

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA LESNICKÝCH TECHNOLOGIÍ
A STAVEB



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního
prostředí

ENVIRONMENTÁLNÍ DOPADY SUCHA NA LESY
ČESKÉ REPUBLIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Bakalant: Stella Doležalová

2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Stella Doležalová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Environmentální dopady sucha na lesy České republiky

Název anglicky

Environmental impacts of drought on the forests of the Czech Republic

Cíle práce

Cílem práce je popsat projevy sucha v lesích v ČR, popsat environmentální dopady a sumarizovat prostředky managementu ochrany lesa v probíhající klimatické změně.

Metodika

Práce bude vytvořena formou rešerše, na základě dostupných dat bude sumarizován rozsah poškození lesů v ČR, budou popsána pěstební opatření a prostředky managementu ochrany lesa. Dále bude zhodnocen dopad na zájmy ochrany přírody – bude zhodnocen zejména vliv na biodiverzitu a další environmentální aspekty.

Harmonogram:

červen-září 2022: tvorba rešerše

říjen-prosinec 2022: úpravy práce na základě konzultací s vedoucím práce

leden-únor 2023: dokončení práce na základě konzultací s vedoucím práce

březen-duben 2023: úprava formální, odevzdání práce

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

klimatická změna; biodiverzita; lesy v ČR

Doporučené zdroje informací

COOMES A. D., GRUBB J. P. Impacts of Root Competition in Forests and Woodlands: A Theoretical Framework and Review of Experiments. Wiley – Ecological Society of America. 2000, 37: 171-207.
HÉDL R. Plant Ecology. Vegetation of Beech Forests in the Rychlebské Mountains, Czech Republic, Re-Inspected after 60 Years with Assessment of Environmental Changes, 2004, 23:243-265.
HLÁSNÝ T. et al. Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. Inter-Research Science Center, 2011, 18: 219-236.
HLÁSNÝ T. et al. Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. Czech academy of Agriculture sciences, Journal of forest science, 2011, 57: 422-431.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 9. 7. 2022

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 7. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 02. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

Environmentální dopady sucha na lesy České republiky vypracovala samostatně pod vedením Ing. Václavem Štíchy, Ph.D., a že jsem citovala všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že 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, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V dne

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D. za odborné vedení této práce. Dále bych ráda poděkovala svému příteli, který mě velmi podporoval během psaní této bakalářské práce a studia. Poděkování též náleží mé rodině za podporu během studia a zpracování této práce.

Environmentální dopady sucha na lesy České republiky

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na environmentální dopady sucha na lesy v České republice v letech 2000–2020. Práce má za cíl na základě rešerše literatury zhodnotit situaci lesů a sucha v Evropě, zejména ve střední Evropě a České republice. Na základě rešerše literatury a grafických znázornění byly v práci nalezeny oblasti nejvíce zasažené suchem v České republice. Dle rešerše literatury byly vybrány období, ve kterých byly zaznamenány největší dopady sucha. V práci byly použity roky: 2003, 2015 a 2018, z čehož nejvýznamnějším byl rok 2015. V roce 2015 byly vysoce nadprůměrné teploty s velmi podprůměrnými srážkami. Rok 2015 byl z meteorologického hlediska velmi vážný, ale na lesy toto suché období mělo dopady až později, zejména v roce 2018, kdy docházelo k velkému úbytku lesů v České republice. V roce 2015 byla suchem nejvíce zasažena oblast severní Moravy a Slezska. Při dalším období sucha v roce 2018 se ohnisko dopadů přesunulo do Kraje Vysočina a Jihomoravského kraje. Sekundárním činitelem úbytku lesa byl v roce 2015 a v roce 2018 lýkožrout smrkový. Na základě rešerše literatury bylo zjištěno, že úbytek lesů v České republice měl jiného původce než například v zemích jihozápadní Evropy, kde byly hlavními dopady sucha lesní požáry. Díky suchým rokům 2015 a 2018 došlo v České republice ke změně lesního managementu, kdy se zvýšil podíl listnatých stromů při obnově lesů po kůrovcové kalamitě.

Klíčová slova: dopady sucha, lesy, lýkožrout smrkový, Česká republika, Morava

Environmental impacts of drought on the forests of the Czech Republic

Abstract

The bachelor thesis focuses on environmental impacts of drought on forests in the Czech Republic in years 2000–2020. The thesis aims to evaluate the situation of forests and drought in Europe, especially in Central Europe and the Czech Republic, based on the literature review. In the bachelor thesis there were found the areas most affected by drought in the Czech Republic based on the literature and graphic representations. According to the literature research, the periods in which the greatest impacts of drought recorded were selected. The years used in the work were: 2003, 2015 and 2018, of which the year 2015 was the most significant. In 2015, there were well above average temperatures with very below average precipitation. The year 2015 was very grave from a meteorological point of view, but this dry season had an impact on forests only later, especially in 2018, when there was a large loss of forests in the Czech Republic. In 2015, the region of the northern Moravia and Silesia was most affected by the drought. During the next drought in 2018, the focus of the impacts moved to the Vysočina Region and the South Moravian Region. In 2015 and in 2018, the primary factor in forest loss was the spruce bark beetle. Based on the literature research, it was found that the decline of forests in the Czech Republic had a different origin than, for example, in the countries of southwestern Europe, where the main effects of drought were forest fires. Thanks to the dry years of 2015 and 2018, there was a change in the forest management in the Czech Republic, when the share of deciduous trees increased during the restoration of forests after the bark beetle disaster.

Keywords: impacts of drought, forests, spruce bark beetle, Czech Republic, Moravia

Obsah

1. Úvod	7
2. Cíle práce	9
3. Rešerše literatury	10
3.1 Sucho jako důsledek klimatické změny a jeho environmentální dopady na lesy	10
3.2 Environmentální dopady sucha na lesy v Evropě.....	15
3.2.1 Situace ve střední Evropě.....	20
3.3 Environmentální dopady sucha na lesy v České republice	24
3.3.1 Vliv extrémního sucha v roce 2015 na lesní ekosystémy v České republice	28
4. Metodika a zdroje dat	33
4.1 Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).....	33
4.2 Global Forest Watch	33
4.3 Metodika.....	34
5. Výsledné zhodnocení	35
5.1 Oblasti nejvíce ohrožené suchem v ČR.....	35
5.1.1 Zasažené oblasti od roku 2000–2017	35
5.1.2 Oblasti zasažené suchem v roce 2018.....	38
6. Diskuse	41
7. Závěr a přínos práce	43
Přehled literatury a použitých zdrojů	45
Seznam obrázků	56

Seznam použitých zkratek

AV ČR	Akademie věd České republiky
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČMeS	Česká meteorologická společnost
ČSÚ	Český statistický úřad
ENSO	El Niño a jižní oscilace
FAO	Food and Agriculture Organization
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MZe	Ministerstvo zemědělství
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OSN	Organizace spojených národů
UHUL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
WHO	World Health Organization

Kapitola 1

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá environmentálními dopady sucha na lesy v České republice mezi lety 2000–2020. V rešerši práce bude popsáno sucho a jeho vlivy na biodiverzitu. V první části práce bude představeno sucho a jeho definice, dále pak bude probíráno více konkrétněji, a to především v souvislosti s klimatickou změnou a působením na lesní ekosystémy. V kontextu sucha se práce okrajově zabývá i socioekonomickými aspekty. Nejprve bude otázka sucha, environmentálních dopadů a fungování lesů popsána globálně, poté se práce postupně bude zaměřovat na problematiku environmentálních dopadů sucha v České republice.

Lesy obecně plní velmi podstatnou funkci jako ekosystémy skládající se z mnoha skupin organismů i neživé části prostředí, které významně ovlivňují život na planetě Zemi díky své biologické rozmanitosti (Rosser 2012). Hrají velmi podstatnou roli v koloběhu uhlíku a zachycují značné množství oxidu uhličitého z atmosféry (Bundell, Howe 2021).

V mnoha částech světa lesy poskytují domov a útočiště domorodým obyvatelům. V lesích taktéž žijí velmi početná živočišná společenstva, pro která tento ekosystém představuje domov (Rosser 2012).

Celková plocha lesů na světě je 4,06 miliardy hektarů, což odpovídá 31 % celkové rozlohy pevniny. Tato část odpovídá 0,52 hektarů na osobu za předpokladu, že celosvětová populace činí 7,79 miliardy lidí (OSN 2019), byť ale lesy ani populace nejsou rovnoměrně rozloženy po světě (FAO 2020). Největší podíl světových lesů má tropická oblast (45 % rozlohy). Dále následují boreální (27 %), mírné (16 %) a subtropické oblasti (11 %). Až 54 % světových lesů se nachází pouze v těchto pěti zemích: Ruská federace, Brazílie, Kanada, Spojené státy americké a Čína (FAO 2020). Celosvětově se lesy ocitají pod enormním tlakem globálních změn (Gordon 2008) a čelí mnoha disturbancím, které mohou nepříznivě ovlivnit jejich zdraví, vitalitu a snížit jejich schopnost užitkovosti pro lidstvo (FAO 2020). Lesy ubývají rychlým tempem, a to má za následek často i nevratnou degradaci biosféry (Myers 2009). Na světě od roku 1990 ubylo 178 milionů hektarů lesa. Největší úbytek v období 1990–

2010 byl zaznamenán v Jižní Americe, kde roční tempo úbytku lesa přesahoval 5 milionů hektarů. V období 2010–2020 Jižní Amerika byla překonána Afrikou, ve které průměrně ročně ubylo 3,9 milionů hektarů lesa (FAO 2020). Odhaduje se, že na celém světě od roku 1990 ubylo 420 milionů hektarů lesa v důsledku odlesňování, ale zároveň míra ztráty lesů byla snížena (FAO 2020). V posledním období pěti let (2015–2020) byla roční míra odlesňování odhadnuta na 10 milionů hektarů, což činí pokles oproti předchozímu pětiletému období (2010–2015), kde byla odhadnuta roční míra odlesňování na 12 milionů hektarů (FAO 2020).

Stromy představují živé základy, na kterých závisí většina suchozemské biosféry. Zároveň mají pomalou generační dobu, a tudíž lze lesy a stromy označit za vysoce náchylné k rychlým změnám klimatu (Brodribb a kol. 2020). Dle nového objevu mají dřeviny spíše neměnné prahy poškození, což by mohlo být do budoucna velkým problémem, zejména pokud by dřeviny byly zasaženy vodním stresem. Tento jev byl zjištěn již v dřívějších dobách například u korálů (Brodribb a kol. 2020).

K narušení lesních ekosystémů přispívá několik faktorů. Mezi dva hlavní faktory, které Hansen a kol. (2001) považují za nejvýznamnější, jsou podnebí a využívání půdy.

Kapitola 2

Cíle práce

Bakalářská práce se zabývá environmentálními dopady sucha na lesy České republiky. Rešeršní formou budou popsány jednotlivé části od počátečního uvedení do problematiky přes celosvětovou situaci až k popsání environmentálních dopadů sucha na lesy v České republice. Cílem práce je zhodnotit dopady sucha na lesy v Evropě, ve střední Evropě a v České republice a srovnání těchto oblastí z pohledu největšího konkrétního dopadu. Cíl bude naplňován podrobným zpracováním rešerše literatury především na témata problematiky sucha a jeho vlivu na lesy a lesní ekosystémy, úbytek lesů z důvodu dopadů sucha, jak v obecném, tak podrobnějším pojetím. Dalším cílem práce je rešeršní formou a grafickým znázorněním popsat environmentální dopady sucha na lesy v Evropě, se zaměřením na vývoj ve střední Evropě. Cíl bude naplňován popisem extrémního počasí, které Evropu zasáhlo mezi lety 2000–2020. Tento cíl povede k lepšímu dokreslení celkového pohledu na vývoj v regionu a k poslednímu cíli práce, který se zabývá dopadem sucha na lesy v České republice. Závěrečným cílem práce je nalezení suchem nejvíce zasažených lesů v České republice.

Kapitola 3

Rešerše literatury

3.1 Sucho jako důsledek klimatické změny a jeho environmentální dopady na lesy

Sucho je považováno za jedno z nejzávažnějších rizik souvisejících s vodou jako součástí ekosystému. Nejobecněji lze toto riziko definovat jako velkoplošný dlouhotrvající stav velkého snížení dostupnosti vody. Tento stav je ovlivněn třemi hlavními rozměry, kterými jsou: závažnost, délka trvání a dotčené oblasti. Sucho je mnohostranné a je možné jej interpretovat několika různými způsoby. Definice meteorologického sucha je popsána jako období s dlouhotrvajícím nedostatkem srážek. Sucho zemědělské je definováno jako sezóna s dlouhodobým nedostatkem půdní vláhy. Hydrologické sucho je definováno jako snížení hladiny řek (Arnell 2008).

Všechny typy sucha jako meteorologická, zemědělská, hydrologická a socioekonomická jsou významnými tématy mnoha studií. Podle WHO (2024) je sucho déle trvající suché období, které se vyskytuje v přirozeném klimatickém cyklu a může se objevit kdekoliv na světě. Jedná se o postupně se rozšiřující hrozbu, jejíž hlavním charakteristickým znakem je nedostatek srážek. Tento typický znak způsobuje nedostatek vody, což má značné dopady na životní prostředí, zemědělství, lidstvo apod. (WHO 2024).

S přihlédnutím k socioekonomickým aspektům dopadům sucha se může tato problematika stát stále závažnějším faktorem v životě obyvatel na ohroženém území. Již dle nejnovějších odhadů WHO (2024) až 55 milionů lidí je poznamenáno suchy napříč celým světem. Zároveň jsou sucha nejzávažnější hrozbou pro hospodářská zvířata a zemědělské plodiny na téměř všech místech světa (WHO 2024). Sucho je jedním z faktorů, který způsobuje migraci obyvatel ze zasažených oblastí po celém světě. Mezi nejohroženější oblasti patří regiony s tradičním způsobem obživy, kde dominantním sektorem je zemědělství. WHO (2024) odhaduje, že do roku 2030 bude nuceno opustit svá sídla až 700 milionů lidí (WHO 2024).

V průběhu 21. století mění se klima s největší pravděpodobností navýší riziko sucha na mnoha kontinentech. Existují řady scénářů, které projektují různé modely klimatu, kde nejčastěji klimatický model ukazuje, že hrozí snížení sezónních dešťových srážek v mnoha částech jižní Evropy, severní Afriky, střední Asie a jižní Afriky (Arnell 2008). Vyskytující se sucha jsou charakterizována velkou meziroční variabilitou. V globálním měřítku je toto způsobeno proměnlivostí cyklu El Niño Southern Oscillation (ENSO) (Arnell 2008). Schopnost predikce cyklu ENSO je velmi důležitá v udávání dlouhodobé předpovědi meteorologických jevů, jelikož díky této oscilaci je možné zjistit, kde hrozí například takzvané nahodilé sucho (ČMeS 2014).

Během historie klima prošlo několika obdobími s výrazným oteplením i ochlazením. Vědecké poznatky ukazují, že právě tyto změny byly velmi podstatné a měly důležité ekologické dopady a též občas probíhaly současně s řadou masových vymírání (Reid 2006). Aktuální klimatická změna je však odlišná, jelikož je způsobována lidskou činností. Především se jedná o problematiku emisí skleníkových plynů, které se vytvářejí ze spalování fosilních paliv. Ke změně klimatu též přispívá i zemědělství a způsob využívání půdy a další průmyslové procesy, které skleníkové plyny uvolňují (Reid 2006).

Změna klimatu je neoddelitelně spjata s biodiverzitou. Mění se klima ovlivňuje biologickou rozmanitost a změny přírodních ekosystémů ovlivňují klima (Reid 2006). Příkladem může být využívání půdy, kde dochází ke změně způsobu hospodaření, které má zásadní vliv na biodiverzitu, ale též může vést ke zvýšení či snížení emisí skleníkových plynů. Největší dopady na biodiverzitu na daném území má především intenzivní zemědělství. Intenzivní zemědělství a následné změny biodiverzity mají fatální dopady na lesy (Reid 2006).

Lesní ekosystémy jsou důležitým aspektem pro ochranu přírody a snižování emisí skleníkových plynů a jsou hlavním úložištěm uhlíku. Například evropské lesy aktuálně ukládají v průměru 70–160 g uhlíku na metr čtvereční za rok, z toho 70 % ve stromech a 30 % v půdě (Reid 2006). Lesy jsou hlavním pohlcovačem uhlíku, byť si právě v historii evropské lesy prošly téměř definitivním vymýcením během zemědělské expanze v období 16. až 18. století, kdy se díky tomuto procesu uvolnilo velké množství uhlíku z vegetace a půdy do ovzduší. V průběhu 90. let 20. století bylo v evropské terestrické biosféře uloženo 7–12 % ročních antropogenních emisí oxidu uhličitého (Reid 2006).

Oxid uhličitý se uvolňuje rozkladem biomasy při kácení lesů a spalováním dřeva při lesních požárech. Odlesňování je celosvětově zodpovědné za roční emise 1,1 až 1,7 miliardy tun uhlíku ročně tedy jednu pětinu lidských emisí oxidu uhličitého, a to

zejména odlesňování v tropických oblastech (Reid 2006). S přihlédnutím k těmto faktům je potřeba shrnout, že biologická rozmanitost je podstatně ovlivněna negativními účinky odlesňování, kdy se uvolňuje značné množství uhlíku do atmosféry při procesu kácení stromů (MacDonald 2015).

Je důležité uvést i souvislost mezi odlesňováním a jeho dopadem na stále se zhoršující sucha. Klíčovým faktorem je v tomto případě vlhkost, kterou lesy, a především velkoplošné deštné pralesy, ukládají. Při odpařování vlhka z lesů dochází k tvorbě oblačnosti. Vlhkost se zadržuje na listech, větvích a kmenech stromů (MacDonald 2015). Díky svým kořenovým systémům lesní půda též zadržuje velké množství vlhkosti. Jejím rychlému odpaření pomáhá povrchový opad listů ze stromů a stín zápoje lesů. Je možné zde uvést příklad savany, kdy modely ukázaly, že savana bez stromů ukládá velmi malé množství vody a půda je mnohem teplejší. Lze dodat, že lesy zadržující vlhkost jsou součástí tvorby srážek. Když dojde ke kácení lesů, tak se na daném místě snižuje úhrn srážek, který v důsledku způsobuje větší a delší sucha, které přispívají ke zvyšování teplot (MacDonald 2015). Kácení lesa přispívá k vypouštění oxidu uhličitého do atmosféry, urychluje změnu klimatu, období sucha se prodlužuje a z nedostatku srážek mohou vznikat až požáry (MacDonald 2015).

Sucho, jako důsledek klimatické změny, je globálně velmi důležité, jelikož ovlivňuje, a do budoucna ještě ovlivní mnoho ekosystémů. V současnosti se neočekává, že by se problémy spjaté se suchem v dohledné době zlepšovaly (Wood a kol. 2023). Dle prognózy dopadů změny klimatu lze očekávat větší úhrn srážek, ale také častější a závažnější sucha (Anderson 2018). Důvodem jsou vyšší teploty, které mají za následek větší objem odpařené vody, a tím dochází k častějším a intenzivnějším srážkám například ve formě bouří (NASA's Global Climate Change 2024). Zasažené oblasti se tak budou potýkat se zvýšeným rizikem povodní a naopak oblasti, kterým se tyto intenzivní srážky a bouře vyhnou, tak se budou potýkat se zvýšeným rizikem sucha (NASA's Global Climate Change 2024).

