

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Jakub HUDEČEK

PŘÍSPĚVEK KE STUDIU TEPLOTNÍCH INVERZÍ VE ZLÍNĚ

Bakalářská práce

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

Olomouc 2014

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo): Jakub Hudeček (R11084)

Studijní obor: Regionální geografie

Název práce: Příspěvek ke studiu teplotních inverzí ve Zlíně

Title of thesis: Contribution to the study of air temperature inversions in Zlín

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

Rozsah práce: 72 stran

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je popsat a analyzovat výskyt teplotních inverzí během podzimu 2013 a zimy 2013–2014 v údolí řeky Dřevnice, jenž protéká městem Zlínem. Soubor teplotních dat vznikl za pomoci účelově zřízené dočasné staniční sítě měřící teplotu vzduchu v 30ti minutovém intervalu, 1,5 m nad aktivním povrchem. Práce se zaměřila na zkoumání délky trvání inverze, jejím času nástupu a rozpadu, četnosti a intenzitě. Zvláštní pozornost je věnována převládající povětrnostní situaci během inverzního zvrstvení.

Klíčová slova: teplotní inverze, povětrnostní situace, účelově zřízená staniční síť, Zlín

Abstract: The aim of this bachelor thesis is to analyse temperature inversions occurrence through the autumn 2013 and winter 2013–2014 in the valley of the Dřevnice river, which is flowing through the town of Zlín. Temperature data were collected from own built temporary automated weather data network, measuring temperature in 30 minute interval, 1.5 meter above surface. Focus is on duration, commencement and disruption time, frequency and intensity of temperature inversions. Special attention is also paid to prevailing weather conditions during stable atmospheric boundary layers.

Keywords: temperature inversion, weather classification, automated weather data network, Zlín

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Regionální geografie vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Miroslava Vysoudila, CSc.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 28. 4. 2014

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přirodovědecká fakulta
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub HUDEČEK**
Osobní číslo: **R11084**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Příspěvek ke studiu teplotních inverzí ve Zlíně**
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 práce je zjistit a analyzovat dny s teplotní inverzí ve Zlíně na základě vlastních terénních měření. Analyzován bude počet dní s inverzemi, délka trvání a intenzita inverzí. Pozornost bude věnována charakteru počasí ve dnech s inverzemi.

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Rešerše literatury
4. Metody zpracování
5. Analýza teplotních inverzí
 - počet dnů
 - délka a trvání
 - charakter počasí ve dnech s inverzí
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam literatury

Summary

Přílohy

Práce bude obsahovat 5000 - 7000 slov (kromě shrnutí, seznamu literatury a příloh včetně tabulek)

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání

Rozsah pracovní zprávy: 5000 - 8000 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:

- BOLHA, M. (2013): Príspevok ke štúdiu teplotných inverzií v Olomouci a okolí. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc, 65 s.
- ČUŘÍK, D. (2012): Lokalizace míst vzniku možných místních klimatických efektů (na příkladu území okresu Zlín). Olomouc, 2012. Dostupné z: http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2012-geo/2012_Curik.pdf. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica 16. Brno: CgÚ ČSAV, 73 s.
- 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. 6, No. 10, p. 1385-1397.
- SOUKUPOVÁ, J. (2011): Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie). Vyd. 6. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 193 s. ISBN 978-80-213-2234-9.
- TOLASZ, R. (2008): Databázové zpracování klimatologických dat. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 68 s. ISBN 978-80-86690-50-6.
- TOLASZ, R. (2001): Chování extrémů v klimatologických časových řadách. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 111 s. Práce a studie; seš. 29. ISBN 80-85813
- Vysoudil, M. (2008): Surface Atmosphere Layer Temperature Regime (Case Study of the Nature Park Bystřice River Valley, The Nížký Jeseník Highland, Czech Republic). Moravian Geographical Reports. Vol 16, Number 3/2008.

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

Datum zadání bakalářské práce: 17. dubna 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2014

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

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

V Olomouci dne 17. dubna 2013

OBSAH

ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE	9
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	10
2.1 Popis staniční sítě a použitá data.....	10
2.2 Postup zpracování dat	12
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	16
3.1 Shrnutí dosavadních poznatků	16
3.1.1 Česká a československá tvorba	16
3.1.2 Zahraniční práce	21
3.2 Teplotní inverze	25
3.2.1 Podmínky vzniku a délky trvání inverzí	25
3.2.2 Výška inverzní vrstvy	27
3.2.3 Typy teplotních inverzí	28
3.3 Přírodní poměry Zlína a okolí.....	28
3.3.1 Geomorfologické poměry	28
3.3.2 Klimatické poměry.....	31
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	34
4.1 Profil PRST–KUDL	34
4.1.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry	34
4.1.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu.....	35
4.1.3 Délka trvání inverzí.....	37
4.1.4 Intenzita inverzí	38
4.1.5 Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou	41
4.2 Profil LAZY–KUDL	43
4.2.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry	43
4.2.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu.....	44
4.2.3 Délka trvání inverzí.....	45
4.2.4 Intenzita inverzí	46
4.2.5 Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou	51
4.3 Profil PRST–LAZY	56
4.3.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry	56
4.3.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu.....	57
4.3.3 Délka trvání inverzí.....	58

4.3.4	Intenzita inverzí	59
4.3.5	Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou	63
5	DISKUZE.....	65
6	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A ZÁVĚR.....	66
7	SUMMARY.....	69
8	SEZNAM LITERATURY.....	70

ÚVOD

Účinky teplotních inverzí ve výrazných sníženinách na jedné straně a projevy teplých svahových zón na strmých svazích konkávních útvarů na straně druhé, si lidé byli vědomi již ve středověku. Dokladem mohou být například vinice a obydlí v severní Itálii lokalizované nikoliv u dna údolí, ale uprostřed svahů. Tyto poznatky byly využity i při výstavbě největšího zlínského sídliště Jižní Svahy, které rovněž čerpá z výhodných klimatických podmínek střední svahové části jižně orientovaných svahů.

Hlubší zájem o studium problematiky teplotních inverzí nastal až po propuknutí druhé průmyslové revoluce, kdy se vlivem enormního nárůstu škodlivin v atmosféře začaly během inverzí nezvykle zhoršovat rozptylové podmínky. Za jejich vyšší hodnoty během inverzí může stabilizace mezní vrstvy atmosféry a vznik teplotních zádržných vrstev neumožňující škodlivinám rozptýl v přízemní vrstvě atmosféry. Všeobecně jsou tedy inverze vnímány negativně. Výjimkou během těchto situací mohou být ideální podmínky pro horskou turistiku nebo fotografování ve vyšších polohách, kde panuje jasné radiální počasí. Vhodných podmínek během dlouhodobých inverzí vyskytujících se nad plošně rozsáhlým územím využívají za pomoci troposférického vedení od spodní hranice inverzní oblačnosti radioamatéři. Lokalizace tohoto místního klimatického jevu je užitečná i pro urbanisty při vymezování energetických nároků stavebních parcel.

Výrazné hluboké údolí řeky Dřevnice orientované ve směru Z–V, procházející krajským městem Zlínem, dává spolu s převládajícím severovýchodním směrem větru během stabilního zvrstvení tušit existenci četných a intenzivních teplotních inverzí (Coufal, 1973). Absence jakékoliv studie zabývající se problematikou inverzí na území průmyslového města Zlína tak přiměla autora k myšlence zabývat se touto problematikou v rámci bakalářské práce. Jejím cílem byl rozbor výskytu teplotních inverzí na základě vyhodnocení vlastních měření v účelově zřízené staniční síti. Měření teploty vzduchu v městské a příměstské krajině Zlína probíhalo během klimatologického podzimu 2013 a zimy 2013–2014.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo podat základní přehled o výskytu teplotních inverzí ve Zlíně na základě vlastních měření realizovaných od září 2013 do února 2014, popsat a analyzovat jejich charakter. Zhodnocení inverzí v přízemní vrstvě ovzduší města Zlína probíhalo jak na základě již dříve použitých, osvědčených metod zmíněných v rešeršní části, tak i podle kategorizací vytýčených autorem práce. Práce si rovněž kladla za cíl porovnat režim inverzí ve všech měřících profilech a následně vyvodit závěry. Současně byl vytvořen reprezentativní a homogenní soubor původních dat umožňující další vědecké zpracování.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Popis staniční sítě a použitá data

Vzhledem k absenci stanic ČHMÚ ve Zlíně bylo třeba pro účely bakalářské práce vybudovat vlastní účelovou staniční síť. Ta byla tvořena čtyřmi měřicími místy, která byla zvolena tak, aby svou polohou dobře reprezentovala lokality, kde se dal předpokládat režim teploty vzduchu dokladující existenci a následné projevy přízemních teplotních inverzí. Zároveň bylo třeba v maximální možné míře vystihnout jejich charakter bezprostředně na území města Zlína a nejbližšího okolí. Dataloggery byly proto rozmístěny tak, aby se jedna ze stanic nacházela poblíž nejnižšího místa Zlína (Zlín-Prštné), tedy koryta řeky Dřevnice protékající centrem města a nejvyšší pak ve vrcholové části údolí Dřevnice (Zlín-Kudlov). Tyto dvě stanice v rámci města se vyznačovaly velkým relativním výškovým rozdílem (221 m). Pro sledování vertikálního vývoje stabilního zvrstvení atmosféry a možnosti alespoň částečného určení výšky hranice přízemních teplotních inverzí bylo zvoleno přibližně v poloviční výšce vertikálního profilu další měřicí místo (Zlín-Lazy), které jej rozdělilo na dvě dílčí vrstvy. Čtvrtá stanice (Zlín-Díly), nacházející se o 28 m výše než nejnižše položená, sloužila pouze jako rezerva pro případ poruchy stanice Zlín-Prštné. Rozmístění staniční účelové sítě v terénu je patrné z obr. 1 a základní parametry z tab. 1. Lomený převýšený profil reliéfu mezi stanicemi PRST, DILY, LAZY a KUDL je znázorněn na obr. 2.

Pro měření teploty byly použity na všech měřených místech datalogery Microlog EC750 s přesností 0,2°C. Z důvodu co nejdetailnějšího poznání teplotního režimu přízemní vrstvy atmosféry a aktivního povrchu v období negativní i pozitivní energetické bilance byla čidla umístěná v radiačním nevětraném krytu zavěšeném 1,5 m nad aktivním povrchem (dále AP).

Nejnižše položená stanice se nacházela v městské části Zlín-Prštné (dále PRST) v nadmořské výšce 206 m (Mapy.cz). Čidlo registrující teplotu a vlhkost vzduchu se nacházelo na udržované, velké travnaté ploše z jedné strany obehnané řadou vzrostlých stromů, z druhé plynule přecházelo do asfaltem vyplněné plochy obklopující rozlehlou průmyslovou zástavbu. Důležitým mezoklimatickým klimatotvorným faktorem byla i 100 metrů vzdálená řeka Dřevnice.

Další stanice byla umístěna v městské části Zlín-Díly (dále DILY) ve výšce 232 m n. m. (Mapy.cz). Teplotní čidlo se nacházelo nad udržovaným travnatým povrchem, v jehož okolí se vyskytovaly vysoké stromy. Dvacet metrů od stanoviště vedla frekventovaná čtyřproudá silnice, třída Tomáše Bati. Pro okolí lokality byla typická hustá, spíše nízká zástavba s velkým podílem městské zeleně.

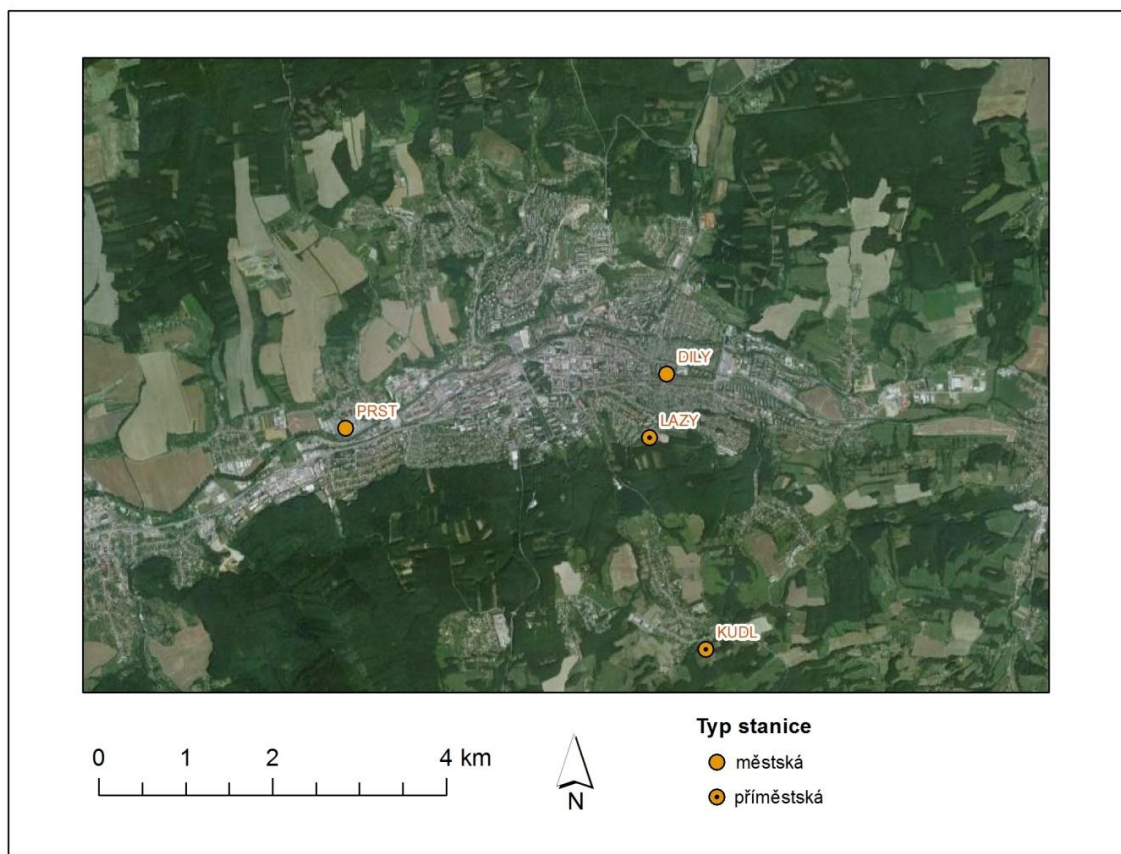
Na strmě ukloněném severním svahu bezejmenného vrchu (438 m n. m.) ve výšce 324 m n. m. zaznamenávala teplotu a vlhkost stanice reprezentující okrajovou

městskou část Zlín-Lazy (dále LAZY). Čidlo bylo umístěno nad udržovaným trávníkem, přibližně 20 metrů od souvislého lesního porostu.

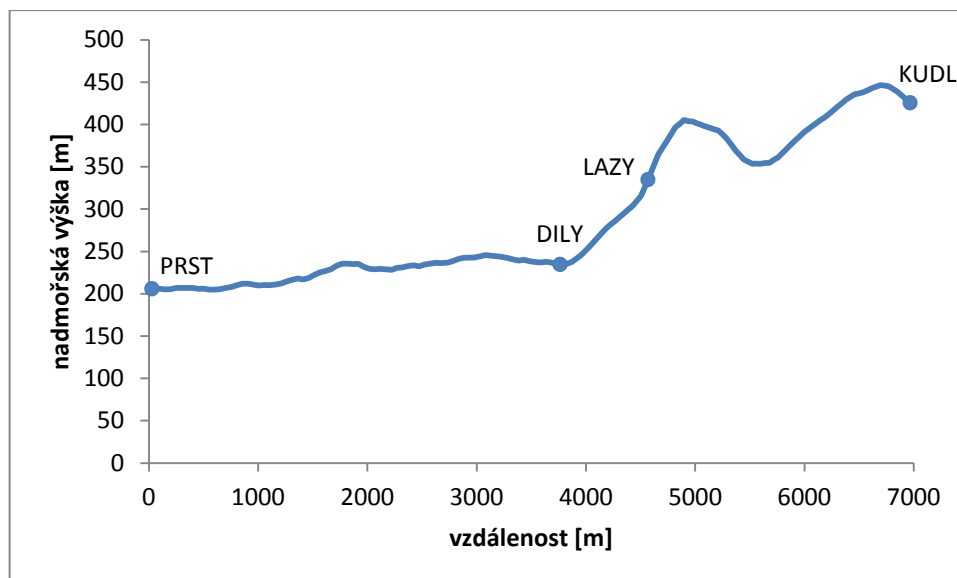
Nejvýše položenou byla příměstská stanice na Kudlově (dále KUDL) ve výšce 427 m n. m. (Mapy.cz). Aktivní povrch jihozápadně orientovaného svahu na soukromé, udržované zahradě přiléhající k louce tvořil travnatý porost.

Tab. 1 Základní charakteristika stanic účelové staniční sítě

Stanice	Indikativ	Sev. zem. š.	Vých. zem. d.	Nadm. výška [m]
Zlín-Prštné	PRST	49°13'12"	17°37'59"	206
Zlín-Díly	DILY	49°13'32"	17°41'5"	232
Zlín-Lazy	LAZY	49°13'8"	17°40'53"	324
Zlín-Kudlov	KUDL	49°11'52"	17°41'19"	427



Obr. 1 Poloha stanic účelové staniční sítě (Vlastní tvorba, data: CENIA)



Obr. 2 Lomený převýšený profil reliéfu mezi stanicemi PRST, LAZY, DILY a KUDL

2.2 Postup zpracování dat

Data na všech stanicích byla odečítána v 30ti minutovém intervalu, 1,5 m nad AP a během dvou klimatologicky vymezených ročních období, a to podzimu (1. 9. 2013 – 30. 11. 2013) a zimy (1. 12. 2013 – 28. 2. 2014). Všechna měření a odečty byly realizovány v SEČ.

Všechna původní data z registračních čidel ve formátu *.mlb byla pro potřeby dalšího zpracování exportována do formátu *.xls., tedy formátu tabulkového editoru Microsoft Excel. Výběr vhodných statistických metod pro zpracování bakalářské práce byl proveden převážně dle Noska (1972).

Pro úspěšné řešení práce byl klíčový výběr vertikálních profilů. Prioritně tedy byly stanoveny profily, ve kterých byla realizována měření teploty vzduchu a následně analyzován výskyt teplotních inverzí. Dílčí profily PRST-LAZY a LAZY-KUDL měly podobné relativní převýšení (tab. 2). Hlavní profil PRST-KUDL měl logicky celkové převýšení odpovídající jejich součtu (tab. 2). Hodnoty relativních převýšení sloužily k pozdějšímu výpočtu teplotních rozdílů na hodnoty teplotních pseudogradientů [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]. Ty byly zásadní pro vzájemné porovnání intenzity inverzí v jednotlivých profilech.

Tab. 2 Charakteristika vertikálních výškových profilů na území Zlína

Profil	Nadmořská výška [m]	Relativní převýšení [m]
PRST-LAZY	206–324	118
LAZY-KUDL	324–427	103
PRST-KUDL	206–427	221

Prvním krokem při třídění obsáhlého souboru dat bylo vymezení situací, kdy naměřené hodnoty v profilech odpovídaly izotermickému, normálnímu nebo inverznímu teplotnímu zvrstvení atmosféry (tab. 3). Při normálním zvrstvení teplota vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou klesala, tedy rozdíl teploty x naměřený mezi výše a níže položenou stanicí vykazoval záporné hodnoty. Pokud byl tento rozdíl kladný, respektive byl v této studii větší nebo roven $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, byla zaznamenána teplotní inverze. Stanovení dolní hranice inverzního stavu na hodnotu $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ mělo eliminovat možné chyby (toleranci) použitých čidel a nevýrazné inverze způsobené nespécifikovanými místními vlivy. Příklad, kdy se kladný rozdíl teplot mezi vyšší a nižší stanicí nacházel v intervalu $<0-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, byl považován za stav izotermie. Všechny následné charakteristiky, pokud nebylo uvedeno jinak, byly vymezeny absolutními teplotními hodnotami, nikoliv teplotními pseudogradyenty.

Tab. 3 Kritéria klasifikace teplotního zvrstvení

Interval	Typ teplotního zvrstvení
$x \in <0,0-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	izotermie
$x < 0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$	normální zvrstvení
$x \geq 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	teplotní inverze

V další fázi byla každé inverzi přiřazena délka jejího trvání podle tab. 4. Intervaly byly vymezeny na míru dle naměřených hodnot tak, aby se všechny kategorie vyskytovaly ve všech profilech. Podmínka pro nejkratší trvání teplotní inverze byla stanovena na 1,5 hodiny, nebo-li 4 po sobě jdoucí měření. Při tomto rozdělení také proběhlo přiřazení teplotní inverze ke dni vzniku. Pokud započala inverze před 24:00 a setrvala do dalšího dne, byla vyhodnocena ke dni, ve kterém započala.

Tab. 4 Dělení inverzí dle délky trvání

Délka trvání [hod.]	Typ
1,5–3,0	krátkodobá
3,1–6,0	střednědobá
>6,0	dlouhodobá

Dále byl každé inverzi přiřazen stupeň její intenzity, stanovený podle Petroviče (1953), jenž představoval hodnotu vyjádřenou rozdílem teploty mezi vyšší a nižší stanicí. Čím byl kladný rozdíl teplot mezi těmito stanicemi vyšší, tím byla intenzita inverze považována za silnější. Toto členění zahrnovalo "celkovou", "maximální", a "mimořádnou" intenzitu. Celková intenzita byla vypočítána jako průměrná hodnota ze všech 30ti minutových rozdílů po dobu trvání inverzních situací. Maximální intenzita označovala průměr z maximálních intenzit jednotlivých inverzí. Pod označením

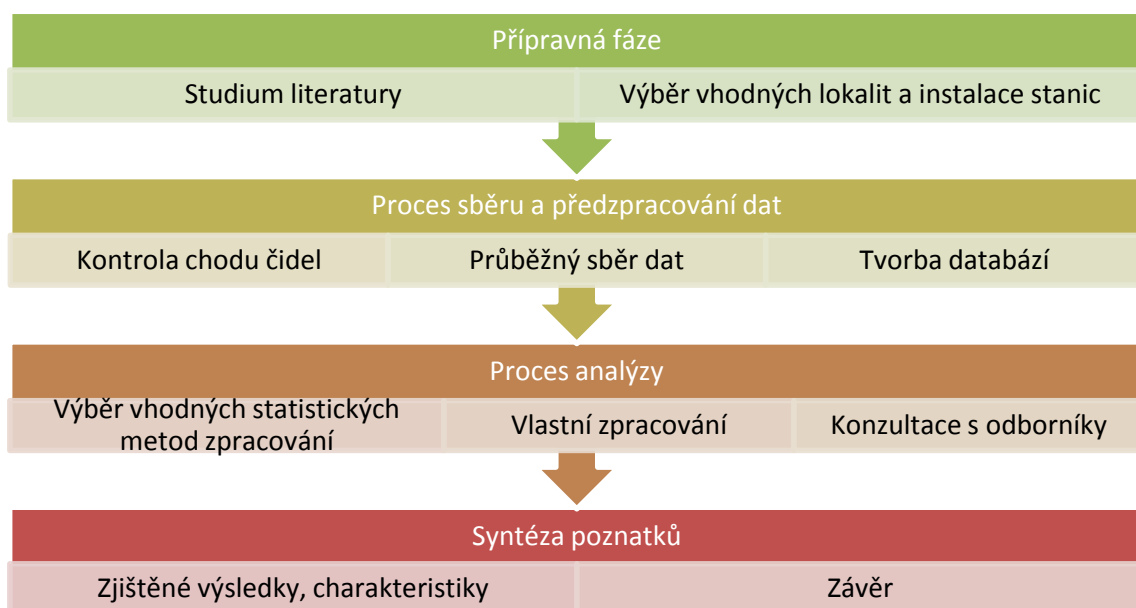
"mimořádná" intenzita se rozuměla maximální intenzita, která se vyskytla za dané období nebo povětrnostní situace.

Křivky na obr. 12, obr. 20 a obr. 31 sestrojené podle metodiky Witoszové (2009) demonstrují kumulativní relativní četnosti F_i [%] teplotních pseudogradientů [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$] v celých hodinách SEČ. Teplotní pseudogradienty byly vzaty z celého měření, nevztahovaly se pouze na inverzní zvrstvení. Míra pravděpodobnosti byla počítána v 5% percentilech. Pro zpracování byly stejně jako u Witoszové (2009) použity hlavní (01, 07, 13, 19 SEČ) a vedlejší pozorovací synoptické termíny (04, 10, 16 a 22 SEČ).

Tab. 5 Intenzita inverzí podle Petroviče (1953)

Teplotní interval [$^{\circ}\text{C}$]	Stupeň inverze
0,1–3,0	slabá
3,1–6,0	středně silná
6,1–9,0	silná
9,1–12,0	mohutná

Na závěr byl využit Katalog povětrnostních situací za rok 2013 (synopinfo,wz,cz/typizace/) a prozatímní typizace pro leden a únor 2014, kterou poskytl Mgr. Stanislav Racko, pracovník ČHMÚ v Praze. Ke každé inverzi tak byla přiřazena doprovázející povětrnostní situace. Stejně jako u stanovení délky trvání inverze, byla i zde ke každému výskytu inverze přiřazena povětrnostní situace dne, ve kterém inverze započala. Tab. 6 obsahuje přehled zkratk povětrnostních situací včetně jejich popisu. Průběh tvorby práce je znázorněn na obr 3.



