Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Klimatické poměry Českého středohoří a dopady předpokládané změny klimatu na místní vegetaci

Bakalářská práce

Vojtěch Blažek

Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

Ing. Luboš Türkott, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Klimatické poměry Českého středohoří a dopady předpokládané změny klimatu na místní vegetaci" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2024 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu doktoru Türkottovi za ochotu a užitečné rady, dále pak své rodině za podporu během celého studia.

Klimatické poměry Českého středohoří a dopady předpokládané změny klimatu na místní vegetaci

Souhrn

V této bakalářské práci je pojednáno o změně klimatu obecně, dále pak konkrétně na území České republiky a Českého středohoří. Je sepsán vývoj a historie znečištění klimatu regionu a popsány klimatické poměry společně s vyzdvihnutím významných chráněných oblastí Českého středohoří s velmi pestrou florou a vegetačními stupni.

První část práce obsahuje literární rešerši, která nejprve uvádí do problematiky změny klimatu, jejího vlivu na vegetaci a popisuje funkci skleníkových plynů společně s jejich antropogenními emisemi. Dále se práce věnuje vývoji klimatu na území České republiky a Českého středohoří. S ohlédnutím na historii znečištění Českého středohoří a popisem klimatu na Milešovce společně s principy měření oblačnosti a úhrnu srážek na místní observatoři. Důležitou část literární rešerše tvoří atmosférické jevy, jako jsou například teplota vzduchu, tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, srážky, horké vlny, a tak dále, na které má vliv změna klimatu a následné dopady na místní podmínky. V další části literární rešerše je vymezen význam a popis vybraných chráněných lokalit na území Českého středohoří společně s popisem vegetačních charakteristik jednotlivých území a ohlédnutím za pestrostí a unikátností flory Českého středohoří. Poslední část literární rešerše uvádí do klimatických scénářů a klimatických modelů a nastiňuje dopady vývoje klimatu na místní vegetaci.

V druhé části bakalářské práce jsou pomocí trendové analýzy vyhodnoceny datové soubory průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek za období 1961 až 2022. Datové soubory byly staženy z datového archivu Českého hydrometeorologického ústavu a výstupné analýzy jsou zobrazeny v grafické podobě, a pomocí lineární rovnice trendu je stanovena hodnota trendu, kdy je následně pojednáno o dopadu změny klimatu na vegetaci Českého středohoří. Důležitou otázkou je, zda za toto období 60 let došlo k výraznému nárůstu či poklesu průměrných teplot vzduchu a úhrnu srážek a jak moc velký vliv to má na vegetaci.

Klíčová slova: sucho, horké vlny, emisní scénáře, klimatické modely, teplota, srážky

Climatic conditions of the České středohoří and impacts of projected climate change on local vegetation

Summary

In this bachelor's thesis, climate change is discussed in general, then specifically in the territory of the Czech Republic and the Bohemian Central Highlands. The development and history of climate pollution in the region is written down and the climatic conditions are described together with the highlighting of important protected areas of the Bohemian Central Highlands with a very varied flora and vegetation levels.

The first part of the work contains a literature search, which first introduces the issue of climate change, its effect on vegetation and describes the function of greenhouse gases together with their anthropogenic emissions. Furthermore, the work is devoted to the development of the climate in the territory of the Czech Republic and the Bohemian Central Highlands. With a look back at the pollution history of the Bohemian Central Highlands and a description of the climate in Milešovka together with the principles of measuring cloud cover and total precipitation at the local observatory. An important part of the literature review is atmospheric phenomena such as air temperature, air pressure, air humidity, precipitation, heat waves, and so on, which have subsequent impacts on climate change and local conditions. In the next part of the literature search, the meaning and description of selected protected localities in the territory of the Bohemian Central Highlands is defined, together with a description of the vegetation characteristics of individual areas and a look back at the diversity and uniqueness of the flora of the Bohemian Central Highlands. The last part of the literature review introduces climate scenarios and climate models and outlines the impacts of climate change on local vegetation.

In the second part of the bachelor's thesis, data sets of average air temperature and total precipitation for the period 1961 to 2022 are evaluated using trend analysis. The data sets were downloaded from the data archive of the Czech Hydrometeorological Institute and the output analysis is displayed in graphic form, and the trend equation is used to determine the value trend, when the impact of climate change on the vegetation of the Bohemian Central Highlands is subsequently discussed. An important question is whether there has been a significant increase or decrease in average air temperatures and total precipitation over this period of 60 years, and how much of an effect this has on vegetation.

Keywords: drought, hot waves, emission scenarios, climate models, temperature, percipitation

Obsah

1 Úvod 1
1.1 Úvod do problematiky změny klimatu a jejího vlivu na vegetaci 1
1.2 Skleníkový efekt 3
1.2.1 Antropogenní emise 4
1.2.1.1 CH_4 4
1.2.1.2 CO_2 4
1.2.1.3 NO_x 5
1.2.1.4 N_2O 5
1.2.1.5 Freony 5

2 Teoretický rámec 6
2.1 Historie znečištění Českého středohoří 6
2.2 Vývoj klimatu v České republice a v oblasti Českého středohoří 7
2.2.1 Klima na Milešovce 9
2.2.2 Princip měření na Milešovce 9
2.2.2.1 Měření oblačnosti 10
2.2.2.2 Měření srážek 10
2.3 Atmosférické jevy a projevy změny klimatu na území Česka a Českého středohoří 11
2.3.1 Tlak vzduchu 11
2.3.2 Vlhkost vzduchu 11
2.3.3 Sucho 11
2.3.4 Sněhové charakteristiky 12
2.3.5 Teplota vzduchu 13
2.3.6 Horké vlny 13
2.3.7 Vláhová bilance 14
2.3.8 Srážky 14
2.3.8.1 Srážkový stín Krušných hor 15
2.3.9 Rizikové atmosférické jevy 15
2.3.10 Klimatologické indexy 15
2.3.11 Vliv změny klimatu na zemědělství 16
2.4 Význam chráněných lokalit v Českém středohoří a jejich vegetační charakteristika 17
2.4.1 Raná 17
2.4.2 Sedlo 18
2.4.3 Oblík 18
2.4.4 Milešovka 18
2.4.5 Kamenná slunce 18
2.4.6 Flora Českého středohoří 19

2.4.6.1 Fenologie 20
2.5 Úvod do emisních scénářů a klimatických modelů 21
2.6 Klimatický normál 23
3 Metodika 24
3.1 Výběr vhodných klimatologických stanic v Českém středohoří 24
3.2 Sběr datových souborů teploty vzduchu a úhrnu srážek z Českého hydrometeorologického ústavu 24
4 Výsledky 25
4.1 Trend průměrných teplot vzduchu 25
4.1.1 Milešovka 25
4.1.2 Děčín 28
4.1.3 Teplice 29
4.2 Trend srážkových úhrnů 31
4.2.1 Milešovka 31
4.2.2 Děčín 33
4.2.3 Teplice 35
5 Závěr 37
6 Literatura 38

1 Úvod

Téma této bakalářské práce se zabývá klimatickým vývojem a klimatickou změnou na území České republiky, dále pak konkrétněji na území Českého středohoří, kde jsou nastíněny klimatické poměry a vliv změny klimatu na místní vegetaci, a zvláště chráněné území. Změna klimatu se stává nejdiskutovanějším problémem, který má značný dopad na životní prostředí, biodiverzitu, ekosystémy a běžný život. České středohoří není pouze zajímavým geografickým útvarem, ale také velmi významným biotopem. Toto téma jsem si vybral z důvodu aktuálnosti řešení problému klimatické změny a pestrosti vegetace v Českém středohoří s velkým počtem vzácných druhů. Téma je nejen akademicky zajímavé, ale má také praktický význam pro ochranu přírody a udržitelný rozvoj tohoto území. Studium klimatických změn a jejich vlivů na vegetaci Českého středohoří nabízí příležitost lépe porozumět komplexním interakcím mezi klimatem a ekosystémem. Zároveň nám umožňuje identifikovat možnosti adaptace a ochrany místní diverzity v době, kdy se klimatické podmínky mění.

Cílem práce je analýza datových souborů teploty vzduchu a úhrnu srážek na vybraných klimatologických stanicích v Českém středohoří. Dále pak za pomocí výstupů klimatických modelů, v rámci vybraných emisních scénářů, nastínit dopady vývoje klimatu na místní vegetaci se zvláštním přihlédnutím na vegetaci chráněných území. První část práce obsahuje literární rešerši, která se zabývá popisem problematiky změny klimatu a funkcí skleníkového efektu společně s antropogenními emisemi. Dále vymezuje význam chráněných oblastí a pestrost vegetace Českého středohoří. Důležitým obsahem literární rešerše je popis atmosférických jevů jako jsou například teplota vzduchu, srážky, vlhkost vzduchu, horké vlny, sucho, a tak dále, společně v souvislosti s klimatickou změnou a dopady na místní vegetaci a hospodářské podmínky. Druhá část bakalářské práce obsahuje analýzu dat průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek za období 1961-2022. Tyto data byla získána z datového archivu Českého hydrometeorologického ústavu. Pomocí grafické podoby jsou znázorněny vývoje trendu a nastíněn vliv této klimatické změny na místní vegetaci a chráněné oblasti.

1.1 Úvod do problematiky změny klimatu a jejího vlivu na vegetaci

Změna klimatu a extrémní výkyvy počasí jsou běžnější než dříve, to má za následky globální dopady na životní prostředí.

Klima na Zemi je regulováno složitým klimatickým systémem, který sestává z různých faktorů, jež nejen chrání, ale i ovlivňují atmosféru planety. Atmosféra představuje plynný obal Země, který je udržován díky zemské gravitaci a aktivitě rotace planety. Složení atmosféry se skládá převážně z dusíku (78 %), kyslíku (21 %), argonu (0,9 %), oxidu uhličitého (0,035 %) a stopových množství dalších plynů, včetně neonu, helia, metanu, kryptonu a vodíku. Základní ochranu atmosféry Země před kosmickými částicemi poskytuje magnetické pole, které tvoří magnetosféru obklopující planetu (Gubbins a Herrero-Bervera 2007). Hlavními faktory ovlivňující klima jsou radiační bilance, atmosférická cirkulace, cyklus vody a tektonika litosférických desek. Klima na Zemi není statické, ale spíše cyklické. Jeho podoba je určena

kombinací slunečního záření a stability rotační osy planety. Z celkového výkonu Slunce, který činí přibližně 176 000 TW, na Zemi dopadá pouze velmi malé procento, přibližně dvou miliardtina. Živá příroda denně spotřebuje přibližně 90 TW energie, zatímco zhruba 60 000 TW je odraženo zpět do vesmíru od povrchu Země, včetně oblačnosti, vodních ploch a pevnin (Lean 2000). Sluneční záření je soubor elektromagnetických vln emitovaných Sluncem díky termojaderným procesům. Jeho intenzita na vnější hranici zemské atmosféry, normovaná na jednotkovou plochu kolmou k paprskům při průměrné vzdálenosti Země od Slunce, dosahuje 1368 W/m^2 a je známá jako sluneční konstanta. Toto světlo je klíčové pro atmosférické jevy, formuje globální klima, ovlivňuje životní prostředí a je významným zdrojem obnovitelné energie (Tolasz et al. 2007). Radiační bilance je rozdíl mezi množstvím slunečního záření, které Země přijímá a množstvím záření, které od ní odrazí zpět do vesmíru. Sluneční záření, které proniká do atmosféry Země je rozptýleno, což znamená, že část odraženého záření se vrací zpět do vesmíru. Míra odrazivosti povrchu neboli albedo, určuje, jaké množství záření je odraženo. Povrchy s nízkým albedem, jako jsou tmavé plochy a vodní hladina, mají malou odrazivost, zatímco povrchy s vysokým albedem, jako je led, sníh a oblačnost, celkově bílé a světlé povrchy, odrazí více záření zpět. Vysokoenergetické vlnové délky slunečního záření jsou převážně pohlcovány ozónovou vrstvou ve výšce 10-50 km nad povrchem Země. Tento proces zahrnuje fotochemický rozklad ozonu na kyslík (O_2) a atomární kyslík (O). Atomární kyslík je velmi reaktivní a reaguje s kyslíkem nebo ozonem, což vede k uvolňování tepelné energie. Tento proces způsobuje, že teplota pod ozonovou vrstvou je velmi nízká, zatímco v ní se teplota zvyšuje. Odraz záření zpět do vesmíru zahrnuje pouze ty vlnové délky, které nejsou pohlceny skleníkovými plyny. Tyto plyny, jako je oxid uhličitý a metan, pohlcují infračervené záření a uvolňují ho ve formě tepla, což vede k oteplování povrchu Země. Bez skleníkového efektu by byla průměrná teplota na Zemi zhruba -18 °C (Houghton et al. 2001).

Klimatické změny jsou klíčovým aspektem enviromentální politiky. I přes to, že změny v klimatu probíhaly od počátku existence Země, dnešní vědecké poznatky ukazují, že se dnes dějí rychleji než v minulosti. Hlavním faktorem těchto změn a jejich dopadů je lidská aktivita. Nejde pouze o zvýšení emisí skleníkových plynů, které bývají často zdůrazňovány, ale také o další lidské aktivity, které činí klimatický systém zranitelnějšími než dříve (Lieblová, Matěja 2016). Klimatické změny mají dopady na životní prostředí a ekosystémy, ovlivňují vodní hospodářství, zemědělství, lesnictví a způsobují zvyšování hladin moří. Tyto dopady sahají až do finančního sektoru, přičemž náklady spojené s těmito dopady mají značný ekonomický efekt. Změna klimatu je úzce propojena s dalšími globálními problémy, a očekává se, že mnohé z těchto výzev budou negativně ovlivněny změnou klimatu. V posledních desetiletích byly nejvíce pozorovány změny teploty, srážkového režimu, sněhové pokrývky, ledovců a hladin oceánů (Lieblová, Matěja 2016).

Změna klimatu způsobuje nárůst počtu let s teplotami nad průměrem, což má za následek zvýšenou evapotranspiraci. Díky zvýšeným teplotám dochází nejen k prodloužení vegetačního období, ale také k předčasnému začátku různých vývojových stadií rostlin, které jsou známé jako fenofáze (Rožnovský 2016). Vlivem klimatických změn v některých oblastech dochází ke změnám ve složení rostlinných společenstev v důsledku rozšiřování teplomilných druhů směrem k vyšším zeměpisným šířkám a nadmořským výškám. Do těchto společenstev často pronikají nepůvodní druhy, které byly dříve omezeny pouze na určitá stanoviště. Příkladem jsou teplotní ostrovy v městských aglomeracích. Mění se také populační charakteristiky, jako

jsou například počet životaschopných potomků, produkční schopnosti, konkurence a další. V důsledku toho mohou jednotlivé populace pronikat do společenstev, kde se dříve nevyskytovaly, a naopak mohou ustupovat ty, které jsou konkurenčně znevýhodněné. To může vést také k rozšiřování geografického rozšíření druhů. Některé skupiny rostlin a biotopy zatím ukazují značnou odolnost v reakci na klimatické změny. Tyto změny však mohou mít různé dopady na lidskou společnost, včetně ovlivnění zemědělské produkce, schopnosti vegetace zadržovat vodu a chránit půdu před erozí, šíření alergenních cizích druhů (Prach, Walker 2011).

Jedním z hlavních úkolů v ekologii krajiny je porozumět, jak se různé přírodní a lidské faktory ovlivňují na úrovni celého krajinného celku. K tomu se využívají technologie jako geografické informační systémy (GIS), které pomáhají sledovat a modelovat změny v krajině. Tyto systémy obsahují informace o přírodních podmínkách a vlivu člověka na přírodu. V České republice byl mezi lety 1994 a 1999 vyvinut speciální model, který pomáhá předpovídat, jak klimatické změny ovlivní přírodu v zemi. Tento model je součástí širšího Informačního systému ochrany přírody ISOP, který spravuje Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (Buček, Kopecká 2004).

Trendy klimatických změn zahrnují jak zvlhčování, tak vysoušení, a také oteplování nebo ochlazování. Zvlhčování nebo vysoušení klimatu, známé také jako humidizace nebo aridizace, závisí na dlouhodobých odchylkách v atmosférické a oceánické cirkulaci (Allen a Ingram 2002). Oteplování/ochlazování závisí na oslunění neboli insolaci zemského povrchu (Ehrlich 2007).

1.2 Skleníkový efekt

Teplota na Zemi je výsledkem vyváženého poměru mezi energií dodávanou ze Slunce ve formě krátkovlnného záření a energií, kterou Země vyzařuje zpět do vesmíru. Sluneční paprsky krátké vlnové délky pronikají atmosférou a ohřívají povrch planety. Dlouhovlnné záření, které Země vyzařuje, je částečně absorbováno atmosférou a částečně vyzařováno zpět do vesmíru. Část této energie se opětovně vrátí k povrchu Země, což spolu s ohřevem nejnižších vrstev atmosféry přispívá ke zvyšování teploty (ČHMÚ).

Skleníkové plyny lze rozlišovat na ty, které se v atmosféře vyskytují přirozeně, a na ty, které jsou označovány jako antropogenní, tedy způsobené lidskou činností. Mezi primární skleníkové plyny v zemské atmosféře patří vodní pára (H_2O), oxid uhličitý (CO_2), oxid dusný (N_2O), metan (CH_4) a ozón (O_3). Tyto plyny jsou součástí přirozeného cyklu a přirozeně se vyskytují v atmosféře, kde přispívají ke skleníkovému efektu. Avšak lidská činnost zvyšuje jejich koncentrace v atmosféře, což má za následek zesílení skleníkového efektu. Kromě těchto přírodních skleníkových plynů existuje také skupina plynů, které jsou vytvořeny výhradně lidskou činností. Sem patří různé uhlovodíky (freony), halony, chloridy a brom metany. Tyto látky mají v atmosféře negativní dopad na ozonovou vrstvu a jsou regulovány Montrealským protokolem, což je dohoda mezi více než 190 státy, která byla přijata v roce 1987 s cílem snížit jejich emise a ochránit ozonovou vrstvu (Trnka, Žalud, Hlavinka, Bartošová 2016).

Skleníkový efekt vzniká, když radiačně aktivní plyny (RAP) absorbují infračervené záření, což má vliv na radiační bilanci atmosféry. Nejvíce zastoupeným a hlavním RAP je vodní pára, která představuje 60-70 % skleníkových plynů. Ostatní RAP, jako je CO_2, CH_4, NO_x,

N_2O, SO_2, NH_3 apod., ovlivňují skleníkový efekt pouze při zvýšených koncentracích. Podíl atmosférického CO_2 na skleníkovém efektu se odhaduje na 9-26 % (Houghton et al. 2001). Atmosféra propouští 50 % dopadajícího slunečního záření, odráží 25 % a rozptyluje 25 %. Pokud jde o dlouhovlnné záření, tak 80 % z vyzářeného záření zemským povrchem je pohlceno. Tento proces vytváří skleníkový efekt, který efektivně omezuje energetické ztráty zemského povrchu (Samec 2014). Jedním z nejzávažnějších zásahů člověka do klimatického systému je neustále rostoucí znečistění atmosféry. Rostoucí koncentrace oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů uvolňované lidskou činností je způsobeno spalováním fosilních paliv, odlesňováním ekvatoriálních pralesů s následnou přeměnou na pole a pastviny, pravidelným vypalováním savan, rozvojem zemědělské produkce, leteckou dopravou, chladícími technologiemi a dalšími odvětvími lidské činnosti. Kromě uvolňování tepla do atmosféry v důsledku těchto aktivit a změn odrazivosti zemského povrchu jsou také do atmosféry emitovány chemické látky, které mohou narušit radiační rovnováhu klimatického systému (Kalvová 1993). Díky nahromadění skleníkových plynů, především oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusičitého došlo ke změně chemického složení atmosféry a způsobila to právě antropogenní činnost (Latake, Pawar, Ranveer 2015).

