

# Vliv klimatických změn na lesy České republiky

Pavλίna Čadová

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav environmentální bezpečnosti

Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavína Čadová**  
Osobní číslo: **L18105**  
Studijní program: **B3953 Bezpečnost společnosti**  
Studijní obor: **Řízení environmentálních rizik**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vliv klimatických změn na lesy České republiky**

### **Zásady pro vypracování**

1. Teoreticky ukotvíte klimatické změny a jejich vliv na lesní ekosystémy
2. Definiujte rizika, která ohrožují lesní ekosystémy
3. Zmapujte, analyzujte jedno z rizik a interpretujte výsledky

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

1. MACHAR, Ivo, Jiří REMEŠ a Stanislav VACEK. *Kapitoly z aplikované ekologie lesa a péče o lesní ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3947-1.
2. POLENO, Zdeněk a Stanislav VACEK. *Pěstování lesů*. 2., upr. a dopl. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 9788087154991.
3. SCHNEIDER, Jiří a Kateřina HOLUŠOVÁ. *Ekosystémové služby a funkce lesů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. ISBN 9788075094698.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Ing. Jiří Lehejček, Ph.D.**  
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**doc. Ing. Pavel Valášek, CSc. LL.M.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2020

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 5. 8. 2021

Jméno a příjmení studenta: Pavlína Čadová

.....  
Podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce „Vliv klimatických změn na lesy České republiky“ je vytvořit literární rešerši, týkající se problematiky klimatických změn a lesů.

Budoucnost zachování hodnot lesního biotopu spočívá zejména v plánování rozvoje lesa a v řádném hospodářství. K tomu je účelné vyhodnocení a eliminace stávajících rizik, které zapříčiňují napadání smrku kůrovcem, v jehož důsledku se rozmáhá tzv. kalamitní těžba.

Je nesmírně důležité sledovat vliv klimatických změn a jejich dopad na lesní porost.

Hlavním cílem práce je teoretické ukotvení klimatických změn, shrnutí a vysvětlení klíčových aspektů týkajících se klimatických změn a jejich vlivu na lesní ekosystémy.

Klíčová slova: les, lesní ekosystém, lesní hospodářství, klimatické změny

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor's thesis „The impact of climate change on the forests of the Czech Republic“ is to create a literature research on the problematics of climate change and forests.

The future of preserving forest habitat values lies mainly in forest development planning and proper management. To this end, it is useful to evaluate and eliminate the existing risks that cause the bark beetle to infect spruce, as a result of which the so-called calamity mining is spreading. It is extremely important to monitor the impact of climate change, summary and explanation of key aspects related to climate change and their impact on forest ecosystems.

Keywords: forest, forest ecosystem, forest management, climate change

Ráda bych poděkovala Mgr. Ing. Jiřímu Lehečkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 LITERÁRNÍ PŘEHLED DANÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>10</b>
1.1 POČASÍ .....	10
1.2 KLIMA .....	10
1.3 VĚDA O KLIMATU ZEMĚ .....	10
1.4 PALEOKLIMATOLOGIE .....	11
1.6 KLIMATICKÉ MODELY .....	12
1.7 SKLENÍKOVÝ EFEKT .....	13
1.8 ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ .....	13
1.9 MITIGAČNÍ OPATŘENÍ .....	13
<b>2 KLIMATICKÉ ZMĚNY</b> .....	<b>14</b>
2.1.1 Globální oteplování .....	15
2.2 HISTORIE .....	15
2.3 PŘÍČINY KLIMATICKÝCH ZMĚN V ČESKÉ REPUBLICE .....	15
2.4 KLIMATICKÉ MODELY .....	17
2.4.1 Globální klimatické modely .....	18
2.4.2 Regionální klimatické modely .....	19
2.5 BUDOUCÍ VÝVOJ KLIMATU .....	19
<b>3 LESY</b> .....	<b>22</b>
3.1 LES JAKO EKOSYSTÉM .....	22
3.2 HISTORIE OBHOSPODAŘOVÁNÍ LESŮ .....	22
3.3 KATEGORIE LESŮ .....	23
3.4 FUNKCE LESŮ .....	23
3.4.1 Produkční funkce lesů .....	24
3.4.2 Mimoprodukční funkce lesů .....	24
3.5 OCHRANA LESA .....	25
3.6 STAV LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ V ČR .....	25
<b>4 VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA LESY ČR</b> .....	<b>26</b>
4.1 DOPADY ZMĚNY KLIMATU A NÁVRHY ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ V SEKTORU LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ .....	28
4.1.1 Dopady klimatických změn na lesní ekosystémy .....	29
<b>5 RIZIKA OHROŽUJÍCÍ LESNÍ EKOSYSTÉMY</b> .....	<b>31</b>
5.1 SUCHO .....	31
5.2 POVODNĚ .....	31

5.3	LESNÍ POŽÁRY.....	31
5.4	ZVĚŘ.....	32
5.5	HMYZ.....	32
5.6	CHOROBY .....	32
5.7	PRŮMYSL A DOPRAVA.....	32
<b>6</b>	<b>LÝKOŽROUT SMRKOVÝ.....</b>	<b>33</b>
6.1	PŘÍČINY KŮROVCOVÉ KALAMITY .....	34
6.2	OPATŘENÍ PROTI LÝKOŽROUTU SMRKOVÉMU .....	35
6.2.1	Preventivní opatření.....	35
6.2.2	Obranná opatření.....	36
6.3	ODCHYTOVÁ ZAŘÍZENÍ .....	37
6.3.1	Lapáky .....	37
6.3.2	Feromonové lapače.....	38
6.3.3	Otrávené lapáky.....	38
6.4	METODY ASANACE A SKLADOVÁNÍ KŮROVCOVÉHO DŘÍVÍ.....	39
6.5	OBNOVA LESA.....	39
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>42</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>51</b>



## ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o problematice klimatických změn a jejich vlivu na lesy ČR. Lesy v naší republice jsou nezbytnou součástí komplexního ekosystému. Poskytují člověku stav bezpečí, prostor pro rekreaci a sport, pomáhají zdraví, ale mají vliv i na kvalitu života. Nedílnou součástí lesů je také lesní produkce, která zasahuje do různých odvětví průmyslu. (Schneider a kol., 2016).

Ke klimatickým změnám docházelo již v před několika miliony lety, kdy nedocházelo k ovlivňování klimatu lidskou činností a i přesto se na planetě vyskytovaly. Nad problematikou klimatických změn aktuálně lpí otázka, jakou mírou přispívá člověk ke klimatickým změnám.

Působení klimatických změn hraje zásadní roli při zhoršování zdravotního stavu převážně smrkových monokultur. V tomto prostředí dochází ke zvýšené aktivitě patogenních škůdců, vlivem nejvýznamnějšího rizikového faktoru, kterým je sucho. V budoucnu tedy bude docházet ke zvyšování abiotických škod a ke zhoršení současného stavu lesních porostů (ČHMÚ, 2021). Je zapotřebí volit taková opatření, aby docházelo k postupné obnově druhové skladby v lesích a zamezilo se tak šíření lýkožrouta smrkového (lesycr.cz, 2021).

Poslední kapitola je v rámci analýzy konkrétního rizika, zaměřena na vybranou hrozbu pro Českou republiku, lýkožrouta smrkového. Jedná se o přirozeného škůdce lesa, který se vyskytuje na jehličnatých stromech, převážně na smrkovém porostu (kurovcoveinfo.cz, 2021).

# 1 LITERÁRNÍ PŘEHLED DANÉ PROBLEMATIKY

## 1.1 Počasí

Počasí je charakterizováno jako soubor prvků, které jsou měřeny na meteorologických stanicích. Mezi sledovaná data počasí patří teplota, tlak, relativní vlhkost vzduchu, globální záření, srážky, vítr, dohlednost či oblačnost. Všechny tyto jevy můžou mít silný či slabý průběh a jsou schopny kompletně změnit prostředí či dokonce mohou nenávratně poškodit krajinu (Dvořák, 2012). Pojem počasí je sled aktuálních fyzikálních stavů atmosféry ve výšce 10-15 km nad povrchem Země. Čas a prostor jsou pro počasí charakteristické (Munzar a kol., 1989).

## 1.2 Klima

Klima nebo také podnebí je dlouhodobý režim počasí. Jeho stav se v dlouhých časových úsecích zjišťuje měřením teplot, srážek, atmosférického tlaku a větru. Důležitým hlediskem klimatu daného regionu je také zeměpisná šířka, nadmořská výška, topografie a blízkost vodní plochy. V rámci klimatu se mohou objevovat krátkodobé či dlouhodobé změny (Fry Richardson, 2012). Vědou o klimatu Země se zabývá klimatologie, viz níže.

## 1.3 Věda o klimatu Země

Věda o klimatu Země se nazývá klimatologie. Studuje podmínky a příčiny utváření klimatu a jeho zpětného působení na člověka, přírodní procesy či objekty jeho činnosti (Rožnovský, 1999). Zároveň také studuje a klasifikuje podnebí, změny a kolísání klimatu. V tomto oboru lze vymezit několik typů dělení. Klimatologii dělíme na obecnou, regionální, teoretickou, a aplikovanou, klasickou, dynamickou, synoptickou a komplexní. Obecná klimatologie, jak už z názvu vypovídá, studuje obecné procesy podnebí a klimatických změn. Klimatologie regionální se zabývá studie klimatické regionalizace a popisuje prostorové diference klimatu. Klimatické prvky v jejich denním či ročním chodu obsahuje klasická klimatologie. Dalším typem je klimatologie dynamická, která na základě klimatologických charakteristik stanovuje různě dlouhá období, během kterých se v daném území vyskytovaly cirkulační, nebo radiační podmínky. Vazby mezi typy počasí obsahuje klimatologie synoptická. V poslední řadě, klimatologie komplexní, studuje klima

podle souboru klimatických prvků, které jsou založeny na stanovených intervalech, tříd a typů počasí (Ruda, 2014).

#### **1.4 Paleoklimatologie**

Paleoklimatologie je vědní disciplína, zabývající se studiem změn a kolísání klimatu v geologické historii Země. Jejím úkolem je popsat klima minulých dob, objasnit a nastínit pravděpodobný vývoj klimatu na základě paleografických údajů. K výzkumu jsou využívány tzv. proxy data, což jsou nepřímé údaje o klimatu z období zhruba před 100 lety. Informace o klimatu jsou uchovány v podobě letokruhů, jezerních sedimentů či ledovcových jader, které jsou využívány k následné analýze (Ruda, 2014).

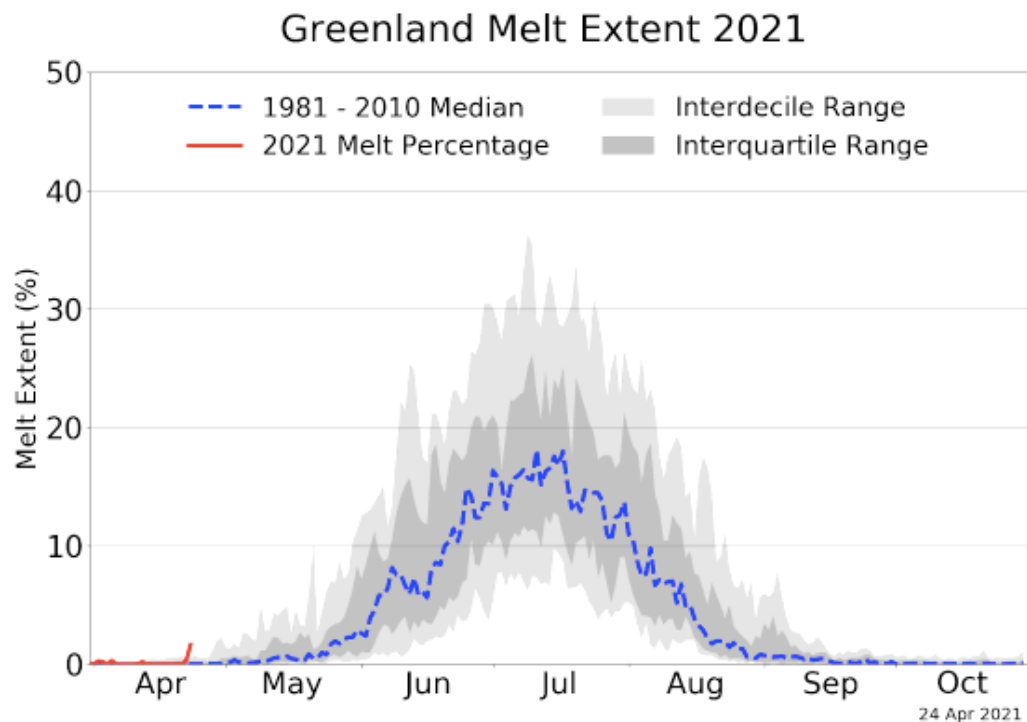
**Ledovcová jádra** – jsou získávána pomocí vrtů z oblastí Antarktidy a Grónska

**Letokruhy** – slouží k datování událostí je používána analýza letokruhů v rámci dendrochronologie

**Pyl** – poukazuje na původní vegetace, nachází se v sedimentárním prostředí

**Koráli** – nachází se v oceánech, převážně v nízkých zeměpisných šířkách a vykazují každoročně nové přírůstky, naměřené chemické ukazatele zobrazují parametry prostředí v době růstu

**Geotermické vrty** - jsou termofyzikálním důsledkem, využívají měření povrchové teploty, která se v hloubce projeví až po určité době



Obrázek 1 - graf tajícího ledovce (Magazín Gnosis, 2021)

Na grafu můžeme vidět, jakým způsobem došlo k úbytku grónského ledovce. Červená linie v grafu zobrazuje rozlohu ledovce v procentech, která byla dosud vystavena tání (jednotlivé dny roky 2021). Modrá přerušovaná linie, zobrazuje medián od roku 1981-2010. Šedá barvy pak zobrazuje mezikvartilové a mezidecilové rozpětí (Magazín Gnosis, 2021).