Obr. 3 Schéma časového průběhu tvorby bakalářské práce

Tab. 6 Povětrnostní situace a jejich zkratky

Povětrnostní situace	Zkratka
západní cyklonální situace	Wc
západní cyklonální situace s jižní dráhou	Wcs
západní anticyklonální situace	Wa
západní anticyklonální situace letního typu	Wal
severozápadní cyklonální situace	NWc
severozápadní anticyklonální situace	Nwa
severní cyklonální situace	Nc
severovýchodní cyklonální situace	NEc
severovýchodní anticyklonální situace	NEa
východní cyklonální situace	Ec
východní anticyklonální situace	Ea
jihovýchodní cyklonální situace	SEc
jihovýchodní anticyklonální situace	SEa
jižní anticyklonální situace	Sa
jihozápadní cyklonální situace	SWc
jihozápadní anticyklonální situace	Swa
brázda nízkého tlaku nad střední Evropou	B
brázda postupující přes střední Evropu	Bp
vchod frontální zóny	Vfz
cyklóna nad střední Evropou	C
cyklóna výšková	Cv
anticyklóna nad střední Evropou	A
putující anticyklóna	Ap

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

3.1 Shrnutí dosavadních poznatků

Již od počátku minulého století, kdy si lidé začali uvědomovat zejména neblahý vliv inverzí na čistotu ovzduší ve velkých městech, se téma inverzí stalo nejen mezi meteorology znovu a znovu zkoumaným tématem.

3.1.1 Česká a československá tvorba

Strukturou teplotních inverzí v okolí Milešovky za pomoci *teplotního pseudogradientu* se zabýval Rein (1972). Ten vyjadřuje na rozdíl od vertikálního teplotního gradientu měřeného ve volné atmosféře změnu teploty přízemní vrstvy atmosféry v °C/100 m. K jeho zkoumání vybral 10 typických situací – nocí – ve kterých mělo dojít vlivem radiačního ochlazování v celém měřeném profilu 596–855 m n. m. k stabilní, tzn. nehomogenní mezní vrstvě atmosféry. Celý profil od úpatí po vrcholovou stanici (G) byl rozdělen dalšími 2 stanicemi na několik dílčích měřených vrstev: G1 (596–687 m n. m.), G2 (687–788 m n. m.), G3 (788–855 m n. m.). Poté byly pro všechny profily zpracovány průměrné hodnoty pseudogradientu v půlhodinových intervalech od hodiny před nástupem inverze (popř. izotermie) až do tří hodin po skončení inverze v ranních hodinách.

Bylo zjištěno, že průběh průměrného chodu pseudogradientu v G1 se nejvíce podobal celkovému průměrnému chodu pseudogradientu G. Nejvýraznější mikrometeorologické ovlivnění zaznamenala vrstva G2 lokalizovaná v strmém svahu Milešovky, kdy hodnoty pseudogradientu prudce klesaly až 4 hodiny před východem Slunce, o 7 hodin později než v G1. K ohřátí AP rovněž docházelo později, většinou 3–4 hodiny po východu Slunce. Na profilu G3 se vlivem rychlého vyzařování rychle ochlazovalo, minimum (–0,8 °C/100 m) nastávalo 3 hodiny před východem Slunce. Z uvedeného Rein (1972) usoudil, že díky nejdřívějšímu nástupu nočních minim ve svrchním a nakonec až údolním profilu, dochází ke stabilizaci stékáním chladného stabilizovaného vzduchu od shora dolů. Díky podobnosti G a G1 také vyvodil, že na stabilizaci G1 nemá vliv pouze Milešovka, nýbrž i *mesometeorologické poměry* teplotické části Podkrušnohoří. Zároveň z práce vyplývá, že ochlazování aktivního povrchu a s ním spojená stabilizace mezní vrstvy atmosféry se jinak projevuje u svahu s *mírným* a *strmým sklonem* (Rein, 1972).

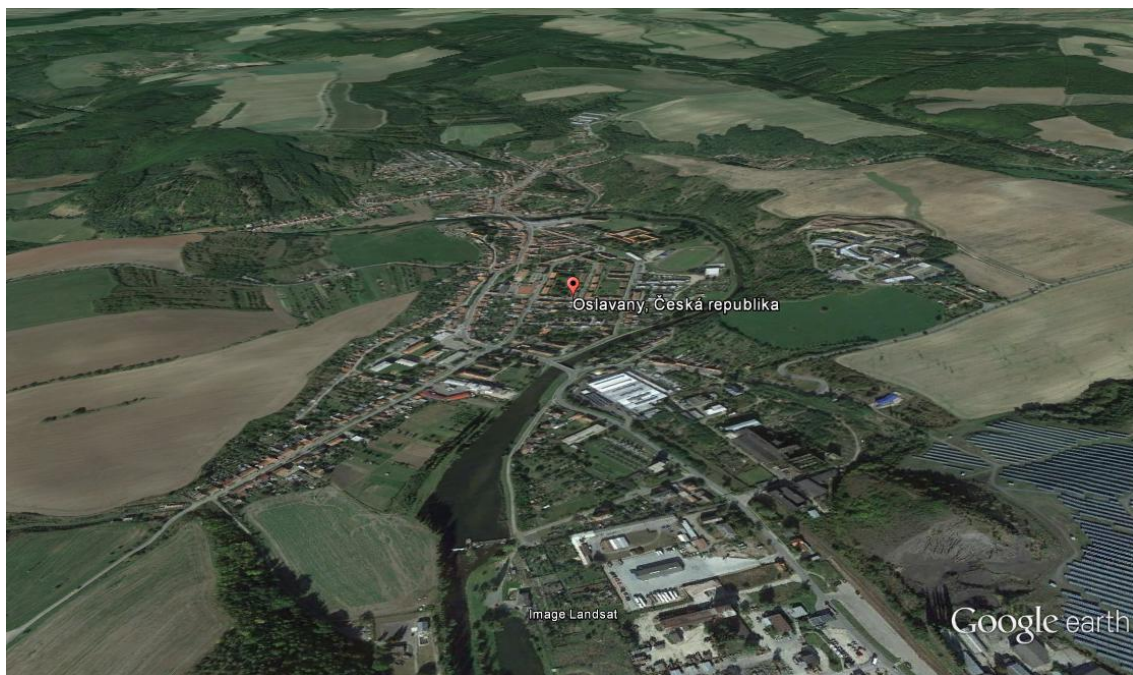
Na poznatky Reina (1972) navazuje Prošek (1976) ve své studii popisující noční teplotní inverze při výskytu *teplé svahové zóny* na svazích Pavlovských vrchů. Teplou svahovou zónou nazval Rein (1972) střední měřený profil Milešovky, jenž se vykazoval pozdějším ochlazováním a pozdějším následným prohříváním. Prošek (1976) porovnával situaci v dolní polovině SV a V svahu Děvína a V a Z svahu Stolové hory v období října 1967 do září 1968, vyjma zimních měsíců. Regresivní analýza zkoumající

těsnost výraznosti nočních inverzí teploty v dolní polovině svahů na délce jejich trvání ukázala, že zatímco svahy východního kvadrantu vykazují téměř stejné vlastnosti, inverze na *Z svahu* Stolové hory bývají o 0,8 °C výraznější, což je ovlivněno vyšší *insolací v odpoledních hodinách*. Pro srovnání s prací Reina (1972) vypočítal také Prošek (1976) chod průměrných hodnot pseudogradientů (°C/100 m) na všech 4 sledovaných profilech. Autor se domnívá, že díky *nižší nadmořské výšce* teploměrných stanic umístěných ve Věstonické bráně, popř. Dunajovické sníženině, dosahovaly konečné hodnoty teplotních pseudogradientů vyšších absolutních hodnot než ve srovnání s úpatím hory Milešovky, ležícím v nadmořské výšce 596 m n. m. Dále byl zaznamenán *opožděný časový nástup, kulminace i rozpouštění inverze na Z svahu* Stolové hory vůči profilům ve V kvadrantu. Zajímavý je i fakt, že čím byl výškový rozdíl stanic menší, tím byla hodnota teplotního pseudogradientu vyšší. To znamená, že *největší intenzitu* měly přízemní inverze v Pavlovských vrších u *báze* Věstonické brány/Dunajovické sníženiny.

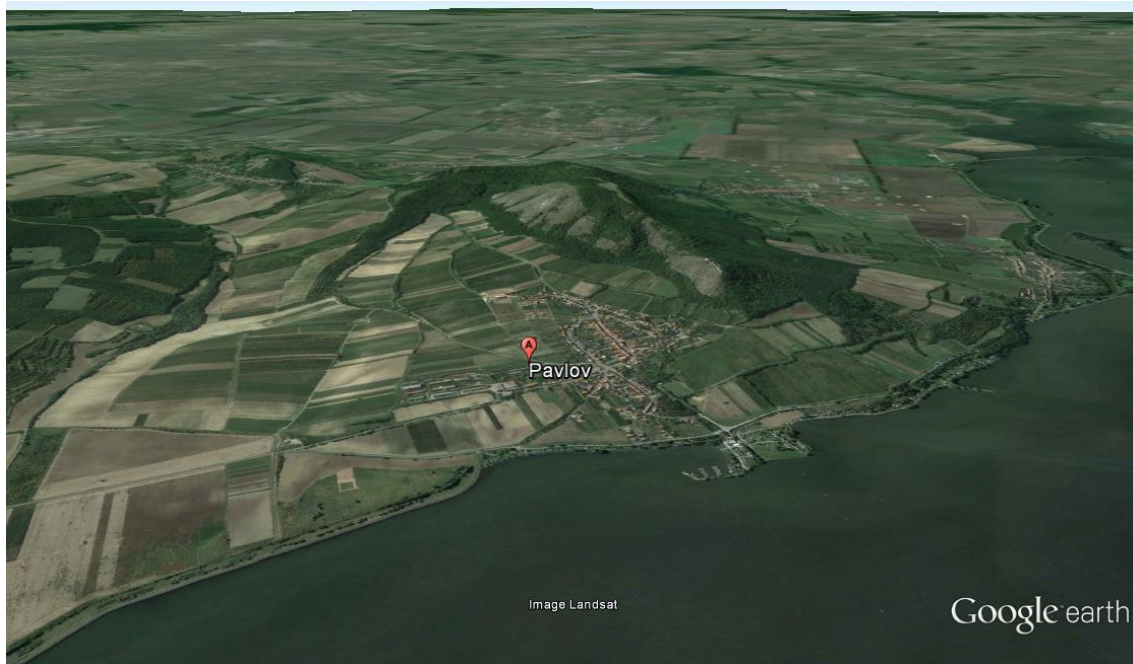
Teplotní inverze spojené s možnou migrací rostlin a živočichů mezi vrcholovou stanicí Děvína a 20 km vzdáleným Moravským Žižkovem analyzoval Litschmann s Hadašem (2010). Na rozdíl od jiných stanic, často umístěných v poměrně úzkém konkávním reliéfu, se Moravský Žižkov nachází v široké pánvi Dyjsko-svrateckého úvalu, tudíž očekávaná formace inverzí plyne pouze z *radiačního ochlazování přilehlého vzduchu*, jež dává vznik reprezentativnějšímu vzorku pro širší okolí.

Ze studia nástupu stabilizace mezní vrstvy atmosféry vyvodili, že zatímco *večerní nástup stabilizace* byl díky postupnému ochlazování AP proces plynulý a pomalý, *ranní rozrušení inverze* podmíněné rychlým prohříváním AP se naproti tomu konalo v mnohem kratším časovém sledu. Problémové období pro určení stabilizace byly měsíce listopad, prosinec a únor, v nichž díky absenci dlouhovlnného záření docházelo v důsledku prochlazeného AP k občasným *výškovým inverzím s dolní hranicí nad stanicí Děvína*. Vykazovaly stabilní charakter mezní vrstvy atmosféry, nikoliv však inverzí. Díky tomuto prochlazenému AP měsíce od října do března prokazovaly nejdelší trvání inverzního zvrstvení z celého roku. Jako příklad uvádějí autoři inverzi od 9. do 14. 1. 2006, která trvala 113 hodin, přičemž největší amplituda teplot (13 °C) se vyskytla jednoho rána, kdy v Moravském Žižkově naměřili teplotu -16 °C. Nejčtenější výskyt nočních a ranních inverzí byl vyhodnocen v srpnu, v němž po většinu doby panoval *anticyklonální charakter počasí* s typickými velkými energetickými rozdíly mezi dnem a nocí. Nejvyšších hodnot pseudogradienty dosahovaly v lednu (rozdíl až -4 °C/100 m), v srpnu činil tento pseudogradient jen -2 °C/100 m (Litschmann, Hadaš, 2010).

Kuchaříková, Prošek (1983) z Přírodovědecké fakulty UJEP v Brně se zaměřili na studium *vlivu konvexního a konkávního reliéfu na tvorbě radiačních inverzí teploty* na příkladu modelových území Pavlovských vrchů (konvexní reliéf) a jižní části Boskovické brázdy (konkávní reliéf). Teplotní měření byla provedena 1,5 m nad zemí.



Obr. 4 Konkávní reliéf Boskovické brázdy v Oslavanech (printscreens, Google earth)



Obr. 5 Konvexní reliéf Pavlovských vrchů (printscreens, Google earth)

Prvním zásadním rozdílem mezi Pavlovskými vrchy a sníženinami Boskovické brázdy byla rozdílná formace teplotních inverzí – zatímco na SV svahu Děvína vznikaly inverze *zastíněním*, charakter inverzí v Oslavanské brázdě ovlivňoval především *vliv ochlazování aktivního povrchu na izolovanou atmosféru*. Tyto dva různé druhy reliéfu se lišily i v *mocnosti inverzní vrstvy*, která se pomaleji formovala v menší mocnosti v široké nivě řeky Dyje, kdežto v úzkém údolí Oslavanské brázdy často docházelo díky

velké ploše vyzařovaného aktivního povrchu k rychlému vzniku výškových inverzí. Větší průměrná délka trvání inverzního zvrstvení byla naměřena v jižní části Boskovické brázdy. U obou sledovaných oblastí docházelo ke *krátkodobým pulzácím* – zeslabováním a zvýrazňováním inverzí (narušování stabilní vrstvy) v důsledku *katabatického stékání chladného vzduchu* (Kuchaříková, Prošek, 1983).

Vhodné podmínky pro vznik teplotních inverzí poskytují široké kotliny sevřené mezi Nízkými a Vysokými Tatrami. Jejich obsáhlou komplexní klimatologickou charakteristikou se zabývá monografie *Klima Tatier* od Končeka a kol. (1974). Kapitoly věnované problematice inverzí srovnávají situaci na slovenské a polské straně, jakožto i na úrovni jednotlivých výškových profilů.

Petrovič (1953) poukazuje na možnost vzniku velkých *jezer chladného vzduchu* v rozsáhlých podtatranských kotlinách, obklopených ze všech stran vysokými hřebeny hor. Základem pro sledování teplotních inverzí byla data naměřená v 7, 14, 21 hod. na stanicích v Popradě (709 m n. m.), Starém Smokovci (1018 m n. m.), Skalnatém plesu (1778 m n. m.) a Lomnickém štítě (2635 m n. m.) v letech 1946–1952. Dále vymezil podle teplotních rozdílů horní a dolní stanice intervaly určující *stupně intenzity inverzí* (tab. 7).

Tab. 7 Intenzita inverzí podle Petroviče (1953)

Teplotní interval [°C]	Stupeň vývoje inverze
0,1–3,0	slabá
3,1–6,0	středně silná
6,1–9,0	silná
9,1–12,0	mohutná
12,1–15,0	mimořádně mohutná

V profilu Poprad–Starý Smokovec se teplotní inverze vyskytovaly ve všech měsících roku, celkem 161krát. Největší absolutní četnost výskytu byla v lednu (více než 18 průměrně), nejmenší v červenci (8 průměrně). Většina inverzí dosáhla díky menší *vertikální mocnosti měřeného profilu* jen síly slabých inverzí, v zimním období i inverzí silnějších. Méně často se vyskytovaly inverze na profilu Starý Smokovec–Skalnaté pleso. V zimě se však díky vyšší inverzní mocnosti tato četnost srovnala s profilem Poprad–Starý Smokovec. Autor ještě uvádí, že průměrně 26krát za rok nastala situace, kdy byla stanice na Lomnickém štítě až o 12 °C teplejší než v Popradě. Tyto případy však nastaly jen v případě *absence výstupných vzdušných proudů (konvekce)*. Téměř třetina dní na Skalnatém plesu dosahovala v měsíci lednu vyššího teplotního maxima než v Popradě.

Petrovič (1953) vymezil jedno-, dvou-, tří- a více *termínované inverze*, které vyjadřují po kolik měřených termínů (7, 14, 21 hod.) za sebou se inverzní zvrstvení

vyskytovalo. Zatímco jednotermínované, nejkratší inverze, se vyskytovaly po celý rok, inverze přesahující jeden den (čtyřtermínované) se omezily na období listopad–březen. Nejdelší změřená (19 termínů) se odehrála v březnu, kdy na Skalnatém Plesu bylo o 18,9 °C tepleji než v Popradě.

Nakonec autor demonsturuje problematiku zimních inverzí na extrémním příkladu 17. 1. 1947, kdy za bezvětřné situace klesal studený vzduch do údolí a vytvářel jezero studeného vzduchu, sestupující vzduch na horní hranici se adiabaticky oteploval. Lomnický štít prokazoval celodenní plusové teploty, nejteplejší na Slovensku, v průměru o 9,6 °C vyšší než v Popradě (Petrovič, 1953).

Petrovič (1967) zpracoval svou další studii analogicky s předchozí z roku 1953. Cílem bylo rozšířit zkoumanou oblast Popradské doliny o naměřená data z údolí horního Váhu a Hronu a vzájemně je porovnat. Autor svou práci obohatil analýzou *převládajících povětrnostních situací* a jejich vlivem na výskyt teplotních inverzí. Zjistilo se, že při situacích Ea, SEa a A (anticyklona nad střední Evropou) byly inverze nejsilnější a prokazovaly největší četnost (75 % dní). Nejméně inverzí připadalo na dny s Wa a NWa. Uvádí také na dvou příkladech, že při silné inverzi setrvávající po celý den se nemusí vždy vytvářet hustá inverzní mlha v údolí. I přes celodenní sluneční svit nebyla velká chladná jezera vzduchu rozehnána.

Rozborem chodů průměrných měsíčních hodnot, extrémů denních teplot a jejich amplitudami v přízemní vrstvě atmosféry v přírodním parku Údolí Bystřice se zabýval Vysoudil (2008). Trvání radiačních teplotních inverzí, které se odvíjely od výsledků měření přízemních teplot 1 m nad zemí v 30 minutovém intervalu od května do srpna roku 2006, rozdělil takto (tab. 8).

Tab. 8 Inverze teploty vzduchu podle délky trvání (Vysoudil, 2008)

Trvání inverze [hod.]	Typ
< 2,0	krátkodobé
2,1–4,0	střednědobé
> 4,0	dlouhodobé

Z práce vyplývá, že inverze s nejvyšší intenzitou proběhly v měsících červenci a srpnu, nejčastější byly střednědobé inverze, jejichž výskyt se vázal prakticky na každý *anticyklonální* den. Největší intenzita inverzí mezi údolní a vrcholovou stanicí se pravidelně objevovala v časovém intervalu 7:30–8:00 hod., kdy zároveň (6:30–9:00 hod.) docházelo k nejrazantnějšímu zahřívání aktivního povrchu.

Městským klimatem města Olomouce a jeho nejbližšího okolí se na základě měření z MESSO (Metropolitní staniční síť Olomouc) provozované Katedrou geografie Univerzity Palackého zabýval v publikaci *Podnebí Olomouce* Vysoudil (2012). V knize je věnována i kapitola tématu přízemních radiačních inverzí. Ty se dle autora vytváří

především vlivem ochlazování AP v nočních hodinách. Jako neméně důležité faktory podílející se na utváření mocnosti inverzního zvrstvení teploty je uveden *typ pokrytí AP a relativní výšková členitost*. Z toho důvodu byly pro analýzu teplotních inverzí v okolí Olomouce stanoveny pouze 3 měřené profily prokazující nejvyšší relativní výškový rozdíl. Podle převládajícího okolního prostředí byly stanice charakterizovány jako *městské a příměstské*. Nejvyšší relativní rozdíl (142 m) byl mezi městskou stanicí DOMI a výše položenou příměstskou KOPE. Na tomto reprezentativním profilu se dle Vysoudila (2012) vyskytují inverze ve 2/3 všech dnů v roce. S tím je dle něj úzce spjata i *kvalita ovzduší*, která se během měření od roku 2009 ukázala být mnohem lepší v okolí horní stanice.

Lokalizací míst vzniku možných místních klimatických efektů v okrese Zlín se zabývá diplomová práce Čuříka (2012). Autor se snažil v práci vytyčit místa, v nichž může docházet k teplotním inverzím. Jako příklad jedné z lokalit bylo uvedeno i *špatně větrané údolí řeky Dřevnice*, která umocňuje v nižších polohách tvorbu *radiačních mlh*. V tomto hustě urbanizovaném konkávním údolí má na obyvatelstvo zde žijící především v podzimních a zimních měsících citelný dopad i *smog*, čili směsice kouře a mlhy, který snižuje dohlednost a může být příčinou respiračních onemocnění.

Četností, intenzitou, délkami trvání a vazbami inverzí na převládající povětrnostní podmínky během radiačních dní roku 2011 v Olomouci se věnoval v rámci bakalářské práce Bolha (2013). Z výsledků plyne, že inverze s nejvyšší intenzitou a rovněž absolutní četností se tvořily během podzimu na *profilu s největším relativním převýšením*. Inverzní zvrstvení, jenž zde bylo během celého sledovaného období častější než zvrstvení normální, se jednoznačně tvořilo především během *anticyklonální situace*.

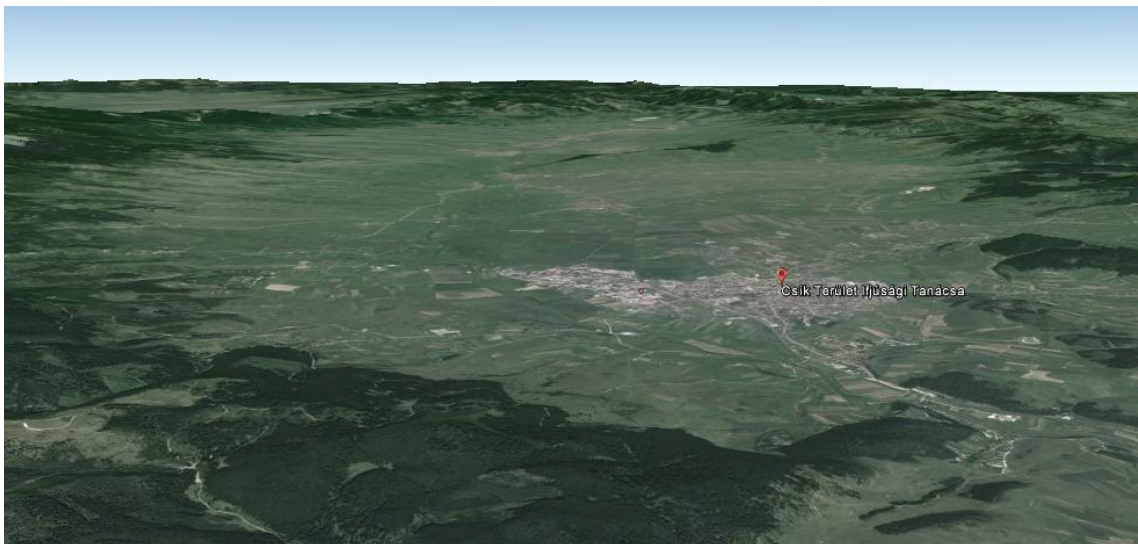
Diplomová práce Witoszové (2009) si kladla za cíl zhodnotit výraznost teplotních inverzí na základě hypsometrických teplotních gradientů v Ostravské pánvi. Na třech vybraných profilech analyzovala proces stabilizace, sílu inverzí, *chod hodnot hypsometrického teplotního gradientu a jeho pravděpodobnostní změny v čase*. Autorka se ve své práci mimo jiné věnovala i hodnocení korelační závislosti stability teplotního zvrstvení na *koncentrace znečišťujících látek* (SO_2 , NO_x a PM_{10}). Mezi hodinovými hypsometrickými teplotními gradienty a koncentrací vybraných škodlivin se však neukázala výrazná korelace.

3.1.2 Zahraniční práce

Murthy (2005) se ve své práci zabýval *modelováním výšky noční inverze nad holozemí za bezvětří a anticyklonálních podmínek*. Pro vytvoření vzorce bral v potaz i faktory jako jsou emisivita AP, míra ochlazování AP a emisivita oblohy, které byly v dřívějších pracích ignorovány. Přes den se AP zahřívá a pohlcuje sluneční záření mnohem lépe než vzduch. V noci pak dochází k rychlému ochlazování země a přenášení tepla molekulární kondukcí do atmosféry. V důsledku absence

turbulentního proudění a konvekce vzniká přízemní chladná vrstva, na jejíž často nepříliš vysoké horní hranici se vytváří nepropustná vrstva zabraňující promíchávání škodlivin s okolní atmosférou. Murthy demonstruje tuto skutečnost na příkladu katastrofy v indickém městě Bhopal, kde během brzkých ranních hodin 3. prosince 1984 uniklo do okolí americké společnosti Union Carbide asi 40 tun kyanovodíku. Tehdy 8 000 lidí zemřelo do 3 dnů od havárie, 520 000 lidí bylo do dnešní doby nejrůzněji postiženo.