Ve snaze porozumět, jak lesy reagují a do budoucna budou reagovat na stavy sucha, je důležité dle studií sbírat data v období extrémních such, kdy jsou lesy vystaveny enormní stresové situaci a zkoumat takzvaný koncept bodu vadnutí ekosystému. Díky tomuto konceptu lze vysvětlit, jak lesy na sucho reagují (Wood a kol. 2023). Podle studie Wooda a kol. (2023) nejsou lesy schopné správně fungovat, když se dostanou do bodu vadnutí ekosystému, což se může projevit v jejich schopnosti absorbovat oxid uhličitý. Bod vadnutí ekosystému znamená určitou vlhkost půdy, při které již ekosystémy nejsou schopny fungovat a nejsou dostatečně zásobeny půdní vláhou a uschnou (Samec a kol. 2022). Ve studii Wood a kol. (2023) uvádí konkrétní příklad, kdy byl zkoumán dubovo-hikorový les ve státě Missouri, který dosáhl bodu vadnutí ekosystému mezi 2–4 týdny enormního sucha. Během tohoto období je pro zdravé

fungování lesa potřeba vyšších srážek (Wood a kol. 2023). Dle Wooda a kol.: „*Bod vadnutí ekosystému je funkčně významný v tom, že když les překročí tento práh, je patrná změna v tom, jak se les chová.*“¹ Les, který se do tohoto vysoce stresového stavu dostane, přestává postupně reagovat či zcela nereaguje na změny prostředí. Například, když vyjde slunce a les je v bodu vadnutí ekosystému, tak ztrácí schopnost fotosyntézy a má jen velmi malou schopnost reagovat na světelné změny z hlediska absorpce oxidu uhličitého (Wood a kol. 2023).

Jsou-li lesy zasaženy stresovým obdobím, tak poté jsou mnohem slabší čelit dalším novým stresovým situacím. Například již zmíněné extrémní sucho, tedy stav, který lesní ekosystém velmi oslabí, lze označit za stav katastrofální pro zdravý lesů, nastane-li znovu a ještě intenzivněji (Anderegg a kol. 2020). S přihlédnutím k působení extrémního sucha na lesy a jeho důsledky lze uvést příklad z oblasti v jižní Sierra Nevadě v Kalifornii. Zde v průběhu let 2012–2015 uhynuly miliony stromů kvůli v té době rekordnímu suchu, které zasáhlo celý západ USA v roce 2012. Výzkumem se prokázala souvislost mezi změnami srážek v průběhu tohoto období s životními procesy uvnitř stromů. Byla zjištěna doba prodlevy mezi právě probíhajícím procesem sucha působícím na stromy a stresovou reakcí stromů na sucho (Au a kol. 2023). Během výzkumu byly sledovány srážky, vlhkost půdy a teploty v lese. Zjišťovalo se též, jaké množství oxidu uhličitého, který byl ukládán formou zásob do dřeva, kořenů a listů, stromy pojal. Jak sucho pokračovalo, bylo sledováno ubývání rezerv oxidu uhličitého. Během začátku období sucha v roce 2012 se lesy zdály být připravené, neboť i následující roky dokázaly odolávat suchu v důsledku čerpání svých zásob. Až v roce 2015 byl v lesním ekosystému zjištěn bod zlomu. Zásoby ekosystému byly spotřebovány a přibližně 80 % stromů v tomto lesním ekosystému bylo funkčně mrtvých (Au a kol. 2023).

Každý typ lesa reaguje na stresový stav způsobený suchem jinak. Jehličnaté stromy mají odlišný cévní systém než širokolisté stromy. V důsledku toho mohou na začátku suchého období utrpět větší ztráty nežli obecně krytosemenné rostliny, které zvládají nastávající období stresu ze sucha lépe (Anderegg a kol. 2020). Dle výzkumu bylo zjištěno, že jehličnany rostly mnohem pomaleji po prodělání stresového období a jejich růst se ještě více zpomalil při příchodu dalšího náročného období sucha (Anderegg a kol. 2020). Oproti tomu u krytosemenných rostlin byla zjištěna vlastnost

¹ WOOD, D.J., LIANHONG G., HANSON P.J., FRANKENBERG CH., SACK L., 2023: *The ecosystem wilting point defines drought response and recovery of a Quercus-Carya forest: Researcher discovers threshold that triggers drought response in forests.* Global Change Biology. DOI: 10.1111/gcb.16582.

mnohem flexibilnější anatomie a fyziologie, tudíž lepší regenerace či úplné zotavení a znovu fungování po prodělání stresu po období sucha (Anderegg a kol. 2020).

Jak již bylo výše uvedeno lesní ekosystémy jsou výrazně ovlivněny suchem, především snížením své produktivity, zvýšenou zranitelností vůči biotickým poruchám a následnou zvýšenou úmrtností (Merlin a kol. 2014). Sucho má vliv na růst jednotlivých stromů a rychlost regenerace stromů (Jactel a kol. 2017). V důsledku působení sucha dochází ke změnám charakteru porostů lesních ekosystémů, kdy se například po úmrtí již daný druh na postiženém místě neobnoví a je nahrazen jiným druhem (Jactel a kol. 2017). Nemusí se však jednat pouze o negativní dopady sucha, neboť ve velmi chladných a energeticky omezených prostředích může extrémní sucho zvýšit růst a produktivitu stromů (Tassof 2023). Již mnoho druhů lesních porostů se svým chováním postupně dokázaly přizpůsobit extrémním podmínkám (Tassof 2023). Například v průběhu působení stresové situace stromy omezují své činnosti tím, že přestávají růst, omezují svou schopnost fotosyntézy a přijímání živin. Listnaté stromy reagují na tuto situaci předčasným stažením chlorofylu z listů do větví nebo kmene a při extrémních suchách může docházet i k úplnému shoení listů (Wohlleben 2021). Stromy své funkce znovu obnovují až po skončení určitého stresového období (Tassof 2023).

Lze zkoumat, jaká je odolnost lesních ekosystémů vůči suchu a případně, jaké změny odolnosti lesů byly zaznamenány. Výzkum Merlina a kol. (2014) zjistil, že odolnost smíšených lesů je výrazně vyšší než odolnost u monokulturních porostů. U smíšených lesů byla pozorována zvýšená biodiverzita, lepší obranyschopnost vůči biotickým disturbancím a zvýšená produktivita stromů (Merlin a kol. 2014). Byly stanoveny hypotézy zabývající se reakcemi smíšených porostů na stres ze sucha. V jedné z hypotéz byl uveden příklad, jak by smíšené porosty v průběhu sucha mohly zlepšit užitkovost určitých dřevin. Jednotlivý druh by mohl být zkombinován s jinou dřevinou, která by ovšem nečerpala stejné zásoby vody. Tímto rozdělením zásob vody mezi dřevinami by došlo ke zmírnění stresu ze sucha (Merlin a kol. 2014). Dle zjištění Jactela a kol. (2017) lze označit smíšené lesy za odolnější vůči přírodním disturbancím. Výhody smíšených lesů ovšem již nejsou tolik známy, dojde-li k přírodním poruchám většího rozsahu. Pro podporu odolnosti se jeví jako důležitý faktor výběr správných dřevin s různými funkčními vlastnostmi, aby lesy mohly fungovat jako celek a čelit stresovým disturbancím. Správný výběr dřevin s variabilními funkcemi je důležitější, nežli pouhé zvyšování počtu druhů v lesním ekosystému (Jactel a kol. 2017). Dle Jactela a kol. (2017) by mělo dojít ke kombinaci stromů, které jsou různě náchylné k možnému nebezpečí během extrémních podmínek. Tímto lze vytvořit bariéry lesních porostů, které slouží k obranyschopnosti vůči napadení škůdci, ale také k vyšší

odolnosti během překonávání stresových situací způsobených suchem (Jactel a kol. 2017).

Pokud některé stromy v lesních ekosystémech uschnou v důsledku stresového období sucha, stávají se z nich odumřelé stromy, které ovšem plní velmi důležitou ekologickou úlohu v lesích. Odumřelé stromy mohou poskytovat stanoviště několika druhům živočichů. Napomáhají regeneraci rostlin, snižují erozi a mají vliv na odvodňování, vlhkost půdy a ukládání uhlíku (Wuerthner 2018). Uschlé či spálené lesy, ve kterých jsou odumřelé stromy, bývají velmi vyhledávanými stanovišti pro ptactvo. Mnoho ptáků hledá různé dutiny ve stromech, kde by mohli zahnízdít, ukrýt se před predátory a uschovat si potravu (Wuerthner 2018). Byla zjištěna vysoká preference hnízdění v dutinách odumřelých stromů například u strakapouda prostředního (*Leiopicus medius*) (Kosiński a kol. 2017). Odumřelé stojící stromy též poskytují hřady pro ptactvo při námluvách, odpočívání či vyčkávání na kořist. Pro vodní ptactvo jsou rozkládající se odumřelé stromy užitečné jako substrát pro hřadování (De Oliveira a kol. 2020). Dutiny odumírajících stromů poskytují úkryt letounům, kteří se schovávají často ve výklencích stromu či pod uvolněnou kůrou stromů (Wuerthner 2018). Odumřelá polena též poskytují domov pro opylující hmyz a různé druhy brouků (Wuerthner 2018). Bylo zjištěno, že saproxylické druhy brouků, tedy brouků vázaných svým životem na odumřelé dřevo, měly tendenci těžit z úbytku živých stromů, které odumíraly v důsledku sucha (Forest Information System for Europe 2022).

Část organismů z odumírání stromů profituje, ale jiné organismy mohou výrazně trpět, neboť jsou závislé na velké hustotě a pozdějších vývojových fázích lesa (Forest Information System for Europe 2022). Tímto lze shrnout funkci mrtvých stromů, které i v důsledku prodělání stresu ze sucha umřely, ale i přesto mají pro řadu organismů pozitivní užitek (Wuerthner 2018), ovšem různé organismy reagují na odumřelé stromy způsobené suchem odlišně (Forest Information System for Europe 2022).

3.2 Environmentální dopady sucha na lesy v Evropě

Ve většině částí světa se klima otepluje. Za posledních 100 let došlo ke zvýšení průměrné globální teploty přibližně o 0,7 °C. V Evropě se zvýšila průměrná teplota o 0,95 °C oproti roku 1904. Do roku 2100 se odhaduje, že vzroste globální teplota o 1,4–5,8 stupňů Celsia a v Evropě o 2,0–6,3 stupňů Celsia (Reid 2006). V Evropě došlo během posledních 100 let k výrazným změnám rozložení srážek, kdy v severní Evropě došlo ke zvýšení úhrnu o 10–40 % a v jižní Evropě k poklesu o 20 %. Je pravděpodobné, že tyto změny budou i nadále pokračovat (Reid 2006).

Mezivládní panel pro změnu klimatu uvádí, že hrozí zvýšení rizika spojeného s nedostatkem vody v jižní Evropě a rozšíření rozdílů ve vodních zdrojích mezi

severní a jižní Evropou. Je potřeba uvést, že za posledních 100 let vzrostla hladina evropských moří o 0,1 až 0,2 m. V současné době u evropských břehů stoupá hladina moří rychlostí až 0,8 mm/rok. V Evropě se též zvýšil výskyt extrémních jevů počasí jako jsou vlny veder a povodně (Reid 2006). Současné změny klimatu přesahují ve svém rozsahu a svojí rychlosti všechny přirozené variace, které proběhly během posledních 1000 let. Tyto rychlé změny klimatu ztěžují životní situaci nejen lidem, ale také dalším druhům a ekosystémům. Současná moderní krajina nabízí velmi malou adaptaci ekosystémům, aby se na takto rychlé změny životního prostředí připravily (Reid 2006). Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC 2001) uvádí, že Evropa je převážně regionem fragmentovaných přírodních či polopřirozených stanovišť ve velmi urbanizované zemědělské krajině, a tudíž je zde obecně nízký adaptační potenciál pro přírodní systémy. Tímto je zkomplikována například migrace živočichů, kteří musí čelit neprůchodné a neustále se měnící krajině, aby se dostali na svá stanoviště či našli zdroje potravy a vody (Reid 2006).

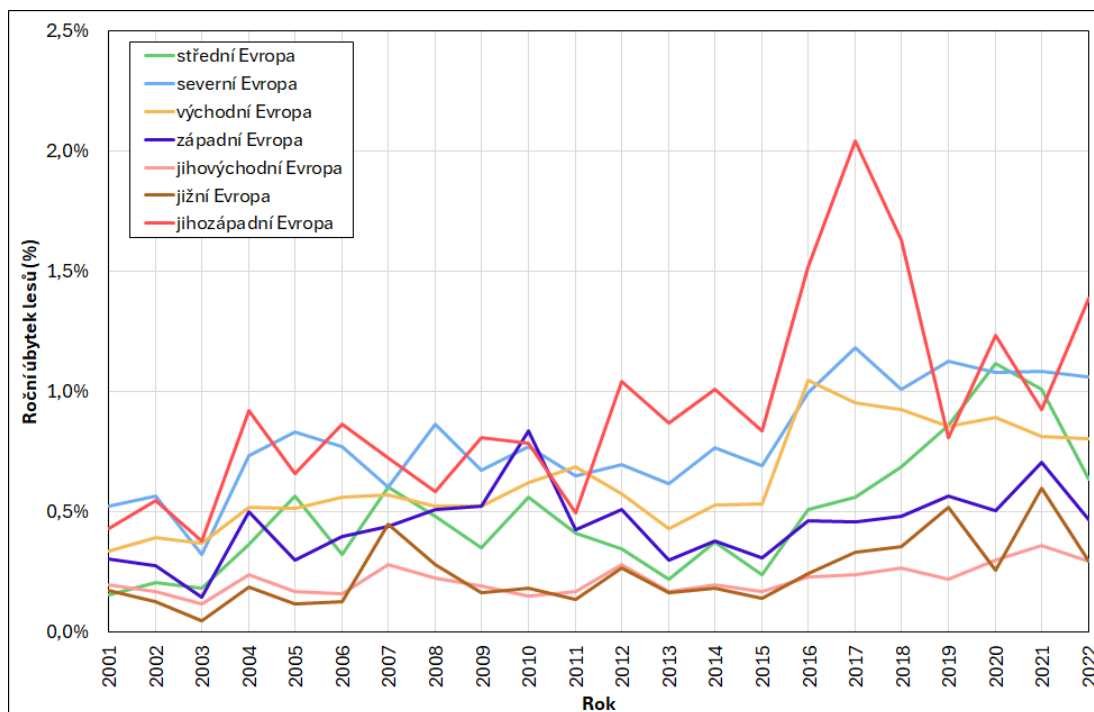
Nejznatelnějšími dopady klimatické změny jsou účinky změn teplot a srážek na jednotlivé druhy a ekosystémy. Předpokládá se, že mnoho druhů bude nuceno se přesunout mimo své přirozené prostředí kvůli zvýšeným teplotám a zhoršení životních podmínek. Díky těmto změnám se v některých částech Evropy usnadní rozšíření invazních druhů (Reid 2006). V Evropě by dle aktuálních předpovědí v roce 2050 mělo být přítomno pouze 32 % rostlinných druhů, které se v Evropě vyskytovaly v roce 2006. Ve vnitrozemských částech Evropy byla arktická a tundrová společenstva nahrazena stromy a keři. Dochází též k posouvání hranic stromů a vysokohorských rostlin do vyšších nadmořských výšek. Například ve Švédsku je předpoklad, že dojde ke zvýšení hranic stromů o více než 233 metrů, kde dle klimatických scénářů může dojít až ke zvýšení této hranice o 677 metrů (Reid 2006).

Největší dopady změny klimatu v Evropě se předpokládají pro arktické oblasti, ekosystémy s malou vlhkostí ve východní Evropě a oblasti Středomoří (Reid 2006). Jedním z nejpodstatnějších dopadů změny klimatu je sucho, které se stává stále závažnějším a dlouhotrvajícím narušitelem na evropském kontinentu (Forest Information System for Europe 2022). Evropské lesy musí čelit dopadům sucha čím dál tím častěji, neboť i v souvislosti se statistikami je sucho odpovědné za nadměrnou úmrtnost lesů v celé Evropě. V roce 2020 byl proveden dálkový průzkum v celé Evropě a bylo zjištěno, že sucho bylo odpovědné za více než 30 % celkové úmrtnosti lesních zápojů v posledních třech desetiletích ve Francii, v částech Pyrenejského poloostrova a ve východní Evropě. Sucho přispívá k tomu, že v lesních ekosystémech jsou stále větší a závažnější požáry (Forest Information System for Europe 2022).

Suché podmínky v kombinaci s vysokými teplotami mají negativní vliv na vodní půdní bilanci a rostliny jsou nuceny omezit evapotranspiraci tím, že uzavřou své

stomie neboli typy pórů na listech. Tímto se snižuje schopnost fotosyntézy, absorpce uhlíku a později může nastat až dehydratace tkáně a hydraulické selhání (Forest Information System for Europe 2022). Dochází k oslabování rostlinných pletiv z nedostatku živin, což vede k odumírání listů a defoliaci. Nižší vitalita stromů způsobuje slábnutí jejich obranných mechanismů. Stromy se chrání před napadením škůdci produkcí chemikálií a pryskyřice (Forest Information System for Europe 2022).

Extrémní sucho, které postihlo Evropu v roce 2018, způsobilo narušení lesních ekosystémů, které trvalo i následující dva roky po skončení období sucha (Senf, Seidl 2021). Nejvýznamnějšími problémy pro lesy v tomto období byla přetrvávající intenzivní horka bez srážek, která měla za následek velký deficit půdní vláhy (Senf, Seidl 2021). Kombinace sucha a tepla jsou považovány za hlavní zodpovědné činitele, které způsobují velké narušení lesů prostřednictvím přímé úmrtnosti stromů, snadné napadení hmyzem a vznik lesních požárů. V Evropě bylo v roce 2018 zjištěno zvýšené narušení lesů a též předčasné opadávání listů (Senf, Seidl 2021). Dle Senfa a Seidla (2021) bylo v Evropě během roku 2018 narušeno asi $1,56 \times 10^6$ hektarů lesa. V následujících dvou letech bylo narušeno $4,74 \times 10^6$ hektarů. Střední Evropa (Německo, Rakousko a Česká republika) a východní Evropa (Bělorusko a Ukrajina) zaznamenaly v tomto období největší nárůst poruch v lesních ekosystémech. V severní Evropě byly nárůsty lesních poruch shledány nejvyššími za posledních 35 let. Například Finsko, Švédsko a Norsko zaznamenaly v roce 2018 nejvyšší požární aktivitu v historii, ale dle křivky vývoje (Obr. 1) nedošlo k výraznému výkyvu oproti předchozímu roku. Oproti tomu jižní a západní Evropa, které nebyly tak silně zasaženy suchem v roce 2018, zaznamenaly minimální či téměř žádná narušení lesních zápojů (Senf, Seidl 2021). Výše uvedené trendy lze vidět i v grafu v procentuálního ročního úbytku lesa v evropských regionech (viz Obr. 1). Křivka znázorňující vývoj střední Evropy potvrzuje práci Senfa a Seidla (2021), že extrémní sucho v roce 2018 mělo významné dopady na lesy v následujících dvou letech. Dle zjištění Senfa a Seidla (2021) v roce 2018 byly evropské lesy ohroženy přímými účinky sucha a poté až do roku 2020 na lesy působily nepřímé dopady sucha z roku 2018. Jedním z podstatných nepřímých účinků sucha v roce 2018 byl snadný přístup dřevokazného hmyzu do dřevin. To způsobilo vznik rozsáhlých ohnisek výskytu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) převážně ve střední a východní Evropě (Senf, Seidl 2021).