Aerosoly v atmosféře mají vliv na přenos záření, což ovlivňuje teplotu a klima. Tyto částice mají dva hlavní efekty, přímý radiační efekt, kdy dochází k rozptylu a absorpci slunečního a infračerveného záření v atmosféře, a nepřímý efekt, který mění radiační rovnováhu Země a atmosféry prostřednictvím ovlivnění albeda (odrazivosti) a množství oblaků. Na rozdíl od většiny skleníkových plynů jsou vlivy aerosolů mnohem specifičtější pro konkrétní oblasti, což ztěžuje jejich celkové hodnocení (Dubrovský, Nemešová, Kalvová 2005).

1.2.1 Antropogenní emise

1.2.1.1 CH_4

Průmyslová činnost spojená s těžbou a výrobou zemního plynu, uhelných a ropných zdrojů, stejně jako jejich následná doprava, patří mezi hlavní zdroje emisí metanu. Dalšími příspěvkovými oblastmi jsou rozklad organického odpadu v zemědělství, městském odpadu, skládkách a v důsledku chovu zvířat (Latake, Pawar, Ranveer 2015). CH_4 má životnost v atmosféře zhruba 12 let (ČHMÚ).

1.2.1.2 CO_2

Oxid uhličitý vstupuje do atmosféry především v důsledku spalování fosilních paliv, jako jsou uhlí, zemní plyn a ropa, ale také spalováním pevných odpadů a rozkladem stromů a dřevěných výrobků. Dalším zdrojem jsou chemické procesy, jako je například výroba cementu. Na druhé straně je oxid uhličitý odebírán z atmosféry a izolován rostlinami během biologického uhlíkového cyklu (Latake, Pawar, Ranveer 2015). Koncentrace CO_2 dosahuje v současné době hodnot kolem 385 ppm. Jedná se pravděpodobně o nejvyšší hodnotu, které bylo za posledních 650 tisíc let dosaženo. Zhruba polovina antropogenních emisí CO_2 je pohlcována oceány a druhá polovina zůstává v atmosféře po dobu 4-200 let (ČHMÚ).

1.2.1.3 NO_x

Paliva z ropy představují významný zdroj emisí s vážnými dopady na životní prostředí a lidské zdraví. S rostoucí spotřebou těchto paliv se očekává zvýšení globálních emisí. Proto se hledají ekologicky přijatelné alternativy jako je například bio diesel. Bio dieselová paliva nabízejí nižší emise škodlivých látek než tradiční nafta, avšak zvyšují emise oxidů dusíku (Palash et al. 2013).

1.2.1.4 N_2O

Oxid dusný je generován zejména spalováním fosilních paliv, automobilovou dopravou a procesy denitrifikace spojenými s používáním zemědělských hnojiv. Při pohlcování zemského záření je N2O zhruba 310krát účinnější než oxid uhličitý jako skleníkový plyn. Od počátku průmyslové revoluce došlo k zhruba 16% nárůstu koncentrace oxidu dusného v atmosféře (Trnka, Žalud, Hlavinka, Bartošová 2016).

1.2.1.5 Freony

Fluorované plyny jsou uměle vytvořené látky, které přestože mají pouze stopovou koncentraci v atmosféře, patří díky své vysoké schopnosti pohlcovat dlouhovlnnou radiaci mezi velmi silné skleníkové plyny. Mezi nejvýznamnější fluorované plyny patří částečně fluorované uhlovodíky (HFC), zcela fluorované uhlovodíky (PFC), fluorid sírový (SF6) a fluorid dusitý. Tyto plyny neexistovaly před polovinou 20. století a byly vyvinuty speciálně pro průmyslové účely. Mezi ně patří i freony, které se nepodílí na destrukci ozónové vrstvy (Trnka, Žalud, Hlavinka, Bartošová 2016).

2 Teoretický rámec

České středohoří má rozlohu 1265 kilometrů čtverečních a nachází se v severních Čechách v Ústeckém kraji a z části také zasahuje do Libereckého kraje. 84 % území zaujímá Chráněná krajinná oblast České středohoří. Nejvyšší bod je Milešovka (837 m n. m.). Patří ke geologicky nejmladším pohoří Česka, za to se zde nejvíce projevila vulkanická činnost. Hlavním vodním tokem je zde Labe, dále pak Ploučnice. Rozloha CHKO České středohoří je 1063 km^2 (CHKO České středohoří).

Představuje jednu z pěti hlavních částí Podkrušnohorské oblasti, která je začleněna do širšího rámce Krušnohorské subprovincie. Tento geomorfologický celek se dále rozpadá na dva pod celky: Verneřické středohoří a Milešovské středohoří. Verneřické středohoří se charakterizuje především jako zvlněná plošina, která vznikla na základě eroze lávových příkrovů. Naproti tomu Milešovské středohoří se vyznačuje výraznějšími geomorfologickými útvary, jako jsou kuželovité vrcholy, izolované kupy a krátké hřebeny. Tyto rysy výrazně přispívají k rozmanitosti reliéfu a podnebí tohoto regionu (Mackovčin, Kuncová 1999).

Klima je klíčový faktor ovlivňující charakter a změny přírodního prostředí. Na našem území probíhá měření teplotních charakteristik od 18. století v pražském Klementinu. Teplota se zde měří od roku 1775 a srážky od roku 1805.

Před více než jednou miliardou let je o historickém vývoji klimatu na naší planetě jen málo informací. V té době byla na Zemi voda v tekuté fázi a existovaly živé organismy. Paleoklimatologické studie se často soustředí na období před 500 miliony let, přičemž informace se získávají z proxy-indikátorů, jako jsou sedimenty ze dna oceánů a jezer, údaje z ledovcových vrtů a podobně. V posledním tisíciletí se opět získávají informace pomocí proxy-indikátorů, jako jsou letokruhy stromů a mořské korály. V období 1000-1300 se objevuje tzv. středověké klimatické optimum, kdy bylo klima relativně teplé. Následně, v období 1400-1850, probíhala Malá doba ledová, během níž byla teplota asi o 1 stupeň nižší než v současnosti. Od roku 1850 dochází k postupnému nárůstu průměrných teplot. Příčiny těchto klimatických změn nebyly zcela objasněny, ale pravděpodobně se podílely změny sluneční činnosti a sopečné erupce. S nástupem Průmyslové revoluce přibyla do atmosféry i antropogenní složka, zejména v podobě emisí skleníkových plynů a aerosolů (ČHMÚ).

Klimatické podmínky Českého středohoří jsou charakterizovány jako klimatická mozaika, což znamená, že jednotlivé části regionu mají velmi rozmanité klima. Nalezneme zde oblasti s teplým, mírně teplým i chladným klimatem. Největší rozmanitost v klimatických podmínkách je pozorována především v Milešovském středohoří, což je způsobeno terénní členitostí, jako jsou rozdíly v nadmořské výšce a sklonu terénu. Jihozápadní část regionu se výrazně odlišuje od severovýchodu, a to především kvůli řece Labe, která České středohoří rozděluje na dvě části, a také kvůli srážkovému stínu Krušných hor. Tato kombinace faktorů má za následek, že jihozápadní část je velmi teplá a suchá, a patří tak mezi nejsušší oblasti v České republice. Naopak severovýchod je vlhčí a chladnější (CHKO České středohoří).

2.1 Historie znečištění Českého středohoří

S nástupem průmyslu se v severozápadní části Českého středohoří začalo s těžbou hnědého uhlí a rozvíjela se železniční síť, především na trase Praha – Ústí nad Labem –

Drážďany, zahájené v roce 1851. Tento rozvoj zásadně ovlivnil obce a města podél trati. Příkladem jsou Podmokly, které v krátké době výrazně zvýšily počet obyvatel. Po druhé světové válce došlo k nucenému vysídlení německých obyvatel, kteří tvořili většinu. Tyto výměny obyvatel měly negativní důsledky, které jsou patrné dodnes. V krajině lze vidět pozůstatky opuštěných vesnic a osad, jako jsou například Vitín, Vrabinec a Stará Homole. Zemědělství, hlavní činnost v této oblasti, prošlo od 50. let 20. století různými fázemi, od násilné kolektivizace a sjednocování pozemků bez ohledu na erozi a ekologickou nestabilitu pozemků v období 60. až 80. let, až po prudký pokles zemědělské výroby v 90. letech. Současný trend směřuje k opouštění některých částí krajiny v centru Středohoří, což má důsledky i pro místní floru a faunu závislou na lidské činnosti (Mackovčin, Kuncová 1999).

Jednou ze základních příčin závažného narušení přírodních složek životního prostředí a následných sociálně-ekonomických problémů v Severočeské hnědouhelné pánvi (SHP), což výrazně postihlo i České středohoří a celkově v Ústecký kraj, bylo poválečné zaměření Československa na industrializaci a politiku takzvané „levné energie“. Tato strategie vedla k zaměření rozvoje palivoenergetické infrastruktury do oblasti SHP. Byla založena na využívání bohatých zásob nízko kvalitního hnědého uhlí a na umístění tepelných elektráren přímo u zdroje uhlí za účelem minimalizace dopravních nákladů. Důsledky této politiky byly v regionu patrné, přes 5 000 MW kapacit tepelných elektráren, původně bez odsíření, vedlo k výrazné koncentraci emisí oxidu siřičitého a opakovaným překračováním hygienických norem pro znečištění ovzduší. Povrchová těžba hnědého uhlí v SHP postihla plochu přibližně 250 km^2. Od 60. let 20. století bylo v severních Čechách zničeno přibližně 116 vesnic a měst či jejich částí, včetně historického města Most. Přibližně 90 000 lidí bylo přestěhováno. V pozitivním světle lze poznamenat, že v druhé polovině 20. století, zejména v období 60. – 80. let, byla vynakládána zvýšená péče o rekultivaci půdy postižené důlní činností. Až 65 % postižených pozemků bylo rekultivováno zemědělským způsobem, včetně výsadby vinic a ovocných sadů (Farský, Zahálka 2008).

2.2 Vývoj klimatu v České republice a v oblasti Českého středohoří

V České republice je zaznamenáván stále rostoucí trend v průměrné roční teplotě vzduchu, přičemž od počátku 21. století se tento nárůst ještě zrychlil. Když porovnáme průměrné teploty za různá třicetiletá období 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 a 1991-2020 vidíme, že každé následující třicetiletí bylo teplejší než to předchozí. V nejnovějším třicetiletém období 1991-2020 dosáhla průměrná roční teplota vzduchu v ČR hodnoty 8,4 °C. To představuje nárůst o 1,1 °C oproti normálovému období 1961-1990 a o 0,5 °C ve srovnání s obdobím 1981-2010. Tato data ukazují na postupné oteplování klimatu v České republice (Baránková et. al 2021).

Dlouhodobý vývoj klimatu v České republice je možné hodnotit na základě měření provedených na stanici Praha – Klementinum, která je nejstarší měřící stanicí na území ČR a provádí měření již více než dvě století. Tato stanice se nachází v centru města, což umožňuje pozorování tzv. tepelného ostrova města. Tepelný ostrov vzniká v důsledku postupné urbanizace, kdy se ve městě produkuje více skleníkových plynů a dochází k budování betonových ploch, které absorbují sluneční záření a uchovávají teplo. Tím dochází k výraznému

zvýšená teploty v centru města ve srovnání s okolními oblastmi nebo venkovem, a rozdíl teplot může dosáhnout i několika stupňů. Je důležité si však uvědomit, že měření na stanici Praha – Klementinum probíhá již více než 200 let, během kterých se postupně zvyšovala urbanizace. Proto nelze tento jev považovat za konstantní a zahrnovat ho do dlouhodobého vývoje teplot. Nicméně, na základě dat z posledních 30 let lze pozorovat trend nárůstu teplotního vývoje (ČHMÚ).

České středohoří, vulkanická oblast ve vyšší fázi destrukce vzniklá v mladších třetihorách. Na konci třetihor tektonické pohyby rozštěpily toto území na série ker, které byly následně různě vyzdviženy nad okolní krajinu. Dnešní podoba Českého středohoří je výsledkem selektivní eroze, která odhalila hlavní části sopečných těles, avšak jejich současné formy se často liší od jejich původního vulkanického tvaru (Smejkal et al. 2001).

České středohoří zaujímá velkou plochu Ústeckého kraje, který čelí dlouhodobým problémům s kvalitou ovzduší, které jsou způsobeny hlavně velkými průmyslovými a energetickými podniky. K tomu přispívá i lokální vytápění a doprava. V kraji často dochází k překročení stanovených limitů pro imise. Mezi lety 2005 a 2022 byly emise v Ústeckém kraji mírně nestabilní, ale celkově byl zpozorován dlouhodobý pokles. Nejvýraznější snížení bylo zaznamenáno u emisí oxidu siřičitého (SO_2) o 78,8 % a oxidů dusíku (NO_X) o 63,8 %. Tento pokles je spojen s procesem odsiřování a denitrifikace v elektrárnách a teplárnách a také se změnou paliv používaných pro vytápění (Baránková et. al 2023).

Jak již bylo zmíněno, najdeme zde všechny tři základní klimatické oblasti, které v roce 1971 definoval český geograf a klimatolog Evžen Quitt. Většina území spadá do klimatické oblasti mírně teplé, v nižších polohách kolem Labe například Dolní Zálezly spadají do oblasti teplé a chladné oblasti jsou ty nejvýše položené jako je dominanta Milešovského středohoří Milešovka (Smejkal et al. 2001).

Tato hora, díky své úloze orografické bariéry vytváří na poměrně malém území Milešovského středohoří rozmanité klimatické podmínky. Tento region lze rozdělit do dvou klimaticky odlišných zón, západní klima s atlantickými klimatickými rysy, což se projevuje mírnějšími a vlhčími podmínkami. Východní klima, které podléhá kontinentálním charakteristikám, tudíž přináší obvykle sušší a extrémnější povětrnostní podmínky (Fuchs, Kaffenberger 2006).

Lidská činnost má významný dopad na charakteristiku a vývoj celého území Českého středohoří, které se mezi velkoplošnými chráněnými územími v České republice vyznačuje relativně nízkým podílem lesních ploch. Naopak je zde rozsáhlá síť malých vesnic a osad, zejména na severovýchodě, kde jsou obce rozprostřené podél údolí. Ve Středohoří se nacházejí čtyři velká města, Litoměřice, Lovosice, Ústí nad Labem a Děčín, která tvoří rozsáhlou průmyslovou aglomeraci v labském údolí. Kromě toho středohoří sousedí s mosteckou pánví, kde průmyslová činnost negativně ovlivňuje nejvzácnější části Českého středohoří nejen skrze imise, ale i přímé fyzické zásahy, jako je například Radovesická výsypka. Úspěšná ochrana přírody v tomto regionu je velkou výzvou (Ložek, Juřičková, Horáčková 2017).

CHKO České středohoří se na rozdíl od ostatních chráněných krajinných oblastí v České republice odlišuje vysokým podílem zemědělské půdy z celkové rozlohy oblasti, což má významný vliv na klima a utváření krajiny této oblasti. Po roce 1990 došlo k výrazným změnám ve využívání zemědělské půdy, kdy se zvýšil rozsah trvalých travních porostů, vinic a neobdělávaných ploch, stejně jako zastavěných ploch. Tento přechod, spolu s celkovým

poklesem intenzity zemědělské výroby a její částečnou extenzifikací, vedl k postupné změně v druhové skladbě trvalých travních porostů směrem k přirozenějšímu složení. Zatravnění dříve obdělávaných ploch výrazně snížilo problém vodní eroze v oblasti. Dále, dočasné snížení používání chemických prostředků, jako jsou hnojiva a pesticidy, mělo pozitivní vliv na biodiverzitu. Pozorováno bylo zvýšení početnosti dříve méně běžných druhů organismů (AOPK ČR 2014). Krajinný ráz Českého středohoří je historicky a ekologicky úzce spojen se zemědělskými praktikami, které formovaly jeho morfologii a biodiverzitu. Tato oblast představuje typický příklad agrokulturní krajiny, kde pěstování plodin a chov dobytka významně ovlivnily strukturu a složení biotopů (Kopecká 2018).

2.2.1 Klima na Milešovce

Na nejvyšším vrcholu Českého středohoří se nachází nejstarší horská observatoř na území České republiky. Provádí se zde nepřetržitá meteorologická měření a pozorování již od roku 1905, tedy v roce 2005 již oslavila 100 let. Vrchol s kuželovitým tvarem, který se zvedá o 300 až 400 metrů nad okolní krajinu, poskytuje ideální podmínky pro meteorologickou pozorovatelnu. Vzhledem k velkému množství blesků, se hora nazývá „Hromovou horou". V průměru je na Milešovce 31 bouřkových dní ročně. Velmi zásadně ovlivňují klima Milešovky mlhy, které jsou zde v průměru zhruba 60 % dnů v roce. Objevují se zejména v chladném půlroce. V oblasti kolem Milešovky a v sevřeném údolí řeky Bíliny mezi Českým středohořím a Krušnými horami se vytváří specifické podmínky pro vznik mlh. Tyto mlhy mohou být klasifikovány jako frontální, kupovité, advekční nebo advekčně-radiační a svahové, které vznikají v důsledku nuceného výstupného proudění na návětrném svahu hory. Na tvorbě mlh v oblasti se výrazně podílí řada lidských aktivit. Mezi tyto činnosti patří povrchová těžba hnědého uhlí, chod elektráren, průmyslové závody, vytápění domácností a doprava, které společně zvyšují množství kondenzačních jader v ovzduší, jež jsou základem pro tvorbu mlhy. Příznivé podmínky pro tvorbu mlh jsou také teplotní inverze, kdy vzduch při zemi je chladnější než vzduch ve větší výšce (Štekl 2005). Milešovka se řadí mezi největrnější vrcholy v České republice, kdy průměrná rychlost větru je 8,6 m/s (ČHMÚ). Tento jev má několik příčin. Jednou z nich je silnější tlakový gradient na severu Čech v porovnání s jihem země. V praxi to znamená, že s každými 100 km směrem na jih dochází k poklesu rychlosti větru přibližně o 0,8 m/s ve výšce okolo 800 metů nad mořem. Kromě toho má na rychlost a směr větru vliv samotný tvar a orografické rozpoložení krajiny. Hora má dokonalý kuželovitý tvar a převyšuje okolní terén až o 400 metů, to přispívá k silnému proudění vzduchu přes její vrchol. Je to také způsobeno sníženým třením díky malé vrcholové ploše (Štekl 2005). *„K deformaci proudění vyvolané vzdáleným okolím patří četnější a silnější proudění z jihovýchodních směrů. Podstatou této deformace je závětrná brázda nízkého tlaku, projevující se při převládajícím jižním proudění přes Alpy"* (Štekl 2005).

2.2.2 Princip měření na Milešovce

Meteorologické radary mají za úkol rozpoznat a lokalizovat hydrometeory v okolí. Princip jejich fungování spočívá v tom, že radar vysílá elektromagnetický pulz, z něhož se malá část odrazí od hydrometeorů a následně se vrátí zpět k radaru. Čas mezi vysláním pulzu a přijetím odraženého signálu slouží k výpočtu vzdálenosti cíle. Moderní radary dokážou na

základě Dopplerova jevu také zjistit rychlost pohybu hydrometeorů směrem k radaru nebo od něj. Kromě toho mohou vylepšit kvalitu dat tím, že identifikují a vyloučí nepohyblivé pozemní cíle, což může ovlivnit přesnost analýzy v případě jejich detekce ve specifických situacích (Zacharov, Pešice, Sedlák, Sokol 2021).

„Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného vlnění oproti vysílanému, způsobenou nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače“ (Zacharov, Pešice, Sedlák, Sokol 2021).

2.2.2.1 Měření oblačnosti

Při sledování oblačnosti rozlišujeme oblaky podle jejich vnějších tvarů do dvou základních skupin. První skupinu tvoří horizontálně homogenní oblaky bez výrazných struktur, které mají výrazně větší horizontální rozměr než vertikální. Tyto oblaky připomínají oblačnou vrstvu a nazývají se vrstevnaté neboli stratofirmní. Druhou skupinu tvoří oblaky s výrazným vertikálním rozměrem a zřetelnými strukturami, které se nazývají kupovité neboli konvektivní. Vrstevnaté oblaky produkují srážky s nízkou intenzitou, na rozdíl od intenzivních přeháněk spojených s kupovitou oblačností. Vrstevnatý oblak, který generuje významné srážky, se nazývá nimbostratus, zatímco kupovitý oblak s deštěm je označován jako cumulonimbus. Ostatní typy oblaků obvykle neprodukují významné srážky (Zacharov, Pešice, Sedlák, Sokol 2021).