Teplotní inverze ve *vulkanické sníženině Csík* a jejich *dopad na lidské zdraví* (obr. 6) zkoumal Pálffy (1995). Dno této sníženiny Východních Karpat se nachází v nadmořské výšce 650–700 m. Nejčtenější výskyt inverzí zde připadá na leden (10–16 dnů průměrně), nejmocnější inverze (100–200 m) jsou v témže měsíci. Důvodem je častá sněhová pokrývka, od které se přízemní vrstva atmosféry více ochlazuje. Velká část inverzí díky bezvětrným podmínkám (62,5 % v zimním období) a prochlazenému AP v depresi vzniká *advekčním nasouváním teplejšího vzduchu* nad tuto vrstvu, a zabraňuje tak konvekci i turbulenci. V důsledku toho až 22 dní dlouhé inverze (únor 1956) umocněné častými mlhami (průměrně 82 dní ročně) způsobují kromě inverzní výškové stratifikace rostlin v okolí i zdravotní, zejména respirační onemocnění u obyvatel žijících ve městě Csík. *I postrádající pás zeleně* za neodsířenými komíny průmyslové zóny tak zapříčinil nárůst těchto onemocnění. Zatímco v roce 1985 se takto diagnostikoval každý 65. obyvatel, v roce 1989 už to byl každý 37.



Obr. 6 Vulkanická sníženina Csík (printscreen, Google Earth)

Whiteman a kol. (2004) srovnávali *rozpad teplotních inverzí* ve dvou *vápencových závrtch* v Rakousku a Utahu (USA), které jsou typické svými velmi nízkými teplotami. Báze závrtu Gruenloch (Rakousko) se nachází ve výšce 1270 m n. m., dolní stanice závrtu Peter Sinks v Utahu (USA) měří teplotu ve 2500 m n. m. Oba tvary jsou

geomorfologicky velmi podobné. Kolektiv autorů z výsledků měření zjistil, že maximální naměřená intenzita inverze byla vyšší v závrtu Peter Sinks (24 °C) než v závrtu Gruenloch (13 °C). Za vše mohou podle autora převládající *vlhkostní podmínky* panující ve sledovaných závrttech. Ty snižují míru ztráty tepla při vznikajícím inverzním zvrstvením v Gruenlochu, kde je vzduch díky podmáčené půdě nasycenější než v závrtu Peter Sinks, kde bývá vzduch sušší. Dno závrtu Peter Sink bylo rovněž během měření *více ozářeno* než Gruenloch. Suchý vzduch se radiálním vyzařováním rychleji ochlazoval, vykazoval větší sílu inverzí při východu, ale zároveň způsoboval rychlejší rozpad inverzního zvrstvení.

Ve stejném roce dále publikovali Whiteman, Haiden (2004) studii o *pochodech vedoucích k inverznímu zvrstvení* provedenou na 5 závrttech v dolině Gruenloch. Podle jejich modelu není pro tvorbu teplotní inverze rozhodující výška báze závrtu, jeho tvar, ani intenzita stékání chladného vzduchu. Nejdůležitější je radiální ochlazování aktivního povrchu, s kterým těsně souvisí tzv. *sky view factor* (SVF). Pokud je tento faktor nízký, vyzařování z AP se zpětně odráží od relativně teplých svahů obklopujících sníženinu. Tuto hypotézu potvrzují teplotní minima naměřená na závrttech, které měly nejvyšší zastínění obzoru.

Vliv převládající povětrnostní situace na teplotní inverze nad Britskými ostrovy zkoumali za pomoci radiosond ve volné atmosféře také Milionis a Davies (2008). Ve studii hledali vzájemné vztahy mezi převládající *povětrnostní situací* (klasifikace podle Lamba) a fyzikálními důvody způsobujícími vznik inverzí. Definovali *index "aktivity"*, který se vypočítal jako násobek vertikálního teplotního gradientu, průměrného počtu inverzí v profilu a poměru teplotních profilů s výskytem inverze. Tento získaný aktivity index se ukázal až 3,5 krát silnější u anticyklonálních situací, než u cyklonálních. Projev inverzí u cyklonálních situací měl na rozdíl od anticyklonálního počasí nepředvídatelný průběh. Největší *mocnost, intenzita i četnost inverzí* se vázala opět na dny s *anticyklonálním počasím*. Milionis a Davies (2010) poukázali také na negativa, jež jednodenní data popisující převládající povětrnostní situací obnáší. Například 24 hodinový průměr nepřináší vždy přesný charakter měnícího se počasí, které se s projevem místního mezoklimatu může lišit.

Analýze *inverzí v přízemní vrstvě atmosféry* v různých lokalitách Aljašky se věnoval Bourne, Bhatt, Zhang, Thoman (2010). Práce podrobně komentuje mocnost, intenzitu a vzájemné rozdíly v rámci jednotlivých profilů v letech 1957–2008. Za pozornost stojí hodnocení tohoto jevu na základě hledání korelace mezi mocností inverzního zvrstvení, přízemní teplotou a teplotním gradientem s *indexem NAO* (North Atlantic Oscillation), *PDO* (Pacific Decadal Oscillation) a *NPI* (North Pacific Index). Tyto veličiny se ukázaly být závislé na desetiletých variacích především u vnitrozemských stanic. Např. mocnost inverzí se od roku 1957 do 1980 snižovala, od té doby rostla.

Yao, Zhong (2009) charakterizovali podmínky vzniku nočních teplotních inverzí v impaktním kráteru – Meteor Crateru v Arizoně. Typy nocí rozdělili podle *charakteru atmosféry v kráteru a nad ním* na tzv. "fully coupled", "partially decoupled" a "fully decoupled", což se dá přeložit jako "plně spárované", "částečně spárované" a "plně nespárované". Zatímco u "plně nespárovaných" se po celou noc v kráteru vyskytovalo inverzní zvrstvení, jiné než ve volné atmosféře nad sníženinou, "plně spárované" noci se vyznačovaly labilní atmosférou a žádnými inverzními teplotami mezi horní a dolní stanicí. "Částečně spárované" pak logicky charakterizovaly noci, při nichž se inverzní teploty naměřily jen v některých hodinách. Autoři dále uvádějí, že převládající synoptické situace se silnými větry automaticky neznamenají nevhodné podmínky pro tvorbu inverzí. Podle naměřených dat však zároveň uvádějí *ideální maximální horní hranici rychlosti větru pro "plně nespárované" noci ($5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)*. Se vznikem inverze se váže i omezené turbulentní proudění a konvekce, jejichž míra se dá vyjádřit *Richardsonovým číslem*, které by při vzniku silných teplotních inverzí nemělo přesahovat hodnotu 0,6.

Důležitým faktorem, který by měl být zohledňován při zkoumání teplotních inverzí měřených mezi městskou a příměstskou krajinou je *tepelný ostrov města*. Jeho analýzou v různých částech jednoho z nejteplejších měst Řecka – Agriniu – a referenční rurální oblastí za jeho hranicemi se zabýval Vardoulakis a kol. (2013). V Agriniu, lokalizovaném pod horou Panaitoliko, značně ovlivňující místní klima, žije 93 000 obyvatel. Ve městě, které bylo vybudované bez detailního urbanizačního plánu v 70. letech minulého století se nacházelo jen minimum zelených ploch.

Z výsledků studie vyplývá, že tepelný ostrov města, který vznikal vyzařováním tepla z antropogenních ploch během negativní energetické bilance, byl v Agriniu *nočním fenoménem*, zatímco *chladný ostrov města* se vyskytoval v brzkých ranních hodinách. Jako hlavní činitele způsobující vznik teplotního ostrova města autoři uvádějí *budovy, silnice, nedostatek výparu ve městě, umělé teplo, znečištění vzduchu, aerosoly*. Ve sledovaném období se ukázala být intenzita tepelného ostrova nejvyšší v *letních měsících*, především v srpnu, jehož průměrná intenzita činila 3,8 °C. Nejvyšší naměřený teplotní rozdíl mezi urbánní a rurální oblastí byl 5,6 °C. V zimním období se tepelný ostrov, jenž může mít pozitivní dopad na ohřev města, vyskytl v 60 % měřených případech. Autoři dále uvádějí, že nejvyšší intenzity tepelného ostrova města byly naměřeny za *bezvětrných podmínek*. Při větru o rychlosti 7,5 km/h a více dosahovaly maximálně 2 °C nebo se vůbec nevyskytovaly (Vardoulakis a kol., 2013).

3.2 Teplotní inverze

Za normálních okolností teplota v troposféře s rostoucí nadmořskou výškou klesá. *Vertikální teplotní gradient*, nebo-li hodnota teplotní změny [°C] na 100 výškových metrů ve volné atmosféře, bývá pozitivní (Koldovský, 1970). Tento gradient, závislý na *radiační bilanci AP–atmosféra*, se mění v průběhu dne i roku a je ovlivněn *geografickou polohou místa a nadmořskou výškou*. Jeho průměrná hodnota v našich zeměpisných šířkách se uvádí jako 0,6 °C na 100 m (Netopil, 1984). Pokud tento vertikální teplotní gradient nabývá v určité části atmosféry záporných hodnot, tj. teplota s nadmořskou výškou roste, hovoříme o teplotní inverzi (Soukupová, 2011).

3.2.1 Podmínky vzniku a délky trvání inverzí

Podle Koldovského (1970) pohlcuje zemský povrch 44 % sluneční energie, z toho 18 % představuje výpar, 20 % *vyzařování zemského povrchu* a 6 % ohřev přízemních vrstev ovzduší. Z uvedeného lze usoudit, že zemský povrch má velký vliv na ohřívání a ochlazování mezní vrstvy ovzduší, která na něj těsně přiléhá. S tímto úzce souvisí pojem energetická bilance vyjadřující poměr pohlcené a vyzářené energie AP.

Energetická bilance aktivního povrchu je závislá na průběhu denní a roční doby. *Pozitivní energetická bilance* nastává ve dne, kdy dlouhovlnné záření Slunce dopadá na AP a předává mu teplo. V nočních hodinách naopak dochází k *energetické bilanci negativní* – AP uvolňuje teplo do atmosféry a zároveň se ochlazuje (Vysoudil, 2004).

Teplo mezi AP a atmosférou se přenáší molekulárním vedením, zářením, výparem a kondenzací a výměnou. Nejúčinnější ze zmíněných je jednoznačně *výměna způsobená turbulencí mechanickou a termickou (konvekce)*. Příčinou vzniku mechanické turbulence je *drsnot podkladu, jeho nerovnost a překážky*, které musí proudící vzduch překonávat (Koldovský, 1970). Konvekci rozumíme vzestupné a kompenzační sestupné proudy vyvolané vztakovými silami jako důsledek tlakové nehomogenity (teplotních rozdílů) horizontálních vrstev vzduchu při zemském povrchu a ve volné atmosféře (Sobíšek, 1993).

Během typického anticyklonálního dne s minimem oblačnosti se AP a od něj přízemní vzduchové vrstvy již během dopoledních hodin vlivem insolace silně prohřívají, což vede k nástupu silné konvekce, jenž má za následek vzestupné proudění teplého vzduchu. Ve večerních hodinách se při negativní energetické bilanci AP vlivem vyzařování ochlazuje, díky absenci turbulence u povrchu se teplotní zvrstvení při povrchu stává stabilnější. "*Vyzařování AP je tím intenzivnější, čím je noc, respektive doba vyzařování delší, čím je vzduch průzračnější, čím obsahuje méně vodních par, čím je klidnější, tím je potom inverze mohutnější*. Nejsilnější je vyzařování ve směru svíslém s vodorovnou hladinou, proto se i kotlina ochladí víc než svah (Petrovič, 1953)." Řidší teplý vzduch setrvává nahoře, chladný vzduch s vyšší hustotou a tím pádem i vyšší gravitací stéká do údolí. Při inverzi začne klesat relativní vlhkost s výškou. V důsledku

toho má *kotlina vzduch skoro nasycený vodními parami, často se vytváří mlha*, zatímco relativní vlhkost vzduchu výše položených míst s vyššími teplotami vzduchu je podstatně menší. Přímá úměra platí také u mocnosti inverzní vrstvy – s narůstající délkou trvání vyzařování AP narůstá i mocnost inverzní vrstvy. (Petrovič, 1953).

Pod výškovými inverzemi teploty či v důsledku radiačního ochlazení AP se často vytváří *oblaka nízkého patra – Stratus (sloha)*, která mají v létě formu vodního oblaku, v zimě často obsahují ledové krystalky. Odráží velké množství záření zpět do atmosféry a zkracují tak dobu slunečního svitu v nižších polohách. Při velmi nízkých teplotách se při působení Slunce mohou objevit halové jevy (Sobíšek, 1993).

Z práce Geigera (Geiger 1961, in Prošek, Rein, 1982) je také patrný vliv AP na přízemní vrstvu ovzduší – čím výše od AP byla teplota měřena, tím byla její amplituda menší.

Vrstvy v přízemní atmosféře, u kterých dochází s náhlou změnou vertikálního teplotního gradientu k pozastavení či absenci promíchávání vzduchu, definuje Prošek, Rein (1982) jako tzv. *teplotní zádržné vrstvy* (dále MVA). Pod tímto pojmem rozumí nejčastěji teplotní inverze a izotermie, jejichž příčiny vzniku mají radiační nebo advektivní charakter. Tyto velmi stabilní přízemní vrstvy atmosféry jsou *omezeny zdola AP, shora nepropustnou hladinou*, na jejíž hranici jsou hodnoty vertikálních toků hybnosti a tepla rovny nule. V této teplotní zádržné vrstvě jsou meteorologické charakteristiky velmi odlišné od vrstev ležících pod nebo nad ní. Typická je *velká relativní vlhkost vzduchu, vznik kouřma nebo mlhy, vysoká koncentrace poléťavého prachu a aerosolů*.

Vhodné podmínky pro tvorbu teplotní inverze představuje konkávní, málo větraný reliéf. Může zde totiž ve večerních hodinách vznikat *sestupný katabatický vítr*, formovaný gravitačními účinky radiačně ochlazeného těžkého vzduchu. Spolu s absencí turbulence pak může vytvářet jezera studeného vzduchu setrvávající v údolích až do opětovné labilizace. Platí, že *čím jsou svahy delší a příkřejší, tím je jeho účinek silnější*. Vliv na tuto mělkou vrstvu sestupujícího vzduchu má i *kvalita povrchu* (Koldovský, 1970).

Vysoké albedo sněhové pokrývky (čerstvý sníh 75–90 %) způsobuje další ochlazování AP a tím i přilehlé vrstvy atmosféry (Bednář, 2003). Důležitým faktorem v našich zeměpisných šířkách, hlavně v zimním půlroce, je *míra zastínění AP*, která vlivem malého sklonu Slunce nad obzorem velkou měrou zasahuje hluboké uzavřené kotliny (Bednář, 2003).

Se zastíněním *svahů* souvisí i jejich *orientace*, přičemž v průběhu dne jsou nejdéle ozářené jižní svahy, nejméně severní. Na pozdější nástup a zároveň rozplynutí inverzního zvrstvení v důsledku déle ozářeného Z svahu Stolové hory v Pavlovských vrších poukazyval Prošek (1976).

3.2.2 Výška inverzní vrstvy

Koldovský (1970) označuje za "*inverzní typ*" takové teplotní zvrstvení mezní vrstvy atmosféry, kdy od AP až po *hranici zakalení* (500–1500 m nad zemským povrchem) teplota lineárně narůstá. Přízemní kouřmo nebo přízemní mlha se nachází do výše maximální rychlosti větru (200–500 m nad zemským povrchem). V těsné blízkosti AP panuje bezvětří.

"*Inverzní typ s přízemní mísící vrstvou*" Koldovský (1970) charakterizuje 100–200 m silnou *vrstvou mísení*. Od zemského povrchu po její horní hranici teploty klesají, až nad ní se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšují.

Samotná výška neboli mocnost inverzního zvrstvení je tím větší, čím je vyzařování AP delší a intenzivnější. To platí především o zimních chladných měsících. Při zkoumání teplotních inverzí v Pavlovských vrších byla stanice na vrcholu Děvína především v lednu často ještě pod dolní hranicí inverze (Prošek, 1976).

Vysoudil (2002) popisuje *výškový vliv dolní hranice inverzní vrstvy na kvalitu ovzduší*. *Přízemní radiační inverze* s mocností jen několika málo metrů bývá silně zasažena vlivem dopravy, zemědělských činností a jiných přízemních zdrojů znečišťování. Výškové zdroje znečišťování jako komíny tepelných elektráren, průmyslových závodů či tepláren v tomto případě nemají vliv na koncentraci škodlivin v přízemní inverzní vrstvě, neboť rozptyl se děje nad její horní hranicí. Méně příznivá situace nastává tehdy, když *spodní hranice inverze leží jen několik málo set metrů nad zemským povrchem*. V této stabilní nepropustné vzduchové hmotě pak dochází k *vysoké koncentraci škodlivin z přízemních i výškových zdrojů znečištění dohromady*.



Obr. 7 Přízemní inverze a výškové zdroje znečišťování v Mladcové 14. 11. 2012 v 10:00 hod. (Zdroj: radiozlin.cz)

3.2.3 Typy teplotních inverzí

Vznik teplotních inverzí se váže na *dynamické* nebo *statické podmínky vzniku*. Dynamické se tvoří v důsledku advekce, turbulence nebo subsidence vzduchu. Mezi ně řadíme inverze teploty vzduchu advekční, frontální, subsidenční, turbulentní a pasátové. Na základě pouhého vyzařování AP a negativní energetické bilance vznikají radiační teplotní inverze (Sobíšek, 1993).

Radiační inverze vznikají bez přílivu vzduchu pouze důsledkem radiačního vyzařování tepla ze zemského povrchu, povrchu sněhu, ledu či horní vrstvy oblaků. Nejčastěji se vyskytují tyto inverze v období negativní radiační bilance – v noci nebo chladných částech roku, kdy se mohou inverze vytvářet i v přes denní hodiny. Speciálním případem jsou radiační inverze výškové, které vznikají odrazem slunečního záření od oblačné nebo velmi vlhké, popř. znečištěné vrstvy ovzduší. Do radiačních inverzí spadají i *noční* a *přízemní* teplotní inverze (Sobíšek, 1993).

Princip *advekční inverze* spočívá v nasunutí teplého proudícího vzduchu nad studený AP nebo chladnou přízemní vrstvu vzduchu, která poté ochlazuje tuto teplou masu vzduchu. Vzniká tak advekční inverze výšková či přízemní. Tento typ inverzního zvrstvení je typický především pro zimní měsíce kontinentálních oblastí, kdy se teplý oceánský vzduch dostane nad prochlazený AP (Sobíšek, 1993).

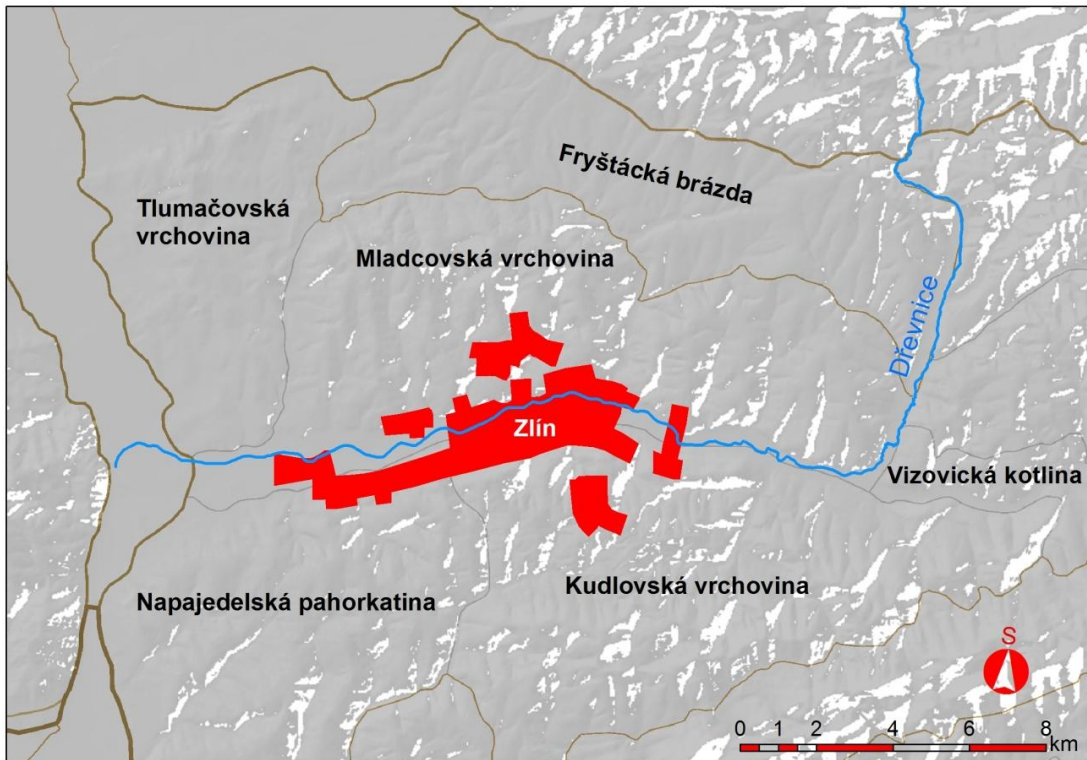
Subsidenční inverze vzniká v anticyklonách a hřebenech vysokého tlaku sesedáním z již původně stabilizovaných vyšších vrstev vzduchu směrem dolů. Tato výšková inverze je typická především nad oceány a způsobuje zánik konvekce, tudíž nevznikají srážky a okolí je suché (Sobíšek, 1993).

Frontální inverze se vyskytují na přechodu dvou front. V prvním případě může dojít k nasouvání teplého vzduchu nad studený, v tom druhém k nasouvání studeného vzduchu nad teplejší. Vlivem gravitace chladný vzduch steče dolů a teplejší vrstvu nasune nad něj. Díky velkým energetickým tokům a tedy i proudění vzduchu při vzniku této inverzní vrstvy nehrozí jako v předešlých typech znečištění atmosféry (Sobíšek, 1993).

3.3 Přírodní poměry Zlína a okolí

3.3.1 Geomorfologické poměry

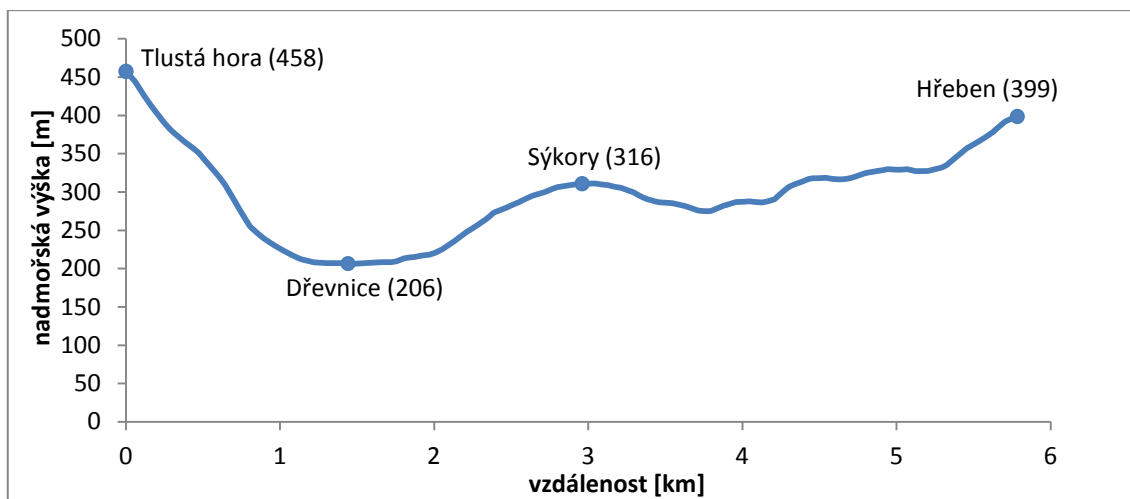
Město Zlín a nejbližší okolí spadá do provincie Západní Karpaty, soustavy Vnější Západní Karpaty, podsoustavy Moravsko-slovenské Karpaty a celku Vizovická vrchovina. Ta se dále člení na podcelky Fryštácká brázda, Zlínská vrchovina, Komonecká hornatina, Luhačovická vrchovina, Hlucká pahorkatina. Na topoklima města Zlína mají pak nejvíce vliv přiléhající svahy těchto *okrsků Zlínské vrchoviny* – *Mladcovská vrchovina*, *Napajedelská pahorkatina* a *Kudlovská vrchovina*, viz obr. 8 (Demek, Mackovčín, 2006).