## 1.5 Klimatický systém

Klimatický systém je složen z atmosféry, hydrosféry, kryosféry, biosféry a povrchu pevnin. Tyto složky navzájem představují složitý termodynamický systém, ve kterém probíhají fyzikální a chemické procesy, které jsou navzájem propojeny složitými vazbami. Při tomto procesu dochází k neustálé výměně hmoty a energie, mezi jednotlivými složkami klimatického systému (chmi.cz, 2021).

## 1.6 Klimatické modely

Slouží k simulaci stavu, chování a vývoje úplného klimatického systému. Aktuálně nejrozšířenějším klimatickým modelem jsou globální klimatické modely. Skládají se z výpočtů všeobecné cirkulace atmosféry, které jsou spojeny modelem oceánu a kryosféry (MFF UK, 2012).

## 1.7 Skleníkový efekt

Skleníkový efekt je proces, který je udržován v rovnováze mezi dopadajícím krátkovlnným slunečním zářením a vyzařováním tepelného záření, které prochází z atmosféry Země do vesmíru. Při tomto procesu je část světla odrážena od mraků, vodní hladiny nebo sněhu a poté proniká zpět do okolního vesmíru. Pokud by skleníkový efekt nefungoval správně, teplota zemského povrchu by byla oproti současnému stavu asi o 30 °C nižší (chmi.cz, 2021).

Skleníkové plyny přispívají ke skleníkovému efektu. Vyskytují se v atmosféře Země a jsou produkovány přirozenými procesy v přírodě, ale i činností člověka. Podle páté hodnotící zprávy Mezinárodního panelu o klimatických změnách (IPCC), je velice pravděpodobné, že zapříčiněné ohřívání planety je způsobeno právě lidskou činností (Evropský parlament, 2018). Hlavním faktorem současnosti jsou skleníkové plyny. Mezi ty nejvýznamnější skleníkové plyny přirozeného původu patří oxid uhličitý, oxidy dusíku, metan, ozon a vodní pára. Emise skleníkových plynů jsou kontrolovány Kjótským protokolem, Rámcovou úmluvou a Montrealským protokolem (chmi.cz, 2021).

## 1.8 Adaptační opatření

Pojem „mitigace“ je obecně znám jako „zmírňování“ klimatické změny. Mitigační opatření jsou přímá či nepřímá opatření, která vedou ke snížení emisí skleníkových plynů (MZP, 2015). Dle OPRL (Oblastní plány rozvoje lesů) jsou však aktuální mitigační opatření nedostatečná a selhávají (UHUL, 2021). Tento proces můžeme vidět, na příkladu zvaném Jevonsův paradox. Tento jev popisuje, že technologický pokrok sice přináší větší efektivitu při spotřebě určitého zdroje, avšak tím více pak roste spotřeba daného zdroje, kvůli větší poptávce (Giampietro, Mayumi, 2018).

## 1.9 Mitigační opatření

Pojem „mitigace“ představuje zmírnění či zpomalení klimatických změn. Jedná se o proces přizpůsobení se aktuálnímu klimatu a jeho účinkům. V rámci zásahu člověka se jedná o snahu snížit škody a využít možné příležitosti (MZP, 2015).

## 2 KLIMATICKÉ ZMĚNY

Klimatická změna, je definována jako významná a neustálá změna v rozmezí desítek až milionů let. Dochází k extrémním výkyvům změn, např. povětrnostních podmínek či může být následkem přirozených procesů nebo trvalých změn ve složení atmosféry (Solomon, 2007). Klimatické změny (KZ), představují jedno z hlavních environmentálních témat.

Studie prokázaly souvislost mezi lidskou činností a jejím vlivem na globální klimatický systém Země. Skupina vědců v rámci OSN dlouhodobě zkoumá vývoj změny klimatu a tyto skutečnosti uvádí v hodnotících zprávách. V roce 2015 vydali pátou hodnotící zprávu. Tato zpráva varuje před extrémním počasím, jako jsou silné bouře a velká vedra. V roce 2019 byla vydána nejnovější zpráva o změně klimatu, krajině a půdě (IPCC, 2019).

Změna klimatu je dlouhodobý posun v chování počasí v určitém regionu nebo na celé planetě. Podle odborníků je změna klimatu způsobena především lidskou činností, která se projevuje v neustálém nárůstu koncentrace skleníkových plynů v naší atmosféře (Ecolifedictionary, 2011). V rámci mezinárodních orgánů, věnujících se problematice klimatických změn, byl založen Mezinárodní panel pro změnu klimatu (IPCC). Je sestaven z vědců po celém světě, kteří zkoumají především změny klimatu a hodnotí jejich environmentální rizika a důsledky (MŽP, 2015). Změna klimatu byla projednána a přijata na konferenci OSN v roce 1992, Rio de Janeiro. Tato úmluva poskytuje rámec mezinárodním vyjednáním o možném řešení problémů a rizik spojených s klimatickou změnou. Úmluva je založena na 4 hlavních principech:

- „*principu mezigenerační spravedlnosti, tj. chránit klimatický systém ve prospěch nejen současné, ale i příštích generací*“,
- „*principu společné, ale i diferencované odpovědnosti, který říká, že ekonomicky vyspělé země nesou hlavní odpovědnost za rostoucí koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, přičemž jejich povinnost je i poskytovat pomoc rozvojovým zemím*“,
- „*principu potřeby chránit zejména ty části planety, které jsou více náchylné na negativní dopady změn klimatického systému, tj. především těch zemí, které jsou v rámci svého hospodářského vývoje a geografického umístění zranitelnější*“,
- „*principu tzv. předběžné opatrnosti, tj. nutnosti neodkládat řešení problému, a to ani v tom případě, že doposud nelze některé důsledky změny klimatu přesně kvantifikovat*“ (MŽP, 2021).

### 2.1.1 Globální oteplování

Globální oteplování definujeme jako jev, při kterém dochází k dlouhodobému zvýšení průměrné teploty na Zemi. Vztahuje se tedy ke změnám průměrné globální teploty. Taktéž ho řadíme k jednomu z projevů změny klimatu avšak v planetárním měřítku. Nejvíce k němu přispívá produkce oxidu uhličitého lidskou činností. Koncentrace v atmosféře se v roce 2020 zvýšila až o 48 % než před průmyslovou revolucí (1750). Tento proces vyvolává změny v globální cirkulaci. Dochází nejenom k oteplování, ale i k ochlazení. Vlivem cirkulace se mění způsob, jakým je planeta zahřívána (Zilvar, TZB-info, 2021).

## 2.2 Historie

Od počátku vzniku planety Země se odehrávaly procesy, které ji významně ovlivňovaly. Přibližně před 4,5 miliardami let došlo k vzniku živých organismů na Zemi, které se neustálým fyziologicky-chemickým složením vyvíjeli do nových forem života. Tím došlo k propojení vazeb mezi živým organismem a klimatem, jež spolu navzájem působily a tvořily tak charakter celé planety. Nejrozmanitější formy života, které se rozrůstaly geometrickou řadou, měly za následek velké množství přírodních a klimatických katastrof. Na planetě docházelo postupem času ke změně globálního klimatu, počínaje ledovci, přes ústup moří až na rozšiřování pouští (Acot, 2005). Měnila se poloha kontinentů, kdy se kontinenty spojovaly a následně zase oddělovaly od sebe, čímž docházelo k proměnám povrchu. Dále docházelo ke změnám světových pólů, složení atmosféry, které bylo značně odlišné od toho současného (Kalvová, 2002).

## 2.3 Příčiny klimatických změn v České republice

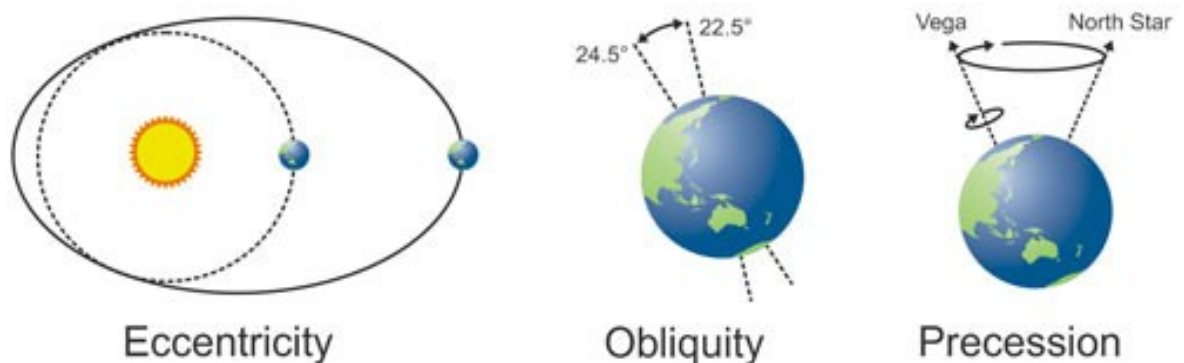
Změny v množství aerosolů a skleníkový plynů v atmosféře, slunečního záření či vlastností zemského povrchu ovlivňují energetickou bilanci klimatu. Tyto změny jsou vyjadřovány pomocí radiačních působení, které jsou dále využívány k porovnávání míry vlivů antropogenních a přirozených faktorů globálního klimatického systému. Globální koncentrace metanu, oxidu uhličitého a oxidu dusného v atmosféře se následkem činnosti člověka razantně zvýšily a nyní jsou hodnoty vyšší, než tomu bylo v historii (Soukupová, 2011).

Mezi činitele, které způsobovaly změnu klimatu v minulosti, můžeme zařadit astronomický jev, Milankovičovy cykly. Pojmenovány jsou podle srbského fyzika a matematika, Milutina Milankoviče 1879–1958). Milankovič jako první podal matematické zdůvodnění

faktu, že klimatické cykly mohou souviset s cyklickými orbitálními pohyby Země. Díky svým matematickým propočtům dospěl k tomu, že k velkým klimatickým změnám docházelo změnou intenzity slunečního záření. Tyto změny probíhaly důsledkem tří periodických změn parametrů oběžné dráhy Země okolo Slunce (Soukupová, 2011).

