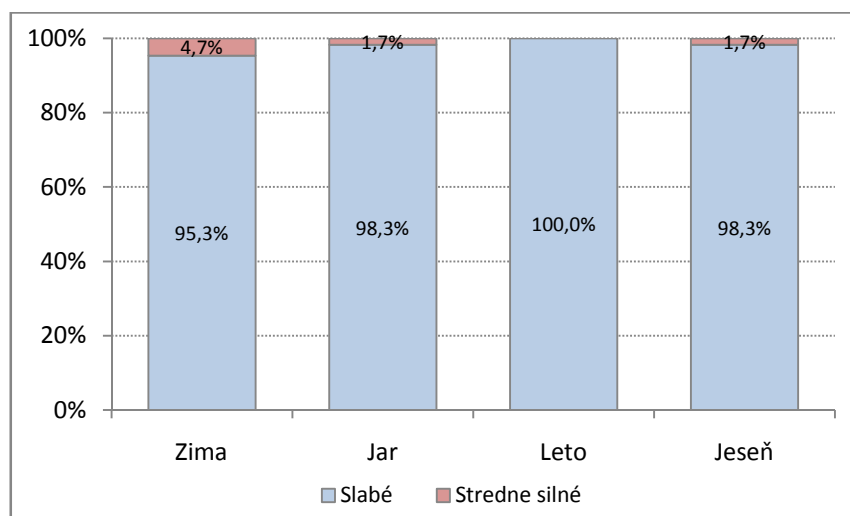
#### 4.3.4 Intenzita inverzií

Podľa hodinových meraní bola intenzita inverzií zistená väčšia ako podľa 10 minútových v zime a na jar. Najmenší rozdiel v intenzite medzi dvoma intervalmi merania bol zaznamenaný na jeseň tak, ako je zrejmé z Obr. 24. V ostatných ročných obdobiach sú rozdiely medzi 10 minútovým a hodinovým intervalom merania rovnaké. Intenzity inverzií sú veľmi podobné vo všetkých ročných obdobiach s výnimkou leta, kedy sa inverzie prejavovali menej intenzívne. V súčte za celý rok potom predstavuje priemerná intenzita inverzie 1,31 °C/100 m pre 10 minútové merania a 1,32 °C/100 m pre hodinové merania.



Obr. 24 Priemerná intenzita inverzie podľa ročných období na profile JUTA-KOPE

Maximálna intenzita inverzie bola v zime pri 10 minútových meraniach zistená 8. 2. v čase 03:30 hod., pričom na stanici KOPE bolo o 4,7 °C teplejšie ako na stanici JUTA. V prípade hodín to bolo 8. 2. o 06:00 hod. a 07:00 hod., kedy bol Svätý Kopeček o 4,5 °C teplejší ako Holice. Na jar bola inverzia najsilnejšia podľa 10 minútových meraní 21. 4. v čase 04:30 hod. a 04:40 hod. (rozdiel 4,9 °C), podľa hodinových meraní 21. 4. o 03:00 hod. a 05:00 hod. (rozdiel 4,8 °C). Pri najsilnejšej inverzii v lete bol podľa 10 minútových meraní najväčší rozdiel 4,2 °C zistený 24. 8. v čase 01:20 hod. Hodinové merania v lete odhalili najsilnejšiu inverziu 24. 8. o 01:00 hod. s rozdielom teplôt 3,9 °C. Jesenná najsilnejšia inverzia podľa 10 minútových meraní s rozdielom teplôt 5,3 °C bola zistená 9. 11. v čase 07:40 hod., pri hodinových meraniach to bolo taktiež 9. 11. ale v čase 06:00 hod., kedy bola stanica KOPE o 5 °C teplejšia ako stanica JUTA. Zistenia pre oba intervaly meraní zodpovedajú v podstate rovnakým časovým obdobiam vo všetkých ročných obdobiach.



Obr. 25 Výskyt inverzií podľa intenzity v jednotlivých ročných obdobiach na profile JUTA-KOPE



Vo všetkých ročných obdobiach mali hlavné zastúpenie slabé inverzie s rozdielom teplôt 0,1–3,0 °C. V lete sa dokonca nevyskytli žiadne inverzie s rozdielom teplôt 3,1 °C a vyšším. Stredne silné inverzie sa vyskytovali iba minimálne, najčastejšie boli pozorované v zime.