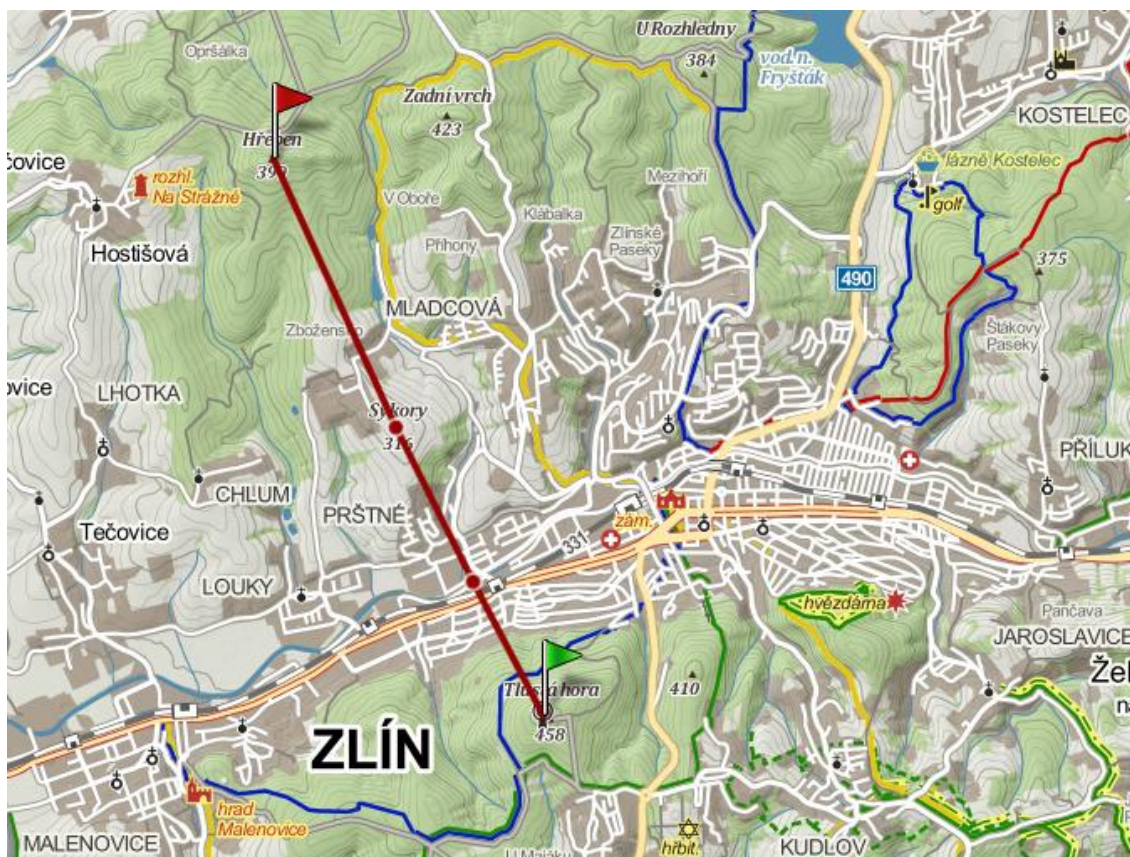
Obr. 8 Geomorfologické okrsky v okolí města Zlína (Vlastní tvorba, data: CENIA)

Výraznou dominantou Zlína je Tlustá hora (458 m n. m.), na jejímž vrcholu se nachází vysílač Českých radiokomunikací. Taktéž v bezprostřední blízkosti města v Kudlovské vrchovině se nachází Barabáš (410 m n. m.) nebo bezejmenný vrchol (438 m n. m.) vypínající se nad městskou částí Zlín-Lesní čtvrť. Mezi nejvyšší vrcholy Mladcovské vrchoviny patří Zadní vrch (423 m n. m.), Přední vrch (420 m n. m.) a Hřeben (399 m n. m.). Nejnižším bodem je hladina řeky Dřevnice na jejím dolním toku ve Zlíně-Malenovicích, kde se dostává pod hranici 200 m n. m. (Mapy.cz)

Severně orientované příkré svahy Kudlovské vrchoviny jsou těsně za nízko položenou městskou zástavbou pokryty lesy, zatímco mírnější jižní svahy Mladcovské vrchoviny jsou díky většímu dennímu příjmu slunečního záření více osídleny a zemědělsky využity. Průměrný sklon svahů byl vypočítán pomocí vzorce $\sin\alpha^{-1} = \frac{\text{výškový rozdíl [m]}}{\text{délka svahu [m]}}$. Použité hodnoty byly brány z kolmé vzdálenosti měřené od koryta řeky k vrcholu. Průměrný sklon svahu Tlusté hory (458 m n. m.) činil 9,54°, Hřebenu (399 m n. m.) již jen 2,55°, přičemž nestrmější úseky svahů na Tlusté hoře dosahovaly i sklonu 20°. Tuto skutečnost demonstruje příčný profil na obr. 9 a 10.



Obr. 9 Příčný profil údolím Dřevnice ve Zlíně (Vlastní tvorba)



Obr. 10 Linie vytyčující příčný profil údolí Dřevnice ve Zlíně (Vlastní tvorba, data: Mapy.cz)

3.3.2 Klimatické poměry

Oblast Zlína je díky poloze na východě ČR typická svou *vyšší kontinentalitou*, čili většími teplotními rozdíly mezi létem a zimou, než v Čechách. Také se dá říci, že na místní klima zde má velký vliv *přítomnost blízkých hor* a tudíž i *závětrných*, popř. slabších *föhnových jevů*. Ty jsou umocněny *SV–JZ orientací hřbetů pohoří s velkou relativní výškovou členitostí*, které musí čelit převládajícímu V proudění v zimním pololetí, Z proudění v letním. V uzavřených kotlinách dochází často za bezvětrných podmínek k tvorbě inverzí a mlh (ENVIROS, 2004).

Tab. 9 Charakteristika klimatické oblasti MT9 na území Zlína (Quitt, 1971)

Klimatická oblast	MT9
Počet letních dní	40–50
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více	140–160
Počet mrazových dní	110–130
Počet ledových dní	30–40
Průměrná teplota v lednu [°C]	–3 – –4
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6–7
Průměrná teplota v červenci [°C]	17–18
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7–8
Počet dní se srážkami 1 mm a více	100–120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400–450
Srážkový úhrn v zimním období	250–300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60–80
Počet zamračených dní	120–150
Počet jasných dní	40–50

Podle Quitta (1971) se Zlín nachází v *mírné teplé klimatické oblasti MT9* (tab. 9). Jde o oblast vymezenou izoliní 50 letních dnů a průměrnou červencovou teplotou 15 °C. Je vhodná pro pěstování obilnin (pšenice, ječmen) a ovoce.

Nejnovější klimatickou charakteristiku uvádí kniha Atlas podnebí Česka (Tolasz a kol., 2007). Data v tab. 10 jsou uvedena pro komparaci s výsledky vlastního měření v období září 2013 – únor 2014. Jako referenční byla díky své poloze v centru města zvolena stanice DILY.

Tab. 10 poukazuje na skutečnost, že kromě září byly všechny zbývající měsíce teplotně nadprůměrné, měsíce leden a únor dokonce přesahovaly svůj obvyklý průměr shodně o 4,1 °C. To mělo logicky za následek prakticky absenci jakékoliv sněhové pokrývky, která se jinak běžně na tomto místě drží 50–60 dní/rok. Takto teplá zima napovídala i menšímu počtu mrazových dní (obvykle 120 dní/rok) a dní ledových (obvykle 30–40 dní/rok), viz (Tolasz a kol., 2007). Z uvedeného tak vyplývá, že jednoroční měření nemůže nahradit dlouhodobé průměry.

Tab. 10 Průměrné teploty vzduchu v chladném půlroce v ČR a ve Zlíně (Tolasz a kol., 2007, upraveno, Hudeček 2014, vlastní měření)

Průměrná teplota [°C]	Atlas podnebí Česka (2007)	Vlastní měření 2013–2014 (DILY)
podzim	9–10	9,6
zima	–2– –1	2,8
září	13–14	12,8
říjen	8–9	10,4
listopad	3–4	5,6
prosinec	–1–0	2,4
leden	–3– –2	2,1
únor	–1–0	4,1

Směr a rychlost větru mají velký podíl na tvorbě stabilní vrstvy atmosféry, transportu a difuzi škodlivin v atmosféře. Vzhledem k absenci klimatologické stanice ve Zlíně, byly pro charakteristiku klimatu, konkrétně stabilní mezní vrstvy atmosféry, použity údaje z nejbližších stanic – Holešova a Luhačovic (tab. 11). Tato data z 1961–1965 spolu s průměrnými hodnotami pro vymezené regiony Hornomoravský a Dolnomoravský úval byla převzata ze Sborníku prací hydrometeorologického ústavu v Praze, konkrétně kapitoly Klimatologické hodnocení mezní vrstvy atmosféry (Coufal, 1973).

Tab. 11 Četnosti směrů a rychlostí větrů při velmi stabilním zvrstvení (Coufal, 1973)

Rychlost m/s	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
Luhačovice									
1	1,35	4,36	0,77	3,41	0,66	3,4	1,19	4,32	–
2–4	0,42	1,78	0,68	3,07	0,85	2,49	0,48	1,54	–
5 a více	–	0,10	–	0,44	0,05	0,24	0,15	0,39	–
Celkem	1,77	6,24	1,45	6,92	1,56	6,13	1,82	6,25	67,91
Holešov									
1	0,63	1,63	2,49	2,73	3,11	1,48	2,35	1,95	–
2–4	1,34	5,98	3,74	9,76	8,97	1,95	2,3	0,71	–
5 a více	0,45	6,38	0,38	1,97	1,67	0,44	0,24	0,1	–
Celkem	2,42	13,99	6,61	14,46	13,75	3,87	4,89	2,76	37,26

Roční chod velmi stabilní mezní vrstvy má maximum v říjnu, lednu a prosinci (30–35 %), nejméně četný je její výskyt od dubna do srpna s minimem v červnu (5 %). Bezvětří v konkávním reliéfu Luhačovic tvořilo průměrně 67,91 dní, v otevřené planině Holešova 37,26 dní. Nejvyšší četnost v Holešově mají větry jižního a východního kvadrantu, v Luhačovicích převládalo proudění ze SV, JV, JZ a SZ. V nižších polohách Hornomoravského úvalu obecně převládá jižní a jihozápadní proudění, ve středních

a vyšších polohách západní a jihozápadní. V Dolnomoravském úvalu je dominantní proudění s východní složkou a to konkrétně severovýchodní a jihovýchodní (Coufal, 1973).

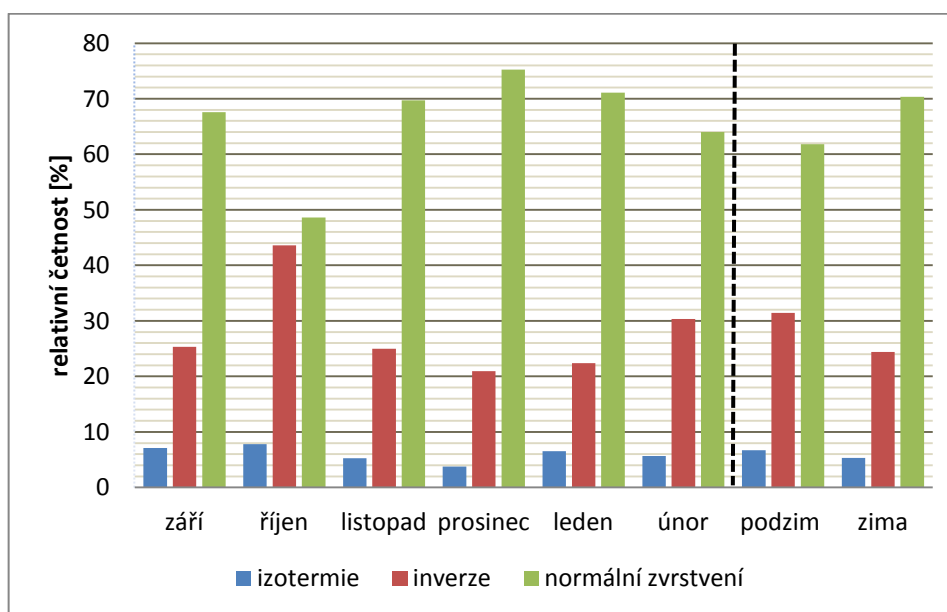
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Profil PRST–KUDL

4.1.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry

Obr. 11 znázorňuje, s jakou relativní četností se v jednotlivých zkoumaných měsících a ročních obdobích vyskytovaly v profilu PRST-KUDL možné typy teplotního zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry.

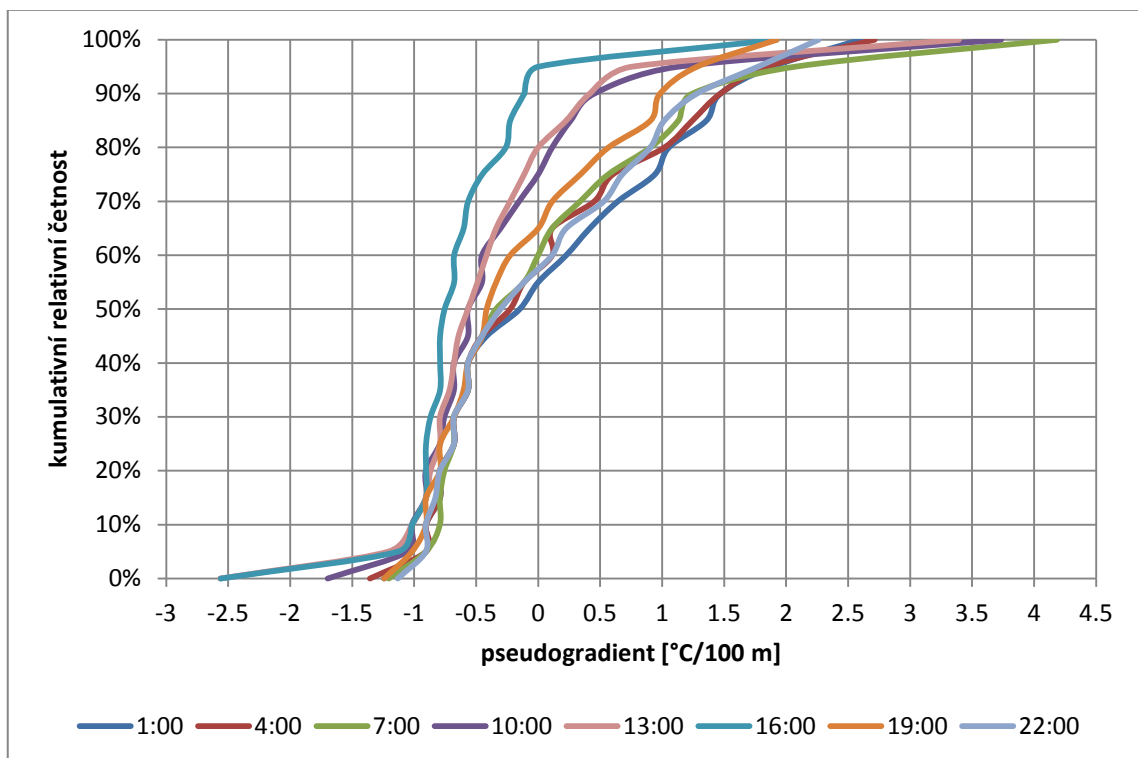
Je patrné, že izotermie v žádném měsíci nepřesáhly 8% hranici. K nejméně četnému výskytu inverzního zvrstvení atmosféry došlo v měsíci prosinci (21%). Naprosto odlišnou situaci vykazoval měsíc říjen, v jehož průběhu se inverze vyskytovaly ve 43 % případů. Tato hodnota se jen minimálně lišila od relativní četnosti normálního zvrstvení (48 %) v tomto měsíci. Nejvyšší relativní četnosti v klimatologické zimě dosahovaly inverze v měsíci únoru (30 %). Obr. 11 také dokládá, že celkový podíl inverzí na podzim (31 %) byl vyšší než v zimě (24 %).



Obr. 11 Relativní četnost výskytu izotermie, inverze a normálního zvrstvení v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$] v celých hodinách SEČ v profilu PRST–KUDL zobrazuje obr. 12. Z něj lze vyčíst, s jakou pravděpodobností se v dané hodině vyskytla v profilu PRST–KUDL teplotní inverze. Díky velkému relativnímu převýšení a následnému přepočtu na hodnotu pseudogradientu byla stanovena izotermie a inverzní hranice na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kladné, čili inverzní hodnoty pseudogradientu se projevily nejvíce v 1:00 hod. – s 45% pravděpodobností. Všeobecně vyšší pravděpodobnost teplotních intervalů s inverzním zvrstvením (35–45 %) panovala v nočních a brzkých ranních hodinách (01, 04, 07, 19 a 22 SEČ). Lze si také povšimnout, že při inverzních teplotách dochází u těchto křivek k mnohem vyššímu rozpětí právě v kladných hodnotách. Například u pozorovaných termínů v 1:00 hod. a 4:00 hod. se teplota s rostoucí nadmožskou výškou ve více než 20 % případů zvyšovala o 1 °C/100 m. Naopak inverzní zvrstvení v 16:00 hod. setrvalo v profilu PRST–KUDL pouze s 5% pravděpodobností.



Obr. 12 Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů [°C/100 m] v celých hodinách SEČ v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

4.1.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu

Zastoupení inverzí při jednotlivých povětrnostních situacích seřazené podle jejich celkového trvání ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 lze najít v tab. 12.

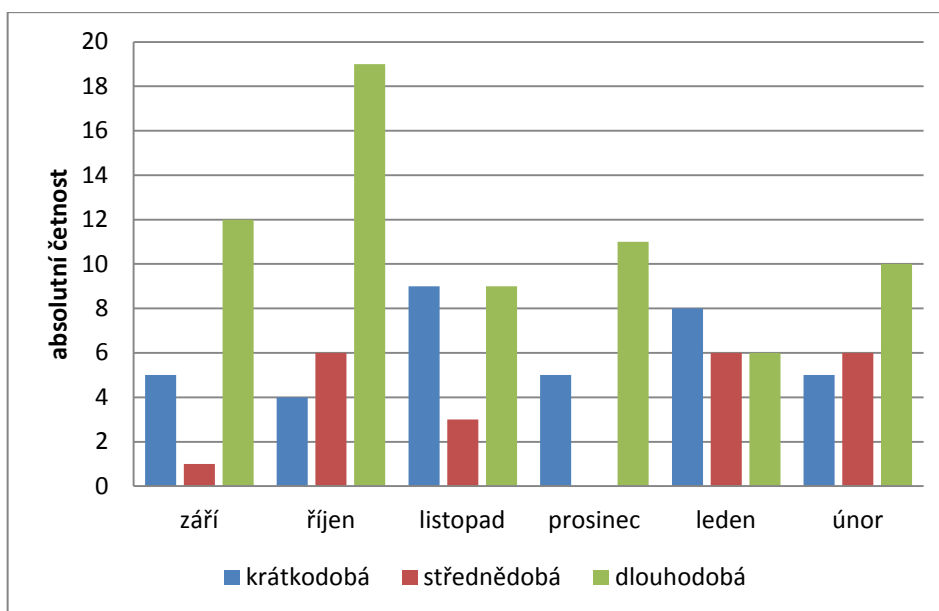
Z ní vyplývá, že se v profilu PRST–KUDL vyskytovalo inverzní zvrstvení (po dobu celého měření, resp. na podzim a v zimě) po dobu 1043,5 hodin celkem ve 125 případech. Ukázalo se, že většina inverzí se vytvářela při anticyklonální povětrnostní situaci. Celkově nejdéle (198 hodin) se vyskytovaly teplotní inverze při povětrnostní situaci Ap1 (putující anticyklóně). Situace Ap1 se vyznačovala také nejvyšší absolutní četností výskytu (19) a 68% zastoupením dlouhodobých inverzí. Celkem 150 hodin

setrvaly inverze při východní anticyklonální situaci (Ea), jenž se nejčastěji formuje nad Skandinávským poloostrovem a hlavně v zimním období přináší do střední Evropy velmi nízké teploty. Ze 13 inverzních situací mělo 85 % dlouhodobý charakter, průměr trvání činil 11,5 hodin. Zajímavé je i dlouhé celkové trvání teplotních inverzí (100 hodin.) při jihozápadní cyklonální situaci (SWc2), jenž se na našem území projevuje díky velkým teplotním rozdílům ve frontální zóně vytvářením frontálních vln a pohyblivých níží. To znamená, že se v některých oblastech poněkud vracejí směrem k západu jako fronty teplé, což má za následek vznik frontální teplotní inverze. (synopinfo.wz.cz). Inverze s nejdelší průměrnou délkou trvání (26,8 hodin.) se formovaly při západní anticyklonální situaci (Wa), jednoznačně nejkratší (1,5 hodin.) při anticykloně nad střední Evropou (A).

Tab. 12 Délka trvání teplotní inverze a její četnosti v závislosti na převládající povětrnostní situaci v profilu PRST–KUDL v období září 2013 – únor 2014

Povětrnostní situace	Trvání [hod,]		Četnost výskytu	Zastoupení dle délky trvání [%]		
	celkem	průměr		dlouhodobá	krátkodobá	střednědobá
Ap1	198,0	10,4	19	68	21	11
Ea	149,5	11,5	13	85	8	8
Ap2	100,5	11,2	9	78	11	11
SWc2	100,0	10,0	10	70	10	20
Wcs	75,0	5,4	14	29	36	36
B	55,0	5,0	11	18	64	18
Wa	53,5	26,8	2	50	50	0
SWa	49,0	8,2	6	50	33	17
Sa	32,0	10,7	3	67	33	0
Wc	29,0	4,8	6	33	50	17
NEa	24,0	6,0	4	50	25	25
SEa	23,5	5,9	4	25	50	25
Ap3	23,0	11,5	2	100	0	0
Ec	22,5	5,6	4	25	0	75
NWc	22,0	11,0	2	100	0	0
Bp	20,5	2,9	7	14	71	14
C	20,0	6,7	3	67	33	0
SWc3	19,5	9,8	2	50	0	50
Vfz	16,0	8,0	2	100	0	0
SWc1	9,5	9,5	1	100	0	0
A	1,5	1,5	1	0	100	0
Celkem	1043,5	–	125	–	–	–
Průměr	50	9	6	53,6	28,8	17,6

4.1.3 Délka trvání inverzí



Obr. 13 Absolutní četnost výskytu inverzí dle délky jejich trvání v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Obr. 13 i tab. 13 uvádí, kolikrát se vyskytla a jakou relativní četnost měla v daném měsíci krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá inverze. Ve všech měsících kromě ledna a listopadu převažovaly dlouhodobé inverze nad ostatními typy. Dlouhodobé inverze činily 53,6 %, střednědobé 17,6 % a krátkodobé 28,8 %. Ze sledovaného období vyčníval měsíc říjen, jenž se svými 29 inverzemi tvořil celkem 23,2 % všech případů. Pro tento měsíc byly charakteristické převážně dlouhé inverze, kterých bylo 19. Celkově nejméně inverzí se vytvořilo v prosinci. Pouze v měsíci lednu převažoval výskyt krátkodobých inverzí nad ostatními typy.

Tab. 13 Absolutní četnost inverzí dle délky jejich trvání ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Období	Krátkodobá	Střednědobá	Dlouhodobá	Σ	Rel. četnost (%)
září	5	1	12	18	14,4
říjen	4	6	19	29	23,2
listopad	9	3	9	21	16,8
prosinec	5	0	11	16	12,8
leden	8	6	6	20	16
únor	5	6	10	21	16,8
Σ	36	22	67	125	100
Rel. četnost (%)	28,8	17,6	53,6	100	–

4.1.4 Intenzita inverzí

Tab. 14 obsahuje údaje o intenzitě teplotních inverzí při dané povětrnostní situaci v absolutních hodnotách v profilu PRST–KUDL, a to jak v reálném výškovém rozdílu (221 m), tak i hodnotou pseudogradientu [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]. Data byla obdobně jako v tab. 12 utříděna podle celkového trvání jednotlivých povětrnostních situací během inverzních situací v celém sledovaném období.

Z údajů si lze všimnout, že u většiny celkově déle trvajících povětrnostních situací byly hodnoty mimořádných, maximálních i celkových intenzit inverzí vyšší než v případě těch kratších. Nelze však hovořit o jasné podmíněnosti těchto dvou veličin.

Nejvyšší mimořádná intenzita inverze byla naměřena v profilu PRST–KUDL při západní anticyklonální situaci (Wa), kdy se na 100 m výšky zvyšovala teplota o $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Velmi dlouhé průměrné trvání jednotlivých inverzí (26,5 hodin) při situaci Wa však způsobilo vzhledem k celku poměrně nízkou celkovou intenzitu inverze ($0,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

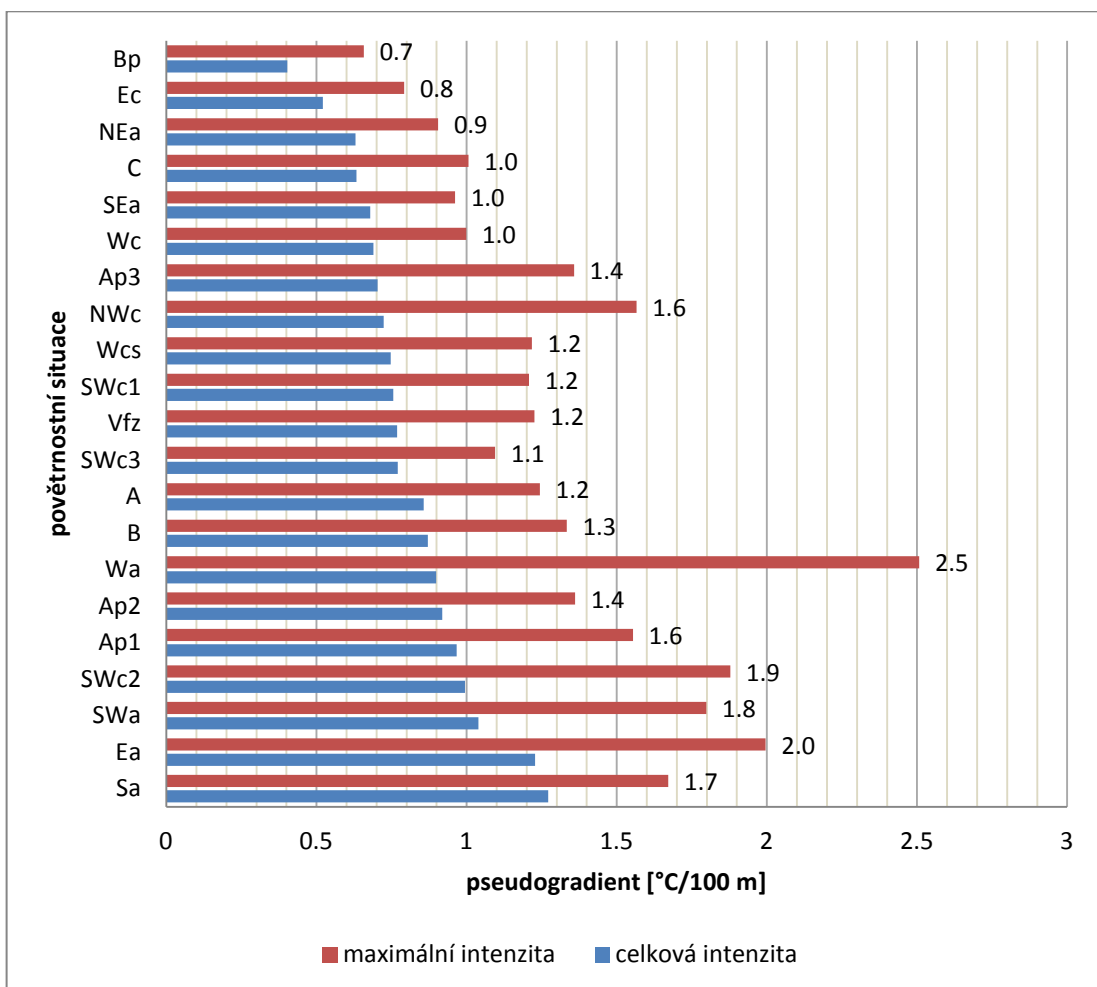
Tab. 14 Vazba intenzity teplotní inverze na převládající povětrnostní situaci v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Povětrnostní situace	Intenzita [$^{\circ}\text{C}$]			Pseudogradient [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]		
	mimořádná	maximální	celková	mimořádná	maximální	Celková
Ap1	5,8	3,4	2,1	2,6	1,6	1,0
Ea	7,9	4,4	2,7	3,6	2,0	1,2
Ap2	5,0	3,0	2,0	2,3	1,4	0,9
SWc2	8,3	4,2	2,2	3,8	1,9	1,0
Wcs	5,8	2,7	1,7	2,6	1,2	0,7
B	5,5	2,9	1,9	2,5	1,3	0,9
Wa	10,0	5,5	2,0	4,5	2,5	0,9
SWa	9,3	4,0	2,3	4,2	1,8	1,0
Sa	4,5	3,7	2,8	2,0	1,7	1,3
Wc	4,3	2,2	1,5	1,9	1,0	0,7
NEa	3,0	2,0	1,4	1,4	0,9	0,6
SEa	4,8	2,1	1,5	2,1	1,0	0,7
Ap3	4,8	3,0	1,6	2,1	1,4	0,7
Ec	2,8	1,8	1,2	1,2	0,8	0,5
NWc	4,8	3,5	1,6	2,1	1,6	0,7
Bp	3,5	1,5	0,9	1,6	0,7	0,4
C	2,7	2,2	1,4	1,2	1,0	0,6
SWc3	3,3	2,4	1,7	1,5	1,1	0,8
Vfz	3,3	2,7	1,7	1,5	1,2	0,8
SWc1	2,7	2,7	1,7	1,2	1,2	0,8
A	2,8	2,8	1,9	1,2	1,2	0,9

Obr. 14 ukazuje celkovou a maximální intenzitu inverze při dané povětrnostní situaci vyjádřenou teplotním pseudogradientem [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]. Hodnoty celkových intenzit inverzí obsažených v grafu byly seřazeny od nejnižší po nejvyšší.