První z nich je změna excentricity (změna výstřednosti eliptické dráhy Země) zemské dráhy, což je vzdálenost ohniska od středu eliptické dráhy. K tomuto jevu dochází každých 100 000 let. Excentricita způsobuje, že oběžná dráha není kruhová, ale elipsovitá. Odchylka se může pohybovat od kruhu, nulové excentricity až do 6 %. Nyní je přibližně 1,67 %. Kolísání excentricity vede ke změnám průměrné vzdálenosti Země od Slunce. Na kruhové oběžné dráze získává Země méně energie, kdežto na elipsovité se střídají maxima a minima. Avšak tento jev má pouze drobný efekt, zhruba několik desetin stupně Celsia. Druhou změnou je sklon zemské osy. Odklon od kolmice k rovině ekliptiky v rozmezí 2,4°. Sklon zemské osy se mění v periodě přibližně 40 tisíců let, v rozmezí 21,8 – 24,4° a snižuje se o polovinu úhlové vteřiny za rok. Pokud dojde ke zvětšení náklonu zemské osy, dopadá v ročním průměru na rovník méně slunečního svitu a naopak na póly více. To hraje roli při rozdílu mezi ročními dobami na protilehlých místech Země. Mírnější léto na severním pólu znamená umocněnější zimu na jižním pólu. Je-li sklon osy menší, jsou sezónní hodnoty slabší a důsledkem toho dochází k zalednění. Třetí změnou je precese, což je změna směru zemské osy. Při precesi zemské osy dochází k pohybu země při otáčení kolem své osy, následně se vyklání do stran, což znamená, že osa pólů opisuje kužel. Odehrává se v cyklu 19 000 – 23 000 let (Soukupová, 2011).

## Milankovitch Cycles



Obrázek 2 - Milankovičovy cykly (archeologienadosah.cz, 2014)



Dále docházelo ke změně *sluneční aktivity*. Velký pokrok v rámci objasnění vztahů mezi klimatem a sluneční aktivitou uskutečnil dánský fyzik, Henrik Svensmark. Jeho hypotéza vysvětluje, že změny sluneční aktivity zapříčiňují počty oblaků, díky kterým dochází buď k oteplování, nebo ochlazování Země. Pokud jsou oblaka rozsáhlá a hustá, dochází k menšímu pronikání slunečních paprsků (Podolská, 2014). Největším projevem sluneční aktivity, který má vliv na změnu klimatu, jsou tzv. sluneční skvrny. Sluneční skvrna je oblast na povrchu Slunce s intenzivním magnetickým polem, díky které má nižší teplotu než okolí, zhruba o 4 000 °C (Soukupová, 2011).

*Pohyb kontinentů* probíhá už od pradávny historie Země. Opakovaně docházelo k přesunu a seskupování v různých místech planety. Tím se výrazně měnilo klima na nich v různých obdobích, např. pokud ležely u rovníků, vyskytovaly se na nich povodně a tropické klima (Soukupová, 2011).

*Vulkanismus* hraje taktéž významnou roli v oblasti klimatu. Jsou prokázány následky vulkanismu na klima, ve všech historických epochách. Při výbuchu větších sopek, docházelo k uvolnění velkého množství prachu do ovzduší, které následně proniklo, vlivem energie výbuchu do troposféry, následně do stratosféry. Při takovém výbuchu vzniká velké množství aerosolů, které vytváří aerosolový oblak a následně pak dochází k ochlazení povrchu Země na dobu několika let (Soukupová, 2011).

Ke změnám *mořského dna* v historii docházelo poklesem, vzestupem a posuny litosférických desek. Tyto změny mořského dna přispívaly ke změně tras a teploty oceánských proudů. Nejen, že je mořská voda ovlivňována klimatem, značný vliv má i na klima naší planety (Soukupová, 2011).

## 2.4 Klimatické modely

Klimatické modely jsou nejdůležitějším nástrojem k předcházení změn klimatu a jeho chování v průběhu dní, týdnů, měsíců nebo i několika desetiletí. Tyto modely se zabývají klimatickými změnami v souvislosti s přírodními podmínkami a činnostmi člověka. Výsledky klimatických modelů poskytují řadu důležitých výsledků, které jsou dále využívány odborníky např. v meteorologii, zemědělství a další (Climate Modeling, 2011).

Simulování klimatických modelů může přinášet i určité nejistoty výstupů těchto klimatických modelů. Je možné jim předcházet pomocí analýzy více modelových běhů (chmi.cz, 2021).

Okolo simulací klimatických modelů (GCM i RCM) panuje celá řada nejistot. Tyto nejistoty vycházejí z několika různých zdrojů, především se jedná o zadávání počátečních a okrajových podmínek, použití parametrizací a vlastní struktury modelů (např. numerické metody, které jsou používány při řešení rovnic nebo prostorové rozlišení). Nejistoty v modelových simulacích je možné analyzovat za pomoci souborů (tzv. ansámby) více modelových běhů. Například pro odhadnutí nejistoty vycházející z počátečních podmínek používáme soubory modelových běhů. U každého z těchto souborů je definován lehce rozdílný výchozí stav. Dalším z příkladů jsou soubory simulací konkrétního modelu se změněnými parametrizačními schémata, na základě kterých je možné vyhodnocovat neurčitost spojenou právě s použitím fyzikálních parametrizací (Trnka a kol., 2021).

Při tvorbě scénářů o budoucí změně klimatu, za použití modelových situací, se k vyjmenovaným zdrojům neurčitostí přidává další zdroj. Jedná se o naši neznalost vývoje přirozených i antropogenních faktorů ovlivňujících klima. Vliv přirozených faktorů, jako například velkých erupcí sopek a změny intenzity slunečního záření, není v modelových simulacích budoucího klimatu obvykle zohledněn. Že by v globálním měřítku tyto přirozené vlivy na klima, zcela potlačily antropogenní vlivy, je ale velice nepravděpodobné. Antropogenní vlivy zahrnují především emise skleníkových plynů, aerosolů a také změny při využívání povrchu. Nejistá situace ohledně budoucnosti vývoje emisí skleníkových plynů a aerosolů vedla IPCC k vytvoření sady emisních scénářů, která je označována jako SRES a RCP scénáře (Trnka a kol., 2021).

#### 2.4.1 Globální klimatické modely

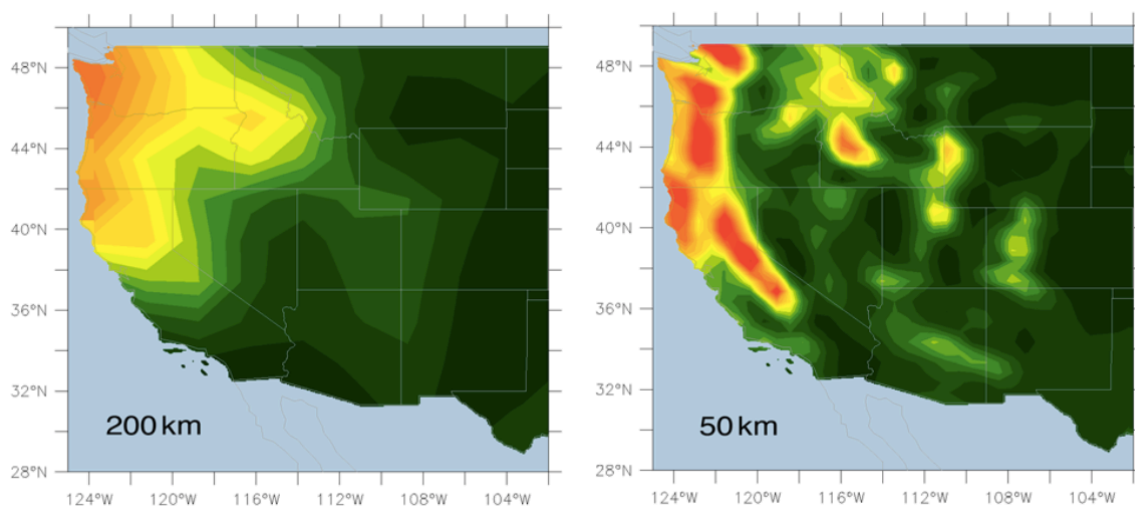
Tento typ modelů vytvořil britský matematik Lewis Fry Richardson, který jako první uskutečnil numerickou předpověď počasí, trvající šest hodin. Tím předběhl svoji dobu a jeho výpočty se využívají dodnes (Trnka a kol., 2021).

Nejpropracovanějším typem modelů jsou tzv. GCM (Global Climate Models), tedy Globální klimatické modely, které modelují klima celé planety. Skládají se z několika částí a to především modelu atmosféry, oceánu, ledu a biosféry. Dále tvoří také soustavu chemických modelů, které jsou společně s dalšími modely propojeny. Výpočty jsou řešeny pomocí rovnic a probíhají v tzv. gridových bodech v různých vertikálních hodnotách. Pro kvalitní a přesné využití modelu, je zapotřebí využívat té nejvyspělejší techniky, která v dnešní době existuje (chmi, 2021).

## 2.4.2 Regionální klimatické modely

Regionální klimatický model tzv. RCM (Regional Climate Model) funguje velmi podobně jako GCM, avšak je založený na sledování pouze určité části Země, regionu. Jsou řízeny GCM, tudíž jsou spolu do jisté míry propojeny. Je nutné zmínit, že u tohoto typu modelů je důležité měřítko. V rámci preciznějšího výpočtu se využívá zmenšení modelu GCM a tím se následně získá model regionální. Výpočty v tomto modelu neprobíhají pro celou planetu Zemi, ale pouze ve vybraných oblastech. Hodnoty rozlišení regionálních modelů se pohybují v rozmezí 50 do 10 km (Trnka a kol., 2021).

Na obrázcích níže můžeme vidět, jaký způsobem ovlivní rozdíl v měřítku výsledné hodnoty modelů.



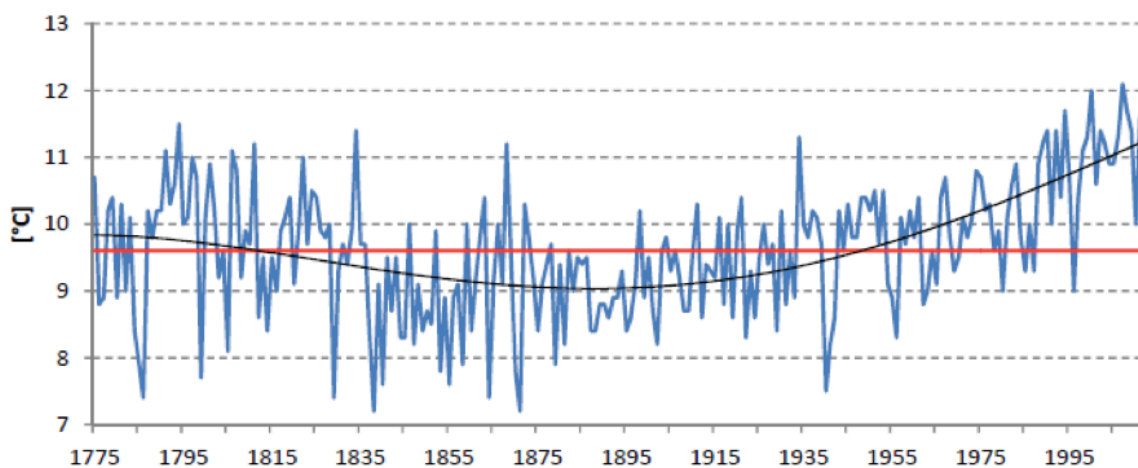
Obrázek 3 - Rozlišení modelu 200 km a 50 km (Climate Modeling, 2011)

## 2.5 Budoucí vývoj klimatu

Zkoumáním projevů a dopadů klimatických změn v podmínkách ČR se podrobně věnoval projekt „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření (Pretel, 2011).

Tento projekt je zaměřen na upřesnění a aktualizaci regionálních scénářů vývoje klimatu na území ČR pro období v časových horizontech 2010-2039, 2040-2069 a 2070-2099 a současně jedná o zpřesnění předpokládaných dopadů klimatické změny na výše zmíněné sektory (Pretel, 2011).

Prvním z faktorů je sledování *teploty vzduchu* „V České republice probíhá sledování teplotních charakteristik od 18. století v pražském Klementinu (teplota od r. 1775 a srážky od r. 1805, viz obrázek 2). Z těchto dat lze vyvodit základní trendy pro území ČR. Co se týče průměrných teplot vzduchu, tak po nárůstu průměrné teploty v druhé polovině 18. století nastal pokles průměrných teplot, který se začal obracet k postupnému nárůstu od konce 19. století. Ten probíhá doposud, kdy při krátkém zpomalení v polovině 20. století se nárůst od osmdesátých let významně zrychlil, a to až do současného období. S tímto hlavním trendem víceméně souvisí také změna sezonních chodů teplot“ (EKOTOXA s.r.o., 2011).