## 5. Záver

V tejto práci sú skúmané teplotné inverzie v dňoch s radiačným charakterom počasia klimatického roku 2011. Spracovávané sú 10 minútové a hodinové údaje na troch vybraných profiloch v rámci mesta Olomouc, a taktiež na profiloch medzi mestom a prímestskou krajinou.

Analýza početnosti výskytu typov teplotného zvrstvenia ukázala, že na profiloch LETO–KOPE a JUTA–KOPE boli inverzné situácie oveľa početnejšie vo všetkých ročných obdobiach v porovnaní s profilom JUTA–LETO. Na profile JUTA–KOPE boli inverzie na jeseň početnejšie ako prípady s normálnym teplotným zvrstvením, na profile LETO–KOPE tomu bolo tak dokonca vo všetkých ročných obdobiach. Pri oboch týchto profiloch bol najväčší rozdiel v početnosti inverzií a normálneho zvrstvenia práve na jeseň, a to v prospech inverzií.

Vyhodnotenie početnosti výskytu jednotlivých typov poveternostných situácií počas teplotných inverzií na všetkých troch profiloch potvrdilo skutočnosť, že inverzie sa najčastejšie vyskytujú počas anticyklonálnych typov počasia. Počas anticyklóny nad strednou Európou sa vyskytovalo vôbec najviac inverzií na profile JUTA–LETO, na profile JUTA–KOPE vznikalo najviac inverzií počas juhovýchodnej anticyklonálnej situácie. Rovnako tomu bolo na profile LETO–KOPE. Veľmi často sa na výskyte inverzií na všetkých troch profiloch podieľali aj západná a východná anticyklonálna situácia. Na profile LETO–KOPE sa dokonca inverzie vyskytovali počas juhozápadnej cyklóny častejšie, ako počas anticyklóny nad strednou Európou.

Intenzita inverzií po prepočítaní na vertikálny teplotný gradient bola najväčšia na najnižšie položenom profile JUTA–LETO počas putujúcich anticyklón 2. a 3. typu, a tiež počas západnej anticyklóny a západnej anticyklóny letného typu. Za pozornosť stojí skutočnosť, že na profile LETO–KOPE sa najsilnejšie inverzie vyskytovali počas juhozápadnej cyklonálnej situácie.

V zime bola najväčšia priemerná dĺžka trvania jednej inverznej situácie zistená na profile LETO–KOPE (462,9 min.), na jar tomu bolo tak na profile JUTA–KOPE

(405,9 min.). V lete trvali inverzie v priemere najdlhšie na profile LETO–KOPE (286,4 min.) a na jeseň na profile JUTA–KOPE (432,5 min.). U všetkých ročných období s výnimkou leta sme pozorovali najväčšiu priemernú dĺžku trvania inverzných situácií podľa hodinových meraní.

Najintenzívnejšie sa inverzie po prepočítaní na výškový rozdiel 100 m prejavovali na najnižšie položenom profile JUTA–LETO vo všetkých ročných obdobiach.

Tab. 12 umožňuje rýchle zrovnanie základných ukazovateľov inverzií na troch sledovaných profiloch. Dĺžka trvania a vertikálny teplotný gradient (VTG) sú reprezentované priemernými hodnotami za jednotlivé ročné obdobia.

*Tab. 12 Súhrnné informácie o inverziách v jednotlivých ročných obdobiach počas radiačných dní klimatického roku 2011 na skúmaných profiloch*