V průběhu každého pozorovacího termínu, který na Milešovce probíhá každou celou hodinu, je povinností pozorovatele uvést do zprávy subjektivně vyhodnocené množství oblačnosti, druhy oblačnosti a též výšku základny oblačnosti. Pro určení výšky základny oblačnosti slouží pozorovateli přístroj nazývaný ceilometr. Tento přístroj vysílá laserový paprsek, jehož část se odrazí od jednotlivých vrstev oblačnosti. Na základě doby, za kterou se paprsek vrátí, ceilometr vypočítá výšku nad zařízením, na které se oblačnost nachází. Ceilometr je schopen rozpoznat více vrstev oblačnosti a na základě množství odraženého paprsku dokáže odhadnout i tloušťku dané oblačné vrstvy (Zacharov, Pešice, Sedlák, Sokol 2021).

2.2.2.2 Měření srážek

Na Milešovce se srážky, ať už ve formě deště nebo sněhu, měří od samého začátku měření v roce 1905. Původní metoda využívala srážkoměrnou nádobu s přesně definovanou záchytnou plochou, a množství srážek se následně vyhodnocovalo manuálně přeléváním srážkové vody do odměrného válce. Postupně bylo do měření zavedeno ombrografické zařízení, což je mechanický přístroj s plovákem, který sleduje a zaznamenává množství srážek a vytváří časový záznam průběhu srážek. V současné době je na této meteorologické stanici používán člunkový a váhový srážkoměr. Tyto přístroje automaticky zaznamenávají minutové úhrny srážek a předávají data přímo do počítače. Člunkový srážkoměr funguje na bázi zaznamenávání elektrických impulzů, které vznikají při překlápění dvoudílného člunku. Každé překlopení znamená naplnění jednoho dílu srážkovou vodou. Naopak váhový srážkoměr váží nádobu, do které padající srážky dopadají. Tato metoda eliminuje nedostatky člunkového srážkoměru tím, že zachycuje a okamžitě vyhodnocuje i tuhé srážky, jako jsou sníh a kroupy, a jeho přesnost není ovlivněna intenzitou srážek.

Meteorologové se kromě množství spadlých srážek zajímají i o jejich složení, což zahrnuje množství kapek nebo ledových částic a jejich velikosti. K analýze srážek se používá přístroj nazývaný distrometr, který umožňuje určovat velikosti srážkových částic, identifikovat jejich skupenství a měřit pádovou rychlost (Zacharov, Pešice, Sedlák, Sokol 2021).

2.3 Atmosférické jevy a projevy změny klimatu na území Česka a Českého středohoří

Zaznamenané změny v klimatu s sebou nesou významné důsledky pro ekosystémy, ekonomiku, zdraví a celkovou kvalitu života. Trendy ve vývoji klimatických charakteristik a častější výskyt extrémního počasí již nyní ovlivňují vodní režim, zemědělství, lesnictví a mají určitý vliv na zdraví obyvatel. Očekávané změny v teplotách a srážkách mohou způsobit nárůst evapotranspirace a prohlubující se deficit vláhové bilance. To může vést k výrazným a dlouhotrvajícím suchým obdobím a následně k rozsáhlým požárům. Naopak, zvýšená intenzita srážek a jejich větší variabilita mohou způsobit častější výskyt přívalových povodní (Baránková et. al 2021).

2.3.1 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu představuje sílu, kterou atmosféra vyvíjí na jednotkovou plochu zemského povrchu pod vlivem tíhy. Tato síla není konstantní a je ovlivněna faktory, jako je rozložení slunečního záření, rotace Země a povrchové charakteristiky. Nerovnoměrné rozdělení talku vzduchu vytváří vzduchová proudění, známá jako vítr, který se snaží vyrovnávat tlakové rozdíly mezi oblastmi. Coriolisova síla, odstředivá síla, tření a zemský povrch ovlivňují směr větru. Obecně platí, že s rostoucí nadmořskou výškou roste rychlost větru. V Česku se střídá vliv azorské tlakové výše, islandské tlakové níže a sibiřské tlakové výše během roku. Nejnižší tlakové hodnoty se obvykle vyskytují na jaře a nejvyšší v lednu (Tolasz et al. 2007).

2.3.2 Vlhkost vzduchu

Vypařování vody představuje klíčový proces v hydrologickém cyklu, zásobující atmosféru vodní parou. Množství vodní páry v ovzduší, nazývané vlhkost vzduchu, je dynamické a podléhá změnám v čase a prostoru, ovlivněným celkovými atmosférickými a radiačními podmínkami a lokálními faktory. Klimatické charakteristiky, které popisují vlhkost vzduchu, zahrnují veličiny, jako je absolutní vlhkost, tlak vodní páry, směšovací poměr, a také veličiny, které vyjadřují nasycení vzduchu vodní parou nebo jeho schopnost přijímat další vlhkost, jako je relativní vlhkost vzduchu, sytostní doplněk a teplota rosného bodu. O rozložení těchto vlhkostních charakteristik na území Česka rozhodují geografické faktory, zejména orografie. Roční variace těchto charakteristik je silně spojena s teplotou vzduchu (Tolasz et al. 2007).

2.3.3 Sucho

Termín „sucho“ často představuje různé koncepty a může být definován různými způsoby. Klimatologické sucho je obvykle charakterizováno nedostatkem srážek v daném prostoru a čase. V kontextu České republiky lze oblasti považovat za klimatologicky suché,

pokud jejich průměrný roční úhrn srážek nepřesáhne 550 mm. Kromě množství a intenzity srážek může definice klimatologického sucha zahrnovat i další klimatické faktory, jako jsou teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, evapotranspirace a rychlost větru. Srážkový deficit je často spojen s nadprůměrnými teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí, minimální oblačností a zvýšeným počtem hodin slunečního svitu. Tyto podmínky způsobují transpiraci, což je vypařování vody z rostlin, a evaporaci, která zahrnuje vypařování vody z povrchu. Tímto způsobem dochází k nedostatku vlhkosti a prodloužení období klimatologického sucha (Rožnovský 2014).

Zemědělské sucho je vzájemné působení klimatu a půdního prostředí. Půda je schopna pojmout velké množství vody ovšem záleží na typu půdy a jejími půdními charakteristiky. Zemědělská půda je schopna zadržet větší množství vody než třeba půda lesní, ale zase lesní půda vodu rychle propouští a pomáhá tak k tvoření zásob podzemní vody. U zemědělské půdy závisí na jejím obhospodařováním. Záleží na pěstovaných plodinách a když se po půdě pohybuje těžká technika, dochází k zhutnění půdy, tím pádem se zabrání prosáklivosti a půda není schopna pojmout velké množství vody. V období sucha chybí půdní vlhkost a v období silných srážek se voda drží na povrchu a dochází k odtoku vody a případným erozím půdy (Žalud, Trnka, Hlavinka 2020).

Z hlediska vody v krajině je klíčovým indikátorem hydrologické sucho. Definuje pokles průtoků povrchových toků po určitou dobu po sobě jdoucí, tj. počet dnů, týdnů, měsíců nebo i let, ve srovnání s dlouhodobými průměry za dané období. Podobná kritéria lze aplikovat i na úroveň podzemních vod a pramenišť. Hydrologické sucho často přetrvává i poté, co klimatologické sucho skončilo, a naopak nemusí být zjevné ani při klimatologickém suchu. To je způsobeno postupným pohybem vody v krajině, například průsakem půdou směrem k hladině podzemní vody. Termín „socio-ekonomické sucho“, který odkazuje na možný nedostatek vody pro hospodářské aktivity a pro uspokojení potřeb obyvatelstva. Tento termín reflektuje širší dopady nedostatku vody na společnost a ekonomiku (Rožnovský 2014).

2.3.4 Sněhové charakteristiky

Sníh představuje významný klimatický prvek, který má značný vliv na přírodní prostředí i lidskou činnost. Přítomnost sněhové pokrývky je klíčová pro vytváření dostatečného množství povrchové i podzemní vody. Dále pozitivně ovlivňuje rostlinný kryt tím, že působí jako teplená izolace, a díky své vysoké odrazivosti zvyšuje intenzitu odraženého slunečního záření. Sněžení je jev spojený se srážením tuhých částic z oblaků, a sněhové vločky tvoří ledové krystalky (Tolasz et al. 2007).

Variabilita v množství sněhové pokrývky není stejná pro celou Českou republiku, a její výrazný úbytek závisí na konkrétní lokalitě. V některých oblastech se zaznamenal pokles jak v množství nového sněhu, tak i v maximální výšce sněhové pokrývky. Tento trend je nápadnější v těchto oblastech, to znamená, že i při podobném množství nového sněhu dochází k jeho rychlejšímu tání kvůli vyšším teplotám. V některých oblastech dochází k zkrácení doby trvání sněhové sezóny, protože maximální tloušťka sněhové pokrývky v březnu klesá, což mý negativní dopad na lyžařskou sezónu. Od roku 2001 došlo k výraznému snížení množství sněhové pokrývky, zejména ve vyšších polohách České republiky. V těchto oblastech kleslo průměrné množství nového sněhu o 11 % v porovnání s dlouhodobým průměrem, a maximální

výška sněhové pokrývky je nižší o 7 %. Změny se týkají i charakteru sněhových srážek, kdy klesá počet dní s výraznějším sněžení, a to i v horských oblastech, kde se snižuje maximální dosažená výška sněhu (Tolasz et al. 2019).

2.3.5 Teplota vzduchu

Teplotní rozložení na území České republiky, kdy se často snižuje teplota s rostoucí nadmořskou výškou, může být značně ovlivněna specifickými povětrnostními situacemi a terénními podmínkami. V Česku je typický celoroční výskyt frontálních systémů, které se střídají s oblastmi vysokého tlaku. S těmito frontálními systémy obvykle přichází zvýšená oblačnost a proměnlivé teploty, což je důsledkem výměny vzduchových hmot různého původu, jako je například příliv tropického nebo arktického vzduchu. Teplotní poměry v těchto situacích jsou určeny hlavně fyzikálními charakteristikami příchozích vzduchových hmot a teploty se během dne mohou nepravidelně měnit. Na druhé straně, v období tlakových výší se projevují místní terénní vlastnosti a radiační poměry. Při anticyklonálním počasí má teplota jednoduchý denní cyklus s maximem během odpoledne a minimem ráno. Rozdíl mezi maximální a minimální denní teplotou je přitom nepřímo úměrný množství oblačnosti.

První systematická sledování meteorologických jevů v Čechách a na Moravě započala v roce 1752 v pražské observatoři Klementinum. Nicméně, zaznamenávaní teplotních dat začalo až v roce 1775. Tato měření se prováděla v plechové budce umístěné u okenního rámu kláštera ve výšce zhruba 6 metrů nad zemí (Tolasz et. al 2007).

2.3.6 Horké vlny

Pojem horká vlna lze definovat jako období, ve kterém alespoň ve 3 dnech dosáhla teplota vzduchu 30 °C, každý den dosáhla alespoň 25 °C a současně průměr denních maxim za celé období je nejméně 30 °C. Všechny tři parametry by měly být splněny, aby se jednalo o horkou vlnu (Kyselý 2003). Ovšem horké vlny mají různé definice.

Příčiny vzniku horkých vln je specifický typ atmosférické cirkulace, který tvoří blokující tlakové výše (anticyklony). Tyto blokující anticyklony setrvávají nad danou oblastí alespoň týden a je tím narušen charakter atmosférického proudění. Nedochází k výměně vzduchových hmot a díky malé oblačnosti, což je pro oblasti s vysokým tlakem vzduchu typické, se pomocí slunečního záření výrazně ohřívá atmosféra a zemský povrch a dochází k vývoji horké vlny. Vysokým teplotám a vývoji horké vlny napomáhá také sucho, kdy deficit půdní vlhkosti a srážek je na přelomu jara a léta v České republice typický (Kyselý, Pecho 2012).

V letech 2000-2022 nebyl zaznamenán žádný zřetelný trend v celkové délce horkých vln na území Česka. Výskyt horkých vln v jednotlivých letech byl podmíněn synoptickou situací nad evropským kontinentem během letního období. Nejdelší období horkých vln bylo zaznamenáno v letech 2015 a 2018, kdy extrémně teplá a suchá léta přinesla 41 dní dlouhé období horkých vln. V roce 2022 byla úhrnná délka horkých vln 28 dní, což představuje nárůst o 13 dní ve srovnání s rokem 2021 (Baránková et. al 2023).

2.3.7 Vláhová bilance

Vodní poměry v krajině jsou často vyjádřeny pomocí vláhové bilance, což je zjednodušený ukazatel, který měří rozdíl mezi srážkami a celkovým výparem. V tomto pohledu nejsou zohledněny další složky, jako je povrchový a podzemní odtok, nebo změny zásob vody pod zemským povrchem. Vláhová bilance je vypočítána jako rozdíl mezi srážkami a referenční evapotranspirací. I když tato bilance neodráží přesně skutečné množství vody v krajině, slouží jako užitečný ukazatel pro porovnání vlhkostních podmínek na různých místech nebo v různých letech. Kladné hodnoty vláhové bilance naznačují přebytek vody, zatímco záporné hodnoty signalizují nedostatek srážek. Tento přístup nám umožňuje využívat hodnot vláhové bilance jako indikátoru pro sledování výskytu sucha (Tolasz et al. 2007).

2.3.8 Srážky

V České republice, situované v hlavní evropské rozvodní oblasti, představují atmosférické srážky primární zdroj vodních zdrojů. Tyto srážky jsou charakteristické výraznou variabilitou jak v prostorovém, tak časovém rozsahu, což je důsledkem kombinace fyzikálních procesů vzniku srážek, atmosférické cirkulace a fyzickogeografických vlastností regionu (Tolasz 2007).

Srážky se dělí na vertikální a horizontální (rosa) z čehož na území české republice je 95 % srážek vertikálních, které se dále dělí na kapalné (např. déšť) a pevné (např. sníh, kroupy). Vznik a charakter srážek závisí na mnoha faktorech, včetně teploty a aktuálních povětrnostních podmínek. Srážky se formulují, když se vodní pára v atmosféře kondenzuje, což se obvykle děje ve stoupajícím, a tudíž ochlazujícím se vzduchu. Tento vzestupný pohyb může být způsoben různými faktory, jako je stoupající vzduch nad hory (orografické srážky), přetékání teplého vzduchu přes chladnější (teplá fronta), chladnější vzduch tlačící se pod teplejší (studená fronta), to jsou srážky frontální, které jsou typické pro mírné pásmo. Konvekce způsobená lokálním nerovnoměrným ohříváním povrchu, to jsou srážky konvekční (Trenberth 2011).

V České republice se množství srážek v průběhu času a v různých oblastech značně liší. Existuje střídání suchých a vlhkých let, měsíců či období. V poslední době dochází ke změnám v charakteristice srážek, kdy se zvyšuje počet dní s větším množstvím srážek, často způsobeno konvektivní aktivitou (nerovnoměrným ohříváním zemského povrchu) během letních měsíců. To vede k náhlým prudkým dešťům, někdy spojenými s bouřkami. Současně roste počet období s minimálními nebo žádnými srážkami. V průměru byl roční úhrn srážek v letech 1961-1990 v Česku 682 mm, zatímco v období 1991-2018 to bylo 687 mm. Ačkoliv roční úhrny vykazují určité kolísání, neukazují statisticky významný trend. Nejvýznamnější změna ve srážkách je zaznamenávána na jihu Čech a na západě republiky s nárůstem až o více než 10 %. V ostatních částech země se změny pohybují do 4 % (Lupač, Pavelčík, Březovská 2023).

V zimním půlroce, tj. od října do března, jsou srážky často spojeny s přechodem frontálních systémů a tlakových níží, přičemž jsou typické vrstevnatou oblačností, nižší intenzitou a delším trváním. V letních měsících, od dubna do září, se srážky často vyskytují v souvislosti s konvekčními pohyby vzduchu, které vedou k vývoji cumulonimbové a bouřkové oblačnosti. Tyto letní srážky jsou obvykle krátkodobé, ale intenzivní. Celkové množství srážek je ovlivněno převládající synoptickou situací, kdy v závislosti na jejím průběhu a rozsahu můžeme pozorovat značné prostorové rozdíly. Tyto rozdíly jsou často spojeny s přílivem

vlhkého vzduchu z Atlantského oceánu nebo s příchodem teplého a vlhkého vzduchu ze Středomoří (Tolasz 2007).

V roce 2022 bylo na území Česka srážkově normální období. Průměrný roční úhrn srážek činil 634 mm, což představuje 93 % normálu období 1991-2020. Roční úhrn srážek byl shodný s rokem 2019 a patřil mezi čtyři nejnižší za posledních deset let. Nejvíce suchým rokem v tomto období byl rok 2018 s průměrem 522 mm srážek, ovšem rok 2003 s 504 mm srážek, byl nejsušším od roku 1961 (Baránková et. al 2023).

2.3.8.1 Srážkový stín Krušných hor

Proudící vzduch ze severu až severozápadu se na návětrné straně hor výstupem adiabaticky ochlazuje, vodní pára kondenzuje a vypadávají zde srážky. Po překonání vrcholu vzduch klesá, adiabaticky se zahřívá, oblačnost se zde netvoří a závětrná strana je pak suchá a teplá. Tento jev se nazývá Foehn.

2.3.9 Rizikové atmosférické jevy

Extrémní atmosférické podmínky mohou negativně ovlivnit životní prostředí, ekonomiku a lidské aktivity. Patří sem zejména bouřky, kroupy, mlhy a výrazné srážky.

Bouřka je nejvíce rozpoznatelným projevem elektrické aktivity v atmosféře. Představuje kombinaci elektrických, optických a zvukových jevů, které vznikají mezi oblaky, zejména druhu cumulonimbus, buď mezi těmito oblaky samotnými nebo mezi oblaky a zemí.

Kroupy představují kulové, kuželovité nebo nepravidelné kousky ledu s průměrem větším než 5 mm. Mohou být matné nebo průsvitné, často skládající se z vrstev ledu s různým stupněm průhlednosti. Tyto ledové kusy vznikají v oblacích typu cumulonimbus, kde dochází k namrzání kapének přechlazené vody a následnému ukládání molekul vodní páry přímo na ledových částicích během opakujících se pohybů v mohutných vzestupných a sestupných vzdušných proudech uvnitř bouřkových oblaků.

Mlha představuje atmosférický aerosol složený z velmi malých vodních kapiček nebo drobných ledových krystalků, které jsou rozptýleny ve vzduchu. Tato kondenzovaná vodní pára způsobuje snížení vodorovné dohlednosti na zemi na méně než 1 km alespoň v jednom směru. Vznik mlhy všech typů je podmíněn poklesem teploty vzduchu pod teplotu rosného bodu nebo jejím přiblížením při dostatečném množství účinných kondenzačních jader. Tato situace může nastat v důsledku ochlazení vzduchu, zvýšení vlhkosti vzduchu nebo výměny vzduchových hmot s vhodnými teplotními a vlhkostními charakteristikami (Tolasz et al. 2007).

2.3.10 Klimatologické indexy

Změna klimatu nespočívá pouze ve proměně základních klimatologických faktorů, ale také se projevuje v modifikaci specifických charakteristik, které často hrají klíčovou roli při pochopení těchto změn a při formulaci opatření pro adaptaci. Mezi tyto speciální charakteristiky patří například počet tropických dní, počet mrazových dní a extrémní teploty.

Tropický den je definován jako den, kdy maximální teplota vzduchu dosahuje 30,0 °C a vyšší. Tento teplotní extrém obvykle negativně ovlivňuje krajinu, vedoucí k zvýšené evapotranspiraci rostlin a vysušování okolního prostředí. I když průměrný výskyt tropických dní po celé České republice bývá relativně nízký, v průměru 7 dní ročně v období 1961-2016,

pozorujeme v nedávné době významný nárůst. Například v letech 2015 a 2018 se průměrně v celé zemi vyskytovalo kolem 30 tropických dní. V období 1961-1990 byl průměrný výskyt pouze 4,4 tropických dní za rok. Mezi lety 1981-2010 došlo k nárůstu o 70 % na 7,6 dní ročně. V posledním období 2001-2016 bylo průměrně na celém území ČR zaznamenáno 10,7 tropických dní za rok, což je více než dvojnásobek ve srovnání s normálním obdobím. Podle současných modelových výstupů se v nejbližší budoucnosti neočekává výrazný nárůst počtu tropických dnů. Tyto hodnoty odpovídají trendu, který byl pozorován v posledních letech.