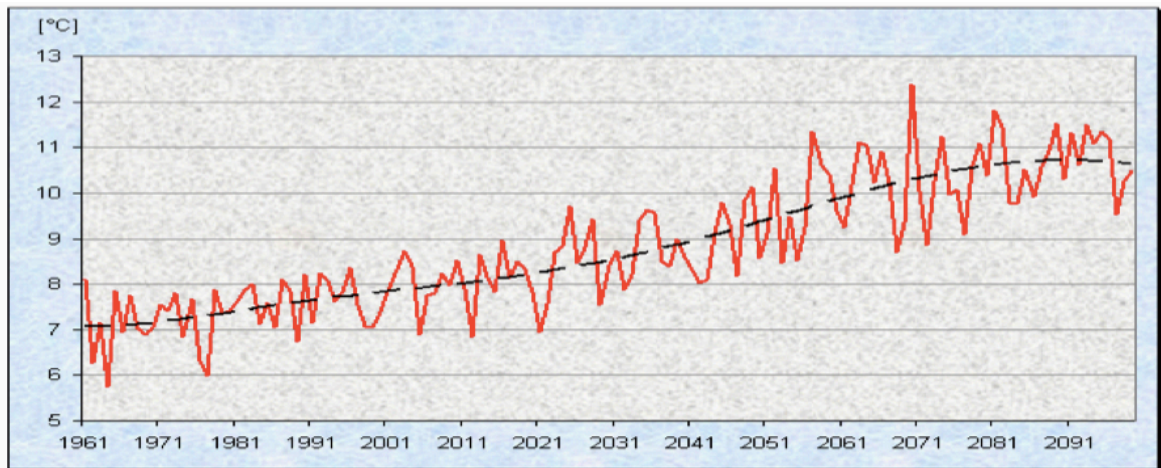


Obrázek 4 - Průběh průměrných teplot vzduchu (°C) v období 1775-2012, Praha - Klementinum (MŽP, 2015)

Graf zobrazuje průměr průměrných ročních teplot vzduchu v °C za období 1775-2012. Červená linie ukazuje dlouhodobý teplotní průměr za sledované období. Modrá křivka zobrazuje roční průměr teploty vzduchu, černá čára 11letý klouzavý průměr (MŽP, 2015).

Dle vypracovaných scénářů se předpokládá že: „v prvním období 2010–2039 se teplota vzduchu na území ČR zvýší o cca o 1 °C, oteplení v létě a zimě je jen o něco menší než na jaře a na podzim. Zvýšení teplot bude relativně málo proměnlivé v prostoru. V období 2040–2069 se předpokládá výraznější oteplení, nejvíce se zvýší teploty vzduchu v létě (o 2,7 °C), nejméně v zimě (o 1,8°C). Za zmínku stojí zvýšení teplot v srpnu o téměř 3,9°C. V jednotlivých lokalitách se oteplení může na jaře a v létě pohybovat od 2,3°C po 3,2°C, na podzim od 1,7°C po 2,1°C a v zimě od 1,5°C po 2,0°C.

Dále může docházet: „V posledním období 2070–2099 dosahuje oteplení v létě 4°C (na území ČR se mění od 3,5 do 4,7°C), na podzim a v zimě je předpoklad růstu o cca 2,8°C (v jednotlivých gridových bodech od 2,6 do 3,1 °C) (EKOTEXA s.r.o., 2011).



Obrázek 5 - Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomičského trendu vývoje 1961-2099 (Pretel, EXOTOXA, 2011)

Graf předpokládá nárůst průměrné roční teploty v ČR o cca 1 °C do roku 2039. V letech 2040-2069 by mělo dojít k výraznému oteplení, zhruba o 2,7 °C v letních měsících. Na jaře zhruba od 2,3 °C – 3,2 °C, na podzim od 1,7 °C – 2,1 °C a v zimě od 1,5 °C po 2,0 °C (Pretel, 2011).

Dalším projektem, který se věnuje výzkumu v oblasti monitoringu a klimatologie, je projekt „Intersucho“. Řada odborníků a specialistů v oboru navázala na dlouhodobý výzkum o vývoji sucha v České republice a Evropě (intersucho, 2021).

### 3 LESY

Les je obecný termín, používaný v různých souvislostech a definicích. Většinou se nám vybaví velká souvislá plocha s rostoucími stromy – lesními dřevinami. Podle ustanovení zákona číslo 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, jsou lesy významným krajinným prvkem, tedy ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotnou částí krajiny, utvářející její typický vzhled nebo přispívající k udržení její stability (Zákon č. 114/1992 Sb.).

Les snadno odlišíme od jiných typů krajinného pokryvu jako jsou orná půda, vodní plocha nebo louka. Vodní plochy nebo louky mohou však být součástí takzvaných Pozemků určených k plnění funkcí lesa (PUPFL), což je termín daný v ČR lesním zákonem. Jako PUPFL jsou definovány jako „pozemky s lesními porosty a plochy, na nichž byly lesní porosty odstraněny za účelem obnovy, lesní průseky a nezpevněné lesní cesty, nejsou-li širší než 4 m, a pozemky, na nichž byly lesní porosty dočasně odstraněny na základě rozhodnutí orgánu státní správy lesů“. Do PUPFL dále patří „zpevněné lesní cesty, drobné vodní plochy, ostatní plochy, pozemky nad horní hranicí dřevinné vegetace (hole), s výjimkou pozemků zastavěných a jejich příjezdních komunikací, a lesní pastviny a políčka pro zvěř, pokud nejsou součástí zemědělského půdního fondu a jestliže s lesem souvisejí nebo slouží lesnímu hospodářství (Schneider, 2016).

#### 3.1 Les jako ekosystém

Ekosystém je definován jako soubor organismů (*biota*), žijících na určitém území, spolu s živým prostředím (*abiotické faktory*). Je tvořen strukturním a funkčním celkem, který je složen ze všech živých organismů a abiotického prostředí v daném časoprostoru (Machar, 2014).

#### 3.2 Historie obhospodařování lesů

Jako samostatný obor lesnictví vznikalo v 17. století, kdy došlo k masivnímu nedostatku dřeva, vlivem vysoké spotřeby dřevní suroviny. Nastalo období tzv. světové krize dřeva, které přešlo v závažnou ekologickou katastrofu. Lesní prostranství byla vyznačována velkými holinami a značným poškozením půdy. Následně muselo dojít k využití jiného zdroje energie, kamenného uhlí. (Hrib a kol., 2009). Od 18. do 19. století, v období průmyslové revoluce se zásadním způsobem změnila výroba, doprava, zemědělství i další sektory hospodářství, u kterých sehrávalo lesnictví významnou roli. Dřevo bylo velice

důležitou surovinou pro rozvoj průmyslu a poptávka po něm bez pochyby ovlivnila podobu lesů tak, jak je dnes známe. Lesnictví bylo jedním ze strategických odvětví, tak jako je dnes například výroba elektrické energie z jádra v energetice. Počátkem 20. století se chápání lesů začalo postupně měnit. Další průmyslová odvětví se stávají důležitými a v lesním hospodářství se postupem času do popředí zájmu dostává koncept bezpečné produkce lesnických ekosystémových služeb, který je také jinak nazýván trvale udržitelné obhospodařování lesů. Změna skladby druhů lesů je upravována směrem k přirozené skladbě dřevin a jejímu uplatnění ve vhodných oblastech. Tento trend však v posledních dvou desetiletích zažívá těžké období, kvůli rychlosti změn podmínek, které sebou nesou klimatické změny v jednotlivých oblastech. S jistotou můžeme říct, že nestabilní stav v lesích, eventuálně až rozpad jednotlivých lesních společenstev bude mít za následek zhoršení poměrů v krajině okolo lesů. Mimo jiné také dosavadní situace znatelně dává najevo selhání lidské společnosti, při pokusech realizovat různá opatření, která se zaměřují na zmírňování extrémních projevů globální klimatické změny (mitigace změny klimatu) (Mansfeld, 2021).

### 3.3 Kategorie lesů

Lesy se dělí podle svých funkcí do tří kategorií, a to na lesy ochranné, lesy zvláštního určení a lesy hospodářské (Zákon č. 289/1995 Sb.).

- Les ochranný – zahrnuje lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích a lesy kolem horní hranice lesa, kde stabilizují půdu před erozí, sesuvy, lavinami či bahnotokem a mají ochranný vliv na níže položené plochy
- Les zvláštního určení – obsahuje lesy, které se nachází na území národního parku, národní přírodní rezervace, v pásmu hygienické ochrany vodního zdroje přírodních minerálních vod
- Les hospodářský – hlavní funkcí těchto lesů, je produkce dříví

### 3.4 Funkce lesů

Lesní zákon číslo 289/1995 Sb., definuje funkce lesa v § 2 pod písmenem b). Pro vysvětlení, se funkcemi lesa rozumí přínosy závislé na existenci lesa, které se člení na produkční a mimoprodukční.

### **3.4.1 Produkční funkce lesů**

Dříve v historii byly lesy se vnímány jako zdroj nebezpečí, kvůli dravé zvěři, která mnohdy ohrožovala životy lidí. Dnes les je bezpodmínečně brán jako nekonečný zdroj dřevní suroviny s velmi širokým využitím. Nicméně z hlediska ekonomiky není dřevoprodukční funkce lesa aktuální prioritou. (Machar, 2014).

#### ***3.4.1.1 Vodohospodářská funkce***

Vodohospodářská funkce cílí na hospodářskou činnost, které je zaměřena na kvalitu vody, vodní bilanci a režim odtoku. Dále také slouží k ochraně zdrojů pitné vody, pramenných oblastí, studánek a pramenů či vodních nádrží (Morávek, 2011).

### **3.4.2 Mimoprodukční funkce lesů**

Za mimoprodukční (environmentální) funkce lesa bývají označovány funkce, které les bezesporu plní, ale nejsou viditelné navenek. Mezi tuto funkci patří působení lesů jako faktoru životního prostředí, např. funkce vodoochranné a vodohospodářské, půdoochranné, klimatické a další (Machar, 2014).

#### ***3.4.2.1 Klimatická funkce***

Klimatická funkce lesa ovlivňuje rozdíl teplot vzduchu v lese oproti okolnímu prostředí. Dokáže ovlivnit stav absorbovaného světla, proudění vzduchu, vodní bilanci či zadržovat prachové částice (Lesycr.cz, 2020).

#### ***3.4.2.2 Hydrologická funkce***

Je jednou z nejdůležitějších funkcí lesa. Zahrnuje množství, kvalitu a vyrovnanost odtoku vody v lesích. Les ovlivňuje koloběh vody, úhrn zachycených ročních srážek a zmírňuje následky živelních pohrom, jako jsou povodně, sucha či půdní eroze (Kantor a kol., 2003).

#### ***3.4.2.3 Půdoochranná funkce***

Chrání lesní půdu před různými druhy eroze, např. vodní, větrné či sněhové a před svahovými sesuvy. Slouží také k zabránění přemísťování půdy vlivem působení větru a vody (Mezistrymy.cz, 2021). Kromě půdoochranné funkce plní také les funkci půdotvornou, která hromadí a poté rozkládá organické látky (Morávek, 2011).



#### 3.4.2.4 *Krajinná funkce*

Krajinná funkce lesa zaujímá ochranu krajinného (přírodního a životního) prostředí a funkci ekologické stability (Mezistromy.cz, 2021).

#### 3.4.2.5 *Ochranná funkce*

Ovlivňuje stabilitu krajinného prostředí a jeho dílčí složky jako jsou půda, lesní stanoviště, příp. i objektů, které se v daném prostředí nacházejí, před přírodními hrozbami (Mezistromy.cz, 2021).

### 3.5 Ochrana lesa

Ochrana lesa patří mezi aplikované lesnické disciplíny. Cílem je péče o lesní ekosystémy tak, aby mohly plnit jejich funkce. Mezi nejčastější způsoby ochrany patří dřevěná tzv. „oplocenka“, sloužící na ochranu uměle obnovené plochy po maloplošné holoseči.

Ochrana lesa se dále také definuje jako nauka, tvořící propojení mezi pěstováním lesů, těžbou lesů a formou rozvoje učí rozpoznávat nebezpečí, která lesům hrozí (Konšel, 1931).

Vlastník lesa je povinen počínat si tak, aby nedocházelo k negativnímu působení na les a jeho přímému ohrožení. Pravidelně musí evidovat výskyt a rozsah poškození lesa, např. při zvýšeném rozmnožení škůdce, informovat příslušný orgán státní správy lesů.

Dále by měl preventivně bránit v rozšiřování škůdců, snažit se bránit vzniku a šíření lesních požárů (Zákon č. 289/1995 Sb.).