Obr. 1: Procentuální roční úbytek lesa v jednotlivých regionech Evropy, 2001–2022

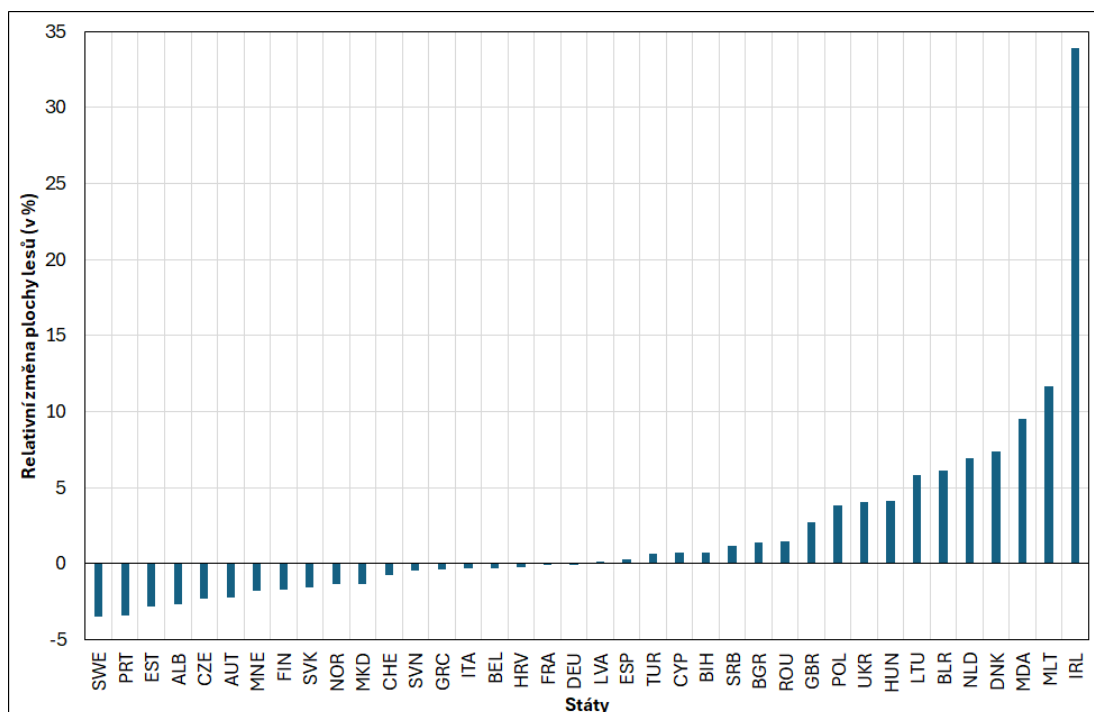
Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Poznámka: Jmenovatelem je rok 2000 – rozloha lesů v roce 2000 v jednotlivých regionech

Rok 2022 byl pro Evropu druhým nejteplejším rokem v historii a v tomto roce též Evropa zažila své nejteplejší léto. V tomto roce byla suchem zasažena největší oblast Evropy, kdy bylo zasaženo o více než 630 000 km² oproti ročnímu průměru 167 000 km² mezi lety 2000–2022. Suchem byla zasažena většina členských států Evropské Unie. Oblasti těchto států byly mnohem více ohroženy, než tomu bylo v průměru mezi lety 2000–2020 (European Environment Agency 2023). V roce 2022 byly lokalizovány největší dopady sucha v Belgii, Lucembursku a ve Slovinsku. Až 70 % celkové rozlohy Lucemburska bylo v roce 2022 postiženo suchem. Oproti dlouhodobému průměru bylo zasažené území vyšší o 50 procentních bodů (European Environment Agency 2023). Na území Belgie a Slovinska bylo suchem ovlivněno téměř 50 % území, kde zasažené území bylo oproti dlouhodobému průměru vyšší více než pětkrát. Sucho bylo dominantním faktorem též ve Francii a v Portugalsku, kde postihlo přes 35 % rozlohy území a v Chorvatsku bylo suchem ovlivněno až 30 % rozlohy (European Environment Agency 2023). Portugalsko bylo zasaženo extrémními suchy i v roce 2017, což lze vidět i na křivce jihozápadní Evropy v grafu (Obr. 1). Vysoký úbytek lesů byl způsoben požáry, které vznikly z důvodu velkého sucha, které zasáhlo 98 % portugalského území (Novo a kol. 2018).

Důsledek těchto vln sucha lze vidět i na grafu vývoje rozlohy lesů v Evropě (viz Obr. 2). Všechny výše zmíněné státy se nacházejí v záporných hodnotách v ukazateli úbytku/příbytku lesa v období 2000–2020. Lze vidět, že i v jiných zemích docházelo k úbytku lesa, na což mohl mít vliv i jiný faktor než období sucha. Irsko, jehož hodnoty

příbytku lesa jsou v grafu viditelně nejvyšší, si ve své historii procházelo častým ničením přírody a lesů nevyjímaje (EPA 2016). Od roku 2000 došlo v Irsku díky státní podpoře k nárůstu plochy, která byla zalesňována. Před rokem 2000 bylo průměrné roční zalesňování ze strany státu méně než 2000 hektarů ročně a v období 2000–2020 bylo v průměru více než 8 tisíc hektarů zalesněné plochy (The Department of Agriculture, Ireland 2023). Zalesňování a vytváření nových lesů je regulováno přísnými ekologickými předpisy, které mají zabránit tomu, aby nedošlo k ohrožení biodiverzity například výsadbou nesprávných druhů stromů (Shokouhi 2019).



Obr. 2: Procentuální změna plochy lesů, v Evropě, 2000–2020

Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Na jedné straně se zdá být situace velmi vážná, kdy se Evropa a evropské lesy ocitají pod enormním tlakem změny klimatu a dopadům sucha, ale zároveň existují důkazy, které potvrzují pozitivní vliv měnících se podmínek na růst některých druhů stromů (Pretzsch a kol. 2021). Na globální úrovni lze uvést dva příklady v souvislosti s produktivitou lesů, kdy v severních zeměpisných šířkách dochází ke zrychlení růstu lesa, ale ve Středomoří nebo v suchých kontinentálních zónách dochází naopak ke snížení růstu (Pretzsch a kol. 2021). V souvislosti s hodnocením produktivity lesů, je nutno uvést, že v roce 2003 bylo epicentrum sucha, považováno v té době za jedno z nejzávažnějších, lokalizováno ve střední Francii a Středomoří. V těchto oblastech se vyskytují ekosystémy, které jsou častěji vystavovány nepříznivým až extrémním podmínkám, neboť se zde vyskytují pravidelná letní sucha. Tyto ekosystémy byly tedy lépe připraveny na extrémně suché podmínky, kterým musely v roce 2003 čelit (Buras a kol. 2019). Oproti tomu v roce 2018 docházelo k rozšiřování epicentra sucha ve střední Evropě, jižní Skandinávii a v oblastech kolem Baltského moře. V těchto

regionech se vyskytují ekosystémy, které nejsou příliš adaptovány na extrémně suché klimatické podmínky (Buras a kol. 2019). Růstové reakce druhu jsou závislé na podmínkách příslušné lokality a konkrétních změnách prostředí. Změny prostředí budou mít na druh menší vliv, pokud bude růst ve svém přirozeném prostředí (Pretzsch a kol. 2021).

Změna klimatu a změny ve využívání půdy mají velký vliv na obnovu lesa a ovlivňují také časovou trajektorii obnovy biomasy a věkovou strukturu lesních porostů. Lesy, které jsou ovlivněny těmito jevy, i nadále sekvestrují dostatek uhlíku, ale mohou již vykazovat známky nasycení růstu. Pro tyto lesy by mohla nastat situace, že by v následujících desetiletích mohly omezit svůj potenciál pro ukládání uhlíku v důsledku stárnutí (Pretzsch a kol. 2021). Globální suchozemské ukládání uhlíku v lesích je z velké části ovlivňováno schopnostmi stromů fyziologicky reagovat na zvyšující se oxid uhličitý, ukládání dusíku, znečištění ovzduší, potřebu vypařování, změny ve využívání půdy (přeměna vegetace, opětovný růst lesa) a změny v lesním porostu (lesní požáry, odumírání lesů) (Pretzsch a kol. 2021).

3.2.1 Situace ve střední Evropě

V posledních desetiletích byla střední Evropa několikrát vystavena extrémnímu suchu, což mělo za následek změny ve strukturách a funkcích středoevropských lesů. Tyto události významně ovlivnily i socioekonomickou sféru regionu (Jiang a kol. 2023).

Středoevropské lesy jsou považovány za důležitý zdroj suroviny, neboť většina těchto lesů je využívána k produkci dřeva. Další jejich důležitou funkcí je zajišťování ekosystémových služeb a poskytování stanovišť pro lesní druhy (Jiang a kol. 2023).

Ve střední Evropě je časté odumírání smrku ztepilého (*Picea abies*), neboť není dobře přizpůsoben rostoucímu teplu a suchu a jeho výskyt je velmi běžný v oblastech, ve kterých je výskyt těchto klimatických jevů velmi pravidelný. Smrk ztepilý je tudíž ovlivněn prostředím, které se mění mimo jeho ekologickou niku (Pretzsch a kol. 2021). Příkladem může být studie (Jiang a kol. 2023), která zkoumala dopady sucha na lesy v České republice. Ve studii jsou analyzovány mimo jiné důvody snížení růstu smrku ztepilého během těchto roků 2003, 2015 a 2018, tedy roků nejintenzivnějších a nejdéle trvajících such ve střední Evropě (Jiang a kol. 2023). Byly také zkoumány reakce na extrémní suchu v České republice u dalších druhů stromů. Mezi zkoumané druhy patřily dub zimní (*Quercus petraea*), dub letní (*Quercus robur*), již zmiňovaný smrk ztepilý, borovice lesní (*Pinus sylvestris*), o které bude podrobněji psáno níže v textu, a buk lesní (*Fagus sylvatica*). U buku lesního bylo zjištěno, že v nižších polohách byl mnohem výrazněji negativně ovlivněn dopady sucha než ve vyšších nadmořských výškách (Jiang a kol. 2023). Toto tvrzení dokládá, že v horském pásmu Alp došlo ke zrychlení růstu buku lesního, jelikož zde změny prostředí mají pozitivní vliv

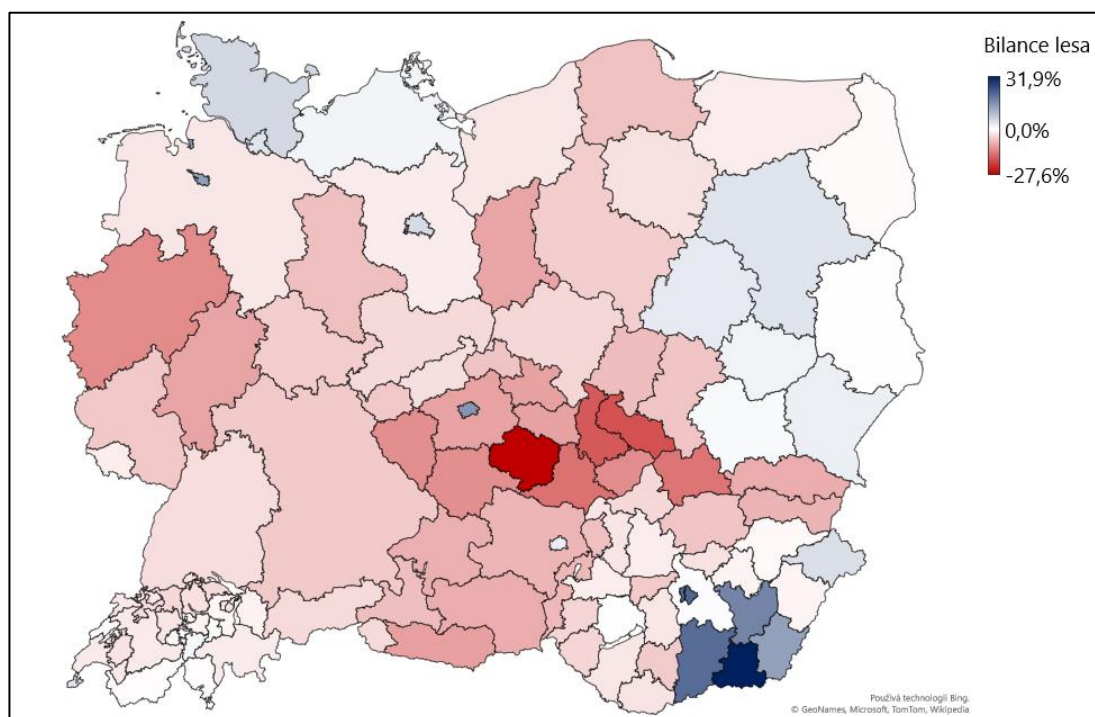
a odpovídají jeho optimálním růstovým podmínkám (Pretzsch a kol. 2021). Je ovšem důležité zmínit, že ve střední Evropě sucho způsobovalo časné opadávání, odbarvení a předčasné stárnutí listů významných listnatých dřevin, zvláště u výše zmiňovaného buku lesního (Buras a kol. 2019; Schuldt a kol. 2020).

Ve Švýcarském Valais v suchých oblastech vnitro-alpského údolí bylo zjištěno, že během posledních desetiletích, kdy bylo sucho velmi časté, docházelo ke zvýšené úmrtnosti stromů, a to zejména borovice lesní (Giuggiola a kol. 2013). Borovice lesní je velmi významným druhem plnící důležitou funkci ochrany biodiverzity před lavinami, sesuvy půd a erozemi. V důsledku reakcí borovice lesní na stres ze sucha a oteplování byla zjištěna zhoršená odolnost vůči negativním dopadům poloparazitického jmelí (Giuggiola a kol. 2013). Zkoumání borovice lesní a vysoký zájem o její záchranu, i přes nepříznivé podmínky klimatu, je velmi aktuální, neboť se jedná o velmi ekonomicky významný druh (Giuggiola a kol. 2013). Borovice lesní a její reakce na dopady sucha byly studovány a hodnoceny též na území České republiky. Bylo zjištěno, že v letech 2015–2019, kdy v průběhu tohoto období střední Evropa čelila dvěma extrémním suchům, borovice lesní byla shledána na území České republiky jako velmi rezistentní druh vůči enormně suchým podmínkám (Jiang a kol. 2023).

V roce 2018 byla střední Evropa zasažena nejdéle trvajícím obdobím sucha a vedra v historii (Schuldt a kol. 2020). Průběh sucha, které značně ovlivnilo oblasti střední Evropy, započal tím, že v dubnu 2018 došlo ke vzniku soustavně vysokého tlaku vzduchu, který přetrvával až do října 2018. Takto vysoký a dlouhotrvající tlak vzduchu měl za následek dlouhodobé období sucha a způsobil nárůst rekordních teplot nejen ve střední Evropě, ale také v severní Evropě (Buras a kol. 2019). Evropa již dříve čelila intenzivnějšímu suchu v roce 2003, které bylo považováno za nejzávažnější období sucha v Evropě za posledních 500 let (Schuldt a kol. 2020). Tato extrémní událost v roce 2003 ve střední Evropě měla za následek kromě přímých dopadů sucha na lesní ekosystémy taktéž mnoho nepřímých dopadů. Nepřímé dopady sucha, jako například častá úmrtnost stromů, se v lesních ekosystémech však projeví se značným zpožděním až několik let po tomto období (Buras a kol. 2019).

Dle Burase a kol. (2019) byla severní a střední Evropa vystavena většímu teplotnímu nebezpečí a silnějšímu negativnímu výkyvu klimatické vodní bilance v roce 2018 nežli v roce 2003. Též Schuldtova a kol. studie (2020) potvrzuje, že sucho v roce 2018 bylo klimaticky extrémnější a zasáhlo lesní ekosystémy mnohem výrazněji. Rozsáhlé a intenzivní sucho tedy mělo za následek, že v severozápadním Německu, především v regionu Severní Porýní-Vestfálsko, docházelo ke ztrátám až 40 % na produktivitě lesů (Buras a kol. 2019). V kartogramu (viz Obr. 3) lze vidět, že v Německu došlo k nejvyššímu úbytku lesů především v regionu Severní Porýní-

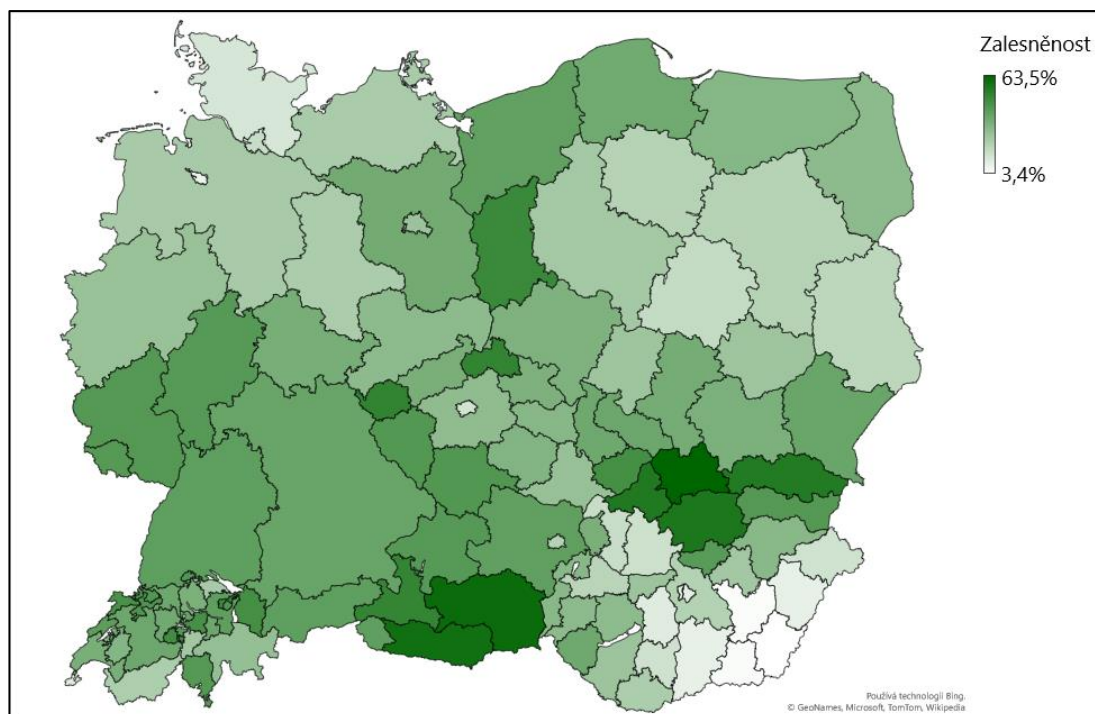
Vestfálsko. V tomto regionu došlo k úbytku mezi lety 2000–2020 o 12,4 % z celkové plochy lesů. Obdobnému trendu v tomto období čelil i region Hesensko, který byl stejně jako region Severní Porýní-Vestfálsko ovlivněn velkými suchy v roce 2018 (Buras a kol. 2019). Dalším územím, kde docházelo k výraznému snížení rozlohy lesa byla Česká republika, kde nejvýrazněji byl zasažen Kraj Vysočina. Detailnímu rozboru dopadů sucha na lesy České republiky se bude věnovat kapitola 3.3 a 5. kapitola. K velkému úbytku lesa docházelo též na území Slovenska v Žilinském kraji (viz Obr. 3). V tomto kraji je typickou dřevinou smrk ztepilý, který je velmi náchylný k obdobím sucha, jak již bylo zmiňováno výše. V Žilinském kraji docházelo k velkému úbytku lesů, především po dvou měsících od začátku sucha. Druhotným dopadem sucha bylo ohrožení a oslabení lesů, které se již nedokázaly efektivně bránit útokům lýkožrouta smrkového (Rozkošný a kol. 2022). Z druhé strany této škály úbytku lesů se nachází župa Csongrád-Csanád v jižním Maďarsku. Jak lze vidět z kartogramu (viz Obr. 4) v župě se nachází velmi malé procento lesů, což může vést k vysvětlení velkého procentuálního nárůstu lesů v kartogramu (viz Obr. 3). Z pohledu absolutní hodnoty změny zalesnění se jedná o velmi nízký nárůst, který vykazují i jiné regiony, ale procentuální nárůst je největší ve zmiňovaném regionu. Obdobně lze vysvětlit i sousedící župy Bács-Kiskun, Jász-Nagykun-Szolnok a Békés. V Polsku bylo suchem jedno z nejvíce zasažených oblastí Lubušské vojvodství (viz Obr. 3). Pro území Polska bylo charakterizováno jako jedno z nejteplejších a nejsušších období léto roku 2019 (Wojtaszek 2021).