	<b>JUTA-LETO</b>					
	10 min. dáta			hod. dáta		
	Počet	Dĺžka [min.]	VTG	Počet	Dĺžka [min.]	VTG
Zima	115	191,67	-3,39	20	240,00	-3,68
Jar	321	145,91	-3,46	43	184,29	-3,85
Leto	92	131,43	-2,38	14	210,00	-2,40
Jeseň	646	190,00	-3,17	107	237,78	-3,21
<b>Celkom</b>	<b>1174</b>	<b>164,75</b>	<b>-3,1</b>	<b>184</b>	<b>218,02</b>	<b>-3,29</b>
	<b>LETO-KOPE</b>					
	10 min. dáta			hod. dáta		
	Počet	Dĺžka [min.]	VTG	Počet	Dĺžka [min.]	VTG
Zima	351	390,00	-1,72	54	462,86	-1,70
Jar	1122	287,69	-1,66	186	398,57	-1,72
Leto	401	286,43	-1,56	71	284,00	-1,52
Jeseň	1009	296,76	-1,69	151	377,50	-1,76
<b>Celkom</b>	<b>2883</b>	<b>315,22</b>	<b>-1,66</b>	<b>462</b>	<b>380,73</b>	<b>-1,68</b>
	<b>JUTA-KOPE</b>					
	10 min. dáta			hod. dáta		
	Počet	Dĺžka [min.]	VTG	Počet	Dĺžka [min.]	VTG
Zima	282	256,36	-1,33	43	286,67	-1,40
Jar	735	272,22	-1,43	115	405,88	-1,49
Leto	229	229,00	-1,05	40	240,00	-1,00
Jeseň	1064	366,90	-1,41	173	432,50	-1,41
<b>Celkom</b>	<b>2310</b>	<b>281,12</b>	<b>-1,31</b>	<b>371</b>	<b>341,26</b>	<b>-1,32</b>

## 6. Summary

Temperature inversions in the radiative days of climatic year 2011 are examined in this thesis. 10 minute and hourly data are processed for three selected profiles within the city of Olomouc and also in the profiles between the city and the suburban landscape.

Analysis of the occurrence frequency of thermal stratification types showed that inverse situations were much more numerous in all seasons in the LETO–KOPE and JUTA–KOPE profiles compared with the JUTA–LETO profile. Autumn inversions in the JUTA–KOPE profile were numerous than cases with normal thermal stratification, in the LETO–KOPE profile this was so even in all seasons. The biggest difference in the number of inversions and normal stratification in both of these profiles were right in autumn in favor of inversions.

The evaluation of the occurrence frequency of each weather type during temperature inversions in all three profiles confirmed that inversions occur the most frequently during anticyclonic weather types. The most of inversions at all occurred in the JUTA–LETO profile during anticyclone over central Europe, in the JUTA–KOPE profile the most of inversions occurred during the southeast anticyclonic weather type. Similarly, it was in the LETO–KOPE profile. Also western and eastern anticyclonic situations participated very often on the occurrence of inversions in all three profiles. During the southwest cyclonic weather type inversions occurred in the LETO–KOPE profile even more frequently than during anticyclone over central Europe.

After modifying using vertical temperature gradient the greatest inversions intensity was detected in the lowest JUTA–LETO profile during the second and third type of wandering anticyclones and also during the western anticyclone and summer type of western anticyclone. It is noteworthy that the strongest inversions in the LETO–KOPE profile occurred during the southwest cyclonic weather type.

In winter the average maximum duration of one inverse situation was found in the LETO–KOPE profile (462.9 min.), in the spring it was found in the JUTA–KOPE profile (405.9 min.). In average the longest duration of the inversions in the summer was found in the LETO–KOPE profile (286.4 min.) and in the autumn in the JUTA–KOPE profile (432.5 min.). The greatest average length of inversion situations according to the hourly measurements can be observed in all seasons except summer.

After modifying for height difference 100 m the inversions showed the greatest intensity in the lowest JUTA–LETO profile in all seasons.

Tab. 13 allows quick comparison of basic inversions indicators for the three examined profiles. The duration and vertical temperature gradient (VTG) are represented by the average values for the various seasons.

*Tab. 13 Summary information about the inversions in the various seasons during the radiative days of climatic year 2011 in the examined profiles*

	<b>JUTA-LETO</b>					
	10 minute data			hourly data		
	Number	Duration [min.]	VTG	Number	Duration [min.]	VTG
Winter	115	191,67	-3,39	20	240,00	-3,68
Spring	321	145,91	-3,46	43	184,29	-3,85
Summer	92	131,43	-2,38	14	210,00	-2,40
Autumn	646	190,00	-3,17	107	237,78	-3,21
<b>SUM</b>	<b>1174</b>	<b>164,75</b>	<b>-3,1</b>	<b>184</b>	<b>218,02</b>	<b>-3,29</b>
	<b>LETO-KOPE</b>					
	10 minute data			hourly data		
	Number	Duration [min.]	VTG	Number	Duration [min.]	VTG
Winter	351	390,00	-1,72	54	462,86	-1,70
Spring	1122	287,69	-1,66	186	398,57	-1,72
Summer	401	286,43	-1,56	71	284,00	-1,52
Autumn	1009	296,76	-1,69	151	377,50	-1,76
<b>SUM</b>	<b>2883</b>	<b>315,22</b>	<b>-1,66</b>	<b>462</b>	<b>380,73</b>	<b>-1,68</b>
	<b>JUTA-KOPE</b>					
	10 minute data			hourly data		
	Number	Duration [min.]	VTG	Number	Duration [min.]	VTG
Winter	282	256,36	-1,33	43	286,67	-1,40
Spring	735	272,22	-1,43	115	405,88	-1,49
Summer	229	229,00	-1,05	40	240,00	-1,00
Autumn	1064	366,90	-1,41	173	432,50	-1,41
<b>SUM</b>	<b>2310</b>	<b>281,12</b>	<b>-1,31</b>	<b>371</b>	<b>341,26</b>	<b>-1,32</b>