Nejvyšší celkové intenzity byly za vlivu povětrnostních situací Sa, Ea a SWa, čili u synoptických typů anticyklonálního charakteru. Na něj se často váží dny s radiačním charakterem počasí, které způsobují rychlý vznik stabilních vrstev přízemní vrstvy atmosféry, a tím pádem i vysokou celkovou intenzitu inverzí.

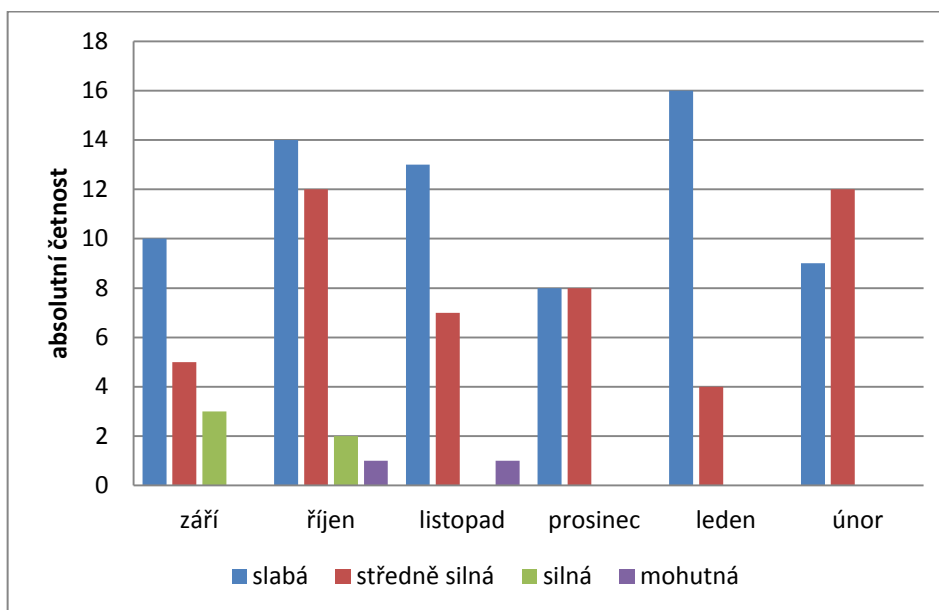
Až na některé výjimky (Sa, Wa, NWc, Ap3) lze sledovat přímou vazbu celkové a maximální intenzity inverzí. Například povětrnostní typ s nejnižší celkovou intenzitou měl i nejnižší maximální intenzitu inverze.



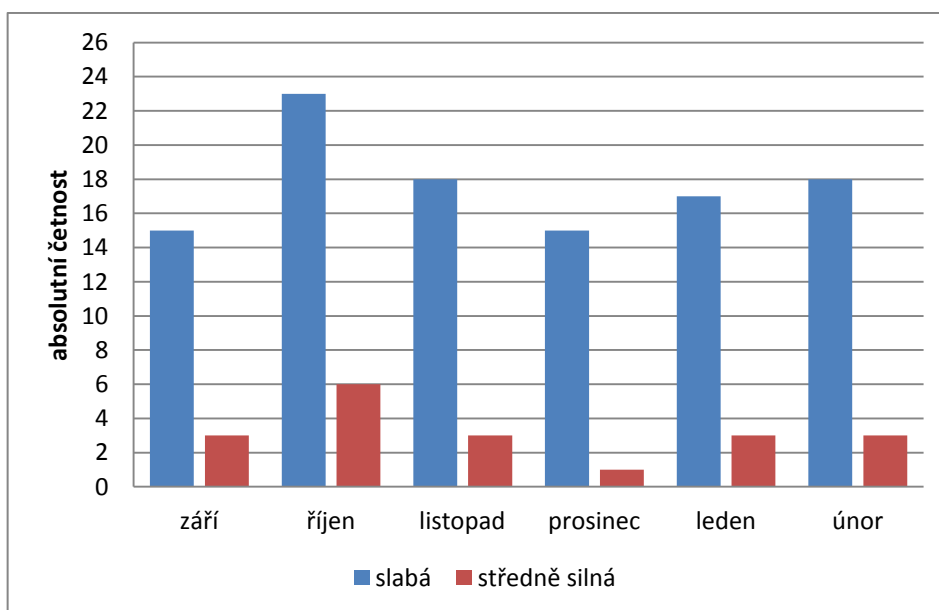
Obr. 14 Celková a maximální intenzita inverze vyjádřená pseudogradientem a ve vztahu na povětrnostní situaci v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Obr. 15 zachycuje absolutní četnost inverzí dle jejich maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 na profilu PRST–KUDL. Z grafu jednoznačně vyplývá, že se silné a mohutné inverze tvořily pouze na podzim. Ve všech měsících

kromě února byly nejčetnější slabé inverze, jichž se vyskytlo nejvíce v lednu (16). V jediném měsíci, a to v říjnu, se vyskytly všechny typy sledovaných intenzit.



Obr. 15 Absolutní četnost inverzí dle maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL



Obr. 16 Absolutní četnost inverzí dle celkové intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

Obr.16 zobrazuje absolutní četnost inverzí dle jejich celkové intenzity. V porovnání s grafem maximálních intenzit vykazuje graf celkových intenzit mnohem více slabých, méně středně silných a žádné silné či mohutné inverze. Nejvíce středně

silných inverzí se vyskytlo měsíci říjnu (6), nejméně v prosinci (1). Zajímavá je situace z ledna, kdy 3/4 středně silných inverzí prokazovalo stejnou intenzitu i po přepočtu na celkovou intenzitu.

4.1.5 Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou

Tab. 15 zobrazuje výskyt pěti inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL. Hodnoty T_{max} představují maximální nepřepočítané intenzity inverzí v průběhu jejich trvání. Indikátor t_{max} pak interval T_{max} .

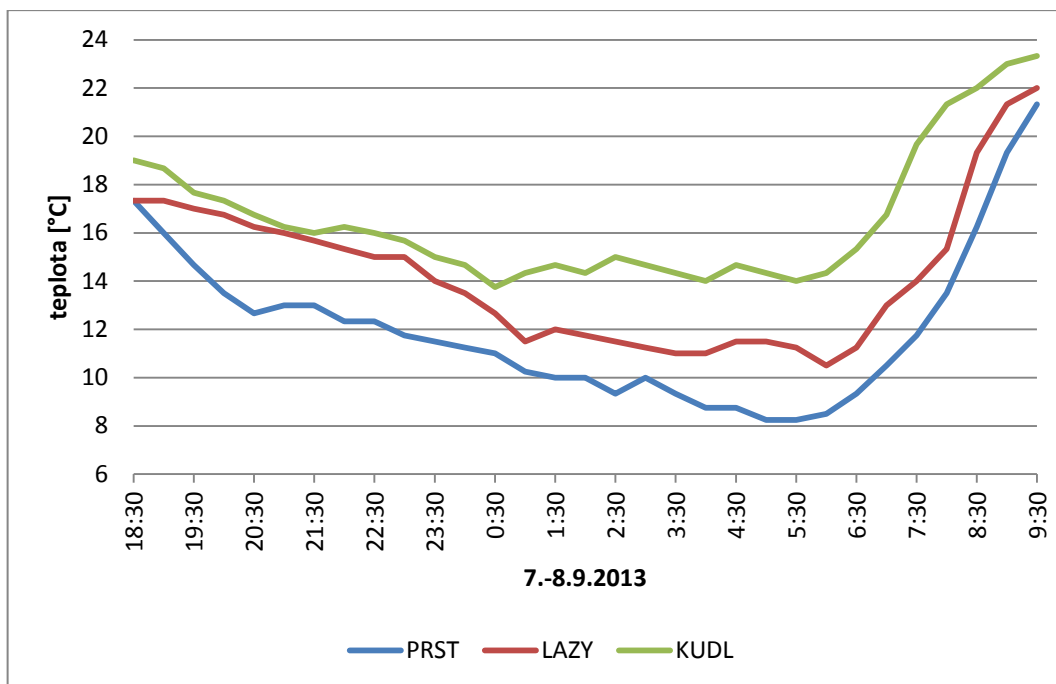
Začátek	Povětrn. situace	Délka trvání [hod.]	T_{max} [°C]	t_{max}	Průměr [°C]	Konec
7.9.13 18:30	Ea	15	7,9	8.9.13 7:30	4,5	8.9.13 9:30
21.10.13 17:30	SWc2	20.5	8,3	22.10.13 9:00	3,7	22.10.13 14:00
24.10.13 18:00	SWc2	19	6,8	25.10.13 8:30	2,8	25.10.13 13:00
26.10.13 19:00	Swa	15	9,3	27.10.13 7:00	4,9	27.10.13 10:00
16.11.13 3:00	Wa	52	10,0	17.11.13 12:00	3,2	18.11.13 7:00

Tab. 15 Pět teplotních inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–KUDL

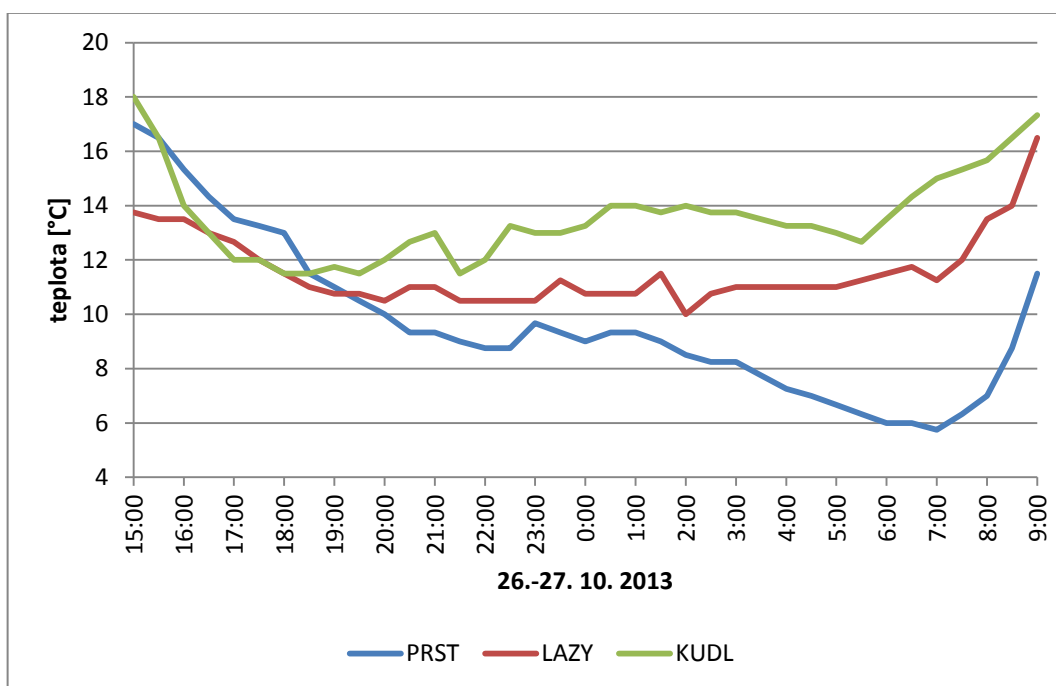
Většina maximálních hodnot intenzit inverzí T_{max} nastala krátce po východu Slunce díky dřívějšímu počátku prohřívání přízemní vrstvy atmosféry na stanici KUDL. Výjimku tvořila inverze při povětrnostní situaci Wa, při níž se vytvořila celodenní mohutná vrstva husté mlhy s dolní hranicí inverze nad stanicí LAZY. Bezoblačné slunné počasí způsobující intenzivní prohřívání aktivního povrchu na stanici KUDL způsobilo velké amplitudy teplot mezi dnem a nocí. Inverze tak byla nejintenzivnější v čase maximální insolace, konkrétně 17. 11. 2013 ve 12:00 hod. Tato situace je znázorněna na obr. 26.

Zbývající inverze v uvedené tabulce měly charakter přízemní radiační inverze. Průběh teplot na stanicích PRST, LAZY a KUDL během východní anticyklonální situace 7.–8. 9. 2013 je zobrazen na obr. 17. Z něj lze pozorovat vlivy vyzařování aktivního povrchu na všech stanicích, křivky denního chodu teploty odrážejí ještě poměrně intenzivní sluneční záření v denních hodinách na začátku září.

Jiný charakter vykazovaly teplotní křivky stanic LAZY a KUDL během inverze 26.–27. 10. 2013 při situaci SWa (obr. 18). Teploty se zde stabilizovaly již okolo 18:00 hod., v průběhu noci stagnovaly, občas i rostly. Jen údolní stanice PRST se ochlazovala až do 7:00 hod.



Obr. 17 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 7.–8. 9. 2013 při situaci Ea



Obr. 18 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 26.–27.10.2013 při situaci SWa

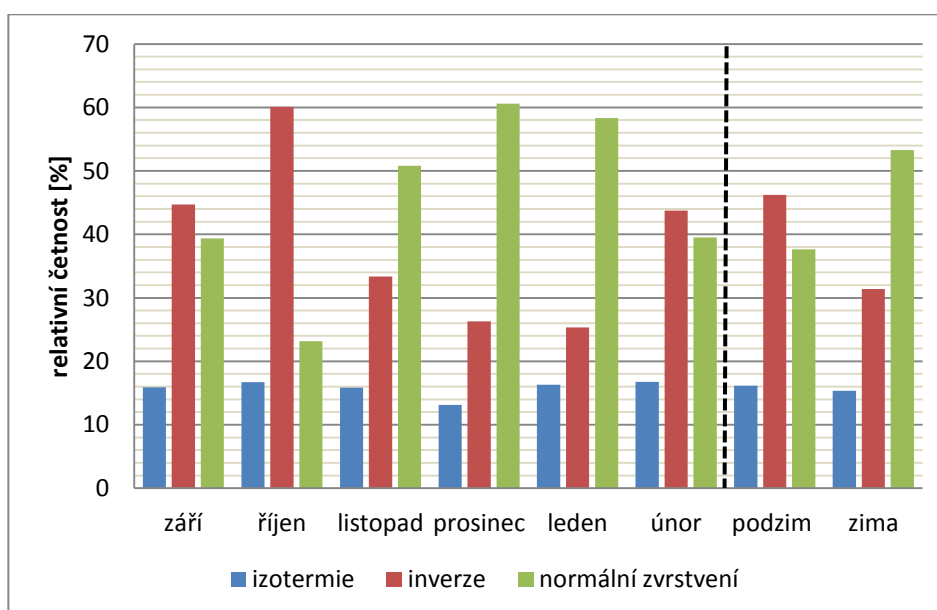
4.2 Profil LAZY–KUDL

4.2.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry

Obr. 19 znázorňuje, s jakou relativní četností se v jednotlivých zkoumaných měsících a ročních obdobích vyskytovaly možné typy teplotního zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry.

Srovná-li se tento graf s obr. 11 charakterizujícím totéž v profilu PRST–KUDL, zjistí se, že oba profily vykazovaly ve sledovaných obdobích podobné poměrové zastoupení jednotlivých typů teplotního zvrstvení, na úkor normálního zvrstvení v profilu LAZY–KUDL. Relativní četnost inverzí a izotermie zde byla mnohem vyšší než na profilu PRST–KUDL.

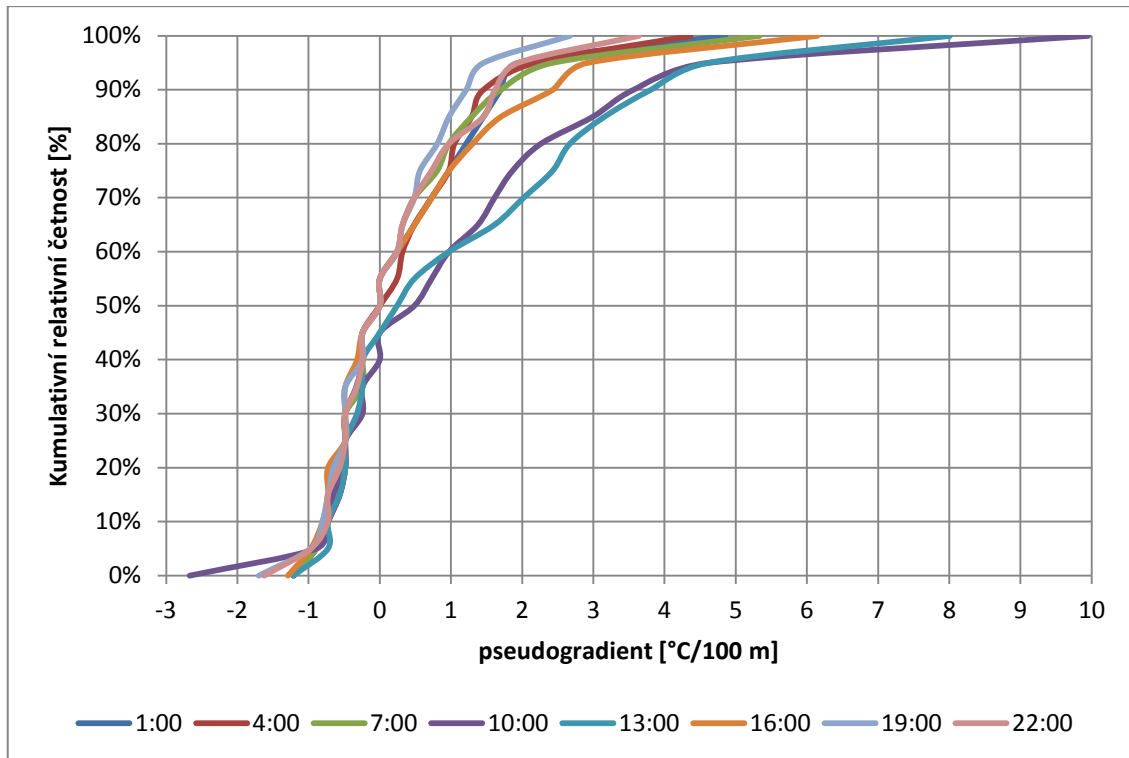
Z grafu lze vyčíst, že větší relativní četnost inverzního zvrstvení byla na podzim (46 %) než v zimě (31 %). Nejvyšší relativní četnost inverzí byla v říjnu, kdy bylo v 60 % na stanici KUDL tepleji než na měřicím místě LAZY. Situace, kdy podíl inverzního zvrstvení převládá nad ostatními typy, nastala kromě října ještě v měsíci září (45 %) a únoru (44 %), čili v polovině měřeného období. Normální zvrstvení převažovalo v listopadu (51 %), prosinci (61 %) a lednu (58 %). Relativní četnost izotermie se pohybovala od 13 % (prosinec) do 17 % (říjen, únor).



Obr. 19 Relativní četnost výskytu izotermie, inverze a normálního zvrstvení v období září 2013 – únor 2014 na profilu LAZY–KUDL

Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů [$^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$] v celých hodinách SEČ v profilu LAZY–KUDL zobrazuje obr. 20. Z něj lze vyčíst, s jakou pravděpodobností se v dané hodině vyskytla v profilu LAZY–KUDL teplotní inverze. Inverzní hranice byla stanovena na $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Z grafu lze vysledovat, že s 50% pravděpodobností se vyskytovaly teplotní inverze u všech hodinových teplotních křivek. Nejintenzivnější byly inverze v čase okolo poledne – konkrétně v 10:00 hod. a 13:00 hod. Teplotní pseudogradient větší než $2\text{ °C}/100\text{ m}$ byl zaznamenán s 30% pravděpodobností v 13:00 hod. Nejextrémnější projevy, které znamenaly růst teploty až o $10\text{ °C}/100\text{ m}$, se vyskytly pouze v 5 %.



Obr. 20 Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů $[\text{°C}/100\text{ m}]$ v celých hodinách SEČ v profilu LAZY–KUDL

4.2.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu

Zastoupení inverzí při jednotlivých povětrnostních situacích seřazených podle jejich celkového trvání ve sledovaném období září–únor lze najít v tab. 16.

Z ní vyplývá, že se na profilu LAZY–KUDL vyskytovalo inverzní zvrstvení po dobu celého měření 1421 hodin celkem v 181 případech. Pořadí tří celkově nejdéle trvajících inverzí bylo totožné jako u profilu PRST–KUDL. Celkově nejdéle – 247 hodin (198 hodin PRST–KUDL) – se vyskytovaly teplotní inverze při povětrnostní situaci Ap1. Podíl krátkodobých inverzí během Ap1 byl při celkovém počtu 24 inverzí na profilu LAZY–KUDL větší – 46 % dlouhodobých, 46 % krátkodobých a 8 % střednědobých. Na druhém místě skončila s celkovým trváním 182 hod. povětrnostní situace Ea. Průměrná délka trvání jedné inverze činila 14 hodin. 69 % bylo dlouhodobých, 8 % krátkodobých a 23 % střednědobých. Velké zastoupení na tvorbě teplotních inverzí měly také povětrnostní

situace SWc2 (136 hodin), Wcs (132 hodin) a Ap2 (103 hodin). Nejdelší průměrná délka trvání inverze (50 hodin) byla zaznamenán u Wa.

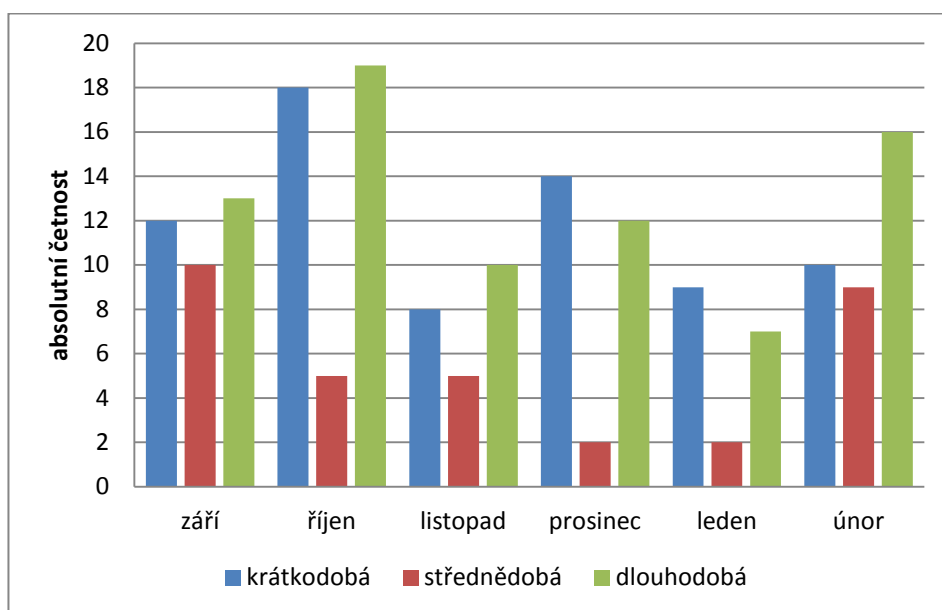
Tab. 16 Délka trvání teplotní inverze a její četnosti v závislosti na převládající povětrnostní situaci v profilu LAZY–KUDL v období září 2013 – únor 2014

Povětrnostní situace	Trvání [hod.]		Četnost výskytu	Zastoupení dle délky trvání [%]		
	celkem	průměr		dlouhodobá	krátkodobá	střednědobá
Ap1	247	10,3	24	46	46	8
Ea	182	14,0	13	69	8	23
SWc2	136	7,6	18	39	44	17
Wcs	132	6,6	20	50	12	33
Ap2	103	9,4	11	55	36	9
SWa	75	8,3	9	56	33	11
B	68	5,2	13	31	46	23
Sa	61	12,2	5	60	20	20
Wc	52	6,4	8	50	13	38
Wa	50	50,0	1	100	0	0
Bp	49	3,7	13	8	46	46
Ap3	45	11,3	4	50	25	25
C	40	4,9	8	25	63	13
Vfz	31	10,3	3	100	0	0
NWc	31	3,8	8	13	75	13
NEa	27	8,8	3	100	0	0
SWc3	22	5,4	4	25	75	0
SEa	21	4,1	5	20	40	40
Ec	21	4,1	5	40	60	0
SWc1	20	20,0	1	100	0	0
NWa	9	2,8	3	0	67	33
A	5	2,3	2	0	100	0
Celkový součet	1421	–	181	–	–	–
Průměr	65	9,6	8,2	42,5	39,2	18,2

4.2.3 Délka trvání inverzí

Obr. 21 i tab. 17 uvádí, kolikrát se vyskytla a jakou relativní četnost měla v daném měsíci krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá inverze. Největší složku tvořily dlouhodobé inverze (42,5 %). Nejvíce dlouhodobých inverzí (19) proběhlo v měsíci říjnu, který měl zároveň celkovou nejvyšší relativní četnost (23,2 %) ze sledovaného období. Dlouhodobé inverze měly rovněž nejvyšší absolutní zastoupení i v září (13), listopadu (10) a únoru (16). Nejmenší podíl na trvání měly ve všech měsících

střednědobé inverze (18,2 %). Krátkodobé inverze, jenž tvořily 39,2 % všech případů, převažovaly nad ostatními typy v prosinci (14) a lednu (9).