Obr. 3: Procentuální úbytek/přírůstek rozlohy lesa, regiony střední Evropy, 2000–2020

Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Poznámka: Bilance lesa je vztažena ke střední hodnotě (rozloha lesa v roce 2010)



Obr. 4: Zalesněnost regionů střední Evropy, 2010

Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Německo bylo v období 2018–2019 jednou z nejvíce zasažených zemí ve střední Evropě (Toreti a kol. 2019; Mastrotheodoros a kol. 2020). V tomto období mezi lety 2018–2019 bylo zasaženo suchem až 90 % německého území (De Brito a kol. 2020). Dopady sucha na lesy zde byly značné a byly významným faktorem při vzniku rozsáhlých lesních požárů na území Německa (Toreti a kol. 2019; Mastrotheodoros a kol. 2020), neboť dlouhá období sucha a vysokých teplot přispívala k výraznému prodloužení rizika lesních požárů (Gnilke, Sanders 2022). Na intenzivní lesní požáry měl také vliv výrazný nedostatek srážek (Gnilke, Sanders 2022). V tomto období především na území německého Braniborska, tedy oblastí s nejvyšším podílem až 49 % čistě jehličnatých lesů v Německu, byly požáry nejrozsáhlejší (Gnilke, Sanders 2022). Tyto stromy byly též snadným cílem pro lýkožrouta smrkového, který intenzivně napadal stromy oslabené dlouhotrvajícím suchem (Hlásný a kol. 2021a). V Německu obdobně jako po celé střední Evropě byla rozsáhlá kalamita lýkožrouta smrkového, který napadal smrkové lesy, způsobena především extenzivním vysazováním smrku ztepilého mimo oblasti svého původního rozšíření velmi často na úkor listnatých lesů. Důvodem byly zesilující požadavky na neustále se rozšiřující průmyslové odvětví s dřevem (Klímko a kol. 2000; Spiecker a kol. 2004). Smrk ztepilý stále zůstává v mnoha zemích včetně například České republiky základním druhem dřevařského průmyslu (Grégoire 2015; Montagné-Huck, Brunette 2018). Byť právě epicentra výskytu lýkožrouta smrkového ohrožují fungování ekosystémových služeb, včetně ukládání uhlíku v lesích a mají velký dopad na celý lesnický sektor (Dobor a kol. 2018; Thom, Seidl 2016).

3.3 Environmentální dopady sucha na lesy v České republice

Česká republika je vnitrozemský stát ve střední Evropě s rozlohou 78 870 km². Česká republika sousedí s Německem na západě, na jihu s Rakouskem, na východě se Slovenskem a na severovýchodě s Polskem (Chytrý a kol. 2017). Česká republika patří do mírného lesního pásma (Hlásný a kol. 2021b). Krajina v České republice je spíše heterogenní a členitost České republiky je v Čechách tvořena především rovinami, kopci a náhorními plošinami obklopenými nízkými horami (Chytrý a kol. 2017; Factbook 2024). Na východě České republiky se nachází Morava, která je členěna velmi kopcovitou krajinou (Factbook 2024). Volná krajina je pokryta především ornou půdou a víceletými travními porosty (Chytrý a kol. 2017). Většinu území České republiky je tvořena zemědělskou půdou (54,8 %) a lesy, které pokrývají 34,4 % území (Factbook 2024). Rozmanitost vegetačních typů České republiky je označována v evropském měřítku za spíše podprůměrnou. Jsou zde zastoupeny typy vegetací od přirozených až po antropogenní a jedná se o výsledek dlouhodobého působení člověka na krajinu, které bylo již v historii velmi intenzivní (Chytrý a kol. 2017).

Česká republika je tvořena širokou sítí řek, které jsou odvodňovány Labem, Odrou a Moravou do Atlantského oceánu. Mnoho těchto řek pramení v nejvyšších pohořích České republiky (Factbook 2024). Nejvyšší úhrn srážek se vyskytuje v příhraničních pohořích, především v Krkonoších, Jizerských horách, Krušných horách, Orlických horách, Moravskoslezských Beskydech a na Šumavě, kde dlouhodobé průměry v těchto lokalitách přesahují 1200 mm srážek. Průměrné roční srážky v České republice se pohybují v rozmezí 600–800 mm (Crhová 2022). „*Předpokládá se, že úhrny srážek během vegetační sezóny vzrostou v blízké budoucnosti až o 10 % a ve vzdálenější budoucnosti budou klesat až o 10 % ve všech vegetačních pásmech.*“²

Přirozená vegetace na většině území byla před lidskými zásahy tvořena listnatými a smíšenými lesy buku, dubu, habru, dále také ušlechtilými listnatými dřevinami a jehličnatými lesy smrků a jedlí (Chytrý a kol. 2017). Rozsáhlé plochy těchto lesů byly však vymýceny, anebo byly přeměněny na lesní plantáže (Chytrý a kol. 2017). Většina českých lesů je tvořena převážně stromy jednoho druhu, případně jsou v nich kodominované dvě či tři dřeviny. Hlavními druhy stromů, které tvoří české lesy jsou habr obecný (*Carpinus betulus*) nacházející se v nížinách, buk lesní, jedle bělokorá (*Abies alba*) a smrk ztepilý, tedy druhy nacházející se ve středních polohách, horách a v nejvyšších nadmořských výškách (Chytrý a kol. 2017).

² HLÁSNÝ T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N., 2011a: Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 10, P. 422–431.

Největší část České republiky je tvořena biomy listnatých lesů mírného pásma. Další část území je tvořena dvěma suchými nížinnými oblastmi, které okrajově patří do biomu lesostepí (Chytrý a kol. 2017). Jedná se o oblasti jižní Moravu a severozápad Čech, které bývají nejvíce zasaženy suchými epizodami. Na jižní Moravě jsou suchem nejvíce zasaženy okresy Znojmo, Břeclav, Hodonín a Brno-venkov. V severozápadních Čechách se jedná zejména o okresy Mělník, Kladno, Nymburk, Litoměřice a Louny (ČHMÚ 2019).

Sucho na území České republiky lze považovat za jednu z nejzávažnějších přírodních událostí. Na stejné úrovni závažnosti jako je sucho jsou považovány v České republice také povodně (Brázdil a kol. 2005; Brázdil, Kirchner 2007). Českou republiku nejvíce ovlivnily suché roky 2003, 2015 a 2018. V roce 2003 byl na území České republiky nejnižší roční úhrn srážek, tedy spadlo v průměru 504 mm srážek. V letech 2015 a 2018 byly roční úhrny srážek 532 a 522 mm (Crhová 2022). Významný nedostatek vody během období sucha ovlivňuje, obdobně jako v jiných částech světa, zemědělství, lesnictví, vodní hospodářství a přírodní ekosystémy (Brázdil a kol. 2009).

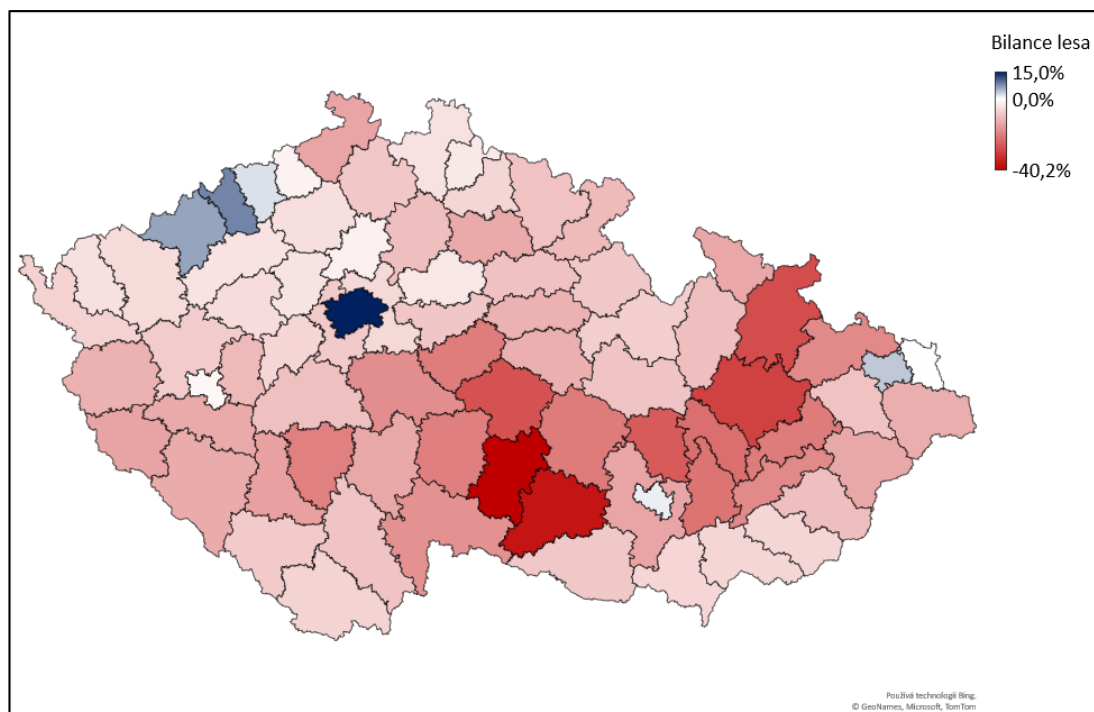
Lesnictví je jedno z nejvíce ohrožených odvětvích suchem na území České republiky. V lesnictví je sucho považováno za jednoho z abiotických škodlivých činitelů, v rámci kterých bývají dopady sucha hodnoceny (Brázdil a kol. 2015). Sucho má negativní vliv na fyziologický stav dřevin, jejichž zhoršený stav může způsobit větší náchylnost k napadení biotickými škůdci (Brázdil a kol. 2015). Brázdil a kol. (2015) uvádí konkrétní období v historii České republiky, kdy dle údajů Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky (1995) byla sucha s největšími dopady na lesy. Jednalo se o roky 1904, 1911, 1921, 1934, 1947, 1979 a 1991–1994. Též Forst a kol. (1985) zmiňuje nárůst škod na lesích způsobených suchem, který se zvýšil z 1,8 % v období 1901–1950 na 18,1 % v období 1950–1980. Na další etapě v historii lesnictví v období 1963–1999 lze uvést dosah až 7,2 % nahodilé těžby dřeva v důsledku sucha (Brázdil a kol. 2009). V letech 2001–2005 bylo průměrné procento škod způsobených suchem na celém objemu nahodilé těžby v České republice 11 %. V konkrétních letech 2004 a 2005 byl procentuální podíl škod až 20 % (Brázdil a kol. 2007).

Při analýze příčin lesních požárů v České republice dle Kuly a Jankovské (2013) byl zjištěn vyšší výskyt lesních požárů v období suchých let s podprůměrnými srážkami. Další období, které bylo shledáno za intenzivní z hlediska výskytu požárů, byly roky 2011–2012 s nejvyšším počtem požárů za posledních 15 let (Zahradniček a kol. 2014). Častější výskyt sucha v České republice bude mít za následek zvýšené riziko požárů, především v oblastech, kde se lesní porosty vyskytují v nižších polohách (Hlásný a kol. 2011a). Sucho bude pro tyto lesní porosty klíčovým

limitujícím faktorem, neboť v nižších nadmořských výškách se očekává výrazné zvýšení frekvence sucha. Naopak rostoucí teploty a tím spojené prodloužení vegetační sezony může být přínosem pro lesní porosty vyskytující se ve vyšších nadmořských výškách (Hlásný a kol. 2011a). Odezvou lesních porostů na sucha jako na hlavní limitující faktor je přesouvání se směrem na sever a zároveň stahování se z nižších poloh výskytu. Předpokládá se, že tyto dopady jsou navíc doprovázeny změnami životního cyklu, populační dynamikou a rychlostí rozšiřování lesních škůdců a patogenů. Nejvíce diskutovanými a klíčovými lesními škůdci jsou lýkožrout smrkový a bekyně velkohlavá (*Lymantria dispar*) (Hlásný a kol. 2011a).

V důsledku sucha a biotických útoků trpí hromadným úhynem především dominantně zastoupené jehličnany. Smrk ztepilý představuje 48 % současné dřevinné skladby na území České republiky, 16,2 % tvoří borovice lesní a modřín evropský (*Larix decidua*) představuje 3,8 % (MZe 2023). Smrk ztepilý byl vysazován již od počátku 19. století a tím se stal nejrozšířenější dřevinou v české krajině (Kubíková 1991). V 80. letech 20. století docházelo k velkému odumírání smrku ztepilého především na území Krušných a Jizerských hor a ve větší míře také v Krkonoších a Moravskoslezských Beskydech. Důvodem bylo velké množství emisí oxidu siřičitého v ovzduší (Kubíková 1991). V Krušných horách byly vysázeny ve velkém množství odolné smrky pichlavé (*Picea pungens*), ovšem od roku 2009 čelil tento druh masivnímu vymírání v důsledku napadení pupenů houbou (*Gemmamyces piceae*) a je opět nahrazován původním smrkem ztepilým, který je více odolný proti tomuto patogenu (Čada 2016; Černý a kol. 2016). Smrk je ovšem velmi citlivý na změny klimatu a častější výskyty sucha. Toto působení vnějších podmínek má za následek oslabení smrku a periodický úbytek smrkových porostů (Čada 2016). Smrk ztepilý byl zkoumán v souvislosti s vlivem stresu na sucha (Palátová 2004). Sucho mělo na smrky velmi negativní dopady, kterými byly potlačení výškového a průměrného nárůstu kmene, redukce délky jehlic, defoliace, žloutnutí jehlic a zhoršená vitalita (Palátová 2004). Celková zhoršená vitalita smrku způsobuje snadné napadení stromu biotickým škůdcem (Brázdil a kol. 2015).

Rozsáhlé odumírání smrku ztepilého je způsobeno především výskytem lýkožrouta smrkového, který byl hrozbou pro lesy v celé střední Evropě (Čada 2016). V posledních desetiletích se výskyt lýkožrouta smrkového velmi zvětšil, neboť aktuální změna klimatu velmi přispívá k rozšiřování tohoto druhu. Klima je důležitým hybatelem citlivosti lesů a ovlivňuje jejich náchylnost k napadení škůdci (Seidl a kol. 2014; Netherer a kol. 2015; Senf a kol. 2018; Jakoby a kol. 2019; Huang a kol. 2020). Nejnovější ohnisko výskytu lýkožrouta smrkového v České republice bylo v roce 2015, kdy byl překročen rozsah pozorování za poslední dvě století (Senf, Seidl 2020). Situace v roce 2015 bude podrobněji popsána v podkapitole (3.3.1).



Obr. 5: Procentuální úbytek/příbytek rozlohy lesa, okresy ČR, 2000–2020

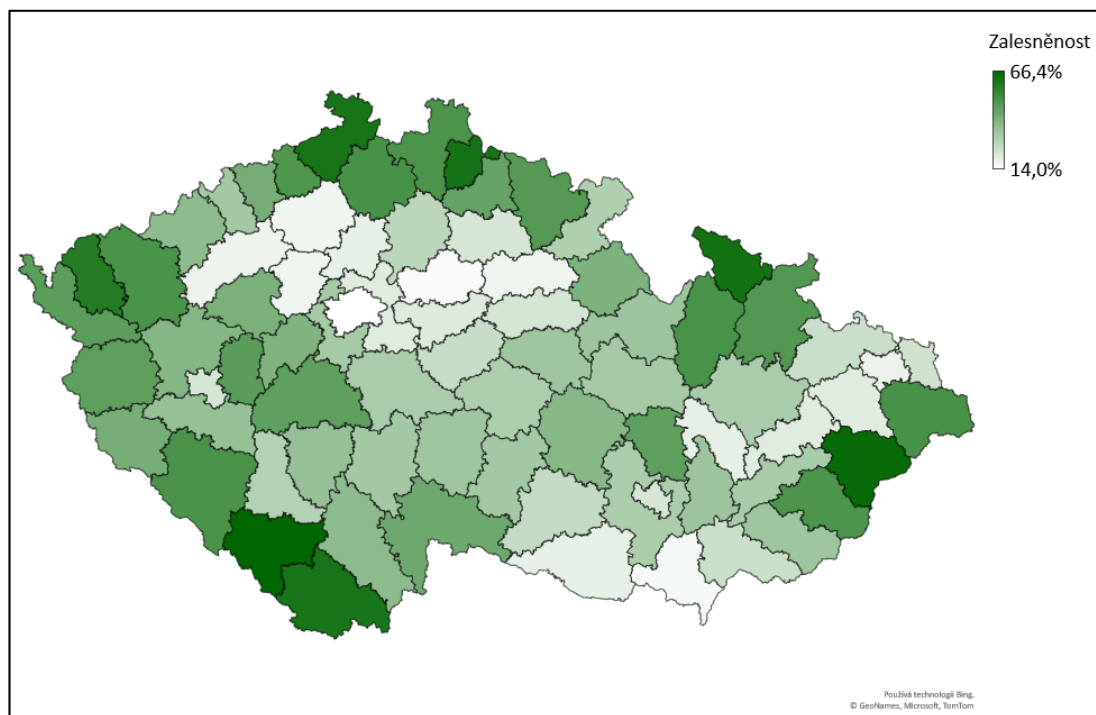
Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Poznámka: Bilance lesa je vztažena ke střední hodnotě (rozloha lesa v roce 2010)

V České republice ubyla mezi lety 2000–2020 na většině území plocha lesů (viz Obr. 5). Z grafu lze vidět nárůst plochy lesů v okresech, ve kterých se nachází velká města. Jedná se o okresy Hlavní město Praha, Ostrava-město, Brno-město, Plzeň-město. Ve zmíněných okresech je nízké procento zalesněného území (viz Obr. 6), čímž lze částečně vysvětlit zvýšení plochy lesa. V těchto okresech se v menší míře nacházejí lesy s velkou rozlohou, spíše se jedná o menší nesouvislé lesní celky. Dalšími okresy, které v období 2000–2020 vykazují zvýšení rozlohy lesa, jsou Chomutov, Most a Teplice (Global Forest Watch 2024a). Kvůli velkému spalování hnědého uhlí v těchto regionech, docházelo ke kyselým dešťům, které způsobovaly značné ztráty na lesích. V této oblasti docházelo k velkým dopadům kyselých dešťů, převážně v období 80. a 90. let 20. století (Hruška, Kopáček 2009). Ve sledovaném období již docházelo k postupné obnově zničeného lesa, což vysvětluje nárůst rozlohy lesů v této oblasti (Hruška, Kopáček 2009; Global Forest Watch 2024a).