## 7. Zoznam literatúry

1. KŁYSIK, K., FORTUNIAK, K. (1999): Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Łódź, Poland. *Atmospheric Environment*, Vol. 33, p. 3885-3895.
2. KONČEK, M. a kol. (1974): Klíma Tatier. Bratislava: Slovenská akadémia vied, 856 s.
3. MILIONIS, A. E., DAVIES, T. D. (2007): The effect of the prevailing weather on the statistics of atmospheric temperature inversions. *International Journal of Climatology*, Vol. 28, No. 10, p. 1385-1397.
4. NOSEK, M. (1972): Metody v klimatologii. Praha: Československá akademie věd, 434 s.
5. OGRIN, M. (2005): The temperature inversion characteristics in the central part of Ljubljana Basin. *Geografski Obzornik*, Vol. 52, No. 2, p. 24-27.
6. PETROVIČ, Š. (1953): Inverzie pod Vysokými Tatrami. *Meteorologické zprávy*, Vol. 6, No. 5, s. 123–129.
7. PETROVIČ, Š. (1967): Teplotné inverzie v dolinách pod Tatrami. *Meteorologické zprávy*, Vol. 20, No. 1, s. 19–24.
8. POLČÁK, N. (2001): Analýza teplotných inverzií v Banskej Bystrici na základe terénnych pozorovaní. In: TURISOVÁ, I. *Ekologická diverzita modelového územia Banskobystrického regiónu: zborník referátov z celoslovenskej vedeckej konferencie (Banská Bystrica, 8. 11. 2001)*. Banská Bystrica: Fakulta porodných vied UMB Banská Bystrica, s. 55–65.
9. PROŠEK, P., REIN, F. (1982): Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. Brno: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 237 s.
10. QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16. Brno: GgÚ ČSAV, 73 s.
11. ŘEPKA, M., LIPINA, P., VYSOUDIL, M. (2012): Historie a současnost meteorologických pozorování v Olomouci. *Meteorologické zprávy*, Vol. 65, No. 5, s. 129–138.
12. SADÍLKOVÁ, I. (1993): Příspěvek ke studiu teplotních inverzí v Olomouci. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie a didaktiky geografie.

13. SOBÍŠEK, B. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky.
14. TOLASZ, R. a kol. (2007): Atlas podnebí Česka / Climate atlas of Czechia. Olomouc: ČHMÚ, UP Olomouc, 255 s.
15. UNGER, J., CSÁKI, A. (1994): Temperature characteristics of an urban local climate. In: BRÁZDIL, R., KOLÁŘ, M. *Contemporary climatology*. Brno, s. 550–557.
16. VYSOUDIL, M. (2008): Surface atmosphere layer temperature regime: case study of the Nature park Bystřice river valley, the Nízký Jeseník highland, Czech republic. *Moravian geographical reports*, Vol. 16, No. 3, p. 41-56.
17. VYSOUDIL, M. (2009): Klasifikace místních klimatických efektů. *Geografický časopis*, Vol. 61, No. 3, s. 229-241.
18. VYSOUDIL, M., TOMÁŠ, M. (2011): Teplotní a srážkové poměry Olomouce. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci*, 301, s. 69–91.
19. YOSHINO, M. M. (1975): Climate in a small area: An Introduction to Local Meteorology. Tokyo: University of Tokyo Press, 549 s.
20. ŽIBERNA, I. (2012): City climate, as observed in Maribor. *Geografija v Soli*, Vol. 21, No. 1-2, p. 33-42.