Klimatologickým indexem, který především charakterizuje poměry v zimním půlroce, je počet mrazových dnů. V aktuálním období je pozorován statisticky významný klesající trend v počtu mrazových dnů, který bude pravděpodobně pokračovat i v budoucnosti. V nejbližší budoucnosti se očekává podle emisních scénářů pokles počtu mrazových dnů o 15 %. Ke konci století by měl tento pokles dosáhnout hodnoty mezi 35 % až 60 %, a v nejpesimističtější variantě až 70 %.

Očekává se, že v průběhu času dojde ke změně i u extrémních teplot vzduchu. Průměrná roční maximální teplota k roku 2019 pro celou Českou republiku byla 32,5 °C. V období do roku 2040 se předpokládá relativně malý nárůst této teploty, ale ke konci století by měla vzrůst o 1,3 až 3,9 °C. V zimě by mělo dojít k mírnějším extrémně nízkým teplotám. Průměrné roční minimum teploty v České republice, které k roku 2019 činilo -18,2 °C, by do roku 2050 mělo vzrůst o téměř 4 °C, a ve vzdálenější budoucnosti až o 10 °C (Tolasz et al. 2019).

2.3.11 Vliv změny klimatu na zemědělství

Klimatická změna, projevující se aktuálně a zejména ve svém potencionálním budoucím vývoji, vyvolává obavy vzhledem k vážným dopadům, zejména v oblastech citlivých na životní prostředí, což se týká i zemědělství. Zemědělství je silně podmíněno klimatem a počasím v průběhu zemědělského roku na daném místě. Přestože zemědělství ovlivňuje agroenvirometální systém a tím i klima, je samo ovlivňováno změnami klimatu, což může významně ovlivnit množství a kvalitu zemědělské produkce (Beltrano et al. 2007). Zemědělství je odvětvím, kde se aktuálně projevuje změnu klimatu asi nejvíce, přičemž má klíčový význam z hlediska potravinové bezpečnosti. Kombinace změny klimatu a adaptujícího se zemědělství má značný vliv na úroveň ekosystémových služeb v naší krajině. Současně má zemědělství potenciál zmírňovat dopady změny klimatu na jiné sektory a přispívat k sekvestraci oxidu uhličitého a omezení emisí dalších skleníkových plynů, zejména metanu a oxidů dusíku (Tolasz et al. 2019). Očekávaný nárůst koncentrací CO_2 spolu s variacemi teploty a srážek bude mít přímý vliv na zemědělskou produktivitu. Pokud se koncentrace CO_2 zdvojnásobí při současných klimatických podmínkách, agronomicky udržitelný výnos nadzemních částí travních kultur by vzrostl o 30-40 %, zatímco výnos obilí zejména pšenice, by stoupl o 5-20 %. Vyšší teploty vzduchu budou pravděpodobně mít vliv na růst a vývoj rostlin. Klíčení plodin a další fenologické fáze by se nejspíše odehrávaly dříve, což by mohlo způsobit, že dozrávání nebo sklizňová sezóna začne o 10-14 dní dříve než v současných podmínkách. Je však třeba poznamenat, že brzký začátek některých fenofází na jaře může zvýšit riziko poškození rostlin pozdními mrazy. Očekávaný nárůst teploty by mohl poskytnout dostatečné teplotní podmínky pro produkci termofilních plodin. Nicméně, zvýšená frekvence extrémně vysokých teplot představuje významné riziko přehřátí. V některých částech České republiky, jako jsou části

střední a jižní Moravy a severozápadu Čech, nížinné oblasti kolem Labe (do které spadá České středohoří) a Vltavy, by mohlo dojít k ohrožení suchem, pokud se srážky výrazně nezvýší. To by potenciálně mohlo vést k nižším výtěžkům v těchto oblastech, které jsou považovány za nejproduktivnější v České republice (Beltrano et al. 2007).

Půda je klíčovým a nezastupitelným výrobním prostředkem v zemědělství. Jakékoli změny v jejím složení se okamžitě projeví na polní produkcí. Kromě dopadů sucha, které lze považovat za pravděpodobně nejvýznamnější projev očekávané změny klimatu na produkci, je důležité zdůraznit další závažný dopad, a to zvyšující se erozi půdy. V případě nedostatečné aplikace protierozních opatření lze očekávat, že vyšší výskyt intenzivních srážek, zejména padajících na vyschlou půdu, povede k výraznějším erozním projevům. Monotónnost a jednostranná orientace v rostlinné produkci mohou tuto problematiku ještě zvýraznit. Eroze půdy představuje vážnou hrozbu pro udržitelnost zemědělských systémů a vyžaduje důsledná opatření k jejímu omezení (Tolasz et al. 2019).

2.4 Význam chráněných lokalit v Českém středohoří a jejich vegetační charakteristika

V oblasti Českého středohoří se celkem nachází 49 maloplošných zvláště chráněných území. Z tohoto počtu je 43 umístěno přímo v rámci Chráněné krajinné oblasti Českého středohoří, zatímco zbývajících 6 se nachází mimo tuto oblast. V rámci chráněné krajinné oblasti lze identifikovat 5 národních přírodních rezervací, 8 národních přírodních památek, 12 přírodních rezervací a 18 přírodních památek. Z tohoto počtu se 4 národní přírodní rezervace a 2 národní přírodní památky nacházejí mimo území CHKO (CHKO České středohoří). Nejcennějšími oblastmi jsou zachovalé ekosystémy s charakteristickou stepní, skalní a lesní vegetací, které jsou zařazeny mezi národní přírodní rezervace a národní přírodní památky. Mezi tyto významné lokality patří Sedlo, Oblík, Milešovka, Borečský vrch, Kamenná slunce, Panská skála, Raná a Bílé stráně u Pokratic. Některé z těchto chráněných oblastí jsou součástí evropské sítě chráněných území, známé jako Natura 2000. Důvodem zahrnutí těchto lokalit do této sítě jsou vzácné typy stanovišť, jako jsou květnaté bučiny, suché trávníky a suťové lesy, a výskyt vzácných druhů rostlin a živočichů, jako je losos atlantský, bobr velký nebo koniklec otevřený, střevičník pantoflíček. Celkem se České středohoří může pyšnit 22 evropsky významnými lokalitami v rámci soustavy Natura 2000, mezi něž patří například Údolí Labe, Milešovka, Raná, Oblík a Dolní Ploučnice (Janda, Obermajer, Vlačiha 2012).

2.4.1 Raná

Národní přírodní rezervace Raná ležící v katastrálním území Raná u Loun, okres Louny, patří mezi mezinárodně uznávané oblasti díky svým zachovalým suchomilným travinným společenstvem. Vyskytuje se zde kriticky ohrožený osvíř stepní (*Helictotrichon desertorum*). Tato rezervace je domovem pro bohatou sbírku zvláště chráněných rostlin, včetně tařice skalní (*Aurinia saxatilis*), bělozářky liliovité (*Anthericum liliago*), kozince bezlodyžného, dánského a rakouského, hlaváčka jarního (*Adonanthe vernalis*) a mnoha dalších rostlinných druhů (Mackovčin, Kuncová 1999).

2.4.2 Sedlo

Národní přírodní rezervace Sedlo, umístěna v katastrálních územích Horní Chobolice a Srdov v okrese Litoměřice, představuje impozantní tefritový hřeben s ostrými svahy a velkými skalními sutěmi. Tento hřeben, dosahující výšky 727 metrů nad mořem, je nejvyšším bodem geomorfologického pod celku Verneřického středohoří. Většinu území rezervace pokrývají přirozené listnaté lesy, někde s charakterem pralesa. Jižně orientované skály jsou domovem vzácné teplomilné květeny. V rezervaci se nacházejí různé typy vegetace, od nelesních teplomilných společenstev skal s kontinentálními a submediterránními prvky, přes křovinná společenstva až po lesní porosty, které porůstají většinu území NPR. Mezi zvláště chráněnými druhy zde můžeme nalézt tařici skalní (*Aurinia saxatilis*), kosatce bezlistého (*Iris aphylla*), měsíčnici vytrvalou (*Lunaria rediviva*) a další (Mackovčin, Kuncová 1999).

2.4.3 Oblík

Národní přírodní rezervace Oblík, situovaná v oblasti Mnichova u Loun a Rané u Loun v okrese Louny, představuje významný dominantní vrch. V tomto území mezinárodního významu se nacházejí cenná suchomilná společenstva na výhřevném geologickém podloží zásadité povahy. Oblík se nachází v nejsušší oblasti Čech a charakter jeho vegetace závisí na expozici, morfologii svahů, nadmořské výšce a rozdílných pedogenetických procesech. Z botanického hlediska je Oblík významným modelem pro studium stepní vegetace, přičemž různá svahová stepní společenstva se liší průměrnou druhovou pestrostí. Severní svah Oblíku je porostlý lesem s nízkými dřevinami, zatímco vrchol kopce je částečně ovlivněn lidskou činností. Na oblíku se vyskytují chráněné druhy, jako jsou hlaváček jarní (*Adonanthe vernalis*), koniklec luční *(Pulsatilla pratensis*), divizna brunatá (*Verbascum phoeniceum*) a další (Mackovčin, Kuncová 1999).

2.4.4 Milešovka

Národní přírodní rezervace Milešovka, nacházející se v Milešově u Lovosic v okrese Litoměřice, představuje nejvyšší horu Českého středohoří. Důvodem ochrany tohoto území jsou lesní ekosystémy na svazích výrazného trachytového kuželu, společenstva skal a sutí a další hodnoty a jevy které vycházejí z výjimečného postavení Milešovky v rámci Českého středohoří. NPR zahrnuje téměř celý jižní svah kuželu, ačkoliv hranice chráněného území na severní straně dosahuje až k vrstevnici 740 metrů nad mořem. Lesní porosty pokrývají prakticky celé chráněné území a na světlejších místech nebo v blízkosti skalních výchozů lze najít několik zvláště chráněných druhů rostlin, například kosatec bezlistý (*Iris aphylla*) nebo lilii zlatohlávek (*Lilium martagon*). Na podpovrchových sutích se vyskytuje kapradinka skalní (*Woodsia ilvensis*) a další vzácné druhy (Mackovčin, Kuncová 1999).

2.4.5 Kamenná slunce

Národní přírodní památka Kamenná slunce představuje holý pahorek ležící nad mělkým údolím Hnojnického potoka, který nese stopy po historické těžbě. Tato lokalita se nachází v Hnojnicích, v okrese Louny. Hlavním předmětem ochrany jsou takzvaná kamenná slunce ve stěně bývalého zemníku, což jsou jádra jílovitých zemin obklopená paprskovitými prasklinami.

V nezměněných částech svahů pahorku, zejména na přelomu května a června, se vyskytuje pestře barevná teplomilná květena. Mezi zastoupenými druhy je len rakouský (*Linum austriacum*), bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*), čistec přímý (*Stachys recta*), silenka paušnice (*Silene otites*) a dalších (Mackovčin, Kuncová 1999).

2.4.6 Flora Českého středohoří

Rostlinstvo v oblasti Českého středohoří se řadí mezi nejpestřejší ve střední Evropě a patří mezi oblasti s výjimečně bohatou flórou na území České republiky. Tato výjimečná rozmanitost je důsledkem proměnlivosti životních podmínek, které jsou charakterizovány různorodými klimatickými a půdními podmínkami. Tyto podmínky jsou dány pestrou geologickou historií a klimatickým vývojem regionu (Janda, Obermajer, Vlačiha 2012). V této oblasti se nachází mnoho unikátních druhů rostlin, včetně těch, které jsou považovány za endemity, tedy druhy, které se vyskytují pouze zde a nikde jinde v České republice. Mezi tyto unikátní druhy patří například jeřáb český (*Sorbus bohemika*), jeřáb milský (*Sorbus milensis*), jeřáb soutěskový (*Sorbus portae-bohemicae*), jeřáb labský (*Sorbus albensis*), kavyl sličný (*Stipa pulcherrima*) a kavyl olysalý (*Stipa zalesskii*). Kromě toho se zde vyskytují i druhy, které jsou na okraji svého světového areálu rozšíření, jako je například ovsíř stepní (*Helictotrichon desertorum*). Některé vzácné druhy, které rostou i v jiných částech České republiky, mají v Českém středohoří své nejpočetnější populace. Jedná se o druhy kavyl tenkolistý (*Stipa tirsa*), kozinec bezlodyžný (*Astragalus excapus*) a kozinec dánský (*Astralagus danicus*). Tato vysoká biodiverzita a přítomnost unikátních a vzácných druhů činí CHKO České středohoří nejenom důležitým místem z hlediska ochrany krajiny, ale také cenným územím pro vědecký výzkum a studium biologické diverzity (AOPK ČR 2014). V oblasti Českého středohoří nalezneme širokou škálu botanických druhů z různých geografických oblastí a klimatických podmínek. Zde se setkávají druhy typické pro vlhké západní atlantické regiony stejně jako druhy adaptované na sušší kontinentální prostředí na východě. Kromě toho jsou zastoupeny i druhy charakteristické pro severní a jižní část Evropy. Mnohé z těchto druhů, jako například kapradinka skalní, játrovka a lomikámen trsnatý, jsou zde přítomny již od doby ledové. Tato rozmanitost krajiny se odráží i v různých typech biotopů, které zahrnují skalní stepi, suťové lesy, bučiny, vlhké louky, rašeliniště, extrémně suché oblasti a travnaté plochy (CHKO České středohoří).

České středohoří se vyznačuje bohatým výskytem rozmanitých druhů hub, mechů a lišejníků, včetně těch, které jsou zvláště chráněné nebo vzácné. Tyto druhy se nacházejí v různých typech biotopů. Což ukazuje na ekologickou rozmanitost této oblasti. Přestože botanické studie týkající se vyšších rostlin v Českém středohoří jsou poměrně dobře zdokumentované, mykologický a bryologický průzkum týkající se hub a mechů je stále nedostatečný. Většina této oblasti zůstává v těchto aspektech neprozkoumaná a chybí zde systematické vědecké průzkumy (AOPK ČR 2014).

Oblast Loun, nacházející se v jižní části Českého středohoří, je známá svými suchými a teplými podmínkami, což je důsledek srážkového stínu Krušných hor. V této oblasti nalezneme kavylové stepi a výskyt všech českých druhů kavylů. Stepní vegetaci doprovázejí vzácné druhy, jako je kozinec dánský, divizna brunátná a violka obojaká. Na rozdíl od jiných oblastí Českého středohoří zde nejsou přítomny bučiny. Na extruzivních horninách, známých též jako vulkanity,

díky bohatému minerálnímu podkladu, se však vyskytují vzácné druhy rostlin, včetně orchidejí (CHKO České středohoří). Čeleď Vstavačovité patří mezi velmi populární a bohaté čeledi cévnatých rostlin, zejména díky svému atraktivnímu vzhledu. V České republice se udává výskyt přibližně 70 druhů a poddruhů vstavačovitých rostlin. Na území Českého středohoří byl historicky zaznamenán výskyt 38 taxonů, což činí necelých 60 % z celkového výskytu identifikovaných orchidejí. Ovšem ve 20. století spousta druhů ustoupila, díky vyhynutí vzácných a ohrožených lesních i lučních biotopů. Příkladem je v minulosti hojně vyskytovaný prstnatec bezový *(Dactylorhiza sambucina*), který se vyskytoval více než v třiceti lokalitách po Českém středohoří. Rostl na nehnojených loukách a světlých lesích. Prstnatec bezový byl naposledy nalezen na počátku 80. let 20. století. Je to dáno díky ústupu biotopů, které prstnatec vyhledával. Tyto krajiny s bohatými lučními společenstvy podlehly rozvoji zemědělství, kdy plochy byly rozorány nebo hnojeny minerálními hnojivy. Dalším vlivem ústupu bylo velmi silné imisní zatížení díky spalování uhlí v Mostecké pánvi. Nejlepší podmínky pro orchideje jsou nehnojené a extenzivně spásané louky. Tyto oblasti se nachází v širokém okolí obce Babiny mezi Litoměřicemi a Ústím nad Labem. Díky menšímu imisnímu znečištění dochází k návratu některých druhů do krajiny Českého středohoří. Nejvýznamnějším zástupcem je Okrotice bílá (Nepraš, Kroufek 2011).

Oblast Milešovského středohoří, tedy centrální část území chráněné krajinné oblasti, je charakterizována vlhčím a oceánským typem klimatu. Typickými porosty zde jsou především doubravy a dubohabrové háje. V horských oblastech se vyskytují bučiny, které v mnoha případech byly transformovány na kulturní smrčiny. Na loukách v nižších polohách jsou k nalezení vzácné a ohrožené druhy, mezi které patří hadí mord nízký, kostřava ametystová a kosatec sibiřský (CHKO České středohoří).

„18 druhů rostlin se řadí mezi kriticky ohrožené (koniklec otevřený, jeřáb český), 44 druhů je silně ohroženo (kavyl obecný, střevičník pantoflíček) a 44 druhů se řadí mezi ohrožené (pelyněk pontický, hvězdnice chlumní)“ (Janda, Obermajer, Vlačiha 2012).

V druhé polovině 20. století prošlo České středohoří náročným obdobím, kdy se ocitlo na okraji takzvaného černého imisního trojúhelníku, což je oblast významného průmyslového znečištění. Původní listnaté lesy této oblasti byly odolnější vůči znečištění než smrky a jedle, které je nahrazovaly. Tato situace negativně ovlivnila i různé druhy bylin a menší živočichy. Znečištění v této oblasti nebylo pouze důsledkem emisí oxidu siřičitého z nedaleké hnědouhelné pánve a průmyslových oblastí, ale také oxidy dusíku z intenzivní dopravy. Zejména v Labském údolí, které je špatně větratelné a kde se nacházejí frekventované komunikace na obou stranách údolí. Ústecká městská aglomerace je dalším významným zdroje znečištění, což přispívá k celkovému zhoršení kvality ovzduší v regionu (Ložek, Juřičková, Horáčková 2017).

2.4.6.1 Fenologie

Fenologie je vědecký obor, který zkoumá časový průběh opakujících se životních cyklů rostlin a živočichů v reakci na vnější prostředí, především na podnebí a počasí. Fenofáze je dobře rozpoznatelná a pravidelně se opakující fáze ve vývoji rostlin, jako jsou rašení, olistění, kvetení, dozrávání plodů, nebo žloutnutí listů. Meteorologické faktory, zejména teplota vzduchu, sluneční svit a srážky, mají klíčový vliv na začátek a průběh těchto fenologických

fází, a další faktory, například teplota a vlhkost půdy, mohou také ovlivňovat vývoj. Při změně klimatu může docházet k posouvání jednotlivých druhů rostlin a může to představovat například určité změny pro zemědělce (Tolasz et al. 2007).