Jedněmi z nejvíce zasažených okresů jsou okresy na severní Moravě a Slezsku. Okres Bruntál a Olomouc byly velmi zasaženy suchem v roce 2015, kdy došlo ke snížení obranyschopnosti stromů a k následnému napadení lýkožroutem. K největšímu úbytku docházelo v období 2015–2017 (Liška a kol. 2016; Global Forest Watch 2024a). V roce 2018 byla zasažena suchem především oblast jižní Moravy a Vysočiny (ČHMÚ 2019). Důsledkem tohoto období sucha se v těchto oblastech hojně rozšířil

taktéž lýkožrout, jehož výskyt měl devastující dopady na okresy Třebíč a Jihlava (Šrámek, Novotný 2019; Global Forest Watch 2024a).



Obr. 6: Zalesněnost okresů České republiky, 2010
Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

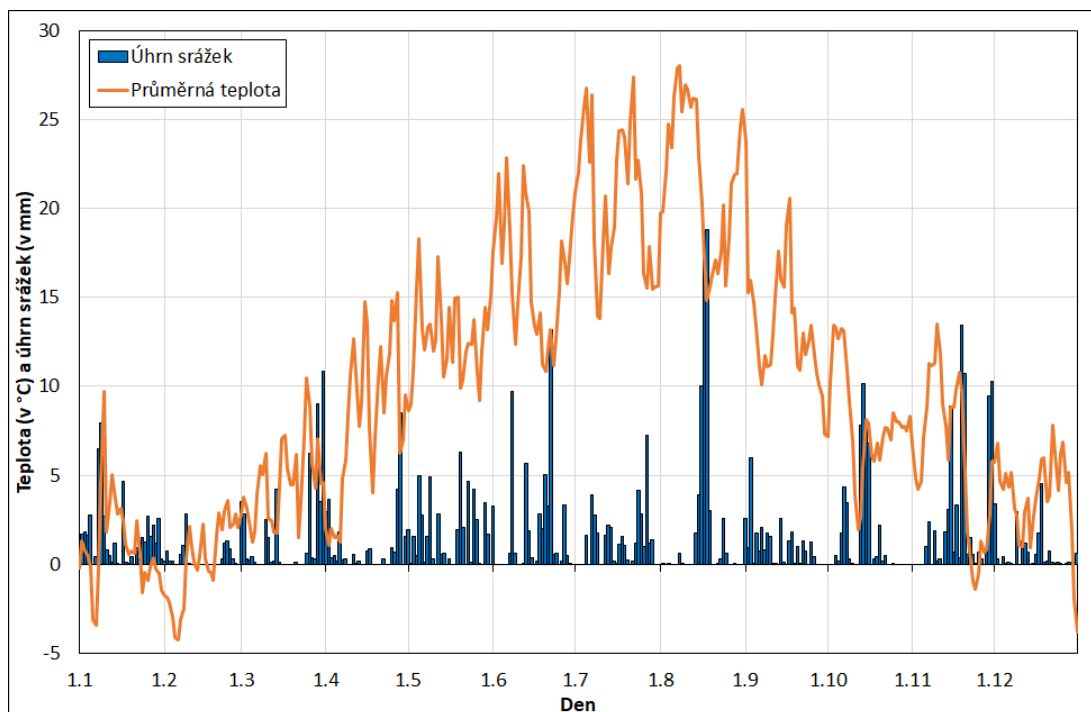
3.3.1 Vliv extrémního sucha v roce 2015 na lesní ekosystémy v České republice

Rok 2015 byl jedním z nejteplejších roků v historii České republiky (Novotný, Šrámek 2016). Toto období zahrnovalo všechny typy sucha, tedy meteorologické, zemědělské, hydrologické a také socioekonomické (Vizina a kol. 2017). Toto období se vyznačovalo především velmi teplými a suchými letními měsíci, ale též nadstandardně teplým podzimem a sněhově podprůměrnou a teplou zimou (Novotný, Šrámek 2016; Vizina a kol. 2017). V průměru spadlo za období od 1.1. do 31.8.2015 na území České republiky 353 mm srážek, tedy jeden z nejnižších úhrnů od roku 1961 (ČHMÚ 2015). Celosvětově je rok 2015 považován za jeden z nejteplejších, neboť toto období bylo ovlivněno silně se vyskytujícím jevem El Niño nad Tichým oceánem (Novotný, Šrámek 2016). Dle Novotného a Šrámka (2016) však tento jev neměl přímý vliv na Českou republiku, neboť střední Evropa obecně patří k oblastem s mírnými projevy těchto velkoprostorových atmosférických či oceánských cirkulačních fenoménů (ČHMÚ 2015; Novotný, Šrámek 2016).

Již předchozí rok 2014 lze označit za srážkově podprůměrný, a to především podzim 2014, kdy v listopadu spadlo jen 46 % srážek oproti dlouhodobému průměru. Na jižní Moravě a v Libereckém kraji bylo během tohoto ročního období naměřeno dokonce ještě méně srážek, než je klimatický normál. Na jižní Moravě bylo naměřeno

30 % a v Libereckém kraji 10 % srážek oproti podzimnímu dlouhodobému průměru (Novotný, Šrámek 2016).

Od prosince 2014 do března 2015 byly nadprůměrně vysoké teploty, které měly za následek podprůměrnou sněhovou pokrývku. Sníh se nacházel pouze v horských oblastech Krkonoš a Hrubého Jeseníku. V únoru byl v České republice průměrný úhrn srážek velmi nízký a činil pouze 12 mm, tedy 32 % normálu (Novotný, Šrámek 2016). V Plzeňském kraji činil v tomto měsíci úhrn srážek pouze 4 mm, oproti tomu v Moravskoslezském kraji byl úhrn srážek 34 mm, což je 77 % normálu. Na konci března bylo evropské klima včetně klimatu České republiky ovlivněno orkámem Niklas. Výrazné polomy způsobené studeným a silným větrem byly zaznamenány na Šumavě a v severních Čechách (Novotný, Šrámek 2016). Nicméně škody způsobené orkámem Niklas byly na území České republiky výrazně menší než například ve Švýcarsku, Německu či Polsku (Novotný, Šrámek 2016). V červnu bylo na území České republiky zaznamenáno několik nadprůměrně teplých dnů, kdy teploty přesahovaly 30 stupňů Celsia. Nejvyšší teplota v tomto období byla zaznamenána v Karviné, kde bylo naměřeno 34,3 stupňů Celsia (Novotný, Šrámek 2016). Naopak na Šumavě či v Jizerských horách byly rekordně nízké teploty. Na Šumavě bylo naměřeno až -4,6 stupňů Celsia a v Jizerských horách -1,5 stupňů Celsia (Novotný, Šrámek 2016). V červenci již překračovaly maximální teploty 35 stupňů Celsia. Nejvíce bylo naměřeno v Polabí, na Plzeňsku a v západní části České republiky. Nejvyšší teplota 38,4 stupňů Celsia byla naměřena 6.7.2015 v Brandýse nad Labem (Novotný, Šrámek 2016). Na konci července Českou republiku zasáhla druhá vlna veder, kdy bylo naměřeno 39,2 stupňů Celsia v Řeži a ve Vsetíně (Novotný, Šrámek 2016). V první polovině srpna bylo v Řeži naměřeno 40,0 stupňů Celsia, což byla nejvyšší teplota za rok 2015 v České republice (Novotný, Šrámek 2016). Déle než týden se v srpnu v České republice objevovaly průměrné denní teploty přes 25 stupňů Celsia (viz Obr. 7). Výrazně teplotně i srážkově nadprůměrný byl také listopad 2015 a velmi teplý byl i prosinec. Během listopadu bylo naměřeno v horských oblastech při inverzi nad 20 stupňů Celsia. Prosinec byl téměř bez sněhové pokrývky a bylo pravidelně kolem 15 stupňů Celsia (Novotný, Šrámek 2016).



Obr. 7: Průměrná teplota a úhrn srážek, v ČR, 2015
Zdroj dat: ČHMÚ, 2024a

Hydrologické sucho bylo v roce 2015 též významným faktorem. Ve středních a nižších polohách docházelo ke snížení průtoků vodních toků (ČHMÚ 2015). Příkladem může být povodí Moravy, kde se v polovině července 2015 pohybovaly průtoky na 8 % až 30 % normálu (Novotný, Šrámek 2016). V přehradě Orlík byl zásobní prostor v polovině srpna 2015 naplněn pouze z 56 %. U přehrady Lipno tvořilo naplnění zásobního prostoru 83 %. Na technologické minimum byla vypuštěna přehrada Labská ve Špindlerově Mlýně (Novotný, Šrámek 2016). Důvodem byla mimo jiné absence sněhové pokrývky, a tedy nemožnost doplnění zásob vody v půdě a v podzemních vodách (ČHMÚ 2015).

Zemědělské sucho se v roce 2015 projevilo především v letních měsících. Bylo způsobeno především vysokými teplotami, což způsobilo pokles vláh v půdě (ČHMÚ 2015). Negativní dopady mělo sucho především na sklizeň a kvalitu úrody u brambor, chmele, zeleniny, kukuřice, meziplodin a krmiva pro hospodářská zvířata. Na druhou stranu měla kombinace sucha a vysokých teplot pozitivní vliv na vinnou révu, některé druhy obilovin a řepku (ČHMÚ 2015).

Lesy byly významně ovlivněny situací v roce 2015, během kterého došlo ke zhoršení stavu lesů v České republice, především kvůli extrémním klimatickým podmínkám. V tomto období došlo k meziročnímu nárůstu objemu poškození lesů z 3,01 milionů metrů krychlových na 4,49 milionů metrů krychlových. Z celkového objemu těžby 40 % připadá na nahodilou těžbu (Liška a kol. 2016). Sucho v roce 2015 ovlivnilo lesní porosty nejen v daném období, ale jeho dopady se projevily

i v dalších letech (Novotný, Šrámek 2016). V roce 2015 bylo suchem poškozeno více než 465 tisíc metrů krychlových dřeva (Novotný, Šrámek 2016). Vysoké teploty a nedostatek srážek měly za následek časté lesní požáry. V práci Trnky a kol. (2015) a Brázdila a kol. (2016) bylo prokázáno, že byl v posledních desetiletích obecný pokles půdní vlhkosti, nárůst vysokých teplot a suchých období, které vedly ke vzniku lesních požárů. K nejčastějším lesním požárům docházelo především v první polovině srpna 2015, kdy 3.8.2015 v Chrášťanech u Prahy shořelo 60 hektarů lesa. Další rozsáhlý požár byl u Mladotic na Plzeňsku, kde ubylo asi 40 hektarů lesa (Novotný, Šrámek 2016).

V případě konkrétních dřevin, sucho zasáhlo z jehličnatých stromů především smrk ztepilý, na který působili meteorologické faktory a lýkožrout smrkový. Většina smrkových lesů na území České republiky se nachází v nízkých až středních nadmořských výškách, tedy v oblastech, které představují velké riziko vzniku stresu ze sucha (Berec a kol. 2013; Hlásný a kol. 2011b). Na severu Moravy bylo zaznamenáno v menší míře usychání starších stromů a k usychání mladších stromů docházelo zejména na jihu Českomoravské vysočiny (ČHMÚ 2015). Reakcí listnatých stromů na suchu bylo předčasné žloutnutí listů. Žloutnutí listů či jehlic patří mezi abiotická poškození lesa, ke kterým dochází při nedostatku hořčíku, draslíku, vápníku či fosforu. K tomuto viditelnému jevu přispívá souběžný nebo předcházející stres ze sucha a rozsah žloutnutí závisí na dostupnosti živin v půdě a klimatických podmínkách (Novotný, Šrámek 2016). Tyto projevy byly například u lípy srdčité (*Tilia cordata*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*) (ČHMÚ 2015). Dlouhodobým problémem je žloutnutí jehlic u smrků v oblastech Opavska, Krušných a Jizerských hor (Novotný, Šrámek 2016). U habru obecného či jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) došlo k uschnutí listů, ale nikoliv opadu (ČHMÚ 2015). K opadu listů bez zežloutnutí docházelo například u buku lesního a bezu černého (*Sambucus nigra*). Všechny zmíněné reakce dřevin jako žloutnutí listů, jejich opad či uschnutí mělo za následek zmenšování plochy listů, což vedlo ke snížení spotřeby vody dřevinami, neboť plocha listů je významným faktorem evapotranspirace (ČHMÚ 2015).

Česká republika se stala epicentrem kůrovcových ohnisek, které mají za následek odumírání stromů, zejména pak smrku ztepilého, který představuje 52 % druhové skladby a vyskytuje se převážně v monokulturách (Podrázský a kol. 2014; Hlásný a kol. 2021b). Smrk, který se vyskytuje v monokulturách, má výrazně nižší pravděpodobnost přežití, než kdyby se vyskytoval v druhově rozmanitých lesních porostech (Griess a kol. 2012; Neuner a kol. 2015). V roce 2015 bylo zaznamenáno kolem 1,5 milionů metrů krychlových kůrovcového dřeva. Pro srovnání, v předchozích letech 2013 a 2014 bylo evidováno téměř 0,9 milionů metrů krychlových kůrovcového dřeva (Liška a kol. 2016). Jednalo se především o smrkové druhy kůrovců, zejména

lýkožrouta smrkového, méně častými jsou lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*) a lýkožrout menší (*Ips amitinus*) (Liška a kol. 2016). Tento trend se vyskytuje celorepublikově a nejvíce jsou zasaženy lesy v oblastech nižších a středních poloh (Liška a kol. 2016). Bylo zaznamenáno, že na území severní a střední Moravy a Slezska je smrkové dřevo napadeno lýkožroutem severským (*Ips duplicatus*). Lesy v oblasti střední a severní Moravy a Slezska patří mezi nejvíce zasažené touto kalamitou (Liška a kol. 2016). Právě v těchto silně zasažených oblastech byl velký výskyt napadených stromů i v období jara roku 2015, kdy byl na většině území České republiky zaznamenán minimální výskyt napadených stromů lýkožroutem (Liška a kol. 2016). V ostatních oblastech České republiky byly vizuální dopady na stromech znatelné až po první vlně teplejších období v červnu. Rozsáhlé napadení smrkových porostů všech věkových kategorií bylo zjištěno v průběhu srpna 2015 v nejnižších až středních polohách (Liška a kol. 2016). Nejprve byly zřejmé barevné změny v horních částech korun stromů a poté postupně docházelo k odumírání nižších partií. Špičky, vrchní část kmene a větve byly nejčastěji napadeny lýkožroutem lesklým, kmenová část byla napadena lýkožroutem smrkovým nebo také lýkožrouty severským a menším (Liška a kol. 2016).

Rok 2015 byl ovlivněn rokem 2014, kdy na území České republiky převládaly nestandardní klimatické jevy. V roce 2015 nastal velký průlom v ubývání lesů na území České republiky, který byl ovlivněn deficitem srážek v roce 2014 a následným nadprůměrným suchem v roce 2015 (Hlásný a kol. 2021b). V roce 2015 se postupně začalo zvyšovat procento úbytku lesů, ale v několika regionech se dopady tohoto období na lesy projeví až o 2–3 roky později (Hlásný a kol. 2021b). Příkladem může být rozsáhlé odumírání borovice lesní v mnoha regionech České republiky v roce 2016. Tento druh byl velmi oslaben suchem, a tudíž se stal náchylnějším k napadení houbových patogenů (Liška, Lorenc 2017). Na lesy působily dopady sucha z období roku 2015 každým následujícím rokem a vyvrcholením bylo sucho v roce 2018, které překonalo závažnost předchozích událostí, neboť v této době vypukla rozsáhlá a velmi závažná kalamita lýkožrouta smrkového (Lubojacký a kol., 2019; Hlásný a kol. 2021b).

Kapitola 4

Metodika a zdroje dat

4.1 Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)

Český hydrometeorologický ústav je státní instituce, která je zřizována Ministerstvem životního prostředí. Ústav byl založen 1.1.1954. „Základním účelem příspěvkové organizace ČHMÚ je vykonávat funkci ústředního státního ústavu České republiky pro obory čistota ovzduší, hydrologie, jakost vody, klimatologie a meteorologie, jako objektivní odborné služby poskytované přednostně pro státní správu.“³ Český hydrometeorologický ústav sbírá data o hydrologických a meteorologických jevech v České republice (ČHMÚ 2024d).

Pro tuto práci byly použita data z veřejně dostupné databáze na portálu ČHMÚ. Stěžejními daty pro tuto práci byl úhrn srážek a průměrné teploty na území České republiky.

4.2 Global Forest Watch

Global Forest Watch je online platforma poskytující data a vizuální zobrazení o stavu lesů na celém světě. Tato platforma byla založena v roce 1997 organizací World Resources Institute. Jedná se o platformu, která spolupracuje s vládními organizacemi na rozvoji a distribuci dat o stavu lesů v dané zemi (Global Forest Watch 2024b).

V této práci byla použita data o úbytku lesů v Evropě, ve střední Evropě a v České republice. Pro účel této práce byl použit ukazatel ztráty pokryvu lesů za jednotlivé roky v období 2000–2020. Úbytek lesů byl definován jako ztráta pokryvu lesů alespoň o 50 % oproti původnímu stavu pokryvu lesů. Dalším použitým ukazatelem byl nárůst plochy lesů mezi lety 2000–2020. Pro možnost srovnání daných regionů byl použit ukazatel plochy lesů v roce 2000 a v roce 2010.

³ ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2024d: Historie ústavu. (online) [cit. 2024.03.19]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/o-nas/historie-ustavu>.

Ukazatel roční úbytek lesa byl použit v práci pro vytipování oblastí nejvíce zasažených odlesňováním. Byl použit pro dovysvětlení dopadů sucha na lesy.

$$\text{roční úbytek lesa} = \frac{\text{úbytek lesa}}{\text{rozloha lesa 2000}}$$

Ukazatel procentuální změny plochy lesů byl použit pro dlouhodobé porovnání trendů a regionů.

$$\text{procentuální změna plochy lesů} = \frac{\text{příbytek lesa} - \text{úbytek lesa}}{\text{rozloha lesa 2010}}$$

Ukazatel zalesněnosti regionů napomáhal k vysvětlení výkyvů v předchozích ukazatelích, kdy oblasti s nízkým zalesněním vykazovaly odlišné trendy oproti jiným regionům.

$$\text{zalesněnost} = \frac{\text{rozloha lesů 2010}}{\text{rozloha regionů}}$$

4.3 Metodika

Rešerše literatury, která byla použita v této práci, vychází z relevantních zdrojů, které byly vyhledávány na stránkách JSTOR, Google Scholar, Springer Link a ScienceDirect. V práci byly taktéž použity výstupy Českého hydrometeorologického ústavu, jako například hydrologická bilance.