S dalším možným postupem ochrany českých lesů přicházejí odborníci z českých a moravských institucí. Uvádějí, že by mohlo dojít k využití modřínu opadavého, který by mohl pomoci s obnovou holin po kůrovcové kalamitě a zvýšit tak životaschopnost lesů. Modřín má díky mohutné koruně schopnost propustit velké množství světla a srážek, což poskytuje okolním stromům dostatek vody. Dále pomáhá ke zlepšení půdy a podpoře vzniku druhové rozmanitosti lesa (ČT24, 2021).

### 3.6 Stav lesních ekosystémů v ČR

Původně lesní ekosystémy pokrývaly téměř celé území České republiky, v současnosti zaujímají 33,3 % rozlohy. Z velké části území ČR náleží k biomu opadavého listnatého lesa mírného pásma. Dále jej můžeme členit podle druhového složení rostlinných společenstev jednotlivých ekosystémů, které jej tvoří (Machar, 2014).

## 4 VLIV KLIMATICKÝCH ZMĚN NA LESY ČR

Vývojové ukazatele klimatologických charakteristik upozorňují na častější výskyt extrémních projevů počasí, které se už nyní projevují v lesním hospodářství. Lze tedy očekávat další nárůst negativního působení na přírodní prostředí (ČHMÚ, 2021).

Díky působení změn klimatu mohou být ovlivněny produkce lesních ekosystémů (Babst et al. 2019). Tyto ekosystémy s dlouhou životností byly v průběhu vývoje přizpůsobeny na nynější klimatické podmínky, avšak lze předpokládat, díky rychlosti změn klimatu, že lesy nebudou schopny adaptace na další změny (Poleno, 1997).

Problematika lesů a ovlivnění lesního hospodářství, které sebou přináší klimatické změny. Lesy, které rostou na jedné třetině území České republiky, jsou v první řadě podstatným prvkem ekologické stability krajiny. Díky své přirozené schopnosti produkovat velké množství biomasy byly, jsou a budou velmi cenným zdrojem. Jejich existence však spočívá především v zajištění realizace ochrany půdy, ochrany vod, podnebí a společenských funkcí, které mohou souviset s konkrétními pěstitelskými a technickými opatřeními v souvislosti s dopady klimatických změn (Kalvová, 2002).

Nejenže má změna klimatu negativní dopad na lesní porosty, každopádně je zřejmé, že na tom významný podíl zastupují lidé. Lidstvo postupně ničí lesy, aniž by si uvědomovalo, jaké účinky jeho neuvážené chování může představovat. Nezastupitelnou roli v rámci dopadu klimatické změny na lesy, hraje zásadní roli dokument IPCC. Není jasno, jak se budou projevovat reakce dřevin na změnu podmínek stanovišť, případně jak se budou přizpůsobovat. V oblasti lesního hospodářství jsou vypracovány scénáře očekávaných změn klimatu do roku 2050. Některé scénáře, v rámci modelu HADGEM počítají s nárůstem teploty o +2,45 °C oproti současnému období. Kromě strategií jsou projednávány dopady změny klimatu na základě věrohodnosti. Jedná se o prokázané zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub>, změnu půdního potenciálu a změnu nároků dřevin na stanoviště (Kalvová, 2002).

Schopnost poskytnout mnoho prospěšných ekosystémových služeb a funkcí je základní vlastností lesních ekosystémů. O systematické spojitosti funkcí lesních porostů a ekosystémových přínosech pro společnost pojednává přehledová studie hodnotící ekosystémové služby lesů ve Velké Británii (Coll. 2011). Vzhledem k místním klimatickým podmínkám se pozitivní vliv lesních porostů podepisuje na vyrovnávání extrémního počasí v místní krajině, zejména dokáže snižovat teplotní rozdíly a rychlosti

větru. Dále pak dokáže zpomalovat a vyrovnávat odtok vody ze zalesněných oblastí. Pro Českou republiku (resp. střední Evropu) je specifická různorodost stanovištních podmínek (v ČR je rozlišováno více jak 800 lesních typů sdružujících se do 183 souborů lesních typů). Kulturní lesy mají v ČR převahu nad lesy původními nebo přírodě blízkými, velice významné je zde zastoupení smrkových monokultur (a to i v nevhodných oblastech) a dominuje zde pasečné hospodaření (Adaptační strategie ČR, 2015).

Na většině lesního území se skladba druhů, věku a prostoru dřevin liší od skladby přirozené a doporučené pro tato území, čímž je snížena jejich ekologická stabilita. Díky těmto okolnostem je snížena odolnost lesních porostů proti klimatickým stresům a také vůči biotickým škodlivým činitelům (podkorní hmyz, houbové infekce, atd.). Důsledkem tohoto stavu je snížena trvalá a vyrovnaná funkce lesa. Z hlediska ekonomického je však závažné především snížení stability a vyrovnanosti při produkci dřeva. Dá se sice předpokládat pozitivní důsledek zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na aktivitu růstu lesních porostů, zvyšováním průměrných teplot však také zároveň dochází ke zvýšení evapotranspirace, což zejména v oblastech méně odolných vůči vysychání a v oblastech s nižší úrovní srážek způsobuje zhoršení schopnosti zadržovat vodu. Navyšování produkce je na chudších stanovištích zároveň limitováno nedostatečným množstvím živin (Adaptační strategie ČR, 2015).

Působení klimatických změn hraje také zásadní roli v případě zhoršování zdravotního stavu a stability lesů obhospodařovaných pasečným způsobem, především pak smrkových monokulturních lesů ve středních a nižších polohách, tedy v oblastech, které jsou stěžejní pro produkci dřeva v ČR. Tímto pak dochází ke zvýšení aktivity celé řady patogenních škůdců, kteří zde fungují jako iniciační i mortalitní stresor ve všech věkových stupních porostů. Zároveň se také zvyšuje počet kalamit způsobených abiotickými vlivy během náhlých klimatických změn (vichřice a nárazové větry, velké množství mokrého sněhu, sesuvy svahů po extrémním množství srážek, lesní požáry atd.). Pro monokulturní lesy (především smrkové) jsou přitom některé z těchto negativních dopadů největším rizikem (Adaptační strategie ČR, 2015).

Vzhledem ke klimatickým změnám je pro lesy sucho jedním z nejvýznamnějších rizik, což výrazným způsobem zvyšuje nebezpečí možnosti vzniku lesních požárů, které pak mají za následek negativní vliv na produktivitu lesních ekosystémů a služby s nimi spojené. V případě smrku je sucho inicializováno jeho chřadnutím. U lesů významných pro hospodářství na stanovištích ve středních a nižších polohách 3. – 5. lesního vegetačního

stupně (LVS) s nepůvodní skladbou dřevin a zhoršenou zásobou vody je možné očekávat zvýšený výskyt václavky, nebo dokonce přímé ohrožení vlivem sucha. Sucho taktéž může ohrozit smrkové porosty na vodou ovlivněných stanovištích. Střídající se klesání hladiny vody na oglejených stanovištích vyvolává prísušky, které poté vedou k infekci červené hniloby (Adaptační strategie ČR, 2015).

Oslabené dřeviny jsou pak ohroženy dalšími škůdci (především pak podkorním hmyzem) a dalšími skupinami organismů (zejména endofytickými houbami, které se projevují jako vaskulární mykózy přenášené hlavně podkorním hmyzem). Smrkové porosty jsou také na řadě míst poškozeny loupáním zvěří a dále pak destabilizovány následnou hnilobou. V těchto porostech pak dochází k výraznému chřadnutí spojením působení těchto negativních faktorů (Adaptační strategie ČR, 2015).

Mezi nejdůležitější cíle při adaptaci lesů na změnu klimatu patří posílení biodiverzity v rámci úpravy druhové skladby a vhodné obhospodařování lesních stanovišť s cílem retence vody v krajině (ÚHÚL, 2021). Stěžejním dokumentem ohledně adaptace na změnu klimatu je „Strategie pro přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR“. Lesy jsou schopny dlouhodobě vázat oxid uhličitý z atmosféry a snižovat úroveň skleníkových plynů. To v rámci lesních ekosystému hraje významnou roli (MŽP, 2015).

Obavy z negativního vlivu klimatických změn především na jehličnaté porosty představují důležitý smysl ke změně obvyklých způsobů hospodaření na rozdílné způsoby. Stále více je uvažováno, že hospodaření v lese může být přizpůsobováno tak, aby zvyšovalo odolnost lesů vůči jejich narušení (Jactel et al. 2012 b).

Lesnictví nutně potřebuje svůj sektor stabilizovat. Proto je důležité, aby spolu adaptační a mitigační opatření korespondovala (chmi, 2021).

#### **4.1 Dopady změny klimatu a návrhy adaptačních opatření v sektoru lesního hospodářství**

Výsledky zaměřené na lesní sektor poskytují komplexní metodiku odhadu současných environmentálních rizik a narušení existujících lesních ekosystémů s převahou odhadu jejich pravděpodobného budoucího vývoje, posouzení změn v hodnotě lesních ekosystémů v důsledku jejich narušení a návrh strukturovaných adaptačních opatření pro zvyšování adaptačního potenciálu lesů, včetně odhadu jejich finanční náročnosti (ČHMÚ, 2019).

Výstupy jsou zaměřeny následovně:

- „*odhady environmentálních rizik narušení vývoje stávajících lesních ekosystémů s převahou smrku pro vybraný scénář vývoje klimatu a odhad jejich dalšího pravděpodobného vývoje*“;
- „*zhodnocení současného stavu porostů lesních dřevin (adaptační potenciál porostů, rizika houbových patogenů a hmyzích konzumentů, aj. a odhad jeho dalšího pravděpodobného vývoje*“;
- „*návrhy strukturovaných adaptačních opatření pro zvyšování adaptačního potenciálu lesů na základě druhové, genové a věkové diverzifikace porostů*“;
- „*zhodnocení změn v hodnotě služeb lesních ekosystémů v důsledku snížení hodnoty ekosystémových funkcí lesa a navrhovaných adaptačních opatření, včetně odhadu jejich finanční náročnosti*“;
- „*posouzení věrohodnosti odhadů dopadů klimatické změny na procesy ovlivňující lesní ekosystémy a plnění jejich ekosystémových funkcí pro období 2010-2099*“. (ČHMÚ, 2019).

#### 4.1.1 Dopady klimatických změn na lesní ekosystémy

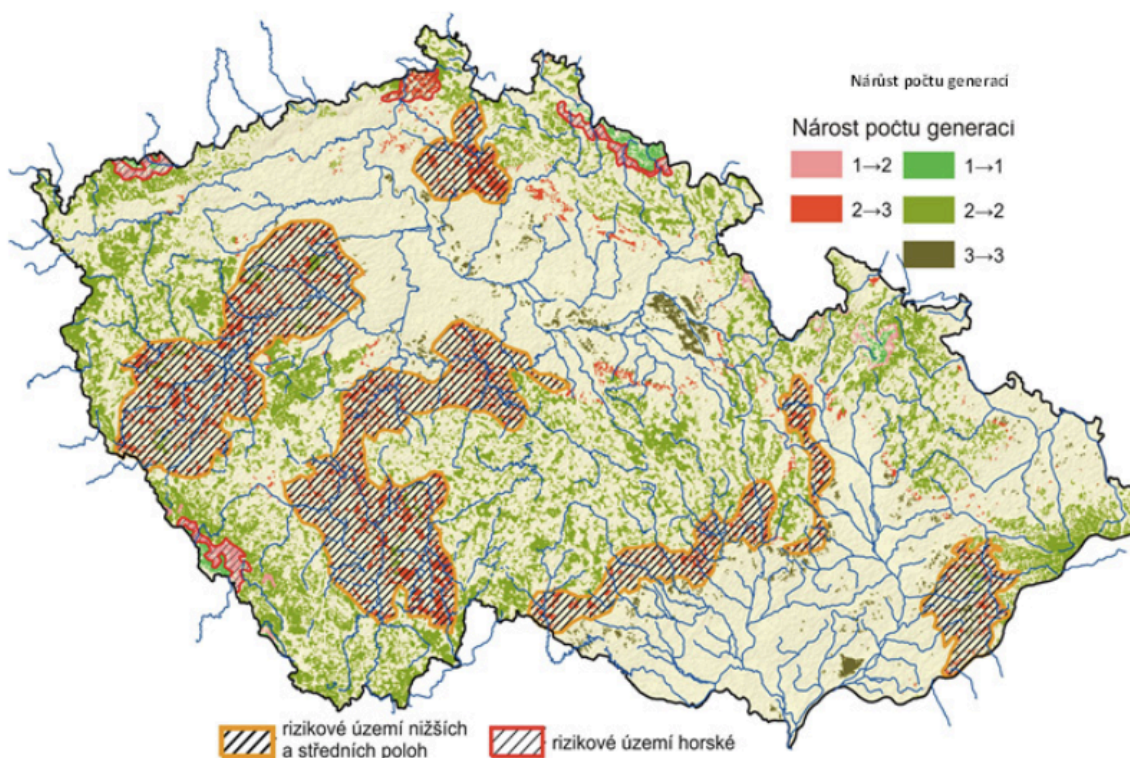
Dopady klimatických změn na lesní ekosystém jsou a budou regionálně velmi proměnné, a proto adaptační opatření musí být výsledkem dlouhodobého strukturovaného plánování. Předpokládá se, že poznatky o scénářích KZ budou postupně zlepšovány, z čehož bude vycházet přístup ke klimatické změně jako, procesu zpracování dat a jejich následné predikce (VÚLHM, 2020).