Obr. 21 Absolutní četnost výskytu inverzí dle délky jejich trvání v období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

Tab. 17 Absolutní četnost inverzí dle délky jejich trvání ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

Období	Krátkodobá	Střednědobá	Dlouhodobá	Σ	Rel. četnost (%)
září	12	10	13	35	19,3
říjen	18	5	19	42	23,2
listopad	8	5	10	23	12,7
prosinec	14	2	12	28	15,5
leden	9	2	7	18	9,9
únor	10	9	16	35	19,3
Σ	71	33	77	181	100
Rel. četnost (%)	39,2	18,2	42,5	100	–

4.2.4 Intenzita inverzí

Tab. 18 obsahuje údaje o intenzitě teplotních inverzí při dané povětrnostní situaci v absolutních hodnotách v profilu PRST–KUDL, a to jak při reálném výškovém rozdílu (103 m), tak i hodnotou pseudogradientu [°C/100 m]. Data byla utříděna obdobně jako v tab. 16 podle celkového trvání jednotlivých povětrnostních situací během inverzních situací v celém sledovaném období.

Nejvyšší mimořádná intenzita inverze byla naměřena v profilu PRST–KUDL při západní anticyklonální situaci (Wa), kdy se na 100 m výšky zvyšovala teplota o 10,9 °C. Vysoké mimořádné intenzity inverzí byly naměřeny také u povětrnostních situací Ap1 (7,0 °C/100 m), Ea (7,0 °C/100 m), SWc2 (6,9 °C/100 m) a Wcs (7,6 °C/100 m), které se charakterizovaly dlouhou celkovou délkou trvání. Nejvyšší hodnoty celkových intenzit značící průměrnou intenzitu ze všech 30 minutových odečtů, byly zaznamenány při povětrnostních situacích Wa (3,5 °C/100 m), Ea (2,2 °C/100 m), SWc1 (2,2 °C/100 m) a NEa (2,1 °C/100 m).

Tab. 18 Vazba intenzity teplotní inverze na převládající povětrnostní situaci v profilu LAZY–KUDL v období září 2013 – únor 2014

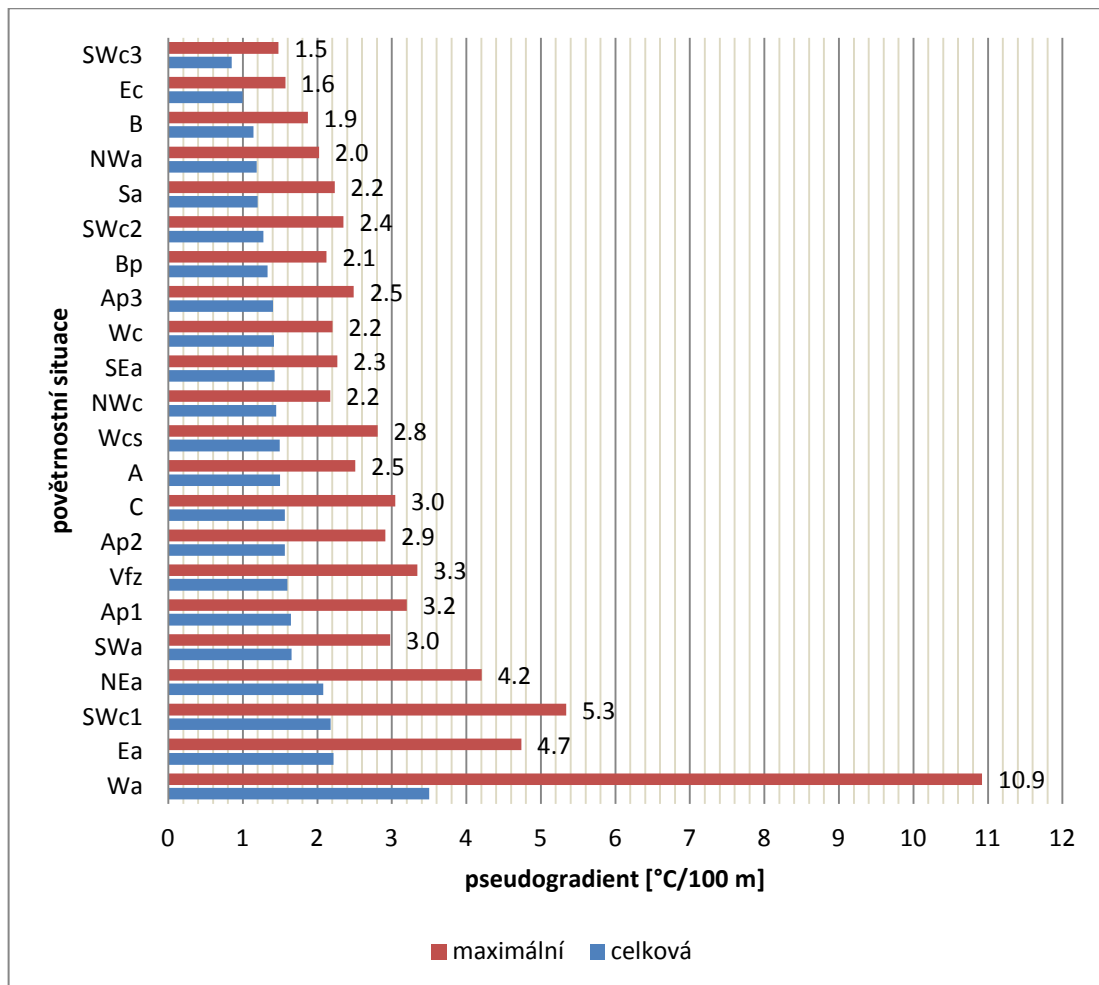
Povětrnostní situace	Intenzita inverze [°C]			Pseudogradient [°C/100 m]		
	mimořádná	maximální	celková	mimořádná	maximální	celková
Ap1	7,3	3,3	1,7	7,0	3,2	1,6
Ea	7,2	4,9	2,3	7,0	4,7	2,2
SWc2	7,1	2,4	1,3	6,9	2,4	1,3
Wcs	7,8	2,9	1,5	7,6	2,8	1,5
Ap2	5,8	3,0	1,6	5,6	2,9	1,6
SWa	6,8	3,1	1,7	6,6	3,0	1,7
B	4,8	1,9	1,2	4,6	1,9	1,1
Sa	5,5	2,3	1,2	5,3	2,2	1,2
Wc	3,5	2,3	1,5	3,4	2,2	1,4
Wa	11,3	11,3	3,6	10,9	10,9	3,5
Bp	4,5	2,2	1,4	4,4	2,1	1,3
Ap3	5,0	2,6	1,4	4,9	2,5	1,4
C	6,3	3,1	1,6	6,1	3,0	1,6
Vfz	4,5	3,4	1,6	4,4	3,3	1,6
NWc	3,8	2,2	1,5	3,6	2,2	1,4
NEa	7,0	4,3	2,1	6,8	4,2	2,1
SWc3	3,3	1,5	0,9	3,2	1,5	0,8
SEa	3,5	2,3	1,5	3,4	2,3	1,4
Ec	3,3	1,6	1,0	3,2	1,6	1,0
SWc1	5,5	5,5	2,2	5,3	5,3	2,2
NWa	3,3	2,1	1,2	3,2	2,0	1,2
A	4,3	2,6	1,5	4,1	2,5	1,5

Obr. 22 ukazuje celkovou a maximální intenzitu inverze při dané povětrnostní situaci vyjádřenou pseudogradientem. Hodnoty celkových intenzit inverzí [°C/100 m] obsažených v grafu byly seřazeny od nejnižší po nejvyšší.

Stejně jako u profilu PRST–KUDL lze i zde sledovat vazbu celkové a maximální intenzity inverzí. Například povětrnostní typ s nejnižší celkovou intenzitou měl i nejnižší

maximální intenzitu inverze. Závislost těchto dvou veličin se však zdá být v profilu LAZY–KUDL nepatrná.

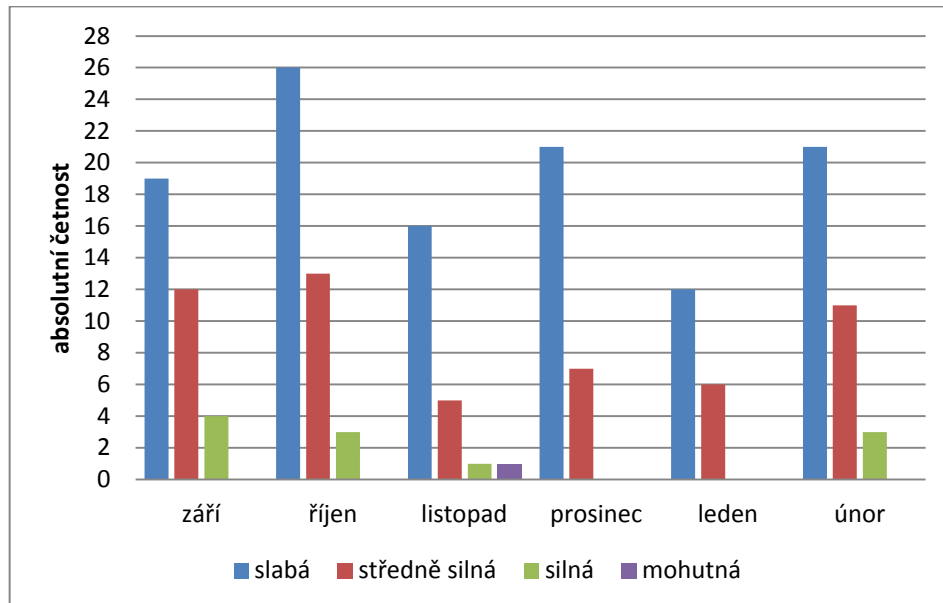
Z výše uvedeného lze celkově poukázat na skutečnost, že po přepočtu na teplotní pseudogradient byly celkové, maximální i extrémní hodnoty intenzit mnohem vyšší v profilu LAZY–KUDL než v profilu PRST–KUDL. Výrazný projev teplotních inverzí v údolí Dřevnice je tedy pravděpodobně typický především mezi výše položenými stanicemi v profilu LAZY–KUDL.



Obr. 22 Celková a maximální intenzita inverze vyjádřená pseudogradientem ve vztahu na povětrnostní situaci v období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

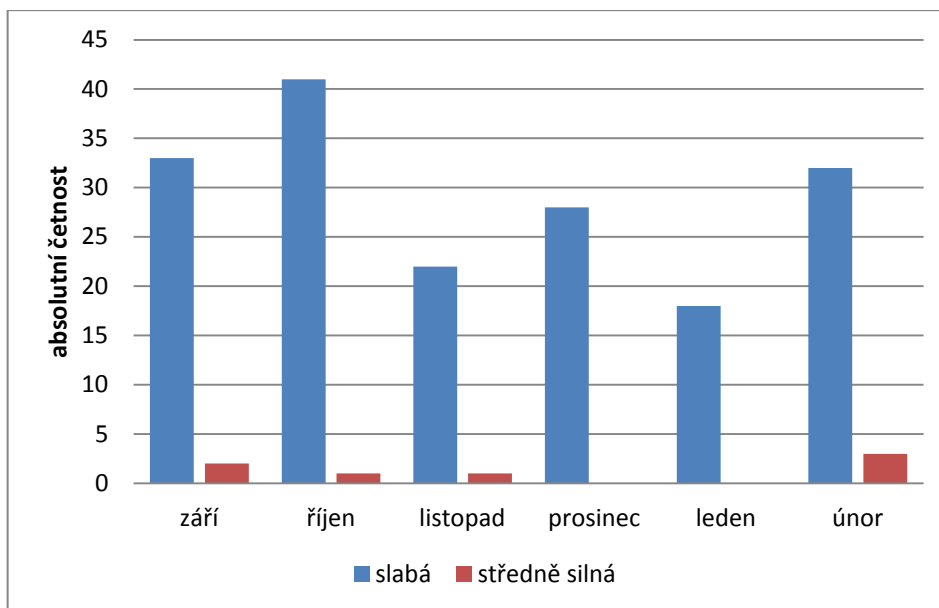
Absolutní četnost inverzí dle jejich maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 na profilu PRST–KUDL zachycuje obr. 23. Největší zastoupení měly ve všech měsících inverze slabé. Nejvíce z nich (26) se vyskytlo v říjnu. Více než 10 středně silných inverzí, při nichž byla maximální intenzita 3,1–6,0 °C, proběhlo v září, říjnu a únoru. V průběhu všech měsíců kromě prosince a ledna se odehrála alespoň jedna silná inverze, v případě listopadu i jedna mohutná.

Na obr. 24 je vyobrazena absolutní četnost inverzí dle jejich celkové intenzity. V porovnání s grafem maximálních intenzit, graf celkových intenzit vykazuje mnohem více slabých, velmi málo středně silných a žádné silné či mohutné inverze.



Obr. 23 Absolutní četnost inverzí dle maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

Lze si všimnout, že při srovnání absolutní četnosti inverzí dle jejich celkové intenzity v profilu PRST–KUDL a LAZY–KUDL se ukázaly drobné rozdíly. I přes celkovou vyšší absolutní četnost inverzí a vyšší celkové intenzity podle teplotního pseudogradientu v profilu LAZY–KUDL, zůstává v tomto profilu po přepočtu na celkovou intenzitu méně středně silných inverzí. To je způsobeno pravděpodobně menším relativním výškovým rozdílem obou stanic.



Obr. 24 Absolutní četnost inverzí dle celkové intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

4.2.5 Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou

Tab. 19 zobrazuje výskyt pěti inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL. Hodnoty Tmax představují maximální nepře počítané intenzity inverzí v průběhu jejich trvání. Indikátor tmax pak čas Tmax.

Tab. 19 Pět teplotních inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu LAZY–KUDL

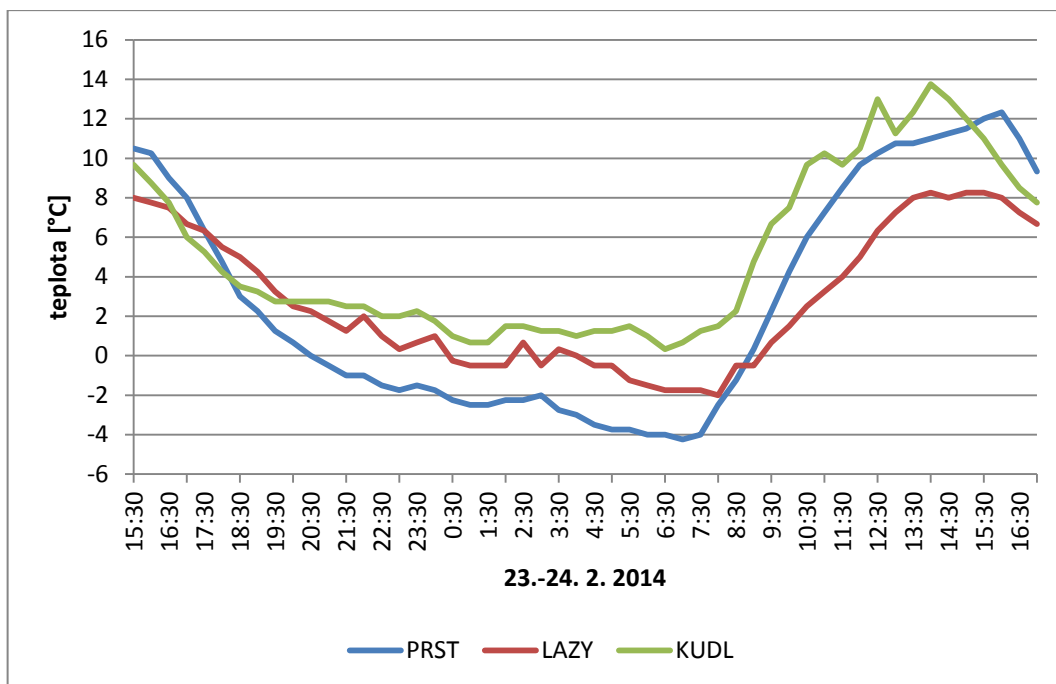
Začátek	Povětrnostní situace	Délka trvání [hod.]	Tmax [°C]	tmax	Průměr [°C]	Konec
3.10.13 7:30	Ea	16	7,2	3.10.13 13:00	2,8	3.10.13 23:30
30.10.13 17:00	Ap1	62,5	7,3	31.10.13 11:30	2,4	2.11.13 7:30
16.11.13 1:00	Wa	50	11,3	17.11.13 12:00	3,6	18.11.13 3:00
13.2.14 5:30	Wcs	12	7,8	13.2.13 11:00	4,3	13.2.14 17:30
23.2.14 20:30	Ea	20,5	7,2	24.2.14 10:30	2,8	24.2.14 17:00

Stejně jako v profilu PRST–KUDL se i mezi stanicemi LAZY a KUDL vytvořily mimořádné intenzity inverzí během dlouhodobých inverzí. Nejkratší trvání bylo naměřeno u inverze při situaci Wcs. Absolutně nejdéle (62,5 hodin) setrvalo stabilní vrstvení při Ap1.

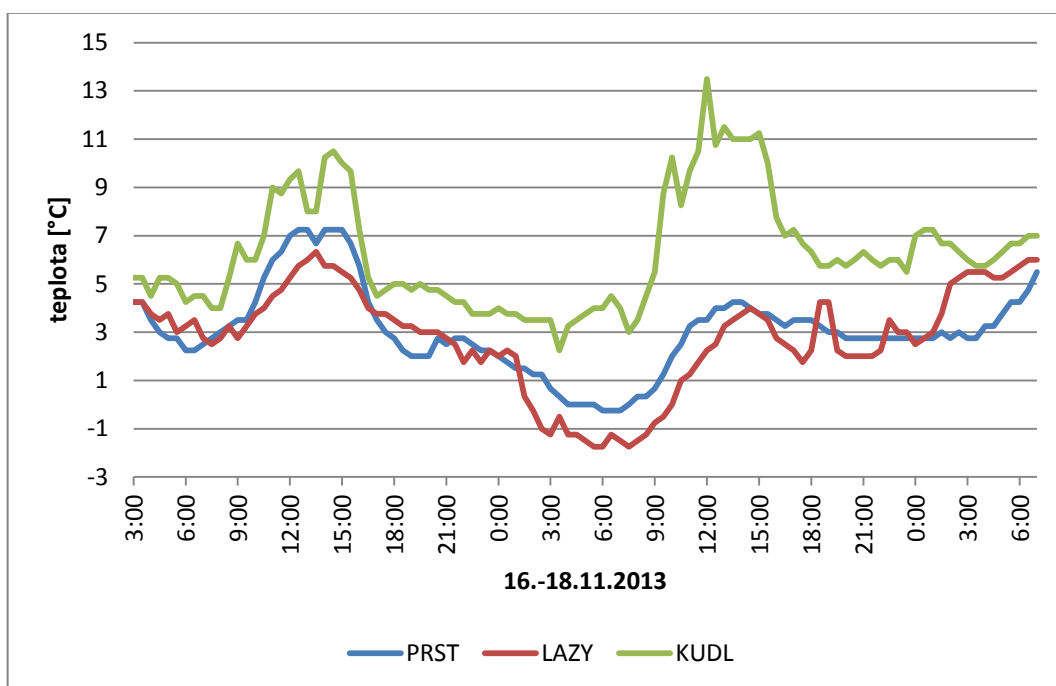
Na tomto profilu docházelo na rozdíl od profilů PRST–KUDL a PRST–LAZY k maximálním zaznamenaným intenzitám inverzí v čase okolo poledne. První možnou příčinou pozdních nástupů maximálních intenzit inverzí bylo vytvoření jezera studeného vzduchu doprovázeného nízkou viditelností a hustou mlhou, které v údolí setrvalo po celý den. Takové podmínky v přízemní vrstvě atmosféry panovaly u obou nejdelších inverzí z tab. 19. U zbylých tří inverzí se důvodem teplotních inverzí ukázala být chladnější měřicí stanice LAZY umístěná v exponovaném severním svahu, na níž se při zmíněných situacích Ea a Wcs udržovaly nižší teploty po celý den.

Chod teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 23.–24. 2. 2014 je zaznamenán na obr. 25. Během nočních hodin došlo ke stabilizaci přízemní vrstvy atmosféry a katabatickému stékání chladného vzduchu. Stanice PRST tak byla nejchladnější. S nástupem denního svitu během povětrnostní situace Ea se začal aktivní povrch a od něj přilehlý vzduch u stanic PRST a KUDL intenzivně ohřívát, zatímco teploty na stanici LAZY rostly pozvolněji. V 11:00 hod. pak nastala maximální intenzita 7,2 °C.

Chod teplot na stanicích PRST, LAZY a KUDL během výškové inverze 16.–8. 11. 2013 je zobrazen na obr. 26. Inverzní režim teploty doprovázený hustou oblačností typu stratus dokládají autorem pořízené fotografie obr. 27, obr. 28 a obr. 29.



Obr. 25 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 23.–24. 2. 2014 při situaci Ea



Obr. 26 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 16.–18. 11. 2013 při situaci Wa



Obr. 27 Dolní hranice inverze tvořená oblačností typu stratus, 17. 11. 2013 v 11:30 hod., lokalita Zlín-Velíková, Na Sýkorce (Hudeček, 2013)



Obr. 28 Dolní hranice inverze tvořená oblačností typu stratus, 17. 11. 2013 v 13:30 hod., lokalita Zlín-Kudlov (Hudeček, 2013)



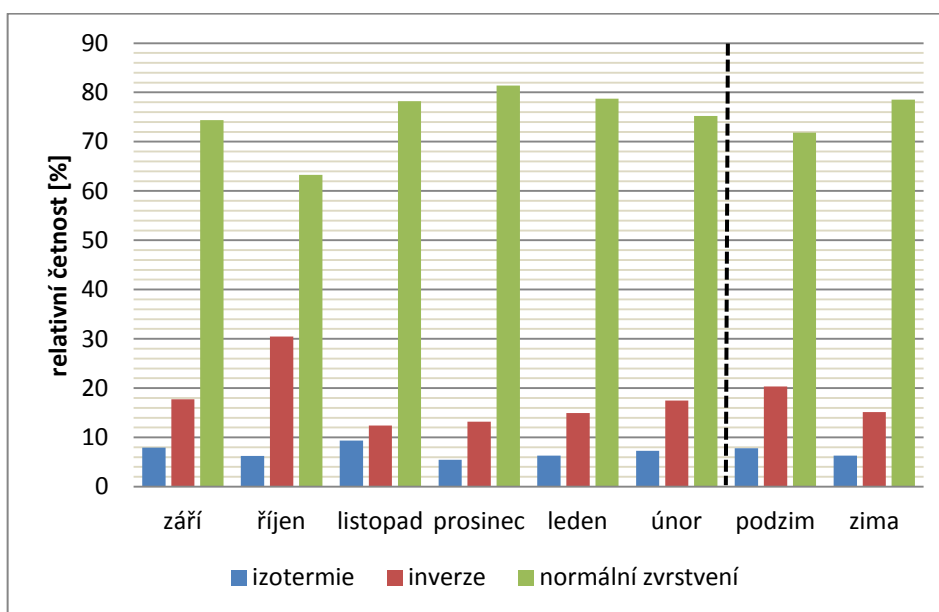
Obr. 29 Dolní hranice inverze tvořená oblačností typu stratus, 17. 11. 2013 v 14:00 hod., lokalita Zlín-Kocanda (Hudeček, 2013)

4.3 Profil PRST-LAZY

4.3.1 Teplotní zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry

Obr. 30 znázorňuje, s jakou relativní četností se v jednotlivých zkoumaných měsících a ročních obdobích vyskytovaly v profilu PRST-LAZY možné typy teplotního zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry.

V profilu PRST-LAZY docházelo ze všech profilů, ze všech měsíců sledovaného období září 2013 – únor 2014 k nejmenší relativní četnosti inverzí. Nejdelší zastoupení měly inverze v říjnu (30 %). Normální zvrstvení přízemní vrstvy atmosféry, jenž na profilu PRST-LAZY jasně převažovalo ve všech měsících, tvořilo v prosinci více než 81 %, nejvíce za dobu celého měření. Nejmenší relativní četnost inverzí byla zaznamenána v měsíci listopadu, v němž byla poměrně častá i izotermie (9 %).