Grafy byly vytvořeny v MS Excel. V práci byly použity spojnicové a sloupcové grafy. Spojnicové grafy byly použity pro sledování vývoje ukazatelů v čase. Jednotlivé oblasti byly odděleny barevnou linií. Sloupcové grafy porovnávaly více faktorů v jednotlivých letech. Faktory od sebe byly odděleny na základě barvy výplně jednotlivých sloupců.

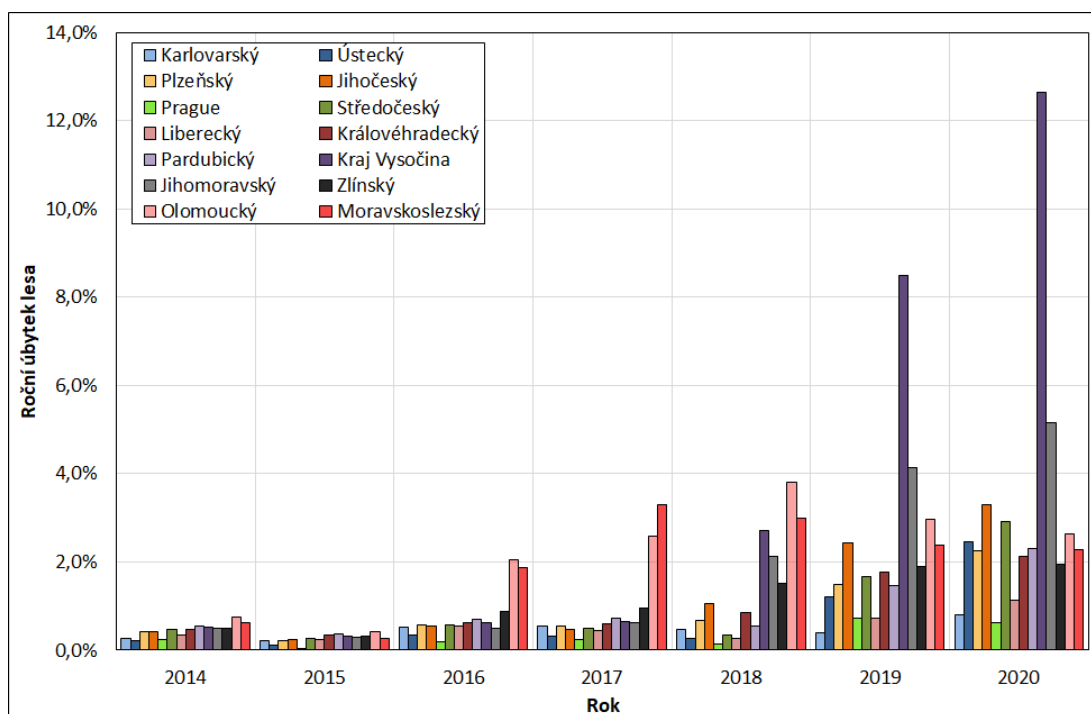
Kartogramy byly vytvořeny též v MS Excel. Jednotlivé barvy znázorňují intenzitu daného ukazatele v jednotlivých regionech. Stupnice barev byla zvolena dle logického rozvržení. U kartogramů, které znázorňovaly relativní úbytek plochy lesů byly použité barvy datové řady rozbíhající se, kdy oblast s nejmenším úbytkem lesů byla tmavě modrá, oblast s nejvyšším úbytkem lesů byla tmavě červená a oblasti s úbytkem lesů v hodnotě průměru celého regionu byly bílé. Stejně barevné odlišení bylo použito také u ukazatele bilance lesů. U kartogramu, které znázorňovaly zalesněnost jednotlivých regionů byly použité barvy datové řady sekvenční. Regiony s největší zalesněností byly tmavě zelené a s nejmenší zalesněností byly bílé.

Kapitola 5

Výsledné zhodnocení

5.1 Oblasti nejvíce ohrožené suchem v ČR

Během let 2000–2020 se na území České republiky vyskytla mimořádná sucha v roce 2003, 2015 a v roce 2018 (Oušková a kol. 2021). Zpočátku se projevíly dopady sucha v Olomouckém a Moravskoslezském kraji, kde docházelo k největšímu úbytku lesů již po prvním období sucha v roce 2003. Tyto dva kraje byly nejvíce zasažené i v období po suchu v roce 2015 (viz Obr. 8). Předchozí dopady sucha na lesy České republiky překonaly rok 2018, kdy se změnila nejvíce zasažené oblasti ze severní Moravy a Slezska na jižní Moravu a Vysočinu.



Obr. 8: Procentuální roční úbytek lesa v krajích České republiky, 2014–2020

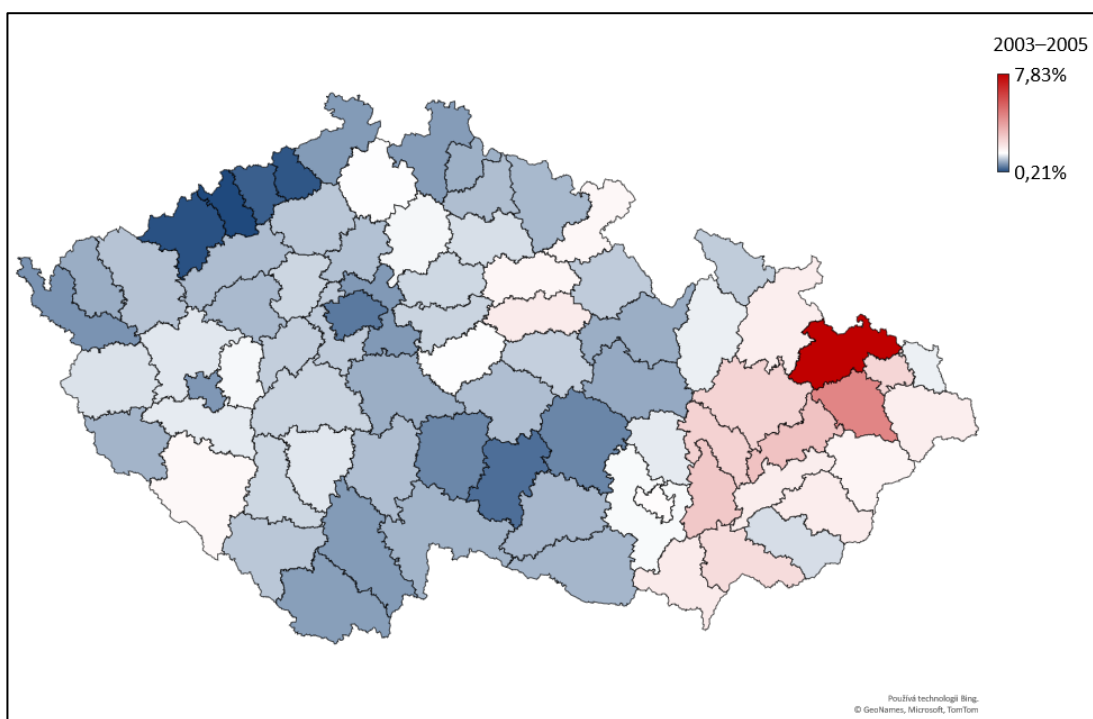
Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

5.1.1 Zasažené oblasti od roku 2000–2017

Českou republiku zasáhlo sucho od roku 2000 do roku 2017, především v roce 2003 a 2015. Nejedná se pouze o jednotlivé roky, ale o delší časový úsek, neboť dopady

sucha na lesy se projevovaly nejen v daném období, ale i roky poté. Příkladem zde může být období 2015–2017 (viz Obr. 8), kdy k vyššímu úbytku lesů docházelo v roce 2016 a 2017, byť v těchto krajích nebylo tak závažné sucho jako v roce 2015. Tento jev se shoduje se studii Burase a kol. (2019), Senfa a Seidla (2021), kteří zjistili, že dopady na lesní ekosystémy se projevují i se zpožděním několika let.

V roce 2003 byla nejvíce zasaženou oblastí již výše zmíněná severní Morava a Slezsko. Dopady na lesy byly z pohledu relativního úbytku lesů nižší než v letech 2015 a 2018. Rok se vyznačoval suchy a nízkými srážkami, především v období srpen–září 2003, kdy byly nadprůměrné teploty a velmi nízké srážky. (ČHMÚ 2024b). Na řece Moravě v okrese Olomouc bylo v roce 2003 naměřeno páté nejdéle trvající období sucha dle dat za období 1921–2009 (Brázdil a kol. 2015). Sucho v roce 2003 ovlivnilo lesy zejména v okrese Opava (viz Obr. 9). Dle dat UHUL (2024) došlo k velkému poškození lesů v roce 2003 v okolí řeky Moravice, kde se největší úbytek lesů projevil až v roce 2005. Průměrný roční průtok řeky Moravice byl na 50 % dlouhodobého průměru řeky. Obdobný trend byl viděn i v dalších řekách tohoto okresu, například na řece Opavě (ČHMÚ 2003). Jak lze vidět ze srovnání následujících grafů, období sucha v letech 2003–2005 nemělo tak výrazné dopady na lesy České republiky oproti suchým obdobím v letech 2015 a 2018 (viz Obr. 9, 10, 11).

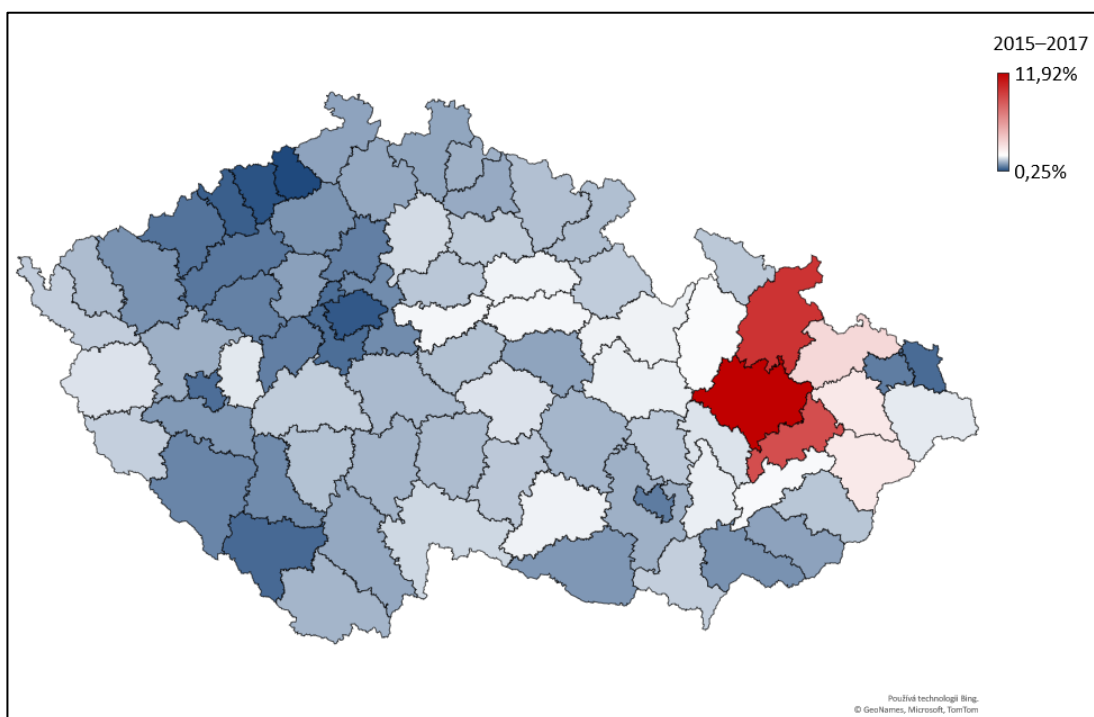


Obr. 9: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2003–2005

Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3.1 rok 2015 byl jedním z extrémně suchých roků s velkými dopady, které se projevovaly i roky poté (Novotný, Šrámek 2016). Z grafu (viz Obr. 10) vyplývá, že nejvíce zasaženou oblastí byly okresy Bruntál, Olomouc

a Přerov. Jedná se o Chráněnou krajinnou oblast Jeseníky, která byla zasažena kalamitou lýkožrouta (Havira, Servus 2023). Dopady sucha na lesy v této oblasti jsou příkladem zmiňovaných opožděných dopadů sucha na lesy, neboť extrémně suchý a teplý rok oslabilo lesy v této oblasti natolik, že již nezvládaly čelit dalším suchým rokům a postupně odumíraly z důvodu nedostatečné obranyschopnosti vůči napadení lýkožroutem (Havira, Servus 2023). Porosty v CHKO Jeseníky jsou ze 75 % tvořeny smrkem ztepilým. Tento druh je velmi náchylný vůči změnám vnějšího okolí, včetně suchých období (Havira, Servus 2023; Palátová 2004). V důsledku sucha došlo k přemnožení lýkožrouta smrkového a lýkožrouta severského, zejména na Moravě a ve Slezsku. V roce 2016 započal velký úbytek smrkových porostů v Moravskoslezském a Olomouckém kraji, na jihozápadní Moravě a v jižních Čechách. V roce 2017 se plošná kalamita lýkožrouta smrkového a severského v Moravskoslezském, Olomouckém a Zlínském kraji rozšířila i do podhůří Jeseníků a Beskyd. Kalamita dále pokračovala na jihozápadní Moravě a rozšířila se do podhůří Šumavy a Českého lesa v Jihočeském a v Plzeňském kraji (Lesy ČR 2024). Extrémní sucho roku 2018 prohloubilo dopady z roku 2015, neboť lesy byly oslabené a nebyly připravené čelit dalšímu velmi suchému období, které nastalo v roce 2018. V roce 2015 velmi rychle narostl výskyt lýkožrouta na smrku v České republice a od té doby se situace spíše zhoršovala, až došlo k velkému rozšíření lýkožrouta v roce 2018 v důsledku sucha. Na většině území České republiky se již lýkožrout vyskytoval v kalamitním stavu (Hlásný a kol. 2019).



Obr. 10: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2015–2017

Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

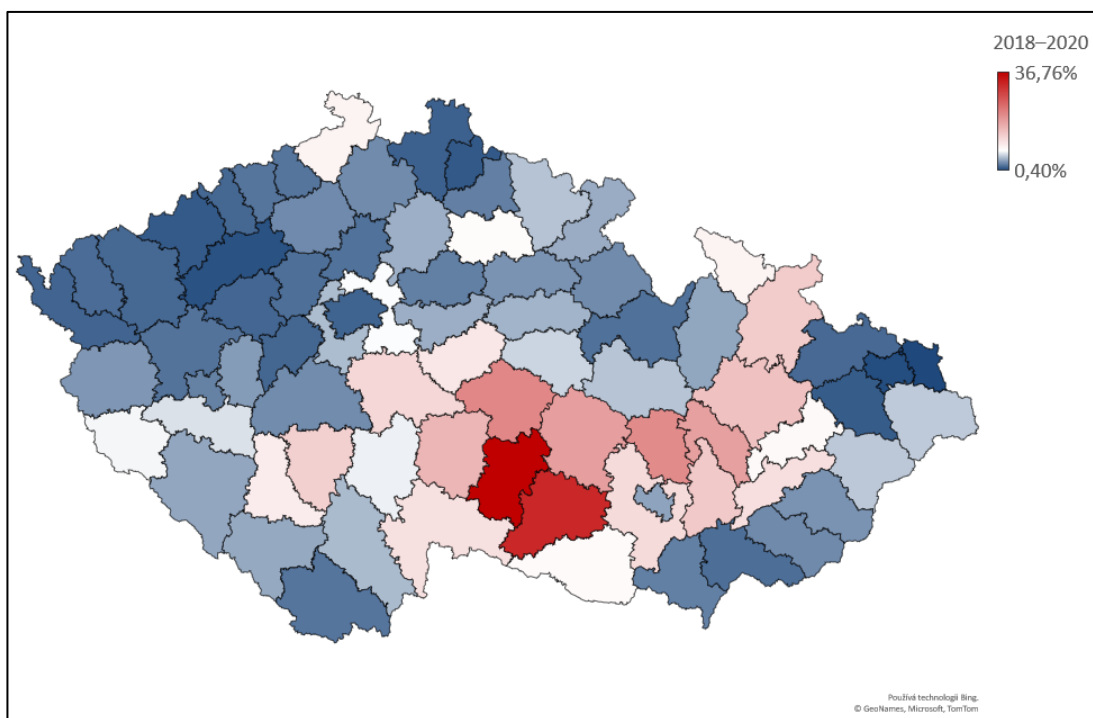
5.1.2 Oblasti zasažené suchem v roce 2018

Sucho v roce 2018 se vyskytovalo po celém území České republiky. Až na malé výjimky byl v celé České republice nižší úhrn srážek, než byl dlouhodobý průměr srážek na daném území (ČHMÚ 2024c). Úhrn srážek v České republice byl pouze na 76 % dlouhodobého průměru. Roční úhrn srážek na území České republiky byl 522 mm. Největší odchylka od dlouhodobého průměru byla v únoru a v listopadu, kdy úhrn srážek byl pouze na 37 % dlouhodobého průměru (ČHMÚ 2024b). Léto bylo též výrazně srážkově podprůměrné. V červenci a v srpnu byl úhrn srážek 48 %, respektive 46 % oproti dlouhodobého průměru. Nejnižší úhrn srážek byl v Ústeckém a Jihomoravském kraji. Celkový úhrn srážek v oblasti Moravy a Vysočiny byl velmi ovlivněn srážkami v září, které byly vysoce nadprůměrné (ČHMÚ 2024b). Odchylka průměrné roční teploty v roce 2018 byla o více než 1,5 stupeň vyšší, než byl průměr v letech 1981–2010. V České republice se nacházely oblasti, kde odchylky byly vyšší než 2 stupně Celsia oproti průměru. Tato území se nacházela především v severovýchodních Čechách a na střední a jihovýchodní Moravě (ČHMÚ 2024c). Největší odchylky od dlouhodobého průměru byly v dubnu, květnu a srpnu, kdy oproti průměru byla teplota o 3 stupně Celsia vyšší. V rámci České republiky byly velmi podobné trendy dle regionálního rozdělení na Čechy, Morava a Slezsko. Například na jaře byly větší odchylky na Moravě, především v Jihomoravském kraji, Moravskoslezském kraji a kraji Vysočina (ČHMÚ 2024b).

Jedním z nejvýznamnějších dopadů sucha je napadení smrkového dřeva lýkožroutem. Se suchem se nepojí pouze environmentální dopady, ale také socioekonomické dopady, neboť napadení stromů lýkožroutem mělo za následek kritický nedostatek pracovních sil a cenový pád na trhu s dřevem. Ke snížení cen dřeva dochází především z důvodu přebytku dřeva na trhu, což výrazně ovlivňuje ekonomiku lesnictví (Hlásný a kol. 2019). V České republice ceny dřeva v roce 2018 klesly z 54–64 EUR za m³ (2011–2017) na 14–16 EUR za m³ (Hlásný a kol. 2019). Všechny tyto následky si dohromady vyžádaly státní zásahy, které v letech 2018–2019 činily asi 260 milionů EUR (Hlásný a kol. 2019).