Lze očekávat reakci stromů na stres způsobený dopady klimatických změn. Jejich různý stupeň poškození a následná změna vitality, se bude projevovat následovně:

- „*redukcí běžného přírostu a celkového průměrného přírostu*“;
- „*změnou struktury fytoocenózy*“ (druhové abundance a dominance“;
- „*změnou vlastností půdy indikovaných světelnými a tepelnými poměry, prouděním vzduchu na rozsáhlých holinách a prosvětlených porostech, provázenou změnou humusové formy a koloběhu živin*“;

- „stresovaná stádia lesních společenstev jsou provázána zpravidla sníženou plodností dřevin, nižší klíčivostí a vitalitou semenáčků nebo úplnou neplodností semen, čímž dochází k celkovému oslabení regeneračních schopností ekosystému“.  
(VÚLHM, 2020)

Lýkožrout smrkový vytváří při nárůstu teploty vzduchu větší počet generací v rámci jedné sezóny (obr. 6). Doposud byla v horských oblastech pozorována jedna generace, která však může vést k realizaci dvougeneračního cyklu, ve středních polohách i třígeneračního. Změna klimatu může tedy nepříznivě ovlivnit stav lesů ČR, ve kterých má smrkový porost 54 % zastoupení. Avšak v rámci KZ mohou lesy za určitých podmínek ze změny profitovat. Zvyšující se koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře zvyšuje rychlost fotosyntézy, podporuje vodní režim rostlin a podílí se na podpoře rezistence vůči stresovým faktorům. Nárůst teploty může vyvolat zrychlení růstu. Tyto změny mohou být využívány v rámci adaptace lesního hospodářství na změnu klimatu (klimatickazmena.cz, 2021).



Obrázek 6 - Rozložení rizikových oblastí, ve kterých je možné v období 2021-2050 očekávat nárůst počtu generací lýkožrouta oproti období 1961-1990 (klimatickazmena.cz, 2021)

## 5 RIZIKA OHROŽUJÍCÍ LESNÍ EKOSYSTÉMY

### 5.1 Sucho

Sucho je meteorology a klimatologu užívaný pojem, který podle ČHMÚ znamená nedostatek vody v atmosféře, půdě či rostlinách (ČHMÚ, 2017).

Nedostatek vláhy a narůstající průměrná teplota vzduchu jsou jedny z nejvýznamnějších příčin týkající se klimatických změn (Modlinger & Trgala, 2019).

Voda je nezbytnou podmínkou pro život (Horník, 1968) a jejím nedostatkem dochází k nižší produkci biomasy. Avšak sucho představuje jednu z nejzávažnějších hrozeb v rámci klimatických změn na území ČR. Proto je to aktuálně nejvíce diskutované téma, a to z několika důvodů. Ať už kvůli nenávratným dopadům na životní prostředí nebo také na populaci z hlediska regionů. Důsledkem sucha dochází k vymírání živých organismů, což ohrožuje kompletně celý ekosystém. Problémem je i suchá půda, která je náchylnější ke vzniku požáru což vede k nenávratnému poškození lesního porostu (Mareš, 2014).

### 5.2 Povodně

Povodeň je velmi mimořádná událost, která může postihnout každého z nás. V České republice se vyskytují kolem vodních toků. Při povodni dochází ke zvýšení průtoků v tocích a následnému zaplavení pozemků. Dle vodního zákona číslo 254/ 2001 Sb., zákon o vodách, můžeme povodeň definovat jako stav, kdy voda způsobuje škody a zaplavuje území (Zákon č. 245/2001 Sb.).

Lesy v rámci povodní plní ochranou funkci, a to tak, že vodu zadržují. Jehličnatý les zadržuje méně vody než les listnatý. Smrkový les dokáže při dešti na svém jehličí zadržet daleko více vody, než listí (lesy.cz, 2011).

### 5.3 Lesní požáry

V případě lesních požárů dochází k ohrožení nejen vlivem klimatických změn (suchem), ale i působením člověka. Zemědělci pálí odpad či porost a během tohoto procesu je likvidováno velké množství hospodářského odpadu (sláma a seno). Další příčinou může být přírodní jev (blesk), každopádně většinou se jedná o lidskou nedbalost (hzscr.cz, 2015).

## 5.4 Zvěř

Životní podmínky zvěře a schopnost využívání životního prostředí, souvisí se změnou klimatu. Nejen, že některé druhy nejsou schopny rychlé adaptace na změnu klimatu, důsledkem toho může docházet ke zmenšování populace, vymírání druhů nebo přesouvání do nižších či vyšších poloh, než v jakých dříve působila. Tyto projevy klimatických změn způsobují značné problémy v existenci mnoha společenstvech. Vlivem změny klimatu dochází ke změnám v rozmnožování nebo zhoršení zdravotního stavu zvěře (Mohelský, 2016). Správné využití prostředí závisí na kvalitě vody a půdy. Zvěř je přirozenou součástí lesa, která však dokáže napáchat nenávratné škody v prostředí. Nejvíce jej ohrožuje vysoká spárkatá zvěř. Především se jedná o velké kopytníky, zejména zvěř jelení, mufloní, daňčí a srnčí. Spolu se podílejí na likvidaci přirozené obnovy dubu a buku. Bohužel však nelze účinně zvěř eliminovat a tak je spíše nutno brát ohledy na legislativní a politické názory (MŽP, 2021).

## 5.5 Hmyz

Mezi nepřímé dopady na škodlivý hmyz je možné považovat změnu teplot a množství srážek a touto změnou ovlivněné rozmístění hostitelských stromů v prostoru (Andregg et al. 2015). Přímý dopad na škodlivý hmyz má pak teplota, kterou je tak přímo ovlivněna úspěšnost přežití populací a zrychluje dobu vývoje hmyzu (Ramsfield et al. 2016). Podrobněji bude tato problematika specifikována níže v práci.

## 5.6 Choroby

V lesích často dochází k napadání lesních dřevin infekcemi, které jsou způsobeny patogenními organismy nebo houbami. Ty způsobují poruchy metabolismu infikovaných dřevin. Už v lesních školkách jsou rozšiřovány závažné a nebezpečné houbové choroby (Mohelský, 2016).

## 5.7 Průmysl a doprava

Narůstající průmyslová výroba či stále se zvětšující dopravní infrastruktura má přímý vliv na ohrožení lesních ekosystémů. Může docházet ke stále většímu vypouštění plynů do ovzduší, což má vliv na změnu klimatu. K destrukci lesa přispívá i velkoplošná těžba, používání chemických látek, či výsadba nepůvodních dřevin (MŽP, 2021).



## 6 LÝKOŽROUT SMRKOVÝ

V rámci analýzy konkrétního rizika pro lesní ekosystém jsem zvolila všem známého lesního brouka, lýkožrouta smrkového.

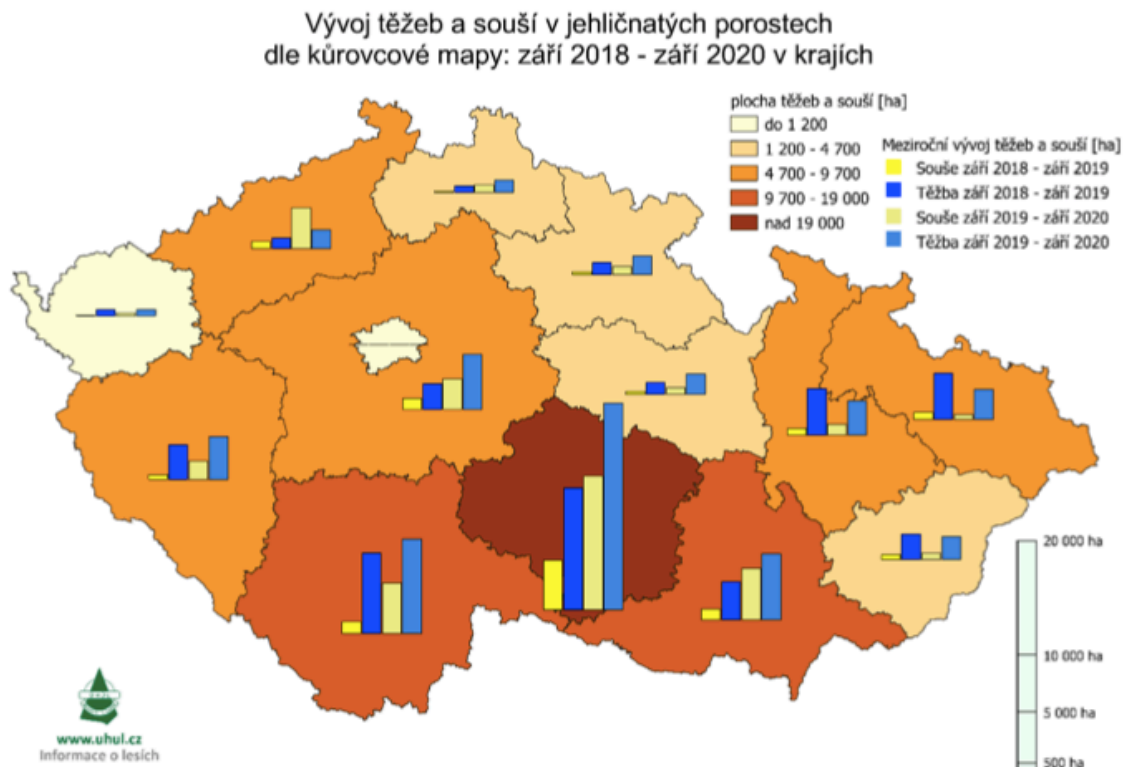
Lýkožrout smrkový (*Ipstypographus*) je přirozená součást lesního ekosystému. Vyskytuje se na jehličnatých stromech, zejména na smrkovém porostu. Znamější je pod názvem kůrovec. Tento tmavě hnědý až černý, lesklý brouk je typickým sekundárním škůdcem. Napadá tedy převážně čerstvě odumřelé stromy nebo stromy silně postižené suchem. Při přemnožení, kdy nenalezne dostatek vhodného materiálu pro další množení, pak napadá i stromy zdravé (kurovcoveinfo.cz, 2021).

Avšak přemnožení lýkožrouta smrkového a způsobené kalamitní stavy nejsou zdánlivě problematikou pouze dnešní doby. Už od 17. století jsou známy začátky výskytu v původních lesích střední Evropy. Později ve 20. stoletím však lýkožrout smrkový našel vhodné podmínky pro svůj rozvoj ve smrkových porostech (Skuhřavý, 2002).

Nicméně kůrovec není jediným škůdcem, který se v lesích vyskytl. Ve 20. letech 20. století došlo k přemnožení jiného škůdce, a to bekyně mnišky (*Lymantria monacha*). Během jejího působení bylo poškozeno zhruba 600 tisíc ha smrkových porostů. Území, která byla fatálně zničena, bylo nutné znovu zalesnit smrkem. V 70. a 80. letech následovalo rozsáhlé odumírání horských smrkových lesů oslabených díky průmyslovému znečištění a lýkožroutem smrkovým (Modlinger, Trgala, 2019).

Tyto a další kalamity mnohdy způsobily nenávratné poškození krajiny a muselo dojít k souvislému odlesnění. Následky nejsou na řadě míst po ČR vyřešeny dodnes (Modlinger, Trgala, 2019).