2.5 Úvod do emisních scénářů a klimatických modelů

Analýza dopadů klimatických změn na ekosystémy a lidské společnosti závisí na přesných a detailních meteorologických datech. Různé aspekty klimatických změn, jako jsou změny v teplotě, srážkách a slunečním záření, mají významné důsledky jak pro přírodní ekosystémy, tak pro lidské aktivity, zejména v zemědělství. Modely růstu plodin využívají tato data k odhadu, jak budou různé scénáře klimatických změn ovlivňovat produkci rostlin. To zahrnuje předpovědi ohledně optimálních dob výsevu, potřebné množství závlah, rizik stresu z tepla či chladu a potencionálních změn v plodinách, které budou v dané oblasti nejlépe prosperovat (Dubrovský, Nemešová, Kalvová 2005). Odhad změny klimatu v časovém horizontu nejbližších desetiletí a století se provádí pomocí klimatických modelů. Jedná o změny klimatu výhradně vyvolané antropogenní činností, tedy nárůst skleníkových plynů v atmosféře (Raidl, Kalvová 1998). Klimatický model je matematické znázornění klimatického systému Země, tedy atmosféra, oceán, kryosféra, pevný zemský povrch a biosféra) (Kalvová, Mikšovský 2007). Při vytváření klimatického modelu je nejprve nutné modelově popsat klimatický systém, dále se provádí odhad očekávaného vývoje světové makroekonomiky, demografie, energetiky, technologií apod. V posledním kroku se provádí modelové simulace dalšího vývoje. Tedy porovnává data z minulosti, z plánovaného vývoje emisí skleníkových plynů na bázi předpokládaného světového vývoje (ČHMÚ). Tyto modely prostřednictvím složitých matematických rovnic by měly popsat základní fyzikální a chemické procesy, které probíhají a budou probíhat v klimatickém systému (Raidl, Kalvová 1998). Projekce vývoje klimatu vytváří dolní a horní a nejlepší odhad, ale je nutné si uvědomit, že se nejedná o předpověď. Při modelování vývoje světového i regionálního klimatu se tedy nejedná čistě o práci klimatologů, ale vzájemnou spoluprací s dalšími odborníky vědních disciplín jako je ekonomie, sociologie, demografie, energetika a technologie (ČHMÚ). Globální klimatické modely (GCM) jsou naším hlavním nástrojem pro odhadování toho, jak se bude globální klimatický systém chovat v nadcházejících stoletích (Kendon et al. 2010). GCM (General Climate Models nebo General Circulation Models) mají tři základní složky: model atmosféry, model oceánu a model kryosféry. V globálních klimatických modelech se používá trojrozměrný model cirkulace atmosféry propojený s modelem oceánské cirkulace (Kalvová, Mikšovský 2007). Atmosférický model obsahuje dynamickou, fyzikální a doplňkovou část. Dynamická složka obsahuje pohybové rovnice, transport hmoty suchého vzduchu a vodní páry, přeměny energie. Fyzikální část zahrnuje radiační diagramy znázorňující transport krátkovlnného slunečního záření a emisí a absorpci dlouhovlnného záření v systému, dále i původ a rozložení oblačnosti, atmosférické srážky a uvolňování latentního tepla. Doplňková popisuje mechanismy přenosu hmoty, hybnosti, zdánlivého a latentního tepla mezi atmosférou a pevným zemským povrchem a oceány, topografii zemského povrchu a vegetace (Raidl, Kalvová 1998). Vzhledem k velmi hrubému rozlišení GMC (obvykle 150-300 km) mohou poskytovat informace o změně klimatu pouze v rozsáhlých regionálních měřítcích. Informace o změně

klimatu s vyšším rozlišením lze získat pomocí regionálních klimatických modelů (RCM), které pokrývají menší oblast s vyšším rozlišením (50 km nebo jemnějším). Tyto modely se prokázaly a často se používají k poskytnutí přesných geografických a časových podrobností o tom, jak může lokálně nastat změna klimatu (Kendon et al. 2010).

Emisní scénáře spočívají o tom, že jestliže chceme zjistit, jak může lidská činnost uvolňováním skleníkových plynů do atmosféry v budoucnu změnit klima. Musíme nejprve získat informace o nárůstu emisí a koncentrace skleníkových plynů v budoucích letech (Kalvová, Mikšovský 2007). Budoucí emise skleníkových plynů (GHG) jsou výsledkem velmi složitých dynamických systémů, které jsou ovlivňovány vlivy, jako je populační vývoj, socioekonomický rozvoj a technologický pokrok. Jejich budoucí vývoj je docela nejistý. Scénáře představují různé vize toho, jak se může budoucnost vyvíjet a jsou ideálním nástrojem pro analýzu toho, jak mohou hnací faktory ovlivnit budoucí výsledky emisí a posouzení doprovodných nejistot. Pomáhají s analýzou změny klimatu, což je modelování klimatu a hodnocení výsledků, adaptace a zmírňování změny. Pravděpodobnost, že by došlo k jakékoli jednotlivé emisní cestě, jak je specifikováno ve scénářích je extrémně malá. (IPCC Working Group III 2000) Mezivládní panel OSN pro změnu klimatu (IPCC) již od roku 1988 slouží jako nejdůležitější orgán věnující se problematice změny klimatu a emisním scénářům. Pravidelně vytváří souhrnné, hodnotící a technické zprávy. První emisní scénáře vydala IPCC v roce 1990 pod názvem SA90, které se zaměřovaly na případné emise skleníkových plynů. Scénář „Business as Usual“ („Jako obvykle“) se skládal na příspěvcích z 21 zemí a byl sestaven až do roku 2030. Scénář předpokládal zásady nebo strategie, které by vedly ke snížení růstu emisí skleníkových plynů (IPCC TGNES 2006). V poslední době se zejména požívají emisní scénáře IPCC se zkratkou SRES (Special Report on Emission Scenarios). Tento systém scénářů čtyři hlavní „rodiny“ scénářů označené A1, A2, B1, B2 (Kalvová, Mikšovský 2007). Šest modelových skupin vytvořilo celkem 40 scénářů SRES. Všechny jsou stejně validní bez přiřazených pravděpodobností výskytu. Kolekce scénářů se skládá z šesti skupin scénářů převzatých ze čtyř rodin. Jeden z každé skupiny A2, B1, B2 a tři ze skupiny A1, které charakterizují alternativní pokroky energetických technologií. Technologie A1FI (náročné na fosilní paliva), A1B (vyvážené) a A1T (nefosilní zdroje energie). Rodina A1 popisuje budoucí svět s velmi rychlým nárůstem ekonomiky, globální populaci, která dosáhne vrcholu v polovině století a poté bude klesat a představení nových a efektivnějších technologií. Rodina A2 popisuje velmi různorodý svět. Zastřešujícím tématem je soběstačnost a zachování lokální identity. Trendy stále rostoucí světové populace. Hospodářský vývoj má do značné míry geografický charakter, přičemž hospodářský růst na hlavu je výjimkou. Technologický pokrok je rozptýlenější a pomalejší od ostatních rodin. Příběh scénářů rodiny B1 zobrazuje konvergentní svět se stejnou globální populací jako u rodiny A1, ale s rychlými změnami v ekonomických strukturách směrem k ekonomice služeb a snižování materiálové náročnosti a zavádění čistých technologií, které účinně využívají zdroje. Důraz je kladen na globální řešení pro ekonomickou, sociální a enviromentální udržitelnost. B2 zobrazuje budoucnost, kde jsou prioritou místní řešení ekonomické, sociální a enviromentální udržitelnosti. Je to svět s nižším tempem růstu globální populace než v A2. Střední úrovní ekonomického rozvoje a méně rychlým a diverzifikovaným technickým pokrokem než v B1 (Töpfer, Davidson, Metz 2000).

Výzkumníci zabývající se klimatem přijímají soubor scénářů známých jako Representative Concentration Pathways (RCPs), které prezentují možné vývoje atmosférického

složení. Tyto RCPs rozšiřují a částečně nahrazují scénářové předpovědi atmosférického složení, včetně těch uvedených ve SRES (Meinshausen et al. 2011). Tyto scénáře jsou označeny podle přibližného skleníkového efektu ve Wattech na metr čtvereční v roce 2100 ve srovnání s rokem 1750 a zahrnuje čtyři hlavní varianty. Nízké emise, označované jako RCP2,6, představují výrazné omezení růstu koncentrace skleníkového plynu oxidu uhličitého v následujících letech. Tato zmírněná varianta s nízkým dopadem dosahuje celkového zesílení skleníkového efektu 2,6 W/m^2. Tento scénář je považován za velmi nepravděpodobný, jelikož by vyžadoval velmi přísná a účinná opatření ke snížení emisí. Střední emise, označované jako RCP4,5 a RCP6,0, představují tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kde emise nejsou striktně omezeny, ale zároveň je regulován jejich růst. Jedná se o stabilizační scénáře, jejichž celkové zesílení efektu dosahuje 4,5 W/m^2 a 6,0 W/m^2. Vysoké emise, označované jako RCP 8,5, představují scénář „business as usual“ přístup, kde se očekává pokračování s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nejsou nijak omezeny. Celkové zesílení skleníkového efektu dosahuje 8,5 W/m^2 (Trnka, Žalud, Hlavinka, Bartošová 2016).

Intergovernmental Panel on Climate Change průběžně vydává tzv. hodnotící zprávy (Assessment Report), které hodnotí informace ze všech vědních oborů podílejících se na změně klimatu. Nejaktuálnější hodnotící zprávou je AR6, jejíž počáteční příspěvek byl zveřejněn v roce 2021 a souhrnná zpráva byla vydána v roce 2023 (IPCC). Šestá hodnotící zpráva (AR6) obsahuje příspěvky tří pracovních skupin. První pracovní skupina (Working Group I) se zaměřuje na fyzikální vědní základ. Druhá pracovní skupina (Working Group II), se zaobírala dopady, adaptací a zranitelností a třetí pracovní skupina (Working Group III) se soustředila na zmírnění a sepsání souhrnné zprávy (Lee et al. 2023). Hlavní témata této zprávy jsou rozděleny do tří hlavních skupin A, B a C, které se dále dělí na jednotlivé podskupiny hlavních skupin. Skupina A hodnotí aktuální stav a trendy, skupina B budoucí změnu klimatu, rizika a dlouhodobé reakce a skupina C odpovědi v blízké budoucnosti (Lee et al. 2023).

Česká republika, jako součást Evropské unie, aktivně spolupracuje na evropských snahách o snižování emisí skleníkových plynů. Tento závazek plyne z rostoucích ambicí EU v oblasti ekologie a je součástí dodržování Pařížské dohody, která si klade za cíl výrazně snížit globální emise. V důsledku těchto závazků bude Česká republika muset aktualizovat své cíle pro roky 2030 a 2050, a to jak v nastavení samotných cílů, tak v implementaci konkrétních opatření k jejich dosažení. K roku 2019 Česká republika zaznamenala pokles emisí o 38 % ve srovnání s referenčním rokem 1990, což ukazuje na pokrok, ale zároveň poukazuje na potřebu dalšího úsilí v této oblasti (Baránková et. al 2021).

Pojem „rozptylové podmínky“ se vztahuje na schopnost atmosféry rozptylovat znečišťující látky uvolňované do ovzduší. Tyto podmínky jsou dnes neodmyslitelnou součástí meteorologických předpovědí. Pro jejich objektivní hodnocení v různých časových obdobích se využívá tzv. ventilační index. Tento index poskytuje číselný údaj o rozptylových podmínkách. Od prosince 2012 je ventilační index integrován do předpovědního numerického modelu ALADIN, který se používá pro výpočet a predikci počasí (Škáchová 2020).

2.6 Klimatický normál

Světová meteorologická organizace (WMO) a její předchůdce, Mezinárodní meteorologická organizace (IMO), již zhruba 75 let koordinují vydávání globálních

klimatických normálů na měsíční bázi. Členské země IMO/WMO byly poprvé pověřeny vytvořením klimatických normálů pro své teritoria pro období 1901-1930 a jsou povinny tyto normály aktualizovat každých 30 let, což vedlo k vytvoření normálů pro období 1931-1960 a 1961-1990. Od roku 1956 WMO doporučuje, aby členské země přepočítávaly své 30leté klimatické normály každých 10 let. Přestože některé členské státy tyto normály neaktualizují každé desetiletí, pro lepší srozumitelnost se obvykle odkazuje na každých 10 let aktualizovaný 30letý průměr jako na standardní klimatický normál WMO (Arguez, Vose 2011).

3 Metodika

Analýza vývoje teplot a srážkových poměrů umožňuje detailní popis změn klimatu v Česku. Hydrometeorologické podmínky aktivně ovlivňují stav životního prostředí a jsou základním faktorem ekonomické zátěže. Tyto podmínky mají významný podíl na vzniku sucha a povodní, ovlivňují rozptyl znečišťujících látek ve vzduchu a jejich atmosférické koncentrace. Zároveň mají důsledky na tvorbu přízemního ozonu a kvalitu povrchových a podzemních vod. V oblasti hospodářských odvětví jsou teploty a srážky klíčovým faktorem pro zemědělství, energetiku a vodní hospodářství. Narůstající extrémní teploty v letním období představují výrazné riziko i pro lidské zdraví (Baránková et. al 2023). Cílem analýzy dat je nastínit změnu klimatu v oblasti Českého středohoří a případný dopad změny na místní vegetaci za období 1961-2022. Analýza byla provedena na datových souborech průměrné měsíční teploty vzduchu, maximální a minimální teploty vzduchu za měsíc a rok a měsíčního úhrnu srážek z vybraných meteorologických stanic na území Českého středohoří. Klíčovou úlohou analýzy bylo, zaznamenání trendu vývoje hodnocených charakteristik. Použita byla lineární trendová funkce. Všechna data byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu a prezentována jsou pomocí vytvořených grafů.

3.1 Výběr vhodných klimatologických stanic v Českém středohoří

Pro analýzu datových souborů průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek na území Českého středohoří jsem zvolil klimatologické stanice Milešovka, Děčín a Teplice. Tyto stanice byly vybrány z důvodu jejich rozdílných orografických podmínek a rozprostření po Českém středohoří. Milešovka je nejvyšší horou, nachází se v CHKO České středohoří a klimatologická stanice je v 837 m n. m., naopak klimatologická stanice Děčín se nachází v údolí u řeky Labe s nadmořskou výškou 162 m n. m. Stanice Teplice se nachází v městské aglomeraci 227 m n. m., tudíž se všechny tři stanice nacházejí v odlišných podmínkách a zároveň jsou rozprostřeny po území Českého středohoří.

3.2 Sběr datových souborů teploty vzduchu a úhrnu srážek z Českého hydrometeorologického ústavu

Sběr veškerých dat byl z webu Českého hydrometeorologického ústavu.

Historické záznamy teplot vzduchu a úhrnů srážek byly čerpány z datového archivu Českého hydrometeorologického ústavu. Pro tuto analýzu byly vybrány data od roku 1961 do roku 2022.

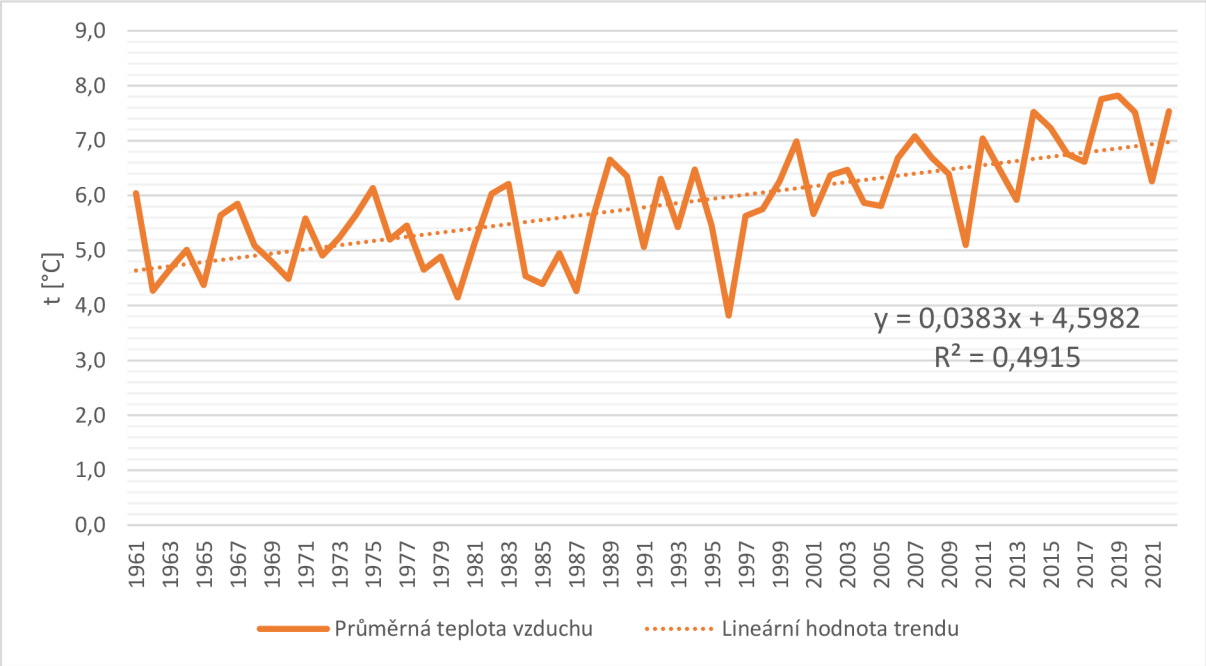
4 Výsledky

Za období 1961-2022 můžeme pozorovat rostoucí trend teploty vzduchu, což je v souladu s globálním oteplováním. Zvýšení průměrné roční teploty vzduchu je významné a naznačuje dlouhodobé oteplení. Tento trend může mít vliv na místní vegetaci, jako je například posun vegetačních období, změny v biodiverzitě a rozšíření exotických druhů rostlin do této oblasti. U úhrnu srážek nedochází ke klesavému či stoupavému trendu, ale ke střídání vlhčích a sušších období.

4.1 Trend průměrných teplot vzduchu

Z analýzy dat vyplývá, že průměrné teploty vzduchu v oblasti Českého středohoří za sledované období 1961-2022 vykazují významný nárůst. Tento trend je patrný zejména v letních měsících, přičemž červenec je nejteplejším měsícem. Nárůst průměrných teplot má významný dopad na vegetaci, zejména na její fenologii a růst. Zvýšení teplot může vést k posunu vegetačního období, zkrácení doby vegetace a změnám ve složení a distribuci rostlinných druhů.

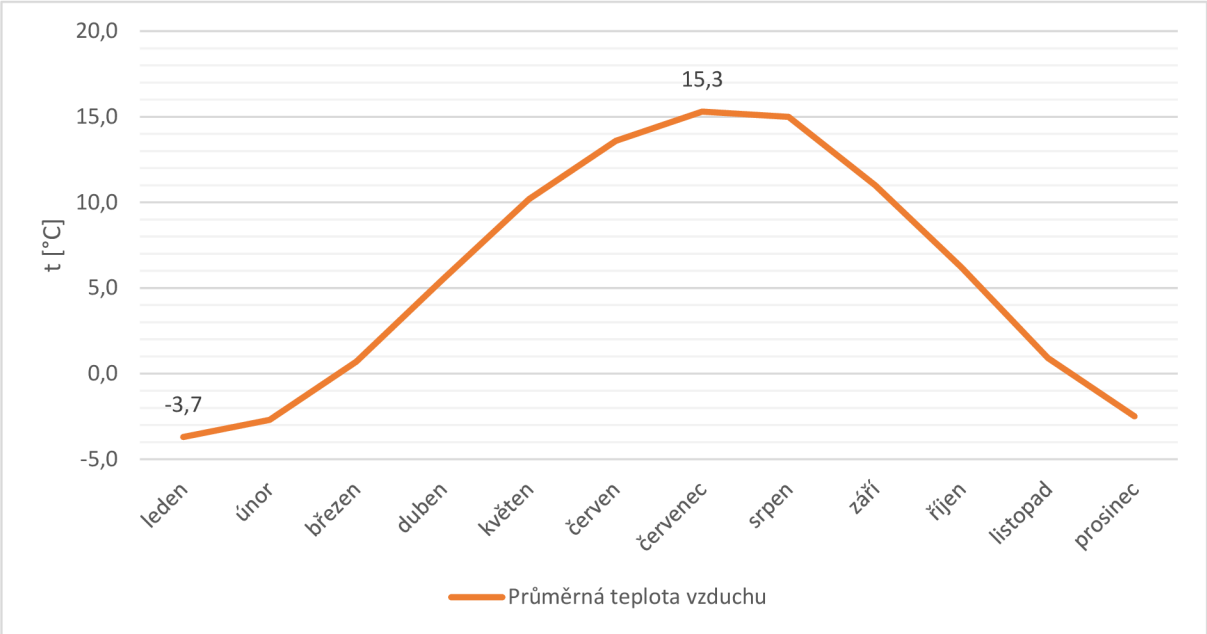
4.1.1 Milešovka



Graf 1: Milešovka – průměrná roční teplota vzduchu v období 1961-2022.