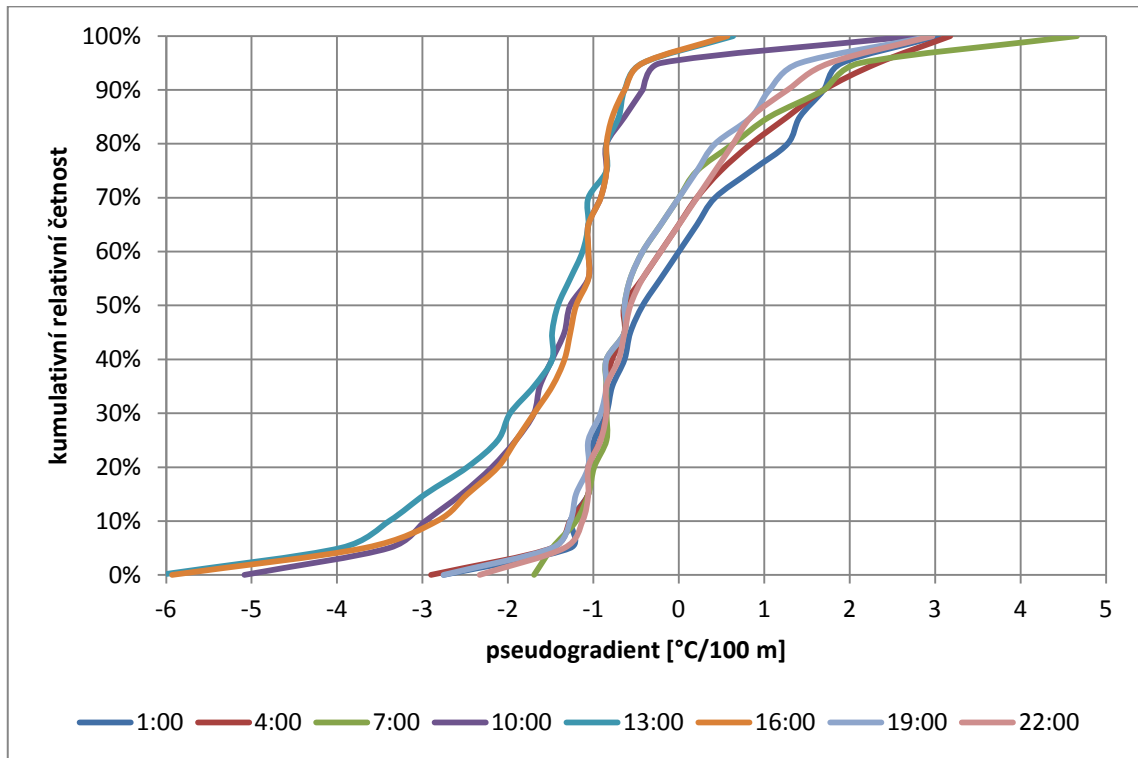


Obr. 30 Relativní četnost výskytu izotermie, inverze a normálního zvrstvení ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 na profilu PRST-LAZY

Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$] v celých hodinách SEČ v profilu PSRT-LAZY zobrazuje obr. 31. Z něj lze vyčíst, s jakou pravděpodobností se v dané hodině vyskytla v profilu PRST-LAZY teplotní inverze. Inverzní hranice zde byla stanovena na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Z grafu lze vypořadovat, že s minimálně 60% pravděpodobností docházelo k poklesu teploty s rostoucí nadmořskou výškou u všech hodinových teplotních křivek, což znamenalo nejmenší procentuální výskyt inverzí. Kladný teplotní pseudogradient byl typický pro noční a brzké ranní hodiny. Jeho nejvyšších hodnot dosahovaly křivky kumulovaných relativních četností v 1:00 hod., kdy 23 % výskytů přesahovalo hranici

1 °C/100 m. Analogicky jako u profilu PRST–KUDL lze vidět, že v světlé části dne, konkrétně v 10:00 hod., 13:00 hod. a 16:00 hod. se inverzní teploty vzduchu vyskytovaly jen zřídka, přibližně s 5% pravděpodobností.



Obr. 31 Čáry kumulativních relativních četností F_i [%] teplotních pseudogradientů [°C/100 m] v celých hodinách SEČ v profilu LAZY–KUDL

4.3.2 Charakter počasí při dnech s inverzí teploty vzduchu

Zastoupení inverzí při jednotlivých povětrnostních situacích seřazené podle jejich celkového trvání ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 lze najít v tab. 20.

Inverzní zvrstvení setrvávalo v tomto profilu během 113 případů celkem 629 hodin. Průměrná délka jedné inverze tak činila 5,2 hodin. Celkově nejdelší trvání (123,5 hodin) měly inverze při povětrnostní situaci Ea. 50 % z nich bylo dlouhodobých, 31 % krátkodobých a 19 % dlouhodobých. Nejvíce inverzí (19) trvajících celkem 101,5 hodin, proběhlo při povětrnostní situaci Ap1. Nejdelšího průměrného trvání (10,8 hodin) dosahovaly dlouhodobé inverze při SWa. Celkově méně než 5 hodin trvaly inverze při povětrnostních situacích Wa, C, Wfz a Ap3. Žádná inverze se nevyskytla při anticyklóně nad střední Evropou, která se nad územím ČR nacházela 11.–13. 12. 2013. Za celé studované období měly nejvyšší průměrnou relativní četnost (43,4 %) krátkodobé inverze, trvající méně než 3 hodiny.

Celková délka inverzního zvrstvení 629 hodin byla výrazně kratší než na profilech PRST–KUDL a LAZY–KUDL. Rovněž se zde vyskytlo méně inverzí, navíc charakterizovaných kratší průměrnou délkou.

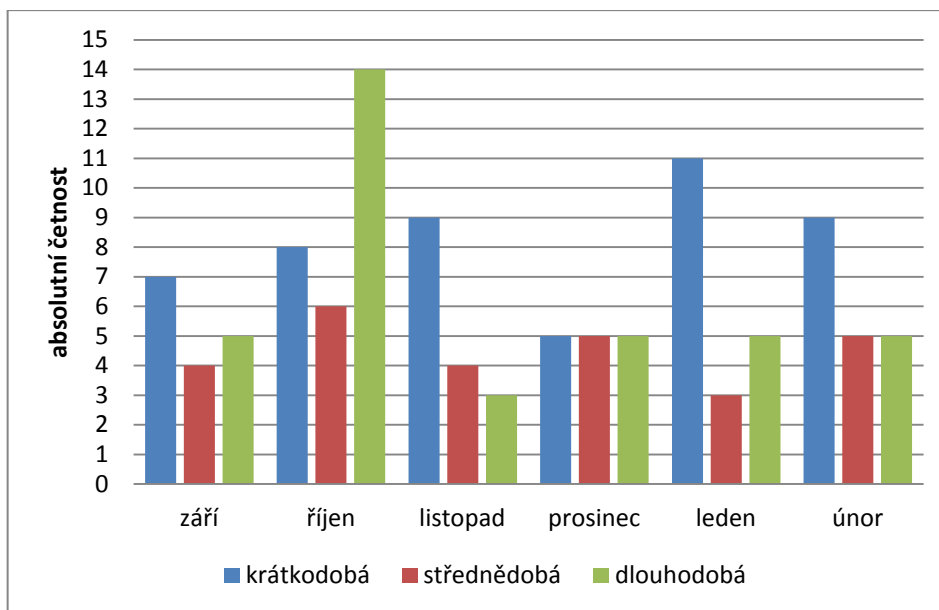
Tab. 20 Délka trvání teplotní inverze a její četnosti v závislosti na převládající povětrnostní situaci v profilu PRST–LAZY v období září 2013 – únor 2014

Povětrnostní situace	Trvání [hod.]		Četnost výskytu	Zastoupení dle délky trvání [%]		
	celkem	průměr		dlouhodobá	krátkodobá	Střednědobá
Ea	123,5	7,7	16	50	31	19
Ap1	101,5	5,3	19	21	42	37
Ap2	70	5,8	12	33	33	33
SWc2	59	4,9	12	42	42	17
Wcs	47	4,3	11	27	64	9
NEa	33,5	6,7	5	40	20	40
SWa	32,5	10,8	3	100	0	0
Sa	32	8,0	4	50	50	0
B	28	4,0	7	29	71	0
Ec	24	4,0	6	17	50	33
SEa	19	4,8	4	25	50	25
SWc3	15	7,5	2	50	50	0
Wc	14,5	4,8	3	33	33	33
Bp	9,5	3,2	3	0	67	33
NWc	5,5	5,5	1	0	0	100
Wa	4,5	2,3	2	0	100	0
C	4	4,0	1	0	0	100
Vfz	3,5	3,5	1	0	0	100
Ap3	2,5	2,5	1	0	100	0
Celkový součet	629	–	113	–	–	–
Průměr	33,1	5,2	5,9	32,7	43,4	23,9

4.3.3 Délka trvání inverzí

Obr. 32 i tab. 21 uvádí, kolikrát se vyskytla a jakou relativní četnost měla v daném měsíci krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá inverze.

Během sledovaného období bylo naměřeno 43,4 % krátkodobých, 32,7 % dlouhodobých a 23,9 % střednědobých inverzí. Nejvíce inverzí celkem se stejně jako v ostatních profilech vyskytlo v říjnu, v němž dominovalo 14 dlouhodobých inverzí. Kromě října měly ve všech ostatních měsících nejvyšší zastoupení inverze krátkodobé. Nejstabilnější byl poměr střednědobých inverzí, jenž v průběhu září 2013 – února 2014 nezaznamenával větší výkyvy.



Obr. 32 Absolutní četnost výskytu inverzí dle délky jejich trvání v období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–LAZY

Tab. 21 Absolutní četnost inverzí dle délky jejich trvání ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–LAZY

Období	Krátkodobá	Střednědobá	Dlouhodobá	Σ	Rel. četnost (%)
září	7	4	5	16	14,2
říjen	8	6	14	28	24,8
listopad	9	4	3	16	14,2
prosinec	5	5	5	15	13,3
leden	11	3	5	19	16,8
únor	9	5	5	19	16,8
Σ	49	27	37	113	100,0
Rel. četnost (%)	43,4	23,9	32,7	100,0	–

4.3.4 Intenzita inverzí

Tab. 22 obsahuje údaje o intenzitě teplotních inverzí při dané povětrnostní situaci v absolutních hodnotách v profilu PRST–LAZY, a to jak při reálném výškovém rozdílu (118 m), tak i hodnotou teplotního pseudogradientu [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]. Data byla obdobně jako v tab. 20 utříděna podle celkového trvání jednotlivých povětrnostních situací během inverzních situací v celém sledovaném období.

Největší intenzita se naskytlá 27. 10. 2013 v 8:00 hod., kdy při povětrnostní situaci SWa rostla teplota o $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Jihozápadní anticyklonální situace, při níž jsou hlavními tlakovými útvary tlakové výše nad střední a východní Evropou a tlaková níže se středem jižně od Islandu, přináší velmi teplé počasí od Azor až po Skandinávii.

To lze sledovat i při této inverzní situaci, kdy noční teploty na stanici KUDL neklesly po celou noc pod 12 °C.

Druhá nejintenzivnější inverze se vyskytla při brázdě nízkého tlaku nad střední Evropou, při níž se občas tvoří frontální poruchy ve formě podružných anticyklón zasahující Moravu a Slovensko. V profilu PRST–LAZY činil 18. 1. 2014 v 20:00 hod. inverzní teplotní gradient 3,6 °C/100 m. Inverze při povětrnostní situaci B se vyznačovaly krátkodobým trváním (71 %).

Mezi celkovou délkou trvání teplotní inverze při dané povětrnostní situaci a hodnotami mimořádné, maximální a celkové intenzity nebyla shledána žádná souvislost.

Tab. 22 Vazba intenzity teplotní inverze na převládající povětrnostní situaci v profilu LAZY–KUDL v období září 2013 – únor 2014

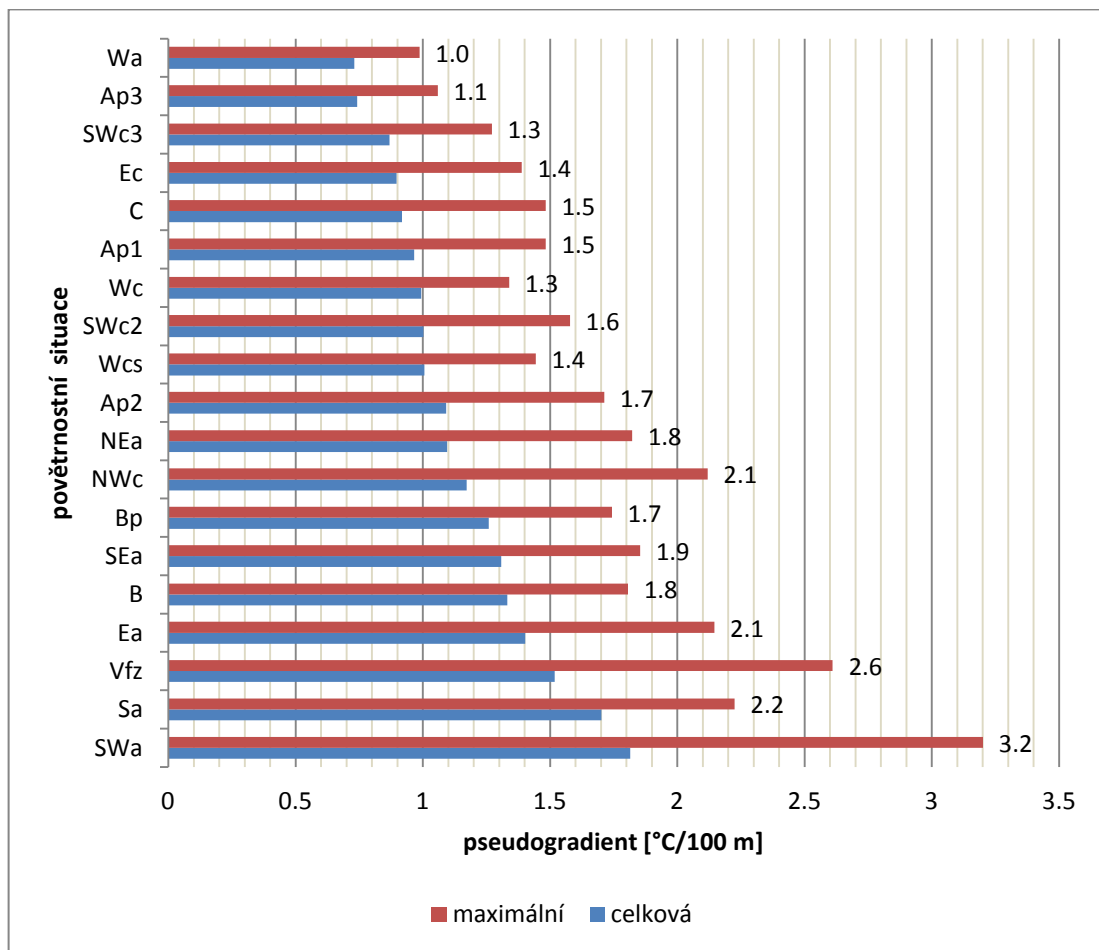
Povětrnostní situace	Intenzita [°C]			Pseudogradient [°C/100 m]		
	mimořádná	maximální	celková	mimořádná	maximální	celková
Ea	3,8	2,5	1,7	3,2	2,1	1,4
Ap1	4,0	1,8	1,1	3,4	1,5	1,0
Ap2	3,3	2,0	1,3	2,8	1,7	1,1
SWc2	3,5	1,9	1,2	3,0	1,6	1,0
Wcs	3,5	1,7	1,2	3,0	1,4	1,0
NEa	4,0	2,2	1,3	3,4	1,8	1,1
SWa	6,5	3,8	2,1	5,5	3,2	1,8
Sa	3,5	2,6	2,0	3,0	2,2	1,7
B	4,3	2,1	1,6	3,6	1,8	1,3
Ec	2,5	1,6	1,1	2,1	1,4	0,9
SEa	4,0	2,2	1,5	3,4	1,9	1,3
SWc3	2,0	1,5	1,0	1,7	1,3	0,9
Wc	2,3	1,6	1,2	2,0	1,3	1,0
Bp	3,5	2,1	1,5	3,0	1,7	1,3
NWc	2,5	2,5	1,4	2,1	2,1	1,2
Wa	1,3	1,2	0,9	1,1	1,0	0,7
C	1,8	1,8	1,1	1,5	1,5	0,9
Vfz	3,1	3,1	1,8	2,6	2,6	1,5
Ap3	1,3	1,3	0,9	1,1	1,1	0,7

Obr. 33 ukazuje celkovou a maximální intenzitu inverze při dané povětrnostní situaci vyjádřenou pseudogradientem. Hodnoty celkových intenzit inverzí [°C/100 m] obsažených v grafu byly seřazeny od nejnižší po nejvyšší.

Inverze, jejichž celková intenzita byla ve zkoumaném období září 2013 – únor 2014 nižší než $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, se tvořily v údolí Dřevnice při převládajících povětrnostních situacích Wa, Ap3, SWc3, Ec, C a Ap1.

Naopak nejvyšších celkových intenzit bylo dosaženo během inverzí při situaci Ea, Vfz, Sa a SWa, čili anticyklonálních situacích východního, jižního a jihozápadního směru. Jediná inverze při vchodu frontální zóny setrvávala pouze 3,5 hodiny.

V případě členění intenzity inverzí při dané povětrnostní situaci dle stupňů vývoje inverze podle Petroviče (1953) by pouze maximální intenzita inverzí SWa spadala do kategorie "středně silné".



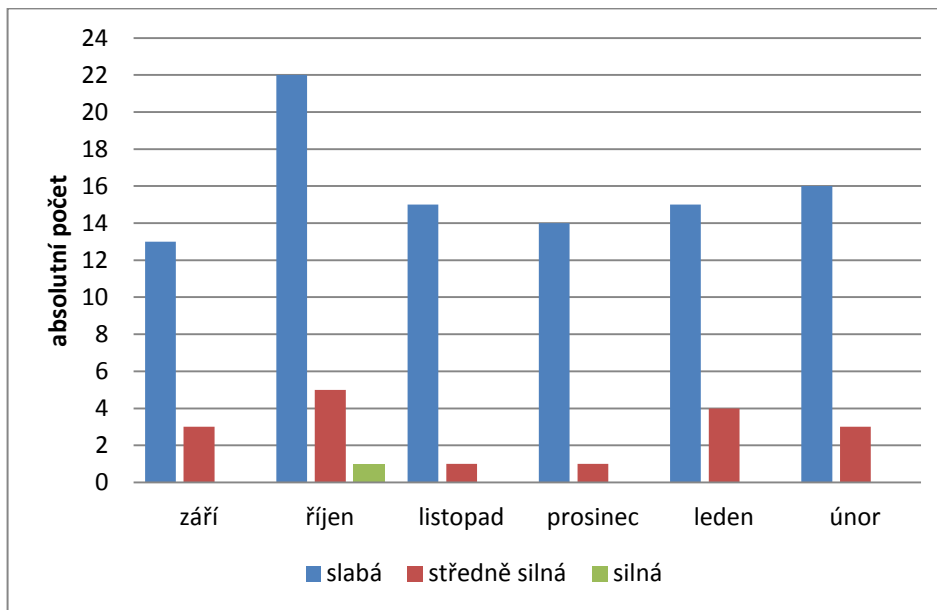
Obr. 33 Celková a maximální intenzita inverze vyjádřená pseudogradientem ve vztahu k povětrnostní situaci v profilu PRST–LAZY v období září 2013 – únor 2014

Absolutní četnost inverzí dle jejich maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 na profilu PRST–KUDL zachycuje obr. 34.

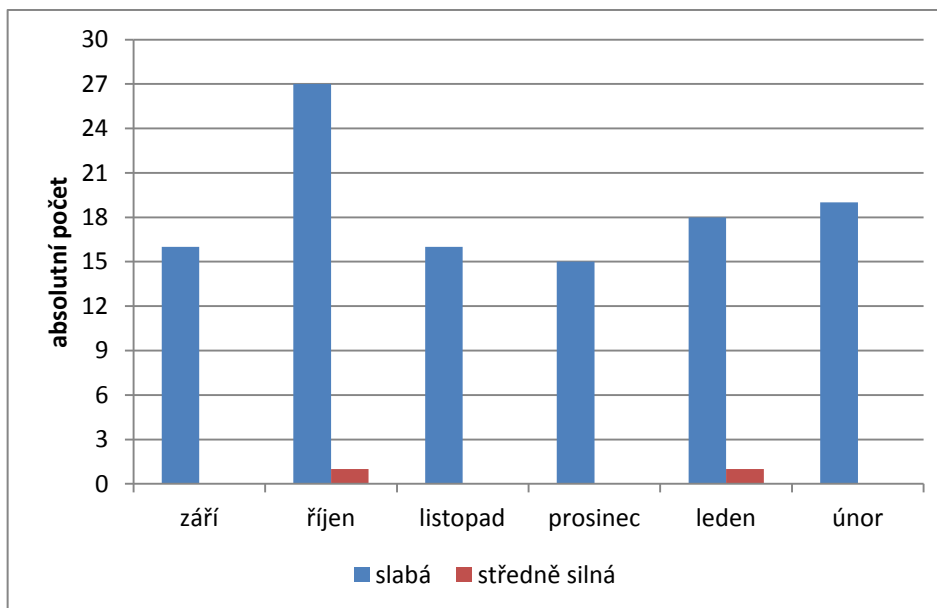
Ve všech měsících zřetelně dominují slabé inverze. Středně silné inverze, jejichž počet nebyl nikdy vyšší než pět, se vytvořily ve všech měsících měřeného období září

2013 – únor 2014. Absolutní počty obou zmíněných kategorií byly nejčetnější v říjnu, kdy se vyskytla i jedna silná inverze.

Na obr. 35 je vyobrazena absolutní četnost inverzí dle jejich celkové intenzity. Hodnoty inverzního vertikálního gradientu dosahovaly v 98,2 % případů (111/113 inverzí) pouze slabé intenzity. Pouze jedna středně silná inverze proběhla v říjnu a lednu.



Obr. 34 Absolutní četnost inverzí dle maximální intenzity ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–LAZY



Obr. 35 Absolutní četnost inverzí dle celkové intenzity ve sledovaném období září 2013 –únor 2014 v profilu PRST–LAZY

4.3.5 Teplotní inverze s nejvyšší intenzitou

Tab. 23 zobrazuje výskyt pěti inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–LAZY. Hodnoty Tmax představují maximální nepře počítané intenzity inverzí v průběhu jejich trvání. Indikátor tmax pak čas Tmax.

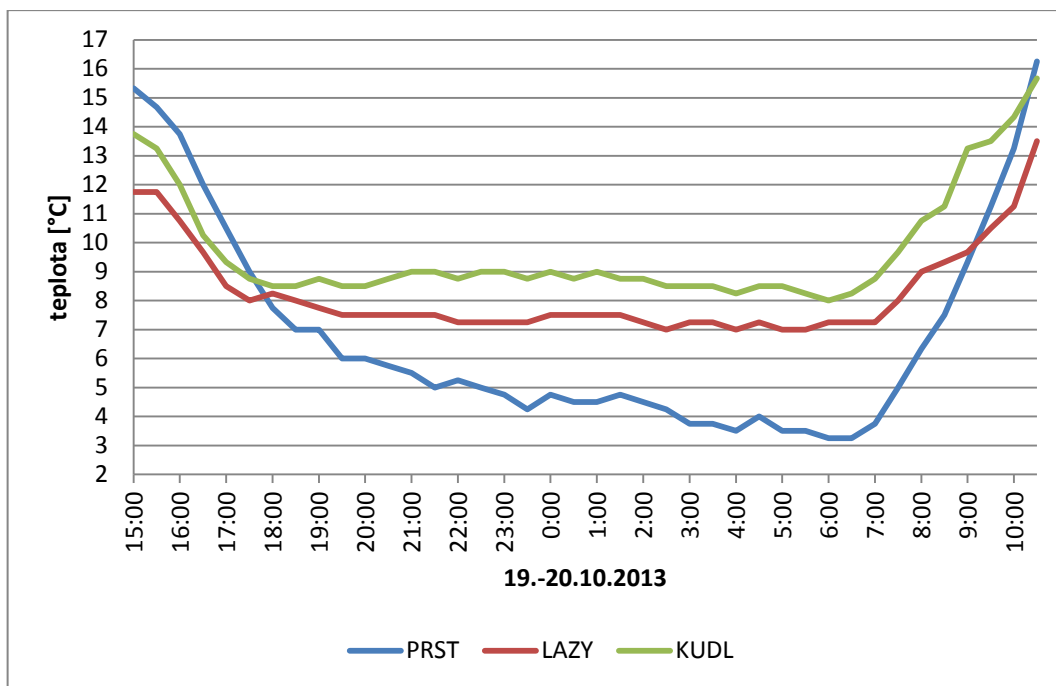
Tab. 23 Pět teplotních inverzí s nejvyšší intenzitou ve sledovaném období září 2013 – únor 2014 v profilu PRST–LAZY

Začátek	Povětrnostní situace	Délka trvání [hod.]	Tmax [°C]	tmax	Průměr [°C]	Konec
28.9.13 18:30	NEa	14.0	4,0	29.9.13 6:00	1,9	29.9.13 8:30
19.10.13 18:00	Ap1	14.5	4,0	20.10.13 6:00	2,6	20.10.13 8:30
26.10.13 20:00	SWa	13.0	6,5	27.10.13 8:00	3,1	27.10.13 9:00
18.1.14 16:00	B	9.0	4,3	18.1.2014 20:00	3,1	19.1.14 1:00
26.2.14 22:30	SEa	10.5	4,0	27.2.14 3:00	2,7	27.2.14 9:00

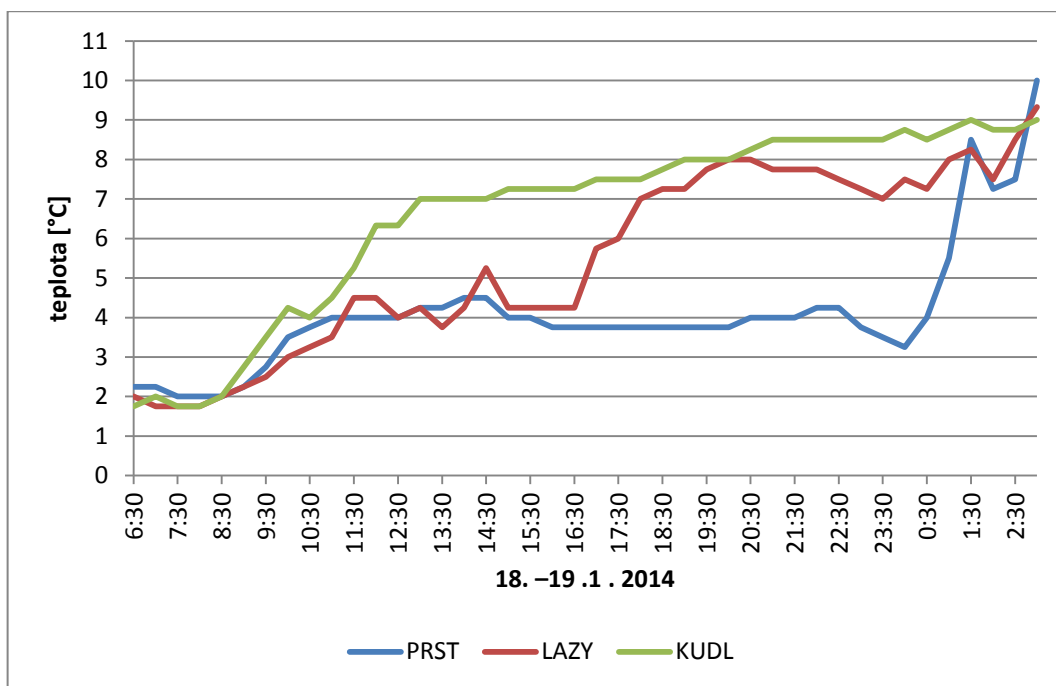
Obdobně jako v profilech PRST–KUDL a LAZY–KUDL měly i zde nejvyšší intenzitu dlouhodobé inverze, trvající od 9 hodin (B) do 14,5 hodin (Ap1). Kromě inverze při B se jednalo o noční inverze. Čas nástupu Tmax ve stabilizované inverzní vrstvě se většinou vyskytl před východem Slunce.