Pro představu přemnožení lýkožrouta smrkového je níže uvedena kůrovcová mapa. Jedná se o analýzu ze září 2018 a září 2019. Jako nejpostiženější oblast můžeme vidět část na jihu ČR. Nejrozsáhlejší vývoj těžeb a souší proběhl na Vysočině (kurovcovamapa.cz, 2021).



Obrázek 7 - Vývoj těžeb a souší v jehličnatých porostech dle kůrovcové mapy (ÚHÚL, 2021)

## 6.1 Příčiny kůrovcové kalamity

Kůrovec patří mezi největší hrozby našich lesů a dostává se stále více mezi kontroverzní témata. A to i přesto, že zaměstnanci v lesním prostředí, profesori, či jiní odborníci se tímto tématem už zabývají několik let. V současné době je známo několik důvodů, které přispěly k vypuknutí kůrovcové kalamity. Poněkud zvláštní je, že kůrovec není zdaleka tím hlavním problémem současného stavu lesů. Pokud se podíváme na vývoj našeho hospodářství, dále na způsoby týkající se ochrany lesa, nebo povědomí ve společnosti. Obrovským problémem, jak už to bývá, je nedostatek pracovních sil v oboru (Modlinger, Trgala, 2019).

Mezi příčiny kůrovcové kalamity můžeme zařadit tři hlavní faktory.

Sucho a vysoké teploty byly jako faktor vzniku kůrovcové kalamity často podceňovány. Stromy ztrácí vlivem sucha svou obranyschopnost, vitalitu a nedostává se jim potřebný přísun živin. K přemnožení brouků dojde v okamžiku, kdy ucítí, že je strom slabý, silná skupina tak může přežít, čímž způsobí masivní přemnožení. Vysoké teploty tak prospívají

kůrovci ze dvou důvodů. Prvním je ovlivňování evapotranspirace (ztráta vody vypařováním z rostlin), druhý důvodem zrychlený vývoj lýkožrouta, čímž dochází ke zvýšení počtu generací za rok (Mezistromy.cz, 2021). Dalším rozsáhlým faktorem, ovlivňujícím výskyt kůrovcové kalamity, jsou tzv. polomy. Jedná se o větrné disturbance. Polomy se vykytují v důsledku sněhových či větrných kalamit. Jedna z největších kalamit na našem území probíhala v letech 1868 – 1878 na Šumavě, kdy byla vázána do spojitosti s pozdním zpracováním dřeva. Odumřelé dříví je totiž velice vhodnou kořistí pro kůrovce, protože odumřelý strom už se nemá schopnost se bránit formou pryskyřice (Mezistromy.cz, 2021).

Pro druhé rojení kůrovce je typické napadání stojících dřevin, způsobené větrným polomem. Brouci nejdříve obsadí spadené stromy a vyvíjí se v kmenech, následně však pro ně přestávají být lákavé, jelikož vlivem slunečního záření rozpraskají a vlhko z půdy poté urychluje jejich rozpad (Modlinger & Kol. 2015).

## 6.2 Opatření proti lýkožroutu smrkovému

Opatření proti lýkožroutu jsou rozdělena do dvou částí. Jedná se o preventivní opatření a obranná opatření.

### 6.2.1 Preventivní opatření

V tomto druhu opatření, je nezbytné včasně vyhledat, vyznačit a zpracovávat kůrovcové dříví. Pře začátkem rojení je potřeba odstranit z lesa veškerý napadený materiál, který je vhodný pro množení (Zahradník, 2004).

Níže na obrázcích můžeme vidět, jakým způsobem provádí zaměstnanci lesní správy označení napadených stromů kůrovcem. Červeným kolečkem jsou označeny všechny stromy, které je nutno pokácet. Při pozorném prostudování obrázku, můžeme vidět malé dírky v kůře, což jsou cesty, které napáchal kůrovec.



Obrázek 8 - Označení napadeného stromu (zdroj: vlastní, les Vysočina, 2021)



Obrázek 9 - Označení napadeného stromu (zdroj: vlastní, les Vysočina, 2021)

### 6.2.2 Obranná opatření

Důsledkem správného provedení preventivních opatření jsou tzv. obranná opatření. V tomto případě už se jedná o účinnou asanaci pomocí chemických látek. V registru vedeném Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským najdeme seznam schválených přípravků ([kurovcoveinfo.cz](http://kurovcoveinfo.cz), 2016).

## 6.3 Odchyťová zařízení

### 6.3.1 Lapáky

Lapáky jsou pokácené, zdravé a odvětvené stromy. Většinou se využívají smrky nebo jeho části o tloušťce zhruba 20 cm. Tyto lapáky jsou po celé délce zakryty větvemi, aby nedošlo k vyschnutí kůry, v jiném případě by pro škůdce neměly význam. (kurovcoveinfo.cz, 2016). Tento druh lapáků je rozdělen na lapáky I. série a II. série. Lapáky I. série slouží k zachycení brouků z jarního rojení. Nejideálnější příprava lapáků I. série je během února a března. Umisťují se ze dvou třetinou na slunci, zbylou třetinou v polostínu a především na okraji porostů. Záleží i na povětrnostních podmínkách, nadmořské výšce a reliéfu terénu (Zahradník 2004).

Lapáky II. série jsou využívány pro odchyt brouků budoucí generace. Jsou instalovány minimálně týden před asanací posledního odchyty. Příprava probíhá v letním období, před předpokládaným začátkem letního rojení. Umisťují se zpravidla do polostínu (Zahradník, 2004).



Obrázek 10 - Lapák (kurovcoveinfo.cz, 2021)



### 6.3.2 Feromonové lapače

Feromonové lapače jsou umělé pasti, které slouží k odchytu dospělých kůrovců. Využívají se dva typy a to nárazové a přistávací. Do plastových lapačů se nasazují agregační feromony pro daný druh kůrovce a následně se uvolňují do ovzduší. Jsou zpravidla kontrolovány v rozmezí 7 – 10 dní. Lapače také evidují datum, místo instalace a počet zachycených brouků za dané období (Zahradník, 2004).



Obrázek 11 - Feromonový lapač (kurovcoveinfo.cz, 2021)

### 6.3.3 Otrávené lapáky

Otrávené lapáky jsou polena sestavená do trojnožky o délce 1 – 1,5 m, nebo skácené a odvětvené stromy. Obsahují feromonový odparník jako další prvek návnady. Tyto lapáky jsou po celém povrchu ošetřeny schválenými insekticidy, které jsou vhodné pro asanaci (Zahradník, 2004).



Obrázek 12 - Otrávený lapák (kurovcoveinfo.cz, 2021)

#### **6.4 Metody asanace a skladování kůrovcového dříví**

Metod a způsobů skladování kůrovcového dříví je hned několik. Patří mezi ně např. manuální odkorňování pomocí motorové pily, chemická asanace pomocí postřikovače, mokrá skládka dříví, která je využívána pro uskladnění surové nenapadené hmoty. Dále také existuje další možnost, zakrývání skládek insekticidní sítí (Modlinger, Trgala, 2019).

Mezi časté způsoby asanace napadeného dříví aktuálně patří především ruční odkorňování, harvestorová metoda a využití dřeva jako palivo do domácností (Modlinger, Trgala, 2019).

#### **6.5 Obnova lesa**

Obnova lesa je proces, při kterém dochází k nahrazování stávajícího, dospělého lesa novou generací lesních dřevin. Za les, který je dospělý, se považují lesy a stromy, které dosáhly věku 80 a více let od zasazení či přirozené obnovy. V přírodních lesích probíhá samovolně ve stadiu rozpadu, což je proces odumírání fyziologicky dožívajících stromů nebo na místě stromů zničených požárem, hmyzí kalamitou či z jiných příčin. Naopak v lesích

hospodářských obstarává obnovu lesní hospodář. Proces obnovy lesních porostů lze popsat a hodnotit podle různých znaků:

- způsob, jakým bude nový porost vytvářen
- jaké bude prostorové uspořádání obnovy
- doba trvání obnovy
- velikost obnovované plochy

V rámci členění obnovy hospodářských lesů jsou rozlišovány dvě formy obnovy - obnova přirozená a obnova umělá. Přirozená obnova probíhá samovolně, bez umělé výsadby, kdežto obnova umělá je specifická pro zakládání nového porostu sadbou či sítí. Podle prostorového uspořádání obnovy se rozlišují tři techniky postupů obnovy. Jedná se o obnovu clonnou, holosečnou a okrajovou, které jsou dále děleny podle délky obnovy, a to na krátkodobou a dlouhodobou obnovu. Krátkodobá obnovní doba je kratší než 20-30 let, dlouhodobá obnovní doba je nejméně 30 let (ldf.mendelu.cz, 2021).

Po kůrovcových kalamitách je v ČR využívána přirozená obnova lesa i u mladších lesů, kde je po těžbě nutná nová výsadba. Jak již bylo zmíněno výše, přirozená obnova probíhá samovolně a to za vytváření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu. Můžeme ji rozdělit na semennou obnovu a výmladností. Semenná obnova vzniká za účasti náletů a opadů semen mateřského porostu, případně okolních stromů (ldf.mendelu.cz, 2021).

Další přirozenou obnovou je obnova výmladností. Využívá některých listnatých dřevin, které dokážou vytvářet ze spících (preventivních) i adventních pupenů výhony (pařezové či kořenové výmladky). Význam má pařezová výmladnost především u dubu, lípy a také habru, zatímco obnova kořenovými výmladky je v našich lesích spíše výjimečná (osika, akát, topol bílý) (ldf.mendelu.cz, 2021).

Třetí formou obnovy je tzv. obnova vegetativní, která je charakteristická pro vznik nového porostu vegetativní cestou, tedy využívá přirozené vegetativní obnovy listnatých dřevin pařezovými výmladky, konkrétně hřížením. Umělá vegetativní obnova je vázaná na výsadbu řízků ve vrbovém či topolovém hospodářství. Největší využití nachází při výsadbě tzv. řízkovanců listnatých a jehličnatých dřevin (ldf.mendelu.cz, 2021).



V rámci obnovy lesů po kůrovci a suchu, plánují lesníci Lesů ČR zalesnění zhruba 21 tisíc hektarů holin. Výsadba by měla zahrnovat až 85 miliónů nových sazenic. Podle LČR jsou vysazovány více odolné sazenice, vůči škůdcům i změně klimatu. Lesníkům však momentálně chybí technika i nedostatek personálu. Avšak to není jediný problém v rámci obnovy. Vzhledem k rozšíření kůrovce a následné obnovy lesa, je obávaným rizikem nedostatek sazenic pro vlastníky lesů či samotná města, která se snaží pomoci při zvládnutí klimatické změny (Nováková, 2021).

Nicméně v případě, kdy v lese neproběhne nová výsadba a ponechají se v něm odumřelé stromy, je zde několik pozitivních faktorů. Pokud odumřelý strom neohrožuje své okolí, je vhodné jej ponechat na místě. Jedná se především o odumřelé stromy, stojící na odlehlém místě. Jejich výhodou je pomalý rozklad, protože nejsou v přímém styku s půdním povrchem. Právě tyto stromy jsou vhodné pro řadu živočichů. Padlé větve, ležící kmeny či pařezy hostí značné množství organismů, které je využívají jako zdroj potravy nebo úkryt, protože jsou ve styku s půdou. Vzniká na nich mnoho mikrostanovišť, které se liší vlhkostí či zastíněním. (Kajzarová, 2012).

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala vlivem klimatických změn na lesy České republiky. Práce byla rozdělena do několika kapitol, které jsou výsledkem rozsáhlé literární rešerše daného tématu. V první části práce byly popsány základní pojmy v oblasti klimatických změn

a jejich procesů. Problematika klimatických změn a jejich projevů v lesním prostředí je velmi složitá a rozsáhlá téma. Do své práce jsem se proto snažila vybrat, z mého pohledu, to nejdůležitější.

Jak z textu vyplývá, klimatické změny a jejich následné dopady nemají vliv pouze na životní prostředí, ale značně ovlivňují vývoj ekonomických a společenských odvětví. Vývoj klimatu je možný předpokládat s výhledem několika let do budoucna, avšak stále dochází k vytváření vhodných opatření k zamezení co nejmenšího dopadu na lesy České republiky. Nelze tedy s jistotou říct, v jaké míře budou lesní ekosystémy schopny přizpůsobení na neustálý, ale očekávaný vývoj klimatických změn. Přesto jsou vytvářena opatření pro vymezení činností adaptace na změnu klimatu a dále způsoby obnovy lesních porostů.