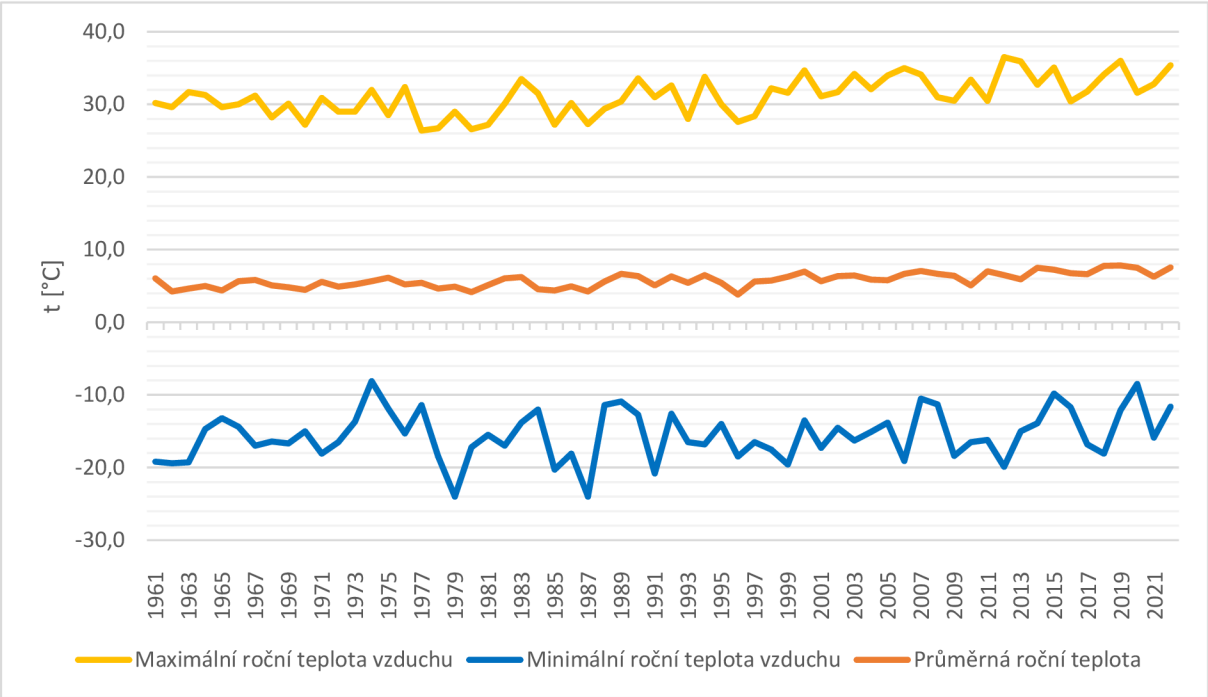
V Grafu 1 vidíme, že na Milešovce je zvýšení průměrné roční teploty vzduchu z 6,0 °C v roce 1961 na 7,5 °C v roce 2022. Což činí nárůst průměrné teploty vzduchu o 1,5 °C za

měřené období. Lineární rovnice trendu ukazuje, že průměrná teplota vzduchu se na Milešovce zvyšuje o 0,38 °C za dekádu.



Graf 2: Milešovka – dlouhodobý průměr měsíčních průměrů teploty vzduchu za období 1961-2022.

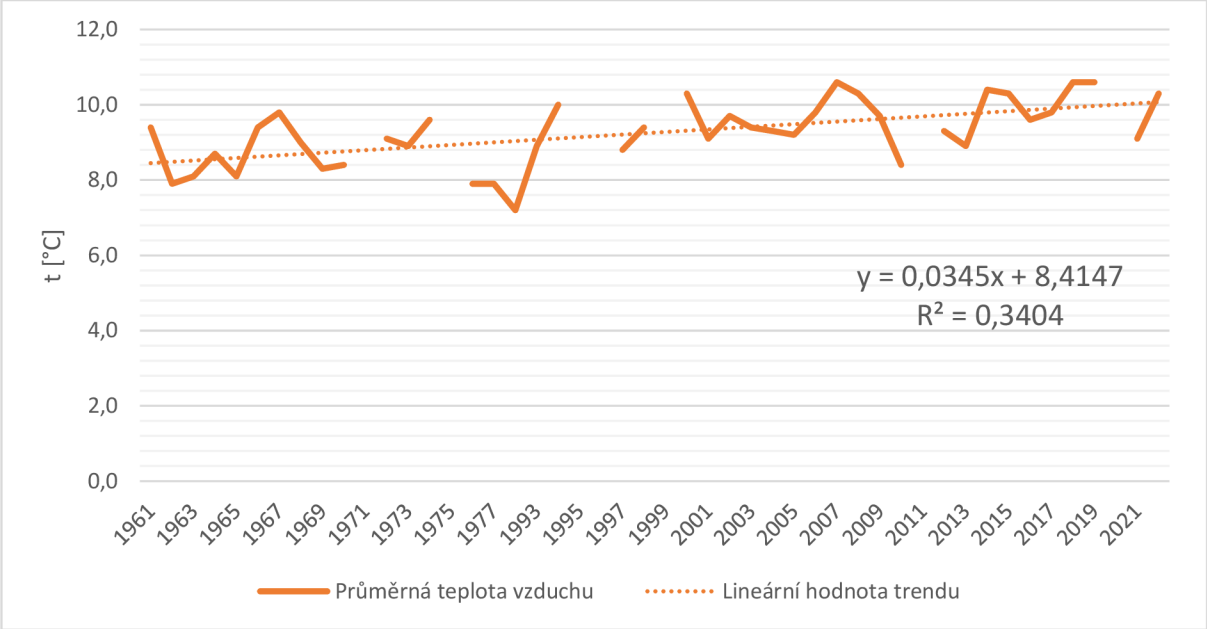
Z Grafu 2 průměrných teplot v jednotlivých měsících za celé období je zřejmé, že nejteplejším měsícem je na Milešovce červenec, což je typické pro letní období. Tento faktor je důležitý pro pochopení sezónních změn a může být klíčovým faktorem pro plánování zemědělských aktivit a dalších ekonomických činností v této oblasti.



Graf 3: Milešovka – maximální a minimální naměřená teplota vzduchu v porovnání s průměrnou roční teplotou vzduchu v období 1961-2022.

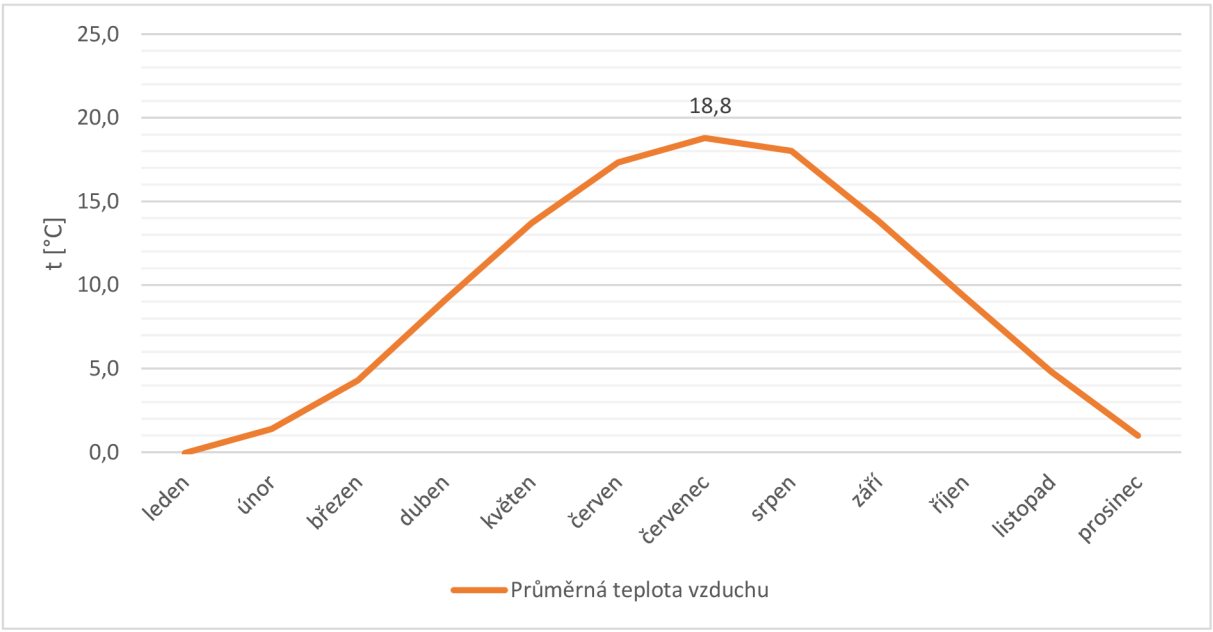
Z analýzy maximální a minimální teploty vzduchu za rok na Grafu 3, lze pozorovat, že maximální teploty postupně narůstají, zatímco minimální teploty klesají. Tento jev může odrážet zvýšenou frekvenci extrémních teplotních událostí, které mohou mít důsledky pro zemědělství, lidské zdraví a infrastrukturu. Informace o nejvyšší naměřené teplotě vzduchu 36,5 °C a nejnižší teplotě vzduchu -24,0 °C poskytují přehled o rozsahu teplotních extrémů, které mohou ovlivnit životní podmínky v této oblasti a také naznačují změny frekvencí a intenzitě extrémních teplotních událostí.

4.1.2 Děčín



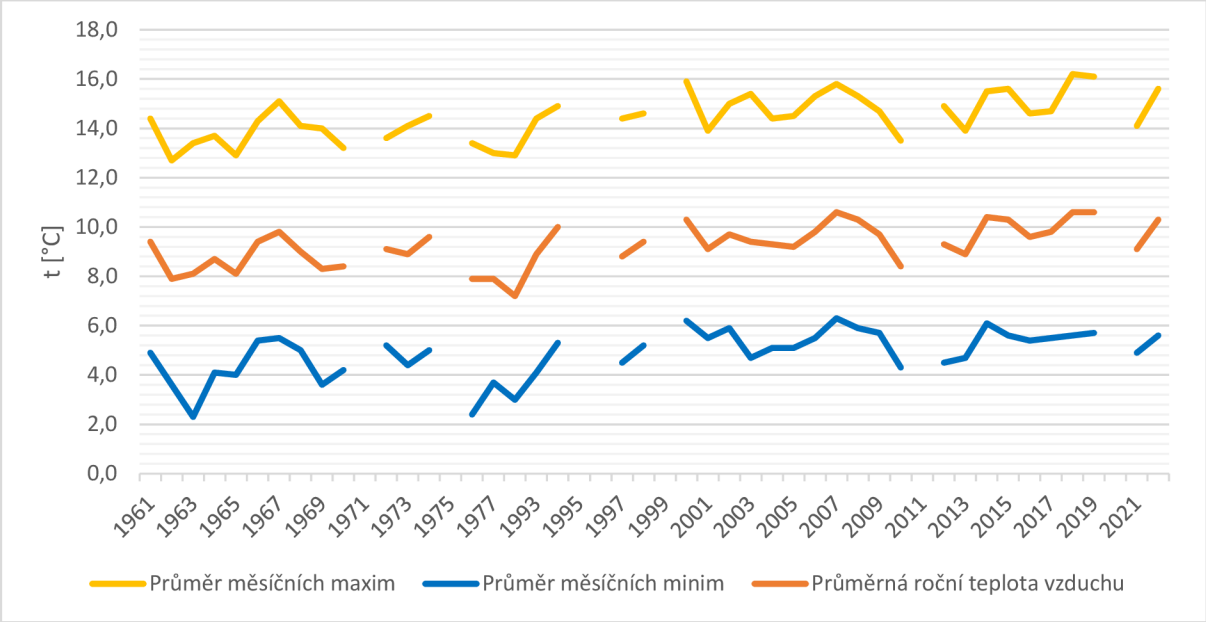
Graf 4: Děčín – průměrná roční teplota vzduchu v období 1961-2022.

Klimatologická stanice v Děčíně také ukazuje narůstající trend průměrné teploty vzduchu, jak je možné vidět na Grafu 4. Z lineární rovnice trendu můžeme vyčíst, že se v Děčíně průměrná teplota vzduchu zvyšuje o 0,35 °C za dekádu.



Graf 5: Děčín – dlouhodobý průměr měsíčních průměrů teploty vzduchu za období 1961-2022.

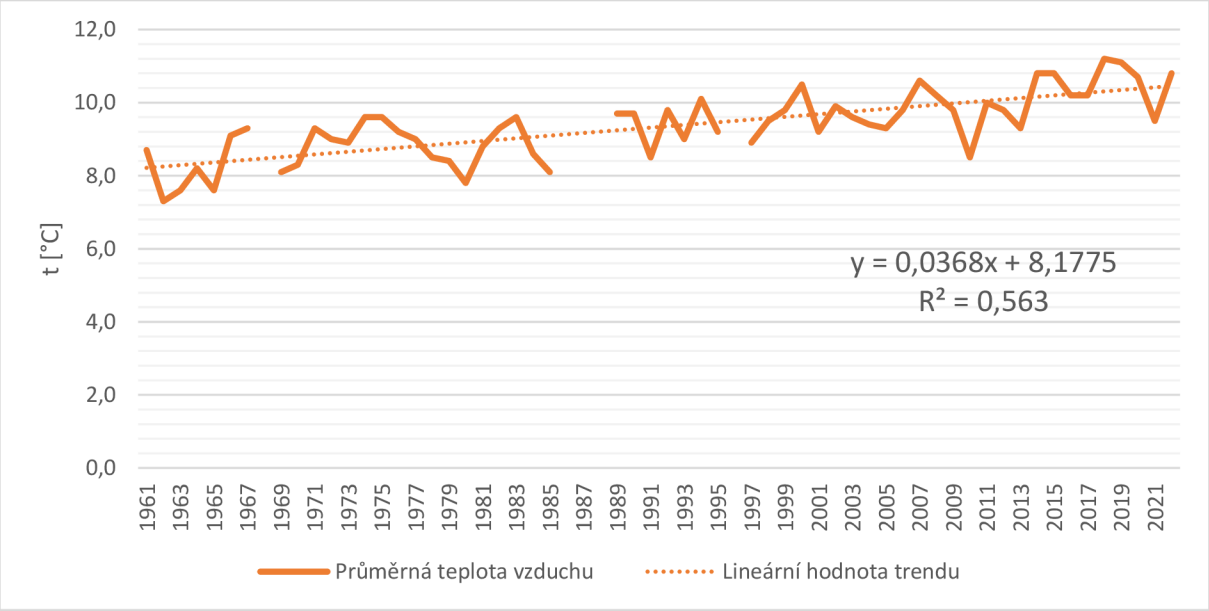
Na Grafu 5 průměrných teplot v jednotlivých měsících je patrné, že nejteplejší měsíc je opět červenec s průměrnou teplotou vzduchu 18,9 °C.



Graf 6: Děčín – průměr měsíčních maxim a minim teploty vzduchu v porovnání s průměrnou roční teplotou vzduchu v období 1961-2022.

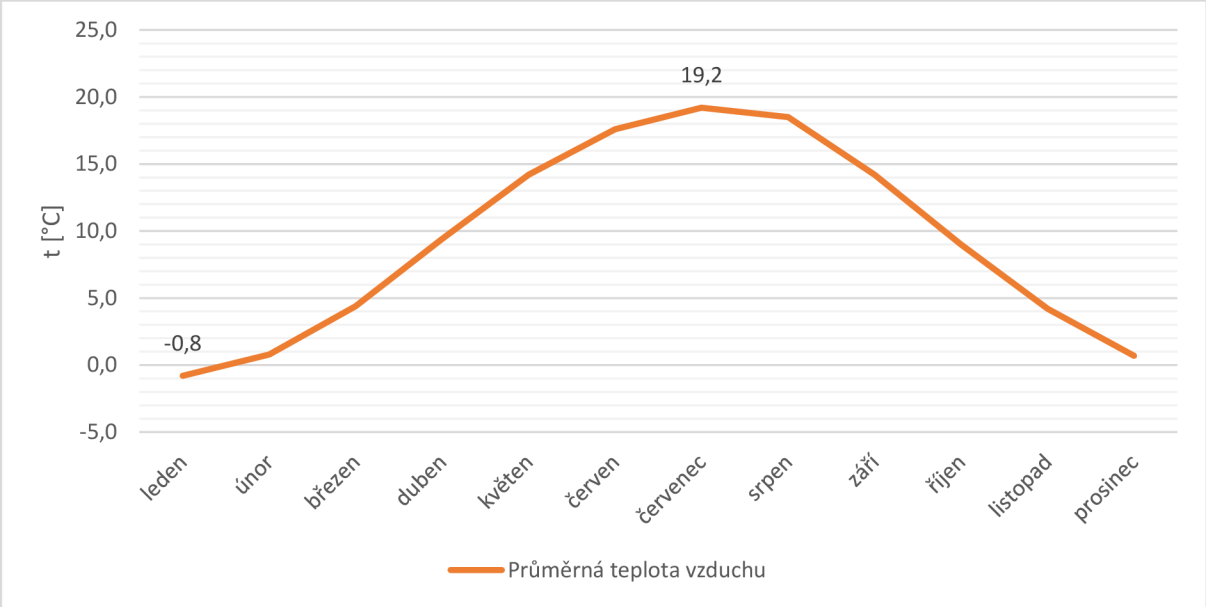
Na Grafu 6 průměrných měsíčních maxim a minim teploty vzduchu, můžeme vidět, že v průměru byl nejbohatší na maxima rok 2018 a průměr ročních maxim se v Děčíně nikdy nedostal pod 2,0 °C.

4.1.3 Teplice



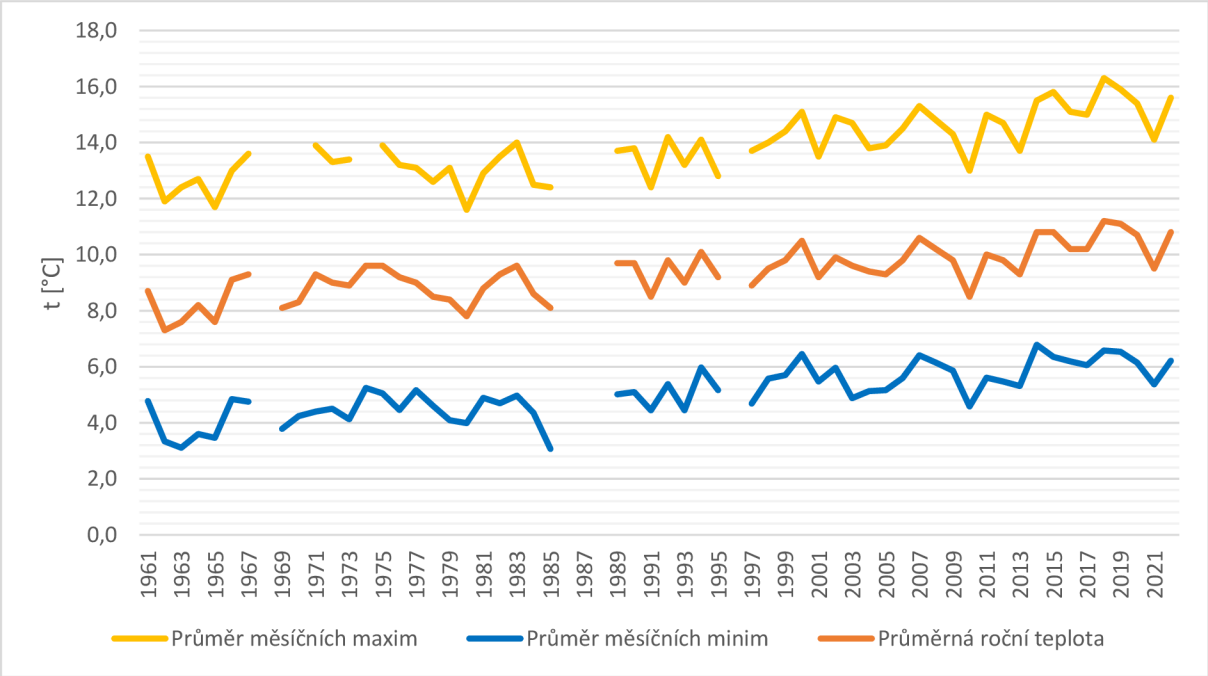
Graf 7: Teplice – průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-2022.