Nejvíce zasažené oblasti na území České republiky z pohledu úbytku lesů v roce 2018 až 2020 byly Kraj Vysočina a Jihomoravský kraj (viz Obr. 11). K největšímu úbytku lesů došlo v okresech Jihlava a Třebíč, kde ubylo o více než 30 % rozlohy lesů. V okrese Jihlava se nacházelo 40,9 tisíc hektarů lesa, což tvoří 37 % rozlohy okresu. Během období 2018–2020 došlo k úbytku lesa o 13,4 tisíc hektarů, což tvoří 38 % původního lesního porostu. K největšímu úbytku lesů docházelo až v roce 2020 (Global Forest Watch 2024a). Druhý největší úbytek lesů z pohledu okresů nastal v okrese Třebíč. V okrese Třebíč se nacházelo 43,9 tisíc hektarů rozlohy lesa, což tvoří 29 % rozlohy okresu. V období 2018–2020 došlo k úbytku 33 % z celkové rozlohy

lesů. K největšímu úbytku docházelo v roce 2019 (Global Forest Watch 2024a).



Obr. 11: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2018–2020

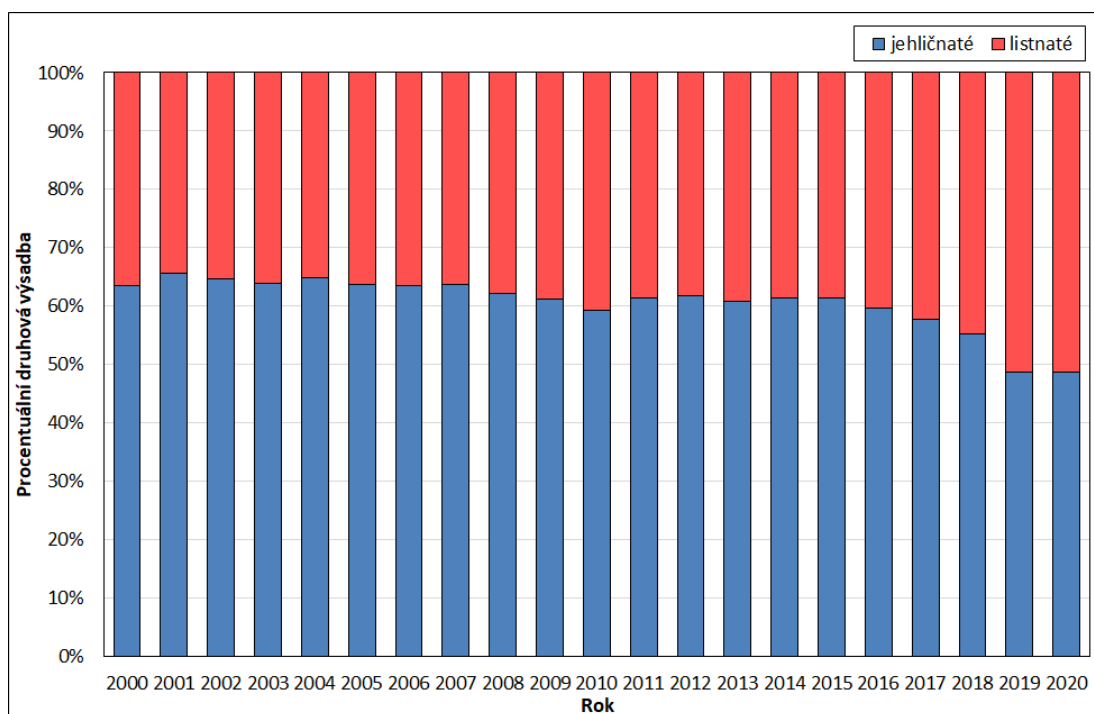
Zdroj dat: Global Forest Watch, 2024a

Ve výše zmíněných okresech lze uvést, že v blízkosti vodních nádrží jsou lesy odolnější vůči dopadům sucha. Příkladem může být vodní nádrž Dalešice a vodní nádrž Mohelno, v jejichž blízkosti docházelo k menšímu úbytku lesů než ve zbylých částech okresu (Global Forest Watch 2024a).

Primární příčinou úbytku lesů v těchto regionech bylo sucho a následné rozšíření lýkožrouta smrkového. Českomoravská vrchovina byla zasažena velmi intenzivně lýkožroutem (Kůrovcové info 2024). Kalamita měla za následek nadměrné pracovní vytížení lesníků a také vedla k nedostatku dostupné pracovní síly. Dopady sucha na lesy ovlivnily i období po roce 2018 (Hlásný a kol. 2019). Toto vysvětluje zpoždění úbytku stromů až v roce 2019, kdy meteorologické jevy nebyly tolik závažné, ale jednalo se o zpožděnou těžbu napadeného dřeva (Kůrovcové info 2024). Nejzávažnější situace s lýkožroutem nastala na Moravě a ve Slezsku a též v kraji Vysočina (Knížek, Liška 2019). Lesy tvoří asi 30 % území v kraji Vysočina, a z toho byly ze 72 % zastoupeny smrky, respektive smrky ztepilé. Borovice lesní tvořila 10 % lesního porostu a buk lesní tvořil 4 % porostu (Hyský 2020). Smrky byly vystaveny několika teplotním extrémům, a tím postupně docházelo k devastujícímu rozpadu smrkových porostů (Hyský 2020).

Dle Jánského (2020) stát poskytuje podporu ve formě dotací na zalesnění a pěstební práce, ovšem dotace pokrývají pouze asi ¼ skutečných nákladů, a navíc jsou vypláceny s velkou časovou prodlevou, které mají špatný dopad na pracovníky

v lesním hospodářství. Ministerstvo zemědělství vydalo na podporu lesníků opatření obecné povahy, které stanovilo obnovu holin po napadení kůrovcem na pět let z původních dvou let (MZe 2020). Tyto kalamity kůrovce výrazně ovlivnily skladbu výsadby v českých lesích. Dlouhodobě byl podíl výsadby 60 % jehličnatých stromů ku 40 % listnatých stromů. Od posledního období extrémního sucha a následné kalamitě kůrovce se změnila skladba výsadby, kdy již listnaté stromy mírně převažují nad jehličnatými stromy (viz Obr. 12).



Obr. 12: Procentuální druhová výsadba, Česká republika, 2000–2020

Zdroj: ČSÚ, 2024

Na závěr lze uvést jeden z pozitivních dopadů sucha na lesy v České republice, kdy v oblastech nejvíce zasažených kůrovcovou kalamitou, kde jsou ponechány odumřelé stromy ladem, se vyskytují bohatá společenstva vyšších rostlin a hmyzu (AV ČR 2024). Některým vzácným broukům odumřelé stromy a chodbičky v nich poskytly útočiště. Příkladem může být poterník (*Corticeus fraxini*), který byl znovuobjeven zejména na Moravě. (AV ČR 2024). Dalším pozitivním přínosem odumřelých stromů pro biodiverzitu mohou být otvory ve stromech, ve kterých hnízdí ptáci, jak bylo uvedeno na celosvětovém příkladu strakapouda prostředního (Kosiński a kol. 2017).

Kapitola 6

Diskuse

Bakalářská práce s názvem Environmentální dopady sucha na lesy v České republice byla psána rešeršní formou. Bylo použito velké množství odborné literatury, která zkoumá sucho a jeho dopady na lesní ekosystémy. Problematika dopadů sucha na lesy byla popsána a zhodnocena nejprve obecně a postupně byly jednotlivé situace popsány konkrétněji. Práce by se mohla více do hloubky zabývat problematikou dopadů sucha na lesy v nejvíce zasažených oblastech v České republice, ale pro tuto část bylo těžké dohledat dostupné recenzované zdroje, ze kterých by bylo možné čerpat informace. Tato část by mohla být více zkoumána v případné navazující diplomové práci.

Kritičnost situace dopadů sucha na lesy lze hodnotit na různých typech příkladů, kdy například Merlin a kol. (2014) uvádějí, že lesní ekosystémy jsou výrazně ovlivněny suchem tím, že dochází ke snížení produktivity stromů, ke zvýšení zranitelnosti vůči biotickým poruchám až ke zvýšení rizika úmrtnosti stromů. Ovšem Tassof (2023) ve své studii uvádí, že ve velmi chladných a energeticky omezených prostředích může naopak být extrémní sucho prospěšné tím, že se zvyšuje růst a produktivita stromů. Tassof (2023) též uvádí, že již mnoho druhů lesních porostů se svým chováním postupně dokázaly přizpůsobit extrémním podmínkám. Příklad uvádí ve své publikaci Wohlleben (2021), kdy například listnaté stromy reagují na tuto situaci předčasným stažením chlorofylu z listů do větví nebo kmene a při extrémních suchách může docházet i k úplnému shození listů. Tento fakt může být doplněn poznatkem ze studie Tassofa (2023), který uvádí, že stromy své funkce znovu obnovují až po skončení určitého stresového období.

Hlásný a kol. (2021a) uvádějí, že velké zastoupení jehličnatých lesů, zejména smrku ztepilého, je důvodem k silně se projevujícím dopadům sucha mezi lety 2018–2019 na území Německa. Hlásný a kol. (2021a) uvádějí, že tyto lesy byly velmi snadným cílem k napadení lýkožrouta smrkového. Jak popisují Gnilke a Sanders (2022), na území Braniborska, kde byl smrk ztepilý zastoupen nejvíce, docházelo k největšímu výskytu lesních požárů v tomto období mezi lety 2018–2019.

V práci je popsán výzkum, který stručně hodnotí odolnost jednotlivých druhů na suchu v České republice. Z výzkumu dle Jianga a kol. (2023) vyplývalo, že perspektivním druhem, který by byl dobře adaptován na suché podmínky, by mohla být borovice lesní. Tento druh byl hodnocen jako velmi rezistentní vůči suchu v období 2015–2019. Budoucí diplomová práce by se mohla více zaměřit na další druhy, které se lépe adaptují na suché podmínky v českém prostředí.

Dopady sucha na lesní ekosystémy se objevují celosvětově, ale mohou mít různé projevy. Příkladem může být studie Nova a kol. (2018), který uvádí, že extrémní sucha, která se vyskytovala na území Portugalska v roce 2017, měla za následek velmi rozsáhlé lesní požáry. Na území České republiky se naopak dle studie Hlásného a kol. (2021b) uvádí jako hlavní dopad sucha na lesy jejich oslabení a následné napadení dřevokazným hmyzem. Ovšem i na území České republiky docházelo k rozsáhlým požárům z důvodu výskytu sucha, a to především v letech 2011–2012, jak uvádějí ve svých studiích Kula a Jankovská (2013) a Zahradníček a kol. (2014).

Bakalářská práce se především zaměřuje na problematiku sucha a jeho spíše negativní vliv na lesní ekosystémy. Mnoho zdrojů, ze kterých byly informace pro tuto práci čerpány, popisovaly negativní dopady sucha na lesy. V této práci byla snaha v rámci dostupných zdrojů zmínit alespoň nějaké pozitivní dopady sucha na lesy.

V práci byla popsána užitečnost odumřelých stromů, které plní důležitou ekologickou úlohu v lesích, neboť různé druhy hmyzu či ptáků vyhledávají odumřelé stromy pro svůj život (Wuerthner 2018). Jak ve své studii uvádějí například Kosiński a kol. (2017), dutiny odumřelých stromů jsou velmi vyhledávány strakapoudy prostředními a dalšími druhy ptactva. Stromy, které byly ponechány ladem, poskytly prostředí k životu potěmnikovi, který je považován za vzácný druh hmyzu a byl znovuobjeven právě v otvorech odumřelých stromů (AV ČR 2024). Dle Kosińskiho a kol. (2017), Wuerthnera (2018) a týmu vědců z Akademie věd ČR (2024), kteří svými studiemi dokládají pozitivní vlivy odumřelých stromů na biodiverzitu, je možno uvést, že sucho může mít i pozitivní dopady na lesní ekosystémy.

Kapitola 7

Závěr a přínos práce

Bakalářská práce byla zpracována rešeršní formou a cílem této práce bylo popsat a znázornit dopady sucha na úrovni evropské a české. S použitím velkého množství literatury a grafických znázornění byly v práci zřetelně popsány nejvýznamnější evropské a české oblasti, které byly zasaženy suchem a velkými úbytky lesů. V práci bylo popsáno a hodnoceno časové období 2000–2020. Některým významným rokům z pohledu dopadů sucha na lesní ekosystémy byla věnována větší pozornost a situace v daných letech byly popsány podrobněji. Jednalo se zejména o roky 2003, 2015 a 2018, které se vyznačovaly velkými suchými obdobími. Na základě dopadů sucha na lesy byla nejprve z obecného pohledu reprezentativní oblastí vybrána Evropa. Dalšími již podrobněji popsanými reprezentativními oblastmi byly střední Evropa a Česká republika. V této práci bylo sucho zhodnoceno jako jedno z hlavních hybatelů dalšího utváření lesních ekosystémů.

Sucho je jedním z nejdůležitějších faktorů, jehož dopady mají velký vliv na lesní ekosystémy. Mnoho literárních studií potvrzují, že sucho nemá dopady pouze v daném momentě působení, ale jeho dopady mohou být velmi rozsáhlé a mohou se projevat i se zpožděním několika let. Nejdůležitějším poznatkem v oblasti dopadů sucha na lesní ekosystémy je zjištění, že stromy během jedné suché etapy výrazně oslábnou a v případě, že nastane další suchá etapa, tak nejsou schopny se dostatečně bránit a jsou citlivější na vnější činitele jako jsou například biotičtí škůdci apod. (Brázdil a kol. 2015). Sucho lze chápat jako spíše negativní dopad, kterému budou lesní ekosystémy čelit čím dál častěji. Zároveň zahraniční i české studie potvrzují, že suchem napadené stromy mohou být prospěšné pro hmyz a ptactvo (Kosiński a kol. 2017; AV ČR 2024).

V Evropě byly roky 2003, 2015 a 2018 velkými milníky, neboť v těchto letech se na území Evropy vyskytovala rozsáhlá sucha, jejichž dopady ovlivnily nejen aktuální stav lesů, ale měly také dlouhodobé dopady vždy následující roky po těchto obdobích (Senf, Seidl 2021). Evropské lesy byly suchy velmi zasaženy a měly v různých částech Evropy různé dopady. V severní Evropě, zejména ve Finsku, Švédsku a Norsku se

dopady sucha projevily především výrazným navýšením lesních požárů. V západní Evropě navýšením lesních požárů čelilo především Portugalsko (Novo a kol. 2018). Ve střední a východní Evropě se dopady sucha v lesích projevily formou napadení dřeva lýkožroutem smrkovým (Forest Information System for Europe 2022).

Střední Evropa byla nejvíce ovlivněna rozsáhlým suchem v roce 2018. Tato oblast byla velmi zasažena již v roce 2015, kdy v mnoha regionech začala kalamita lýkožrouta smrkového. Lesy střední Evropy byly oslabeny z prodělání tohoto velmi suchého období v roce 2015. Jeho dopadům čelila ještě pár let po tomto období (Buras a kol. 2019). Nejvíce zasaženými zeměmi bylo Německo a Česká republika, neboť v těchto státech je ve velké míře zastoupen smrk ztepilý, který je velmi citlivý na jakékoliv oslabení způsobené suchem (Jiang a kol. 2023).

V České republice byly nejvíce zasaženými oblastmi Kraj Vysočina a Jihomoravský kraj, zejména kvůli napadení smrkových porostů lýkožroutem smrkovým. V těchto krajích docházelo k největším úbytkům lesa v roce 2020, kdy na lesy postupně působily dopady sucha z roku 2018 (Global Forest Watch 2024a). Pro předcházení dalších kalamit způsobených suchem by byla vhodná výsadba, kde by byly více zahrnuty listnaté porosty a výsadba by nebyla pouze monokulturní (Merlin a kol. 2014).

Budoucí práce věnovaná tomuto tématu by mohla být rozšířena o podrobnější popis zasažených oblastí v Evropě a v České republice. V budoucí práci by mohly být doplněny a popsány poznatky ze zkoumaných oblastí, které byly nejvíce zasaženy suchem a jeho dopady na lesy byly značně významné. Práce by se mohla více zaměřit na konkrétní situace v obcích v České republice, které byly zasaženy kůrovcovou kalamitou a následnými nahodilými těžbami. Jednalo by se o zjišťování informací, jak se konkrétní obce vypořádaly s danou situací a jak probíhala přirozená či člověkem ovlivněná obnova lesa. Budoucí práce by se mohla zaměřit na výzkum suchovzdorných dřevin nově vysazovaných na místech vykácených lesů. Zkoumané by mohly být i nepůvodní druhy, které by mohly být více odolné vůči suchu a bylo by možné porovnávat a popisovat jejich adaptaci na prostředí.

Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

ANDEREGG, W., TRUGMAN A.T., BADGLEY G., KONINGS A.G., SHAW J., 2020: Divergent forest sensitivity to repeated extreme droughts. *Nature climate change* 10. P. 1091–1095.

ARNELL, N.W., 2008: Climate change and drought. *Options Méditerranéennes*. P. 13–19.

AU, J., A. A. BLOOM, N. C. PARAZOO, R. M. DEANS, C. Y. S. WONG, B. Z. HOULTON, T. S. MAGNEY, 2023: Forest productivity recovery or collapse? Model-data integration insights on drought-induced tipping points. *Global Change Biology*. P. 5479–5740. DOI: 10.1111/gcb.16867.

BEREC L., DOLEŽAL P., HAIS J., 2013: Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. *Forest Ecology and Management* 292. P. 1–9.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ P., ELLEDER L., KAKOS V., KOTYZA O., KVĚTOŇ V., MACKOVÁ J., MULLER M., ŠTEKL J., TOLASZ R., VALÁŠEK H., 2005: Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita v Brně, Český hydrometeorologický ústav v Praze. S. 370, ISBN: 80-210-3864-0.

BRÁZDIL, R., KIRCHNER K., 2007: Vybrané přírodní extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav, Ústav geoniky Akademie věd České republiky, S. 432.

BRÁZDIL, R., TRNKA M., DOBROVOLNÝ, P., CHROMÁ K., HLAVINKA P., ŽALUD Z., 2009: Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. *Theoretical and Applied Climatology*, P. 297–315.

BRÁZDIL R., TRNKA M. a kol., 2015: Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., Brno, S. 402, ISBN: 978-80-87902-11-0.