Obr. 36 demonstruje průběh teplot na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 19.–20. 10. 2013 při Ap1. V tomto případě došlo k vzniku inverze v důsledku radiačního ochlazování aktivního povrchu. V čase teplotního maxima v 15:00 hod. byla nejnižší položená stanice PRST nejteplejší, LAZY nejchladnější. Poté došlo k razantnímu ochlazování přízemní teploty vzduchu, které na stanici PRST probíhalo až do 6:00 hod., zatímco teplota vzduchu na stanicích LAZY a PRST se stabilizovala již kolem 18:00 hod. Tmax 4,0 °C nastalo v 6:00 hod. Po východu Slunce v 6:19 hod. SMČ se začalo na všech stanicích oteplovat, nejrychlejší nárůst teploty v čase byl stejně jako u poklesu zaznamenán na stanici PRST.

Komplikovaný chod teplot vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během frontální inverze 18.–19. 1. 2014 dokresluje obr. 37.



Obr. 36 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 19.–20. 10. 2013 při situaci Ap1



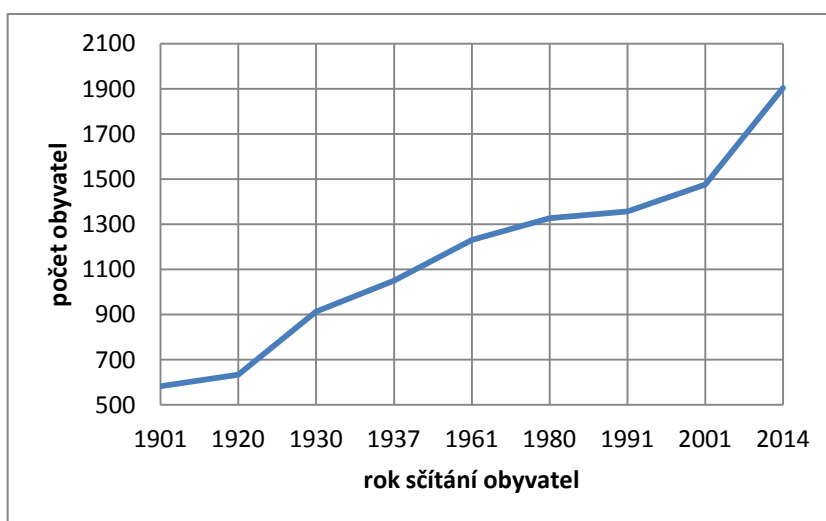
Obr. 37 Průběh teploty vzduchu na stanicích PRST, LAZY a KUDL během inverze 18.–19. 1. 2014 při situaci B

5 DISKUZE

Jasně stanovený cíl bakalářské práce, zhodnotit výskyt a charakter teplotních inverzí ve Zlíně, se podařilo splnit. I přes jeho zdárné dosažení se však vyskytly dílčí problémy při zpracování, které daly vzniknout dalším podnětům pro pokračující výzkum.

Časově i rozsahově omezená práce se zaměřila na studium inverzí mezi dnem údolí Dřevnice a vrcholovými partiemi jejich severních svahů. Vzhledem k technickým problémům u měřicích zařízení na stanicích PRST a LAZY v průběhu června a července se práce zabývala pouze dvěma klimatologickými obdobími. Tudiž byly zpracovány jen inverze v měsících září 2013 až únor 2014. K diskusi se nabízí volba umístění vrcholové stanice KUDL s jihozápadní orientací. Inverze s vysokou intenzitou na dílčím profilu LAZY–KUDL v průběhu denních hodin však nemusely být způsobeny pouze orientací svahu. Důležitými místními klimatotvornými faktory na stanici LAZY jsou jednak obecně nižší míra insolace v důsledku strmě ukloněného severně orientovaného svahu a současně vliv blízkého rozsáhlého lesního porostu snižující teplotně vlhkostní rozdíly mezi obdobími s pozitivní a negativní energetickou bilancí, tedy mezi denními a nočními hodinami. Ostatně, výhodné klimatické podmínky pro bydlení v městské části Zlín-Kudlov dokresluje obr. 38. Z něj lze vyzorovat i suburbanizaci, při níž se počet zde žijících osob od sčítání v roce 1991 zvýšil o 40,2 %.

Pro porovnání dynamiky vývoje, intenzit i délek trvání inverzí by mohla být v další studii vytvořena dočasná účelová staniční síť například na jižně orientovaném svahu údolí řeky Dřevnice. Data získaná pro tvorbu této práce by dále mohla být využita ke zkoumání možného dopadu inverzí na stav kvality ovzduší a respiračních onemocnění. V případě získání dat o výšce oblačnosti by mohly být podrobeny analýze i situace, kdy se výškové inverze vyskytovaly, avšak se spodní hranicí nad horní měřicí stanicí.

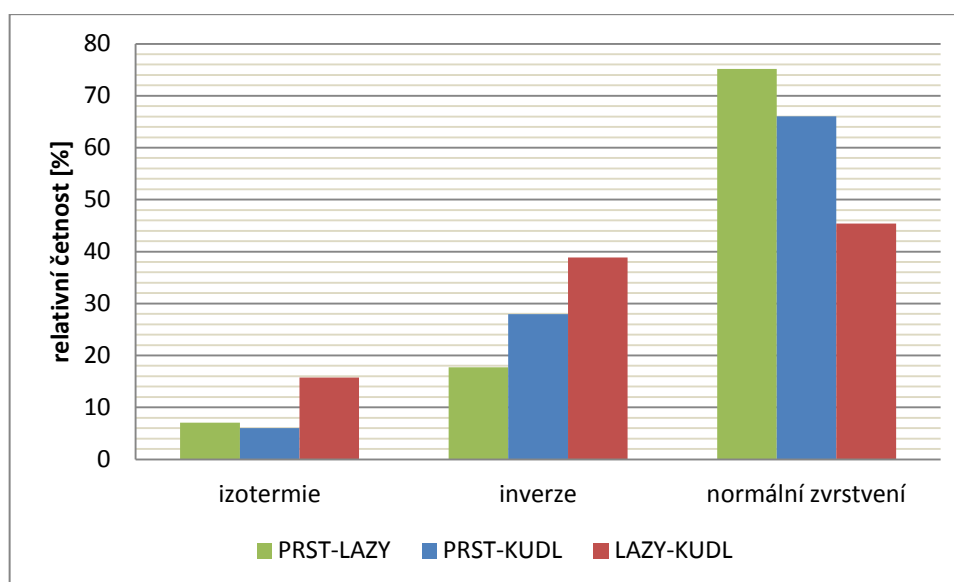


Obr. 38 Vývoj počtu obyvatel v městské části Zlín-Kudlov v letech 1901–2014

6 SHRnutí VÝSLEDKŮ A ZÁVĚR

Podrobné analýzy a charakteristiky teplotních inverzí popsanych v Kapitole 4 poskytují možnost komparace a částečné generalizace zjištěných výsledků. Kromě meteorologické situace byl důležitým faktorem vzniku inverzí ve Zlíně a okolí charakter georeliéfu vyznačující se výraznou vertikální členitostí, tedy výrazným výškovým rozdílem mezi dnem údolí Dřevnice a vrcholovými partiemi přilehlých severních svahů. Ukázalo se, že nejdéle ve sledovaném období září 2013 až únor 2014 setrvaly inverze na výše situovaném dílčím profilu LAZY–KUDL (39 %), zatímco nejkratší trvání inverzního zvrstvení přízemní atmosféry bylo vázáno na údolní profil PRST–LAZY (18 %), viz obr. 39.

Rozdíly vykazovaly i obě klimatická roční období. Příznivější podmínky pro vznik inverzí panovaly jednoznačně během podzimu 2013, kdy například v profilu PRST–KUDL byla relativní četnost inverzí 32 %, v zimě 2014 pak 24 %. Nejčetnější výskyt inverzního zvrstvení byl u všech profilů během měsíce října.



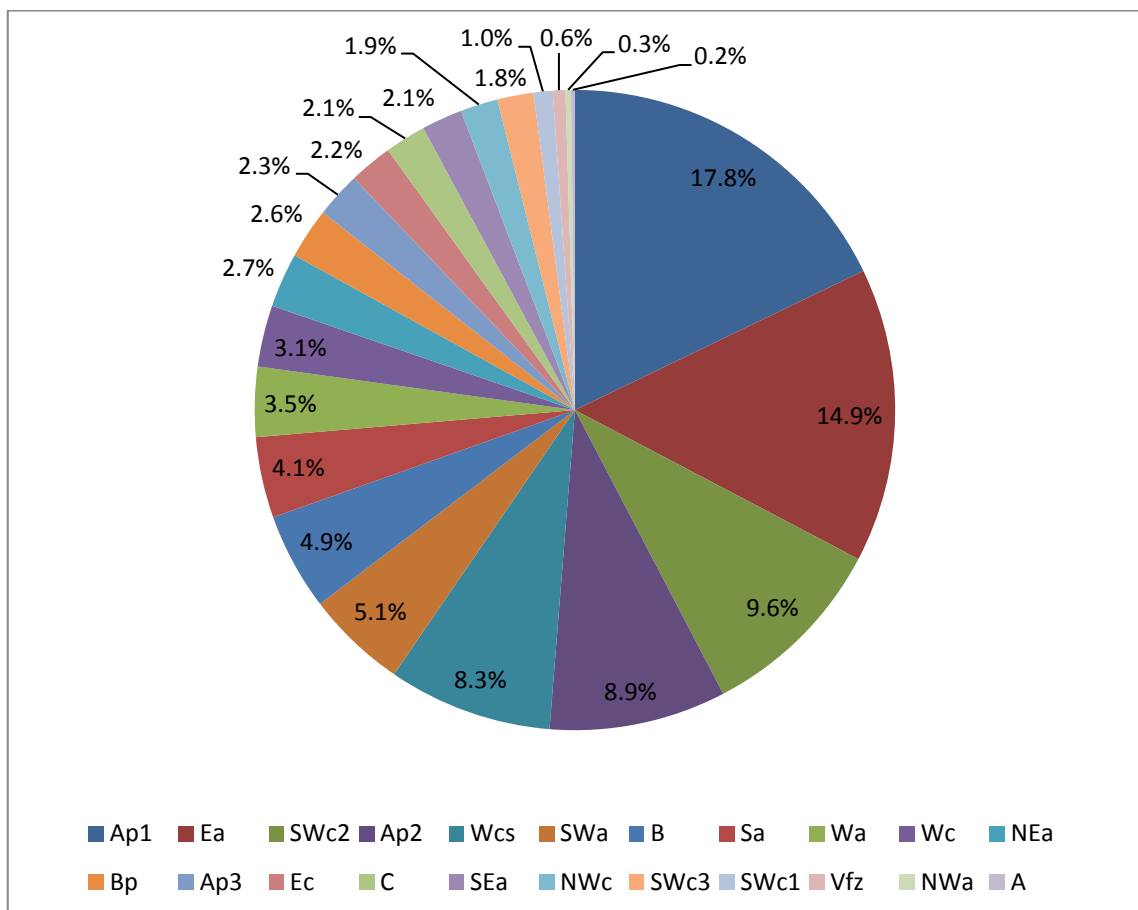
Obr. 39 Relativní četnost délky trvání izotermie, inverze a normálního zvrstvení přízemní atmosféry v období září 2013 – únor 2014 v profilech PRST–LAZY, PRST–KUDL a LAZY–KUDL

Rozdílně se v jednotlivých profilechjevilo i zastoupení inverzí podle délky jejich trvání. Nejvyšší relativní četnost dlouhodobých inverzí dominovala u profilu PRST–KUDL (53,6 %) a těsně i u LAZY–KUDL (42,5 %). Krátkodobé inverze byly nejčetnější u profilu PRST–LAZY (43,4 %).

Při analýze křivek kumulovaných relativních četností teplotních pseudogradientů v celé hodiny SEČ se daly vyzorovat jisté odlišnosti v jednotlivých profilech. V nočních (22:00 hod. a 1:00 hod.) a ranních hodinách (4:00 hod. a 7:00 hod.) byly

zaznamenány s nejvyšší pravděpodobností hodnoty teplotního pseudogradientu vyšší než 0 (inverzní zvrstvení atmosféry) u profilů PRST–KUDL (45–50 %) a PRST–LAZY (30–40 %). Ve světlé části dne se křivky kumulovaných relativních četností přesunovaly doleva, což značilo menší pravděpodobnost inverzního zvrstvení v termínech 10:00 hod., 13:00 hod., 16:00 hod. a 19:00 hod. Jiný charakter měl profil LAZY–KUDL, kde nejvyšší pravděpodobnost kladných hodnot teplotního pseudogradientu (65 %) byla zaznamenána v 10:00 hod. a 13:00 hod.

Více než 50 % celkového trvání inverzí bylo vázáno na povětrnostní situace Ap1 (17,8 %), Ea (14,9 %), SWc2 (9,6 %) a Ap2 (8,9 %). Na obr. 40 si lze všimnout, že teplotní inverze se netvořily pouze za anticyklonálních situací, nýbrž i za situací cyklonálních. Nejvýraznější z nich byly SWc2 (9,6 %) a Wcs (8,3 %).



Obr. 40 Relativní četnost celkové doby trvání inverzí při převládajících povětrnostních podmínkách

V závěrečné fázi byla zkoumána intenzita inverzí. Nejčetnější byly ve všech měsících a na všech profilech slabé inverze. Méně časté, středně silné inverze, se podle své maximální intenzity tvořily opět ve všech sledovaných měsících. Občasné silné a celkem dvě mohutné inverze se vyskytly podle použité kategorizace v průběhu

podzimních měsíců a února jen na profilech PRST–KUDL a LAZY–KUDL. Průměr z celkových a maximálních intenzit inverzí za sledované období září 2013 – únor 2014, přepočtený na teplotní pseudogradient [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$], lze vidět v tab. 24. Z ní plyne, že nejvyšší intenzity inverzí byly pozorovány v profilu LAZY–KUDL.

Nejvyšší intenzita mimořádné inverze byla sledována při západní anticyklóně Wa v profilu LAZY–KUDL, kde během inverze 17. 11. 2013 mezi 12:00 – 12:30 činil rozdíl teplot mezi stanicemi $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Tab. 24 Celková a maximální intenzita inverzí na jednotlivých profilech během sledovaného období září 2013 – říjen 2014

Profil	Intenzita inverzí [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$]	
	maximální	celková
PRST–KUDL	1,4	0,9
PRST–LAZY	1,7	1,1
LAZY–KUDL	2,8	1,5

7 SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to analyse temperature inversions occurrence through the autumn and winter 2013–2014 in the valley of the Dřevnice river, which is flowing through the town of Zlín. Temperature data were collected from own built temporary automated weather data network, which consisted of three dataloggers located on the northern slope of valley. The three studied profiles were named consequently: PRST–LAZY (206–324 MSL), LAZY–KUDL (324–427 MSL) and PRST–KUDL (206–427 MSL). Temperature data were measured in 30 minute interval, 1.5 meter above surface. Focus was on duration, commencement and disruption time, frequency and intensity of temperature inversions. Special attention was also paid to prevailing weather conditions during stable atmospheric boundary layers. To show differences in the statistics of inversions for different weather classes it was used Rein (1959) classification.

It was ascertained that the distribution of temperature inversions was not even for the whole period of study. All three studied profiles showed higher frequency in autumn. The highest frequency was observed in LAZY–KUDL, where was in sum temperature inversion for 39 % of time. On the other side, stable atmospheric boundary layers in PRST–LAZY stayed for just 18 %.

Subsequently, duration of temperature inversions was divided into three categories: short-term (1.5–3 h), medium-term (3–6 h) and long-term (more than 6 h). There were found some differences between the three measured profiles. While long-term inversions were dominating at PRST–KUDL (53.6 %) and LAZY–KUDL (42.5 %), short-term inversions were most common in PRST–LAZY (43,4 %). Total inversions duration was the highest in LAZY–KUDL (1421 h), shorter in PRST–KUDL (1043.5 h) and PRST–LAZY (629 h). The longest inversion duration (62.5 h) remained in LAZY–KUDL during prevailing weather condition Ap1 (30. 10. 2013 17:00 – 2. 11. 2013 7:30).

It was determined that 51 % of duration of all inversions took place during following four types of prevailing weather conditions: Ap1 (17.8 %), Ea (14.9 %), SWc2 (9.6 %) and Ap2 (8.9 %). So the occurrence of inversions was not related just with anticyclonic weather situations.

Another investigated feature was intensity of temperature inversions, which also showed some disparities between months and individual analysed profiles. The number of strong inversions appeared to be higher in autumn than winter. The average inverted temperature gradient was the highest in upper profile LAZY–KUDL (1.5 °C/100 m). Lower values were measured in PRST–LAZY (1.1 °C/100 m) and PRST–KUDL (0.9 °C/100 m). The highest inverted gradient (10.9 °C/100 m) was registered 17. 11. 2013 at 12:00 in LAZY–KUDL.

8 SEZNAM LITERATURY

Tištěné prameny

- BEDNÁŘ, J. (2003): *Meteorologie*. Praha: Portál, 223 s. ISBN 80-7178-653-5.
- BOLHA, M. (2013): *Príspevok ke štúdiu teplotných inverzií v Olomouci a okolí*. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc, 65 s.
- BOURNE, S. M., BHATT U. S., ZHANG J., THOMAN R. (2010): Surface-based temperature inversions in Alaska from a climate perspective. *Atmospheric Research*, Vol. 95, Issues 2–3, February 2010, p. 353–366.
- COUFAL, L. (1973): Klimatologické hodnocení mezní vrstvy atmosféry. *Sborník prací Hydrometeorologického ústavu v Praze, Praha, svazek 19*, s. 82–129.
- ČUŘÍK, D. (2012): *Lokalizace míst vzniku možných místních klimatických efektů (na příkladu území okresu Zlín)*. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta UP, Olomouc, 98 s.
- DEMEK, J., MACKOVIČ, P. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR – Hory a nížiny*, 2. vyd., AOPK, Brno, s. 580, ISBN 8086064999.
- KOLDOVSKÝ, M. (1970): *Mezní vrstva ovzduší*. Hydrometeorologický ústav, Praha, s. 27.
- KONČEK, M., ORLICZ, M. (1974): Gradienty teploty vzduchu. *Klíma Tatier*. Bratislava: Slovenská akadémia vied, s. 123–134.
- KUCHAŘÍKOVÁ, D., PROŠEK, P. (1983): Vliv konvexního a konkávního tvaru reliéfu na tvorbu a vývoj radiačních inverzí teploty. *Meteorologické zprávy*, 36, č. 3, s. 84–92.
- LITSCHMANN, T., HADAŠ, P. (2010): Teplotní inverze v oblasti Pavlovských vrchů. *Bioklima 2010. Sborník Příspěvků z mezinárodní organizace, Praha 7.-9. 9. 2010*, ISBN 978-80-213-2097-0.
- 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.
- MURTHY, A. S., VARGHESE, S. (2005): Nocturnal temperature inversions under calm clear conditions: an analytical study. In: Gutkowski, W., Kowalewski T. A.: *Mechanics of 21st Century*. Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences, p. 1098.
- NETOPIĽ, R. A KOL. (1984): *Fyzická geografia I*. Státní pedagogické nakladatelství Praha, s. 272.
- NOSEK, M. (1972): *Metody v klimatologii*. Praha: Československá akademie věd, 433 s.

- PÁLFFY, E. (1995): Temperature inversion in the Csík basin. *Acta Climatologica, Universitas Szegediensis*, Vol. 28–29, p. 41–45.
- PETROVIČ, Š. (1953): Inverzie pod Vysokými Tatrami. *Meteorologické zprávy*, Vol. 6, No. 5, s. 123–129.
- PETROVIČ, Š. (1967): Teplotné inverzie v dolinách pod Tatrami. *Meteorologické zprávy*, Vol. 20, No. 1, s. 19–24.
- PROŠEK, P. (1976): Noční teplotní inverze při výskytu teplé svahové zóny na svazích Pavlovských vrchů. *Meteorologické zprávy*, 29, č.3, s. 89 – 92.
- PROŠEK, P., REIN, F. (1982): *Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry*. Státní nakladatelství, Praha, 1982, s. 237.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica 16*. Brno: GgÚ ČSAV.
- REIN, F. (1972): Poznámky ke struktuře teplotních inverzí v okolí Milešovky. *Meteorologické zprávy*, 25, č. 4 – 5, s. 122 – 126.
- SOBÍŠEK, B. (1993): *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky.
- SOUKUPOVÁ, J. (2011): *Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie)*. Vyd. 6. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 193 s. ISBN: 978-80-213-2234-9.
- TOLASZ, R. a kol. (2007): *Atlas podnebí Česka/Climate atlas of Czechia*. Olomouc: ČHMÚ, UP Olomouc, 255 s.
- VARDOULAKIS, E., KARAMANIS, D., FOTIADI, A., MIHALAKAKOU, G. (2013): The urban heat island effect in a small Mediterranean city of high summer temperatures and cooling energy demands. *Solar Energy*, Vol. 94, p. 128–144.
- VYSOUDIL, M. (2002): *Ochrana ovzduší*. Univerzita Palackého, Olomouc, s. 114, ISBN 8024404001
- VYSOUDIL, M. (2004): *Meteorologie a klimatologie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. 281 s. ISBN 80-244-0875-9.
- VYSOUDIL, M. (2008): Surface atmosphere layer temperature regime: case study of the Nature park Bystřice river valley, the Nížký Jeseník highland, Czech republic. *Moravian geographical reports*, Vol. 16, No. 3, p. 41-56.
- VYSOUDIL, M. et al. (2012): *Podnebí Olomouce = Climate of Olomouc*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 211 s. ISBN 978-80-244-3285-4.
- WHITEMAN, C. D., HAIDEN, T. (2004): Processes leading to inversion buildup in small enclosed basins. *American Meteorological Society, 11th Conf. on Mountain Meteorology*, 21–25 June 2004, Barlett NH.

- WHITEMAN, C. D., POSPICHAL, B., EISENBACH, S., WEIHS, P., CLEMENTS C. B., STEINACKER, R. MURSCH-RADLGRUBBER, E., DORNINGER, M. (2004): Inversion Breakup in Small Rocky Mountain and Alpine Basins. *Journal of applied meteorology*, Vol. 43, Issue 8, p. 1069–1082.
- WITOSZOVÁ, D. (2009): *Teplovní inverze v Ostravské pánvi*. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta MU, Brno, 90 s.
- YAO, W., ZHONG, S. (2009): Nocturnal temperature inversions in a small, enclosed basin and their relationship to ambient atmospheric conditions. *Meteorology and Atmospheric Physics*, Vol. 103, p. 195–210.

Elektronické zdroje

- <http://geoportal.cenia.cz> – Portál veřejné správy České republiky (28. 4. 2014)
- www.mapy.cz – Mapový portál (28. 4. 2014)
- www.radiozlin.cz/2012/podzimni-inverze-jsou-tady/ – Radio Zlín (28. 4. 2014)
- http://www.eazk.cz/ksei/ksei_zko.html – ENVIROS: Integrovaný program ke zlepšení ovzduší zlínského kraje (28. 4. 2014)
- <http://synopinfo.wz.cz/typizace/> – Racko, S. (2014): Typizace povětrnostních situací pro území České republiky (28. 4. 2014)