Jedním z cílů práce bylo analyzovat jedno z rizik, které ohrožují lesní ekosystémy. V rámci tohoto úkolu jsem se rozhodla pro objasnění problematiky lýkožrouta smrkového. Patří k přirozeným hrozbám lesních porostů. Jeho rozšíření podpořilo časté sucho a vysoké teploty na našem území. V postižených oblastech jsou prováděna ochranná opatření, tedy odstraňování napadaného materiálu z lesa, či chemická asanace kůrovcového dříví.

Přestože již dnes existuje řada projektů či podpůrných akcí v rámci obnovy lesa, stále jsou zde problémy spojené se zvládáním klimatické změny. Nedostatek zaměstnanců trápící LČR je právě jedním z nich. Obnovu lesů nemá kdo provádět, čímž dochází k dalšímu rozšiřování kůrovce v lesích. To se týká i vlastníků lesů, kteří se o své pozemky nestarají. Bylo by tedy vhodné, zaměřit se více na finanční postihy těch, kteří zanedbávají své lesy a přispívají tak k rozšiřování kůrovcové kalamity.

Změna klimatu ovlivňuje schopnost lesů poskytovat nezbytné ekosystémové služby, jako jsou produkce biomasy, regulace vody v krajině a kvalita ovzduší. Tyto schopnosti by měly být důležitým prvkem nejen pro zaměstnance v lesním odvětví, ale i pro širokou veřejnost.

Je tedy jen otázkou času, jak rychle budou klimatické změny postupovat a jakým způsobem budeme moci eliminovat dopady na lesní ekosystémy, v rámci zachování lesů pro budoucí generace. V budoucnu bychom se třeba mohli dočkat většího zájmu vlastníků lesů o jejich pozemky a dosáhnout tak úspěšné adaptace na změnu klimatu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ANDREGG, W. R. et. al., 2015. Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate. *New Phytol*, 208 (3). 647-683

BABST, F. et. al, 2019. Twentieth century redistribution in climatic drivers of global tree growth. *Science advance*, 5 (1). ISSN 2375-2548. 1-9.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Aktualizace 2021*

DVOŘÁK, Petr. *Pozorování a předpovědi počasí*. Cheb: Svět křídel, 2012. ISBN 978-80-875-6720-3.

*Ecolifedictionary: Klima, klimatický systém, klimatické modely*. [online]. Praha: Katedra fyzika a atmosféry: Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, 2012 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://kfa.mff.cuni.cz/?p=57>

FRY, Juliane L. *Počasí a změna klimatu: velká encyklopedie: souhrnný obrazový průvodce*. Praha: Svojtka & Co., 2012. ISBN 978-802-5607-077.

GIAMPIETRO a MAYUMI. Jevonsův paradox. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Jevonsův\\_paradox](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jevonsův_paradox)

HRIB, Michal a kol. 2009, *Lesy v České republice*. Praha: Consult. 397 s. ISBN 978-80-903482-5-7.

JACTEL, H. et al. 2012b. A multi-criteria analysis to evaluate impact of forest management alternatives on forest health in Europe. *Ecology and Society* 17 (4). 52.

KAJZAROVÁ, Eva. *MRTVÉ DŘEVO - ŽIVÝ LES: Správa Krkonošského národního parku* [online]. Vrchlabí, 2012 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: [https://www.krnapp.cz/data/File/letaky\\_brozury/krnap-brozura\\_mrtve\\_drevo-web.pdf](https://www.krnapp.cz/data/File/letaky_brozury/krnap-brozura_mrtve_drevo-web.pdf)

KANTOR, Petr. *Lesy a povodně: souhrnná studie*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-255-x.

KALVOVÁ, Jaroslava. *Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2002. Národní klimatický program České republiky. ISBN isbn80-86690-01-6.

*Klima, klimatický systém, klimatické modely*. Katedra fyziky a atmosféry: Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze [online]. 2012 citováno 16. 4. 2021 Dostupné z: <http://kfa.mff.cuni.cz/p=57>

*Klimatický systém: Procesy v klimatickém systému* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc\\_chap02.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap02.pdf)

*Klimatické změny a globální oteplování: Klimatické změny a globální oteplování* [online]. Praha: TZB-info, 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/klimaticke-zmeny/20816-klimaticke-zmeny-a-globalni-oteplotvani>

KONŠEL, Josef. *Stručný nástin tvorby a pěstění lesů v biologickém ponětí*. Praha: Matice lesnická, 1931. Knihovna Československé Matice lesnické.

*Kontrola a obrana* [online]. 2016 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://www.kurovcoveinfo.cz/ochrana-lesa>

*Kůrovcová mapa: INTERSUCHO* [online]. intersucho [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: <https://www.kurovcovamapa.cz>

*Lesnický naučný slovník*. Praha: Agrospoj, 1994. ISBN isbn80-7084-111-7.

*Lýkožrout smrkový*. Kůrovcové Info. [online]. Copyright © 2020 Všechna práva vyhrazena. Použití jakýchkoli dat z [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.kurovcoveinfo.cz/lykozrout>

MACHAR, Ivo, Jiří REMEŠ a Stanislav VACEK. *Kapitoly z aplikované ekologie lesa a péče o lesní ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3947-1.

*Mapa ploch s rizikem šíření kůrovců* [online]. ÚHÚL, 2018 - 2021 [cit. 2021-8-1].  
Dostupné z: <https://www.kurovcovamapa.cz>

MAREŠ, Miroslav, Jaroslav REKTOŘÍK a Jan ŠELEŠOVSKÝ. *Krizový management: případové bezpečnostní studie*. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-92-7.

METELKA, Ladislav a Radim TOLASZ. *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, c2009. ISBN 978-80-87076-13-2.

*Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2015 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/mezivladni\\_panel\\_pro\\_zmenu\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/mezivladni_panel_pro_zmenu_klimatu)

Lýkožrout smrkový – příčiny přemnožení. MeziStromy.cz [online]. 2021 [cit.2021-8-1].  
Dostupné z: [https://www.mezistromy.cz/lesni-kalamity/lykozrout-smrkovy-\(kurovec\)-principy-premnozeni](https://www.mezistromy.cz/lesni-kalamity/lykozrout-smrkovy-(kurovec)-principy-premnozeni)

MODLINGER, Roman a Kamil TRGALA. *Možné příčiny a důsledky kůrovcové kalamity v lesích Česka s ohledem na specifika při zpracování kalamitního dříví: odborná studie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. ISBN 978-80-213-2942-3.

*Modřiny by mohly pomoci ochránit české lesy před kůrovcem, navrhuji experti* [online]. 2021 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/3285536-modriny-mohly-pomoci-ochranit-ceske-lesy-pred-kurovcem-navrhuj-experti>

MOHELSKÝ, Martin. *Změna klimatu v životě zvěře* [online]. 2016, 10/2016 [cit. 2021-8-3]. Dostupné z: <https://www.myslivot.cz/Casopis-Myslivot/Myslivot/2016/Rijen-2016/Zmena-klimatu-v-zivote-zvere>

MORÁVEK, František. *Program 2020: [zajištění cílů veřejného zájmu u LČR]*. [Hradec Králové]: Lesy České republiky, 2011. ISBN 978-80-86945-17-0.

MUNZAR, Jan. *Malý průvod meteorologií*. MLADÁ FRONTA, 1989. ISBN 23-011-89.

NERUDA, Jindřich. *Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví*. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-839-4.

*Ochrana před povodněmi začíná v lese* [online]. Hradec Králové: Český hydrometeorologický ústav, 2011 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/casopis-clanek/ochrana-pred-povodnemi-zacina-v-lese/>

*Pěstování lesa: LDF Mendelu* [online]. Brno, 2001 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: [https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani\\_v\\_heslech/index.html](https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/index.html). Učebnicový text. Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně.

PODOLSKÁ, Kateřina. *Jak sluneční aktivita ovlivňuje zemi a prostředí pro lidskou populaci*. Historická demografie. 2014

POLENO, Zdeněk a Stanislav VACEK. *Pěstování lesů*. 2., upr. a dopl. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 9788087154991.

PRETEL, Jan. *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření* [online]. [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav\\_TECHNICKE\\_SHRNUTI\\_2011.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRNUTI_2011.pdf). Projekt.

*Rámcová úmluva OSN o změně klimatu* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/ramcova\\_umluva\\_osn\\_zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu)

RAMSFIELD, Tom et al., 2016. Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *International Journal of Forest Research*, 89 (3). 245–252. ISSN 0015-752X.

ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. *Klimatologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. ISBN 80-7157-419-8.

RUDA, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* [online]. 1 vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2021-6-20]. Elportál. ISSN 1802-128X Dostupné z: <http://is.muni.cz/elportal/?id=1210409>

SCHNEIDER, Jiří a Kateřina HOLUŠOVÁ. *Ekosystémové služby a funkce lesů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. ISBN 978-80-7509-469-8.

SOLOMON, S. Q. et al., 2007. Climate change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

SOUKUPOVÁ, J. *Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie)*. Vyd. 6. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2234-9

*Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* [online]. 2015 [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena\\_klimatu\\_adaptacni\\_strategie/\\$FILE/OEOK-Adaptacni\\_strategie-20151029.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)

TRNKA, M., Z. ŽALUD, P. HLAVINKA a L. BARTOŠOVÁ. *Průvodce změnou klimatu* [online]. Czech Adapt [cit. 2021-6-20]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>

ÚHÚL BRANDÝS NAD LABEM, 2019, Lesní vegetační stupně podrobněji [online] citováno 16. 4.2021. Dostupné na WorldWide Web: <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/oblastni-plany-rozvoje-lesu/prirodni-lesni-oblasti-plo/174-prirodni-lesni-oblast-c-16-ceskomoravska-vrchovina>



VÚLHM: *Lesníci potřebují seriózní scénáře a prognózy klimatických změn* [online]. SILVARIUM.cz, 2020 [cit. 2021-1-3]. Dostupné z: <https://www.silvarium.cz/lesnictvi/vulhm-lesnici-potrebuji-seriozni-scenare-a-prognozy-klimatickych-zmen>

ZAHRADNÍK, Petr. *Ochrana smrčín proti kůrovcům*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2004. ISBN 80-863-8648-1.

Zalednění Arktidy. *Magazín GNOSIS* [online]. NSIDC, 2021 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: <https://magazin.gnosis.cz/zaledneni-arktity/>

ZILVAR, Jiří. Klimatické změny a globální oteplování [online]. 2021 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/klimaticke-zmeny/20816-klimaticke-zmena-a-globalni-oteplovani>

*Změna klimatu: Skleníkový efekt* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2021 [cit.2021-6-20].Dostupnéz: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc\\_chap05.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap05.pdf)

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně doplněné některých zákonů (lesní zákon)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR – Česká republika

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

IPCC – Mezivládní panel pro změnu klimatu

KZ – Klimatická změna

LČR – Lesy České republiky

LVS – Lesní vegetační stupně

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 - graf tajícího ledovce (Magazín Gnosis, 2021)	12
Obrázek 2 - Milankovičovy cykly (archeologienadosah.cz, 2014)	16
Obrázek 3 - Rozlišení modelu 200 km a 50 km (Climate Modeling, 2011)	19
Obrázek 4 - Průběh průměrných teplot vzduchu (°C) v období 1775-2012, Praha - Klementinum (MŽP, 2015)	20
Obrázek 5 - Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961-2099 (Pretel, EXOTOXA, 2011)	21
Obrázek 6 - Rozložení rizikových oblastí, ve kterých je možné v období 2021-2050 očekávat nárůst počtu generací lýkožrouta oproti období 1961-1990 (klimatickazmena.cz, 2021)	30
Obrázek 7 - Vývoj těžeb a souší v jehličnatých porostech dle kůrovcové mapy (ÚHÚL, 2021)	34
Obrázek 8 - Označení napadeného stromu (zdroj: vlastní, les Vysočina, 2021)	36
Obrázek 9 - Označení napadeného stromu (zdroj: vlastní, les Vysočina, 2021)	36
Obrázek 10 - Lapák (kurovcoveinfo.cz, 2021)	37
Obrázek 11 - Feromonový lapač (kurovcoveinfo.cz, 2021)	38
Obrázek 12 - Otrávený lapák (kurovcoveinfo.cz, 2021)	39