Za rok 1961 byla průměrná teplota vzduchu v meteorologické stanici v Teplicích 8,7 °C a na konci měřeného období v roce 2022 dosáhla 10,8 °C, jak je možné vidět na Grafu 7, což potvrzuje, že ve všech měřených stanicích došlo ke zvýšení průměrné teploty vzduchu minimálně o 0,9 °C a trend je narůstající. Zároveň lineární rovnice trendu u měření na klimatologické v Teplicích vykazuje nárůst průměrné teploty vzduchu o 0,37 °C za dekádu.



Graf 8: Teplice – dlouhodobý průměr měsíčních průměrů teploty vzduchu za období 1961-2022.

Nejteplejším měsícem je opět červenec s průměrnou teplotou vzduchu 19,2 °C a zároveň Graf 8 ukazuje, že Teplice jsou s nejvyšší průměrnou teplotou nejteplejší ze všech měřených stanic.

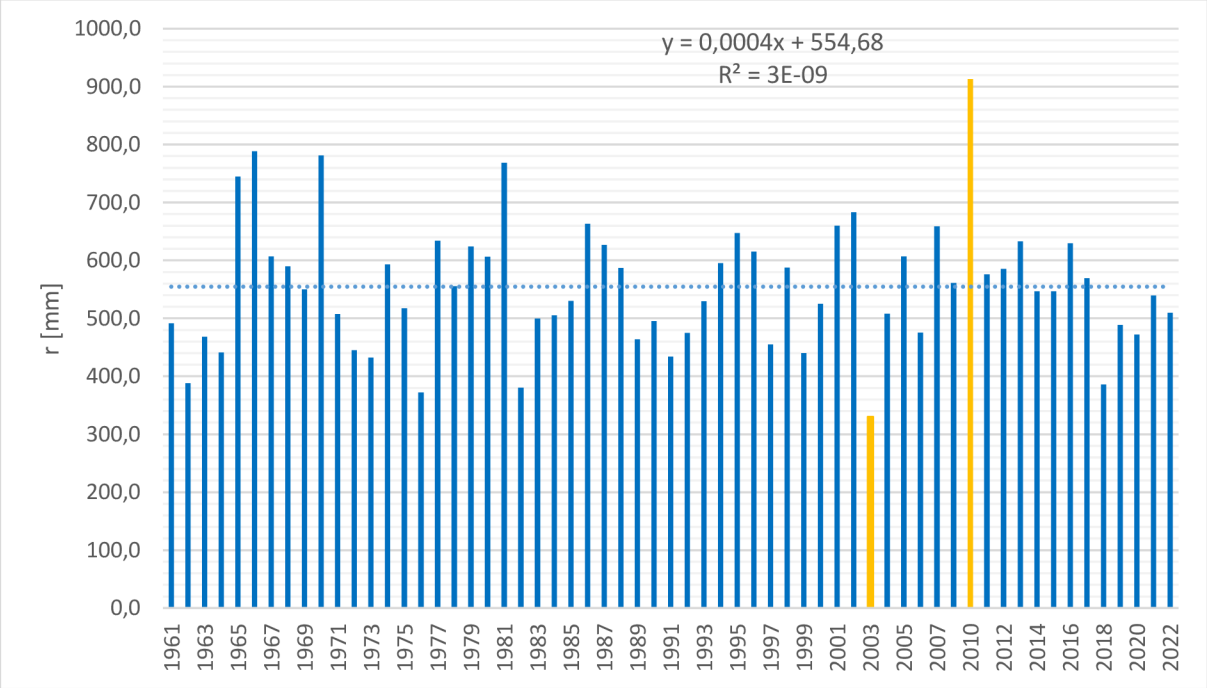


Graf 9: Teplice – průměr měsíčních maxim a minim teploty vzduchu v porovnání s průměrnou roční teplotou vzduchu v období 1961-2022.

V Grafu 9 lze pozorovat průměr měsíčních maxim a minim teploty vzduchu v porovnání s průměrnou roční teplotou vzduchu a vidíme, že se v průměr ročních minim za celé měřené období nikdy nedostal pod hranici 3,0 °C, naopak průměr ročních maxim se v roce 2018 dostal na 16,3 °C, což potvrzuje, že Teplice jsou nejteplejším místem z pozorovaných stanic.

4.2 Trend srážkových úhrnů

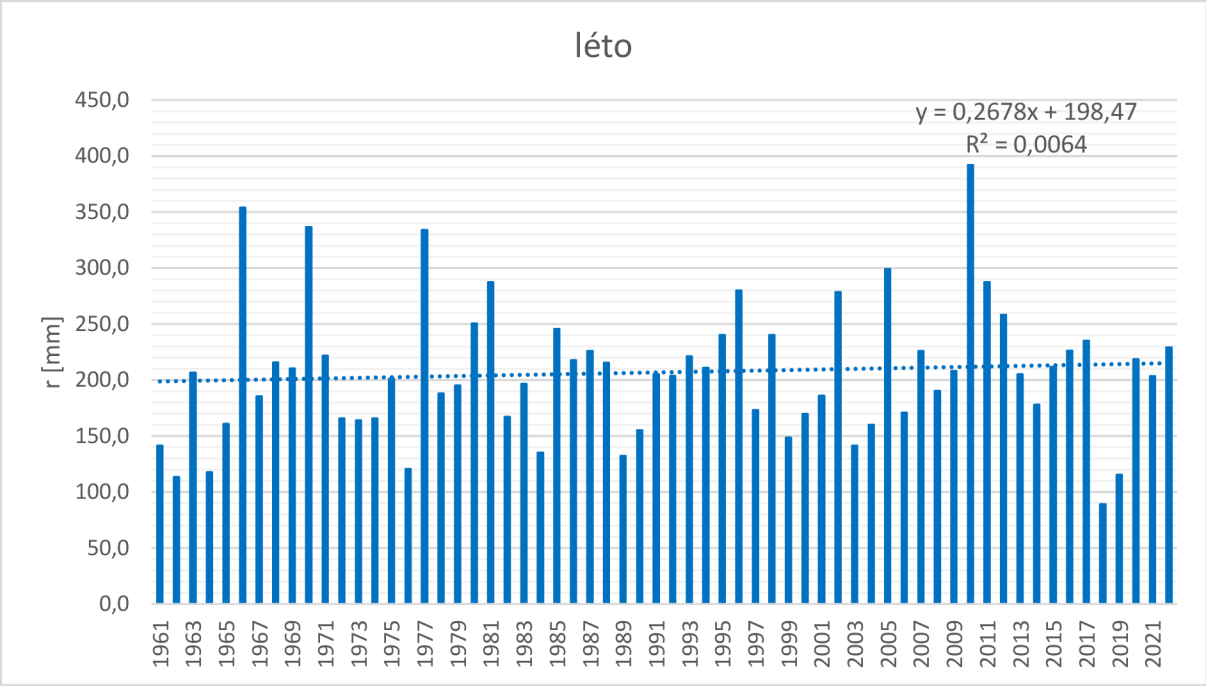
Srážkové úhrny mají oproti teplotě vzduchu spíše stálý trend. Patrná je výrazná meziroční variabilita ročních úhrnů srážek a celkově lze říci, že v Českém středohoří je srážkově nejbohatší letní období, což odpovídá klimatickým poměrům v rámci ČR. Analýza ukazuje, že srážkové úhrny v oblasti Českého středohoří nevykazují jednoznačný trend v poklesu či nárůstu, ale mohou být v různých letech výrazně proměnlivé a srážky nejsou rovnoměrné v průběhu roku. Proměnlivost srážkových úhrnů může mít dopady na vegetaci v závislosti na konkrétních podmínkách a charakteru srážek. Například časté extrémní srážky mohou způsobit erozi půdy a ztrátu živin, zatímco dlouhodobé sucho může vést ke snížení biodiverzity.



4.2.1 Milešovka

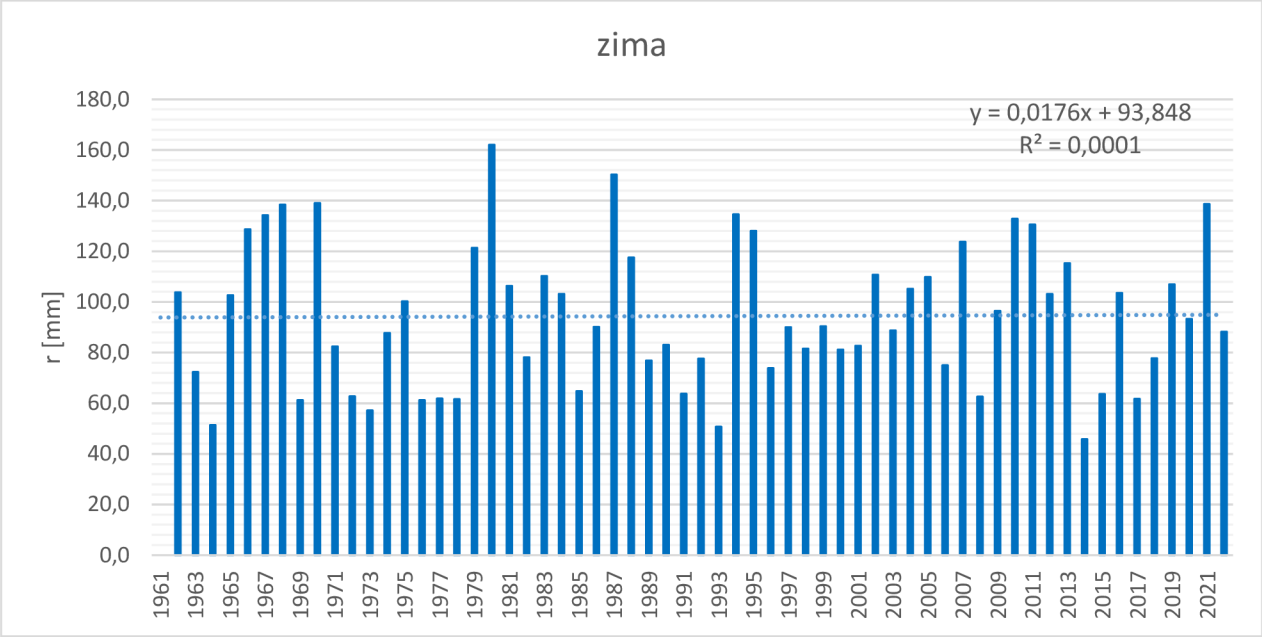
Graf 10: Milešovka – celkové roční úhrny srážek v období 1961-2022.

Z Grafu 10 je patrné, že na Milešovce dochází ke střídání vlhkých a suchých let s relativně stálým trendem, který je podle lineární rovnice trendu takřka nulový, avšak roky 2003 a 2010 se svými celkovými ročními úhrny srážek výrazně odchylují od normálu, kdy rok 2003 byl oproti hodnotě trendu výrazně sušší, přičemž v tomto roce spadlo pouze 330 mm srážek. Naopak v roce 2010 byl úhrn srážek 913,1 mm, což tento rok řadí mezi roky s výrazně vyšším srážkovým úhrnem oproti hodnotě trendu. Dlouhodobý průměr úhrnu srážek v klimatologické stanici Milešovka za období 1961-2022 je 555,3 mm.



Graf 11: Milešovka – letní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

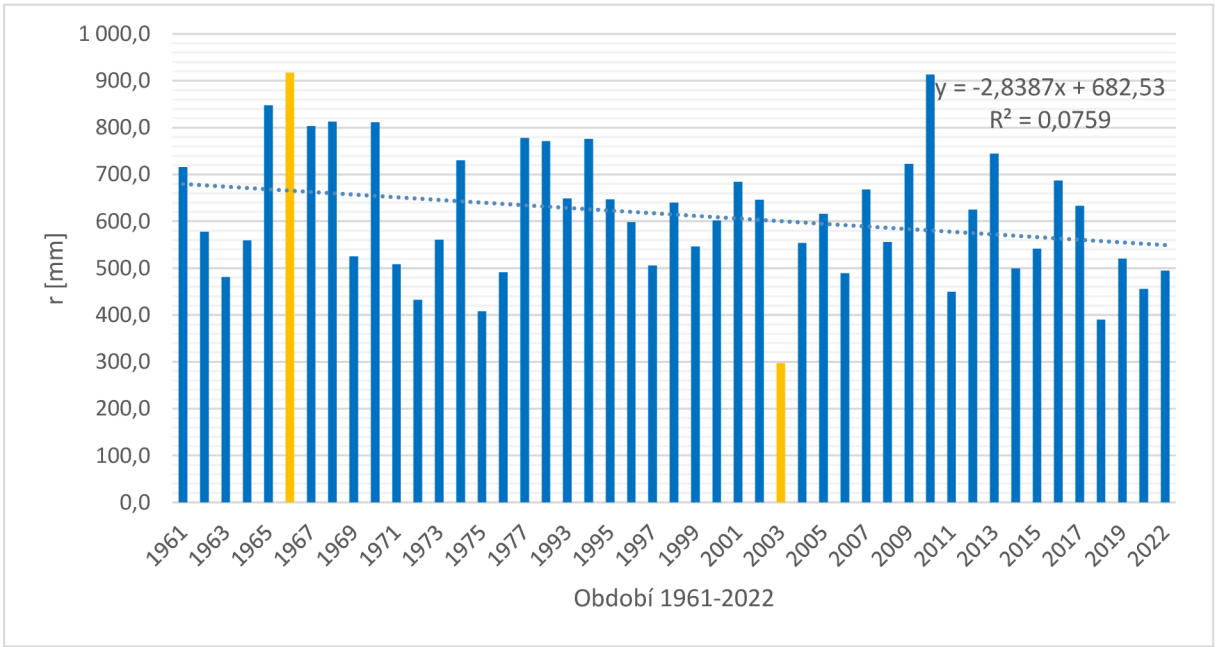
V Grafu 11 je vidět úhrn srážek v letním období (červen, červenec, srpen) ve stanici Milešovka, tedy suma červnových, červencových a srpnových srážek v každém roce. Dle lineární rovnice trendu lze konstatovat, že letní trend nárůstu činí 2,7 mm srážek za dekádu.



Graf 12: Milešovka – zimní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

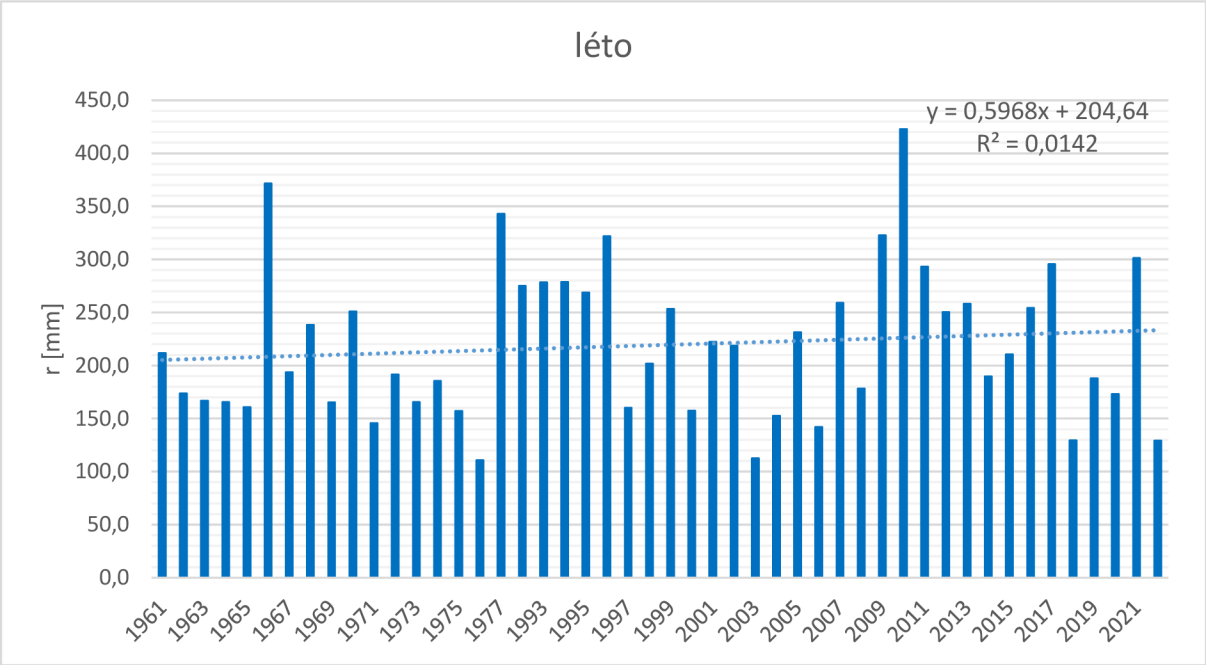
Graf 12 ukazuje sumu úhrnů srážek zimních měsíců na Milešovce, tedy prosincových, lednových a únorových hodnot. Zimní trend nárůstu, jak lze vyčíst z rovnice trendu činí pouze 0,2 mm srážek, což lze považovat za zanedbatelné množství a můžeme tedy říct, že v zimních měsících v období 1961-2022 na Milešovce zůstal úhrn srážek prakticky neměnný. Také jsou úhrny srážek v zimních měsících více než dvakrát menší než v letních měsících.

4.2.2 Děčín



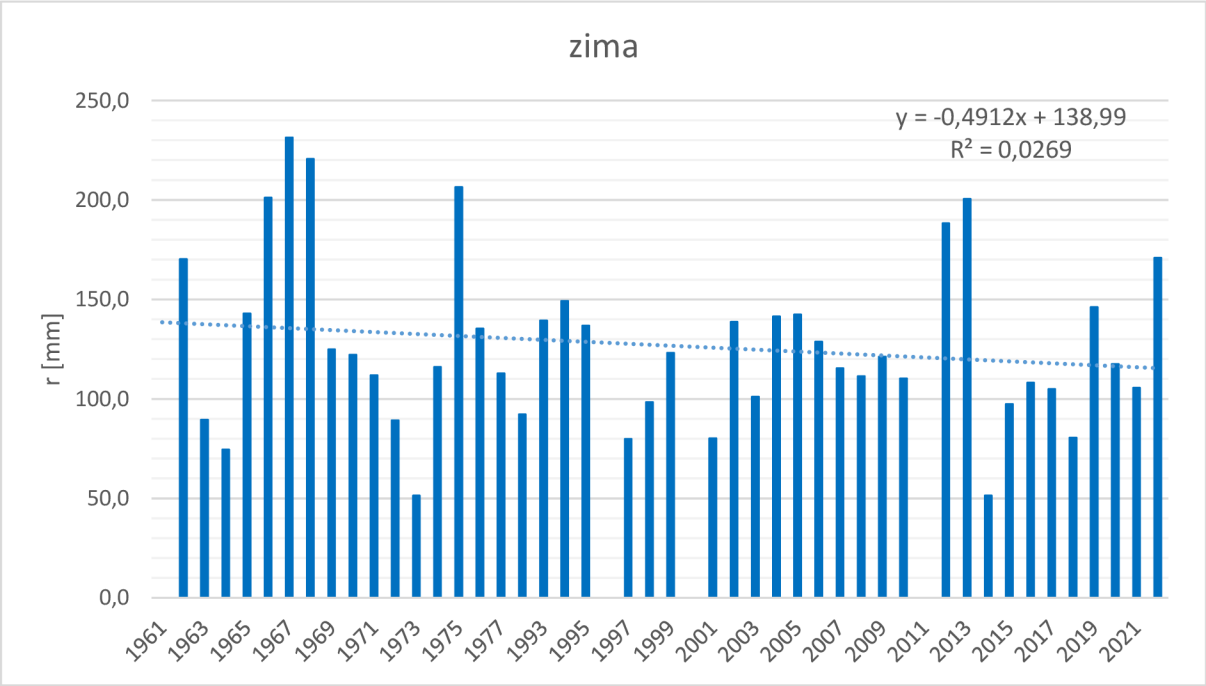
Graf 13: Děčín – celkové roční úhrny srážek v období 1961-2022.

Celkový trend ročních úhrnů srážek v Děčíně, jak je vidět na Grafu 13, je podle lineární rovnice trendu klesající a to tak, že spadne o 28,4 mm srážek méně za dekádu. Střídá se sušší období s vlhčím a nejsušším rokem byl opět rok 2003. Naopak nejvíce srážek spadlo v roce 1966, kdy v Děčíně spadlo 917,5 mm srážek a rok 2010 s 913,5 mm srážek. V průměru za sledované období 1961-2022 spadlo v Děčíně 614,5 mm srážek.



Graf 14: Děčín – letní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

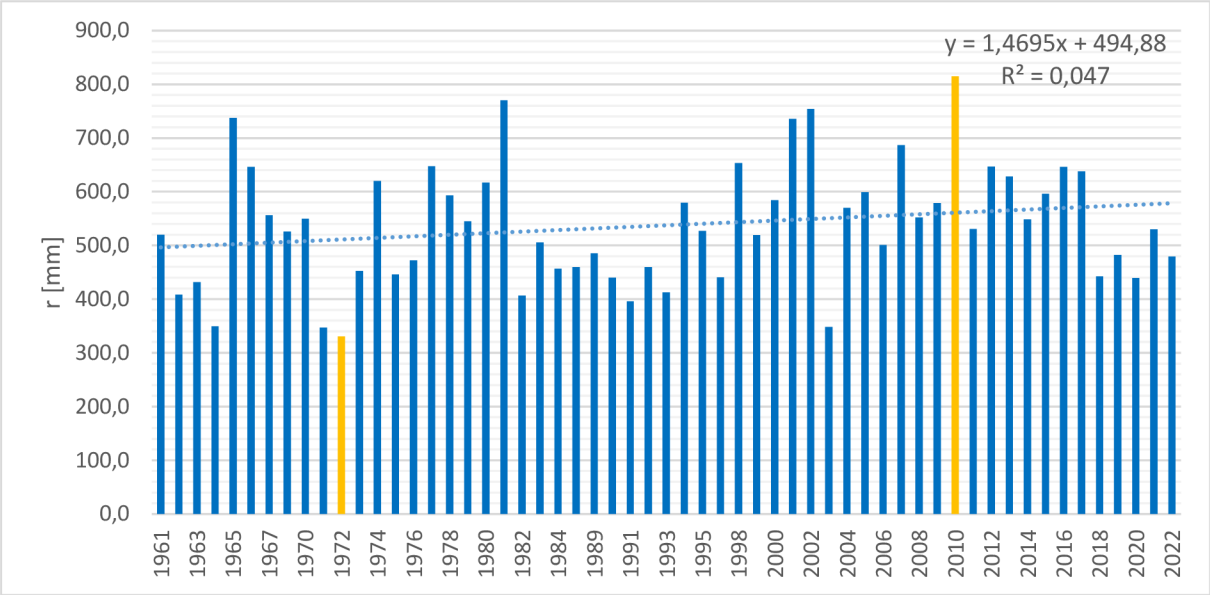
Graf 14 úhrnů srážek v letních měsících v Děčíně v období 1961-2022 ukazuje, že letní trend nárůstu je dle lineární rovnice trendu 6 mm srážek za dekádu.



Graf 15: Děčín – zimní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

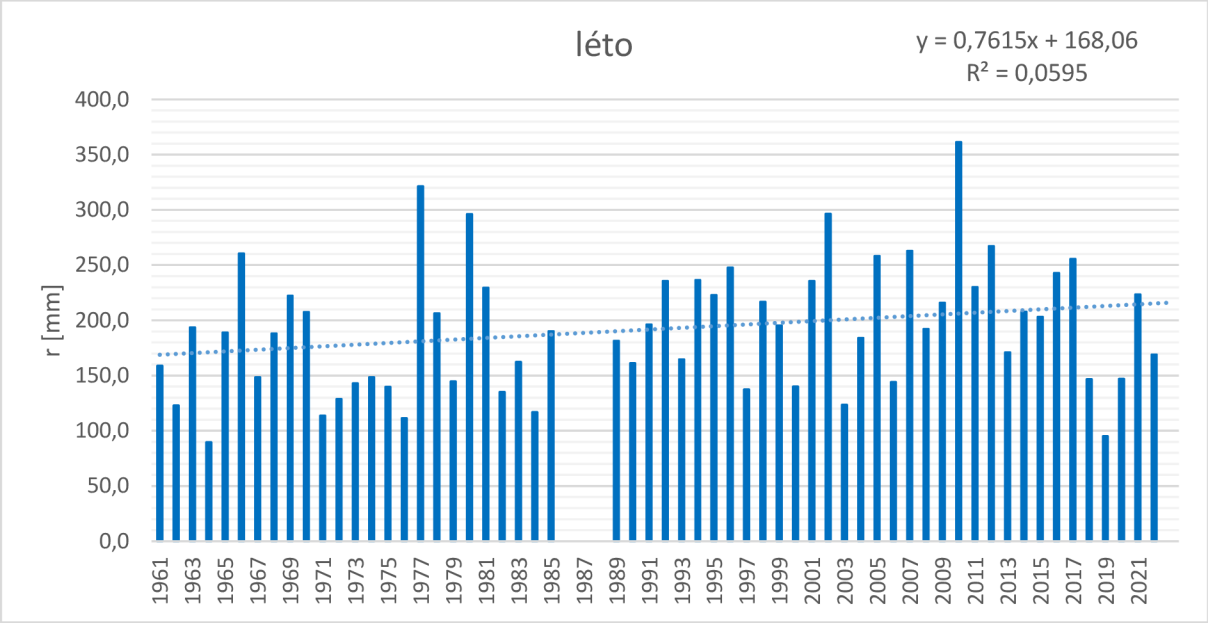
V Grafu 15 můžeme vidět úhrn srážek v zimních měsících v Děčíně, kdy v období 1961-2022 dle lineární rovnice trendu došlo k zimnímu poklesu trendu o 4,9 mm srážek za dekádu, a také můžeme opět vidět, že v zimních měsících padalo opět méně srážek oproti letním měsícům, konkrétně v průměru 126,8 mm v zimě a 219,3 mm v létě.

4.2.3 Teplice



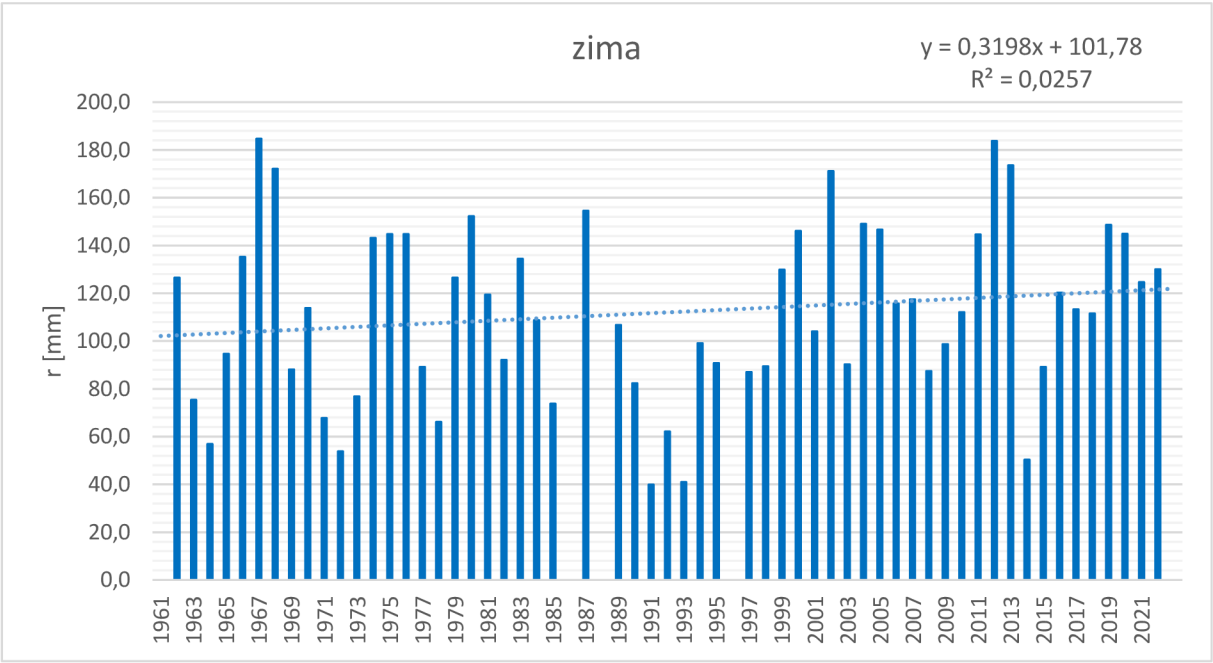
Graf 16: Teplice – celkové roční úhrny srážek v období 1961-2022.

Na klimatologické stanici Teplice se také ukázal trend střídání vlhčího a suššího období, jak je možné vidět na Grafu 16, ale od roku 2004 začalo padat více srážek, než byl dosavadní trend. Rovnice trendu ukazuje, že Teplice jsou jedinou z vybraných stanic, kde se projevil znatelný nárůst úhrnu srážek a to o 14,7 mm srážek za dekádu. Vyčnívající byl opět rok 2010, kdy spadlo 814,8 mm srážek. V průměru za sledované období 1961-2022 ročně spadlo 537,5 mm srážek.



Graf 17: Teplice – letní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

V Grafu 17 lze vidět letní trend nárůstu úhrnů srážek v Teplicích za období 1961-2022, který činil 7,6 mm srážek za dekádu, jak ukazuje lineární rovnice trendu.



Graf 18: Teplice – zimní úhrny srážek a jejich lineární trend v období 1961-2022.

Graf 18 ukazuje úhrny srážek v zimních měsících v Teplicích za období 1961-2022. Lineární rovnice trendu udává, že zimní nárůst trendu činí 3,2 mm srážek za dekádu a opět v zimních měsících padalo méně srážek než v letních.

5 Závěr

Cílem práce byla analýza datových souborů teploty vzduchu a úhrnu srážek na vybraných klimatologických stanicích v Českém středohoří (Milešovka, Děčín, Teplice) a nastínit klimatické poměry Českého středohoří společně s charakteristikou místní vegetace a chráněných území. Klimatické podmínky jsou zde rozmanité, s teplými a suchými oblastmi na jihozápadě a vlhčími a chladnějšími na severovýchodě. Klimatické změny zde ovlivňují reliéf, nadmořská výška a terénní sklony. Důležitou částí literární rešerše byl popis atmosférických jevů jako jsou například tlak vzduchu, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, srážky, a tak dále. A následně dopad těchto jevů na místní vegetaci a hospodářské podmínky v souvislosti s klimatickou změnou. Na základě emisních scénářů a klimatických modelů jsme odhalili, že klimatická změna má hdopad na biodiverzitu a ekosystémy tohoto regionu.

Zjištěné trendy v průměrných teplotách vzduchu a srážkových úhrnech mají klíčový význam pro pochopení dopadů změny klimatu na vegetaci v oblasti Českého středohoří. Nárůst teplot vzduchu a proměnlivost srážek může vést ke změnám ve fytogeografickém složení, fenologii, biodiverzitě a distribuci rostlinných druhů v této oblasti. Důkladné pochopení těchto dopadů je klíčové pro ochranu a udržitelné řízení ekosystémů Českého středohoří, zejména chráněných lokalit a ohrožených druhů rostlin. Celkově lze konstatovat, že změny klimatu mají v oblasti Českého středohoří vliv na vegetaci a ekosystémy, a proto je důležité pokračovat v monitorování těchto změn a přijímat opatření pro ochranu biodiverzity a udržitelného hospodářství s přírodními zdroji. Trendová analýza dat z vybraných klimatologických stanic Milešovka, Děčín, Teplice v období 1961-2022, které byly získány z Českého hydrometeorologického ústavu ukázala, že průměrné roční teploty vzduchu v každé stanici stouply minimálně o 0,9 °C, v Teplicích to bylo dokonce až o 2,1 °C. Zatímco úhrn srážek ukazoval určité fluktuace. V průměru za měřené období byl největší úhrn srážek v klimatologické stanici Děčín a to 614,5 mm, ovšem u této stanice jako u jediné je lineární hodnota trendu klesající, úhrn srážek zde byl každou dekádu o 28,4 mm chudší. Dále byl graficky znázorněn rozdíl mezi úhrny srážek v letních měsících a zimních měsících, společně s jejich lineárními trendy, ať už narůstajícími či klesajícími. Ukázalo se, že v letních měsících byl vždy nárůst lineárního trendu a v zimních měsících až na Milešovku, klesající trend. Tento trend má potenciál ovlivnit rozložení a složení vegetace v Českém středohoří v blízké budoucnosti. Je zřejmé, že ochrana přírody v tomto regionu je nezbytná. Z toho důvodu je důležité, abychom pokračovali v monitorování průběhu klimatické změny a prováděli opatření k ochraně biodiverzity a udržení ekosystémové stability. To může zahrnovat adaptivní managment chráněných území, podporu obnovy ohrožených druhů a snahu o omezení antropogenních emisí skleníkových plynů. Tato práce nabízí základní poznatky v oblasti klimatických změn a ochrany přírody v Českém středohoří. Je důležité, abychom si uvědomili, že naše rozhodnutí a akce dnes mohou mít dlouhodobé důsledky pro ekosystémy a biodiverzitu tohoto území.

6 Literatura

Allen MR, Ingram WJ. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. Nature **419**:224-232.

Arguez A, Vose RS. 2011. The Definition of the Standard WMO Climate Normal. Bulletin of the American Meteorological Society **92**:699-704.

Baránková L, Čermáková E, Havránek M, Kochová T, Lepičová P, Mertl J, Pokorný J, Přech J, Rollerová M, Vlčková V. 2023. Zpráva o životním prostředí České republiky 2022. Česká informační agentura životního prostředí, Praha.

Baránková L, Čermáková E, Lepičová P, Mertl J, Pokorný J, Přech J, Rollerová M, Vlčková V. 2023. Zpráva o životním prostředí v Ústeckém kraji 2022. Česká informační agentura životního prostředí, Praha.

Baránková L, et al. 2021. Vyhodnocení politiky ochrany klimatu v ČR. Česká informační agentura životního prostředí, Praha.

Beltrano C, et al. 2007. AGRICULTURE AND CLIMATE CHANGE IN EUROPE: REGIONAL FACTS AND CHALLENGES. University of Rostock, Rostock.

Buček A, Kopecká V. 2004. Možná globální změna klimatu a vegetační stupně. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Český hydrometeorologický ústav. ČHMÚ. Available from https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu (accessed January 2024).

Dubrovsky M, Nemesova I, Kalvova J. 2005. Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. Climate research **29**:139-156.

Ehrlich R. 2007. Solar Resonant Diffusion Waves as a Driver of Terrestrial Climate Change. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics **69**.

Farský M, Zahálka J. 2008. Severočeská hnědouhelná pánev: determinace a disparity vývoje krajiny. Životné prostredie **42**:212-216.

Fuchs HJ, Kaffenberger B. 2006. Umweltwahrnehmung hinsichtlich der klimaökologischen Gegebenheiten am Donnersberg/Pfalz. Mitteilungen der Pollichia **92**:9-32.

Gubbins D, Herrero-Bervera E. 2007. Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. Springer, Dordrecht.

Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, Van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Cambridge.

CHKO České středohoří. Available from https://ceskestredohori.nature.cz/ (accessed January 2024).

IPCC. Available from https://www.ipcc.ch/ (accessed January 2024).

Janda Z, Obermajer J, Vlačiha V. 2012. České středohoří, Klenot stvořený ohněm, zvelebený pluhem. Ochrana přírody **2012**:1-6.

Kalvová J, Mikšovský J. 2007. Scénáře změny klimatu pro druhou polovinu 21. století. 49-59 in Bláha L, editor. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i. Praha-Ruzyně, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Kalvová J. 1993. Skleníkový efekt a změny klimatu. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie **38**:147-166.

Kendon EJ, Jones RG, Kjellström E, Murphy JM. 2010. Using and Designing GCM–RCM Ensemble Regional Climate Projections. Journal of Climate **2010**:6485-6487.

Kopecká Š. 2018. Zemědělství v chráněné krajinné oblasti České středohoří. Fórum ochrany přírody **2018**:23-25.

Kyselý J, Pecho J. 2012. Horké vlny v měnícím se klimatu: otazníky zůstávají. Vesmír **91**:28-34.

Kyselý J. 2003. Časová proměnlivost horkých vln v České republice a extrémní horká vlna roku 1994. Meteorologické zprávy **56**:13-19.

Latake PT, Pawar P, Ranveer AC. 2015. The Greenhouse Effect and Its Impacts on Environment. International Journal of Innovative Research and Creative Technology **1**:333-337.

Lean J. 2000. Evolution of the Sun's Spectral Irradiance Since the Maunder Minimum. Geophysical research letters **27**:2425-2428.

Lee H, et al. 2023. CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lieblová D, Matěja Z. 2016. Sborník příspěvků z 11. mezinárodní vědecké konference "Veřejná správa 2016". Univerzita Pardubice, Pardubice.

Ložek V, Juřičková L, Horáčková J. 2017. 40 let CHKO České středohoří II. Středohoří a lidské dílo. Živa **2017**:8-10.

Lupač M, Pavelčík P, Březovská R. 2023. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

Mackovčin P, Kuncová J. 1999. Ústecko Chráněná území ČR I. ARTEDIT, AOPK ČR, Praha.

Meinshausen M, Smith SJ, Calvin K, Daniel JS, Kainuma MLT. 2011. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic change **109**:213-241.

Nepraš K, Kroufek R. 2011. Orchideje Českého středohoří. Živa **2011**:111-114.

Palash SM, Masjuki HH, Kalam MA, Masum BM, Mofijur M. 2013. Impacts of biodiesel combustion on NOx emissions and their reduction approaches. Renewable and Sustainable Energy Reviews **23**:473-490.

Prach K, Walker LR. 2011. Four opportunities for studies of ecological succession. Trends in Ecology & Evolution **26**:119-123.

Raidl A, Kalvová J. 1998. Čeká nás změna klimatu? Pokroky matematiky, fyziky a astronomie **43**:178-293.

Rožnovský J. 2014. Sucho na území České republiky. Živa **2014**:1-3.

Rožnovský J. 2016. Výskyty sucha na území ČR a změny klimatu. Zpravodaj ochrany lesa **2016**:38-42.

Samec P. 2014. Proměny přírodního prostředí ve čtvrtohorách. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Smejkal J, et al. 2001. OPRL – Oblastní plán rozvoje lesů: přírodní lesní oblast č. 5 České středohoří. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Jablonec nad Nisou.

Správa Chráněné krajinné oblasti České středohoří. 2014. Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast České středohoří. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Litoměřice.

Škáchová H. 2020. Hodnocení metod stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek v období 2007–2018 v Ústeckém kraji. Meteorologické zprávy **73**:103-104.

Štekl J. 2005. Hromová hora Milešovka. Vesmír **84**:649-654.

Tolasz R, (eds.). 2007. Atlas podnebí Česka = Climate atlas of Czechia. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Tolasz R, et al. 2019. Aktualizace Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR z roku 2015. Ministerstvo životního prostředí a Český hydrometeorologický ústav, Praha.

Töpfer K, Davidson O, Metz B. 2000. IPCC SPECIAL REPORT EMISSIONS SCENARIOS. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Trenberth KE. 2011. Changes in precipitation with climate change. Climate Research **47**:123-138.

Trnka M, Žalud Z, Hlavinka P, Bartošová L. 2016. CzechAdapt - Systém pro výměnu informací o dopadech změny klimatu, zranitelnosti a území ČR. Ústav výzkumu globální změny AV ČR.

Zacharov P, Pešice P, Sedlák P, Sokol Z. 2021. Měření oblačnosti na Milešovce. Academia, Praha.

Žalud Z, Trnka M, Hlavinka P. 2020. ZEMĚDĚLSKÉ SUCHO V ČESKÉ REPUBLICE: vývoj, dopady a adaptace. Agrární komora České republiky, Praha.