- BRÁZDIL R., DOBROVOLNÝ P., TRNKA M., BÜNTGEN U., ŘEZNÍČKOVÁ L., KOTYZA O., VALÁŠEK H., ŠTĚPÁNEK P., 2016: Documentary and instrumental-based drought indices for the Czech Lands back to AD 1501. *Climate Research* 70, P. 103–117.
- BRODRIBB, T.J., CROCHARD H., CHOAT B., POWERSOVÁ J., 2020: Hanging by a thread? Forests and drought. *Science*, P. 261-266.
- BURAS, A., RAMMIG A., ZANG CH.S., 2019: Quantifying impacts of the drought 2018 on European ecosystems in comparison to 2003. Technical University of Munich, TUM School of Life Sciences Weihenstephan, P. 1–18.
- CRHOVÁ L., 2022: Jak v Česku prší. *Statistika & My, Magazín Českého statistického úřadu*, S. 30–31.
- ČADA V., 2016: Časté závažné přírodní poruchy a nerovnovážná dynamika krajiny utvářely horský smrkový les ve střední Evropě. *Ekologie a management lesa*, S. 169–178.
- ČERNÝ K., PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., HAVRDOVÁ L., 2016: *Gemmamyces* bud blight of *Picea pungens*: a sudden disease outbreak in Central Europe. *Plant Pathology*, P. 1267–1278.
- ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2003: Hydrologická bilance České republiky, rok 2003. Český hydrometeorologický ústav, S. 26–27.
- ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2015: Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015. Český hydrometeorologický ústav, S. 1–75.
- ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2019: Sucho 2014–2018. Český hydrometeorologický ústav, S. 1–35.
- DE BRITO M., KUHLICKE C., MARX A., 2020: Near-real-time drought impact assessment: a text mining approach on the 2018/19 drought in Germany. *Environ. Res. Lett.*, P. 1–10.
- DE OLIVEIRA A.C., CENTENO E., DE RESENDE ASIS J., SILVA BOMFIM P.M., CESTARI C., 2020: The use of dead stand trees by birds: a prospective study in a Brazilian hydroelectric dam.
- DOBOR L., HLÁSNÝ T., RAMMER W., BARKA I., TROMBIK J., PAVLENDÁ P., ŠEBEŇ V., ŠTĚPÁNEK P., SEIDL R., 2018: Post-disturbance recovery of forest carbon in a temperate forest landscape under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, P. 308–322.
- EPA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016: Ireland's Environment – An Assessment, Wexford. EPA, P. 110.

- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020: Global Forest Resources Assessment 2020, P. 1–16. ISBN: 978-92-5-132581-0.
- FORST P., CABAN J., MICHALÍK P., 1985: Protection of forests and natural environment. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, P. 416.
- GIUGGIOLA, A., ZINGG A., BUGMANNA H., 2013: Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests. *Forest Ecology and Management*, P. 827–835.
- GNILKE A., SANDERS T., 2022: Forest fire history in Germany (2001-2020). Thünen-Institut of Forest Ecosystems, P. 1–2.
- GORDON, B. B., 2008: Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forest. *Science*, P. 1444–1449.
- GRÉGOIRE J.-C., RAFFAK.F., LINDGREN B.S., 2015: Economics and Politics of Bark Beetles. *Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, P. 585-613.
- GRIESS V.C., ACEVEDO R., HÄRTL F., STAUPENDAHL K., KNOKE T., 2012: Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267, P. 284–296.
- HANSEN, J. A., NEILSON R.P., DALE V.H., FLATHER C.H., IVERSON L.R., CURRIE D.J., SHAFER S., COOK R., BARTLEIN P.J., 2001: Global Change in Forests: Responses of Species, Communities, and Biomes: Interactions between climate change and land use are projected to cause large shifts in biodiversity. *BioScience*, P. 765–779.
- HAVIRA M., SERVUS M., 2023: Kůrovcová kalamita v CHKO Jeseníky – příběh (zřejmě) nekončí. *Ochrana přírody* 3, S. 22–27.
- HLÁSNÝ T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N., 2011a: Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 10, P. 422–431.
- HLÁSNÝ T., ZAJÍČKOVÁ L., TURČÁNI J., HOLUŠA J., SITKOVÁ Z., 2011b: Geographical variability of spruce bark beetle development under climate change in the Czech Republic, *Journal of forest Science* 57, P. 242–249.
- HLÁSNÝ T., KROKENE P., LIEBHOLD A., MONTAGNÉ-HUCK C., MÜLLER J., QIN H., RAFFA K., SCHELHAAS M.J., SEIDL R., SVOBODA M., VIIRI H., 2019: Living with bark beetles: impacts, outlook and management options, *From science to policy* 8, P. 4–50.

HLÁSNÝ T., KROKENE P., LINDNER M., KÖNIG L.A., 2021a: Bark Beetle Outbreaks in Europe: State of Knowledge and Ways Forward for Management. *Current Forestry Reports*, P. 138–165.

HLÁSNÝ T., ZIMOVÁ S., MERGANIČOVÁ K., ŠTĚPÁNEK P., MODLINGER R., TURČÁNI M., 2021b: Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecology and Management*, P. 1–13.

HRUŠKA J., KOPÁČEK J., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy I. Emise a depozice okyselujících sloučenin. *ŽIVA*, S. 93–96.

HYSKÝ M., 2020: Forestry and Water Management, Agriculture and Environment Vysočina Region. *FORESTS' FUTURE: Consequences of Bark Beetle Calamity for the Future of Forestry in Central Europe*. Forestry and Game Management Research Institut, P. 5.

HUANG J., KAUTZ M., TROWBRIDGE A., HAMMERBACHER A., 2020: Tree defence and bark beetles in a drying world: carbon partitioning, functioning and modelling. *New Phytologist*, P. 26–36.

CHYTRÝ M., DANIHELKA J., KAPLAN Z., PYŠEK P., 2017: Flora and Vegetation of the Czech Republic. Springer Nature, P. 1–471, ISBN: 978-3-319-63181-3.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, s.1005.

JACTEL, H., BAUHUS J., BOBERG J., BONAL D., 2017: Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances. *Current Forestry Reports*, P. 223–243.

JAKOBY O., LISCHKE H., WERMELINGER B., 2019: Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Global Change Biology* 25, P. 4048-4063.

JÁNSKÝ S., 2020: Economic impacts of bark beetle calamity on non-state forest owners. *FORESTS' FUTURE: Consequences of Bark Beetle Calamity for the Future of Forestry in Central Europe*. Forestry and Game Management Research Institut, P. 54.

JIANG Y., MARCHAND W., RYDVAL M., MATULA R., 2023: Drought resistance of major tree species in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, P. 1–11.

KLIMO E., HAGER H., KULHAVÝ J., 2000: Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects. Proceedings 33, European Forest Institute, Joensuu, Finland, P. 208.

KNÍŽEK M., LIŠKA J., 2019: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2018 a jejich očekávaný stav v roce 2019. In: KNÍŽEK M., LIŠKA J. (eds.): Monitoring zdravotního stavu lesa. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2019, S. 57–60. ISSN: 1211-9350, ISBN: 978-80-7417-189-5.

KOSIŇSKI Z., PLUTA M., ULANOWSKA A., WALCZAK L., 2017: Do increases in the availability of standing dead trees affect the abundance, nest-site use, and niche partitioning of great spotted and middle spotted woodpeckers in riverine forests? Biodiversity and Conservation, P. 123–145.

KUBÍKOVÁ J., 1991: Odumírání lesů v Československu. Vegetation, S. 101–108.

KULA E., JANKOVSKÁ Z., 2013: Forest fires and their causes in the Czech Republic (1992–2004). Journal of Forest Science, 59, P. 41–53.

LIŠKA J., KNÍŽEK M., LUBOJACKÝ J., MODLINGER R., 2016: Živočišní škůdci v lesích Česka v roce 2015. In: KNÍŽEK M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2015/2016, Vliv sucha na stav lesních porostů. Lesní ochranná služba – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, Jíloviště. S. 8–12. ISSN: 1211-9342, ISBN: 978-80-7417-107-9.

LIŠKA J., LORENC F., 2017: Houbové choroby v lesích Česka v roce 2016. In: KNÍŽEK M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2016/2017 – Praktická ochrana lesa v současných podmínkách. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017. Zpravodaj ochrany lesa, S. 16–21. ISSN 1211-9342, ISBN 978-80-7417-136-9.

LUBOJACKÝ J., LORENC F., LIŠKA J., KNÍŽEK M., 2019: Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2018 a prognóza na rok 2019. In: KNÍŽEK M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2018/2019 – Historie a současnost kůrovcových kalamit ve střední Evropě. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 16. 4. 2019. Zpravodaj ochrany lesa, S. 14–19. ISSN 1211-9342, ISBN 978-80-7417-186-4.

MACDONALD J., 2015: Does Deforestation Lead to Drought? Are we at the point of no return? JSTORDAILY. Science&Technology.

MASTROTHERODOROS T., PAPPAS CH., MOLNÁR P., 2020: More green and less blue water in the Alps during warmer summers. Nat. Clim. Change, P. 155–161.

- MERLIN M., PÉROT T., PERRET S., KORBOULEWSKY N., 2014: Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. *Forest Ecology and Management*, P. 22–33.
- MZe, MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2023: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022. Ministerstvo zemědělství. S. 33.
- MONTAGNÉ-HUCK C., BRUNETTE M., 2018: Economic analysis of natural forest disturbances: A century of research. *Journal of Forest Economics*, P. 42–71.
- MYERS, N., 2009: *The world's forests: problems and potentials*. Cambridge University Press, P. 156–168.
- NETHERER S., MATTHEWS B., KATZENSTEINER K., BLACKWELL E., HENSCHKE P., HIETZ P., PENNERSTORFER J., ROSNER S., KIKUTA S., SCHUME H., SCHOPF A., 2015: Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytol* 205, P. 1128–1141.
- NEUNER S., ALBRECHT A., CULLMANN D., ENGELS F., GRIESS V.C., HAHN W.A., HANEWINKEL M., HÄRTL F., KÖLLING C., STAUPENDAHL K., KNOKE T., 2015: Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. *Global Change Biology* 21, P. 935–946.
- NOVOTNÝ R., ŠRÁMEK V., 2016: Povětrnostní podmínky a abiotická poškození v roce 2015. In: KNÍŽEK M. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2015/2016, Vliv sucha na stav lesních porostů*. Lesní ochranná služba – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, Jíloviště. S. 8–12. ISSN: 1211-9342, ISBN: 978-80-7417-107-9.
- NOVO I., PINTO P., GOUVEIA C., RIO J., 2018: Fires in Portugal on 15th October 2017: a catastrophic evolution. *Advances in Forest Fire Research*, P. 57–70.
- OUŠKOVÁ V., MOŽNÝ M., VLACH V., HÁJKOVÁ L., 2021: Meteorologické sucho v letech 1971–2020 v České republice vymezené kombinovaným indexem sucha SPEIc. *Český hydrometeorologický ústav*. S. 136–140.
- PALÁTOVÁ E., 2004: Effect of increased nitrogen depositions and drought stress on the development of young Norway spruce *Picea abies*. Karst. stands. *Dendrobiology*, 51, P. 41–45.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., REMEŠ J., 2014: Potential consequences of tree species and age structure changes of forests in the Czech Republic – Review of forest inventory data. *Wood Research* 59, P. 483–490.

- PRETZSCH, H., GIAMMARCHI F., DEL RIO M., UHL E., 2021: Changes of Tree and Stand Growth: Review and Implications. *Climate-Smart-Forestry-in-Mountain Regions*, P. 189–222.
- REID H., 2006: Climate Change and Biodiversity in Europe. *Conservation & Society*, P. 84–101.
- ROSSER, J. B., 2012: Special problems of forests as ecologic–economic systems. *Forest Policy and Economics*, P. 31–38.
- ROZKOŠNÝ J., MREKAJ I., IVAŇÁKOVÁ G., 2022: Analysis of drought impact on forest stands in Orava region during the period 2015-2021. *APOL*, P. 1–12.
- SAMEC, P., KUČERA A., RYCHTECKÁ P., TOMÁŠOVÁ G., VOLÁNEK J., BALKOVÁ M., VELKE M., BAJER A., 2022: Vododržnost hydrických skupin lesních půd v České republice. *Zprávy lesnického výzkumu. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie*, S. 65–78.
- SEIDL R., SCHELHAAS M.J., RAMMER W., VERKERK P.J., 2014: Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4, P. 806.
- SENF C., PFLUGMACHER D., ZHIQIANG Y., SEBALD J., KNORN J., NEUMANN M., HOSTERT P., SEIDL R., 2018: Canopy mortality has doubled in Europe's temperate forests over the last three decades. *Nature Communications* 9, P.1–8.
- SENF C., SEIDL R., 2020: Mapping the forest disturbance regimes of Europe. *Nature Sustainability* 4, P. 63–70.
- SENF C., SEIDL R., 2021: Persistent impacts of the 2018 drought on forest disturbance regimes in Europe. *Biogeosciences*, P. 5223–5230.
- SHOKOUHI M., 2019: Despirited Forests, Deforested Landscapes: The Historical Loss of Irish Woodlands. *Études Irlandaises*, P. 17–30.
- SCHULDT B., BURAS A., VITASSE Y., AREND M., 2020: A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology*, P. 86–103.
- SPIECKER H., HANSEN J., KLIMO E., SKOVSGAARD J.P., STERBA H., VON TEUFFEL K., 2004: Norway Spruce Conversion – Options and Consequences. *EFI Research Report 18*. Brill: Leiden, Boston, Köln, P. 320, ISBN: 90 04 13728 9, ISSN: 1238-8785.

ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., 2019: Povětrnostní podmínky a abiotická poškození v roce 2018. In: KNÍŽEK M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2018/2019 – Historie a současnost kůrovcových kalamit ve střední Evropě. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 16. 4. 2019. Zpravodaj ochrany lesa, S. 14-19. ISSN 1211-9342, ISBN 978-80-7417-186-4.

THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE, IRELAND, 2023: Forest Statistics Ireland 2023. The department of Agriculture, Food and the Marine. P. 44–45.

THOM D., SEIDL R., 2016: Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews*, P.760–781.

TORETI A., DOMÍNGUEZ I.P., NAUMANN G., BELWARD A., 2019: The exceptional 2018 European water seesaw calls for action on adaptation. *Earth's Future*, P. 652–663.

TRNKAM., BRÁZDIL R., BALEK J., SEMEDÁROVÁ D., HLAVINKA P., MOŽNÝ M., ŠTĚPÁNEK P., DOBROVOLNÝ P., ZAHRADNÍČEK P., DUBROVSKÝ M., EITZINGER J., FUCHS B., SVOBODA M., HAYES M., ŽALUD Z., 2015: Drivers of soil drying in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology* 35, P. 2664–2675.

VIZINA A., VLNAS R., HANEL M., KAŠPÁEK L., MELIŠOVÁ E., BERAN A., KOŽÍN R., STRNAD F., 2017: Hydrologická bilance a disponibilní vodní zdroje v České republice v době hydrologického sucha. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 60. S. 6–11. ISSN 0322-8916.

WOHLLEBEN P., 2021: Der lange Atem der Bäume. Wie Bäume lernen, mit dem Klimawandel umzugehen – und warum der Wald uns retten wird, wenn wir es zulassen. Divison of Penguin Random House, P. 13–252, ISBN: 978-80-7670-050-5.

WOJTASZEK-ZIERNICKA A., 2021: Summer Drought in 2019 on Polish Territory—A Case Study. *Drought Risk Management in Reflect Changing of Meteorological Conditions*, P. 1–20.

WOOD, D.J., LIANHONG G., HANSON P.J., FRANKENBERG CH., SACK L., 2023: The ecosystem wilting point defines drought response and recovery of a *Quercus-Carya* forest: Researcher discovers threshold that triggers drought response in forests. *Global Change Biology*, DOI: 10.1111/gcb.16582.

ZAHRADNÍČEK P., TRNKAM., BRÁZDIL R., MOŽNÝ M., ŠTĚPÁNEK P., HLAVINKA P., ŽALUD Z., MALÝ A., SEMERÁDOVÁ D., DOBORVOLNÝ P., DUBROVSKÝ M., ŘEZNÍČKOVÁ L., 2014: The extreme drought episode of August 2011–May 2012 in the Czech Republic. *International Journal of Climatology*, P. 3335-3352. DOI: 10.1002/joc.4211.

Internetové zdroje

AV ČR, AKADEMIE VĚD, v.v.i., Biologické centrum: Kůrovcová kalamita oživila hospodářské lesy. (online) [cit. 2024.03.18]. Dostupné z: <https://www.bc.cas.cz/novinky/detail/7152-kurovcova-kalamita-ozivila-hospodarske-lesy/>.

ANDERSON, D., 2018: Forest Society: What Happens to Trees in Drought? (online) [cit. 2024.02.20]. Dostupné z: <https://www.forestsociety.org/something-wild/what-happens-trees-drought>.

BUNDELL, S., HOWE, N.P., 2021: Dead trees play an under-appreciated role in climate change. How insects help release carbon stored in forests, and the upcoming biodiversity summit COP 15. (online) [cit. 2024.02.24]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02391-z#MO0>.

ČMeS, ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST, 2014: Elektronický meteorologický slovník: ENSO (online) [cit. 2024.02.18]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/820>.

ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2024a: Historická data – meteorologie a klimatologie (online) [cit. 2024.03.09]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/data-ze-stanic-site-RBCN>.

ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2024b: Počasí; Územní srážky a územní teploty (online) [cit. 2024.03.17]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>.

ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2024c: Počasí; Mapy charakteristik klimatu (online) [cit. 2024.03.17]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>.

ČHMÚ, ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2024d: Historie ústavu. (online) [cit. 2024.03.19]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/o-nas/historie-ustavu>.

ČSÚ, ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2024: Veřejná databáze; lesnictví. (online) [cit. 2024.03.18]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=statistiky&katalog=30841>.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2023: Drought impact on ecosystems in Europe. (online) [cit. 2024.02.27]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/drought-impact-on-ecosystems-in-europe?activeAccordion=ecdb3bcf-bbe9-4978-b5cf-0b136399d9f8>.

FOREST INFORMATION SYSTEM FOR EUROPE, 2022: How are droughts impacting Europe's forest biodiversity? (online) [cit. 2024.02.24]. Dostupné z:

<https://forest.eea.europa.eu/knowledge/research-highlights/how-are-droughts-impacting-europes-forest-biodiversity>.

GLOBAL FOREST WATCH, 2024a: Forest change, land cover. (online) [cit. 2024.03.18]. Dostupné z: <https://gfw.global/3VkgiHi>.

GLOBAL FOREST WATCH, 2024b: About Global Forest Watch. (online) [cit. 2024.03.19]. Dostupné z: <https://www.globalforestwatch.org/about/>.

KŮROVCOVÉ INFO, 2024: Vyhodnocení výskytu kůrovce. (online) [cit. 2024.03.18]. Dostupné z: <http://archiv2018.kurovcoveinfo.cz/vyhodnoceni>.

LESY ČR, LESY ČESKÉ REPUBLIKY, s.p., 2024: Kůrovcová situace bude v roce 2018 mimořádně nepříznivá. (online) [cit. 2024.03.18]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/casopis-clanek/kurovcova-situace-bude-roce-2018-mimoradne-neprizniva-ministerstvo-zemedelstvi-upozornuje-vlastniky-lesu-nutnost-vcasneho-vykonu-opatreni-ochrane-lesa-kurovci-odbornici-zdarma-poradi/>.

NASA's Global Climate Change, NASA, 2024: How does climate change affect precipitation? Global precipitation measurement (online) [cit. 2024.02.23]. Dostupné z: <https://gpm.nasa.gov/resources/faq/how-does-climate-change-affect-precipitation>.

OSN, Organizace spojených národů, 2019: Population Prospects. Department of Economic and Social Affairs. Population Division (online) [cit. 2024.02.23]. Dostupné z: <https://population.un.org/wpp/>.

TASSOF H., 2023: How a drought affects trees depends on what's been holding them back. Global Change Biology (online) [cit. 2024.02.24]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2023-05-drought-affects-trees.html>.

THE WORLD FACTBOOK, 2024: Czechia (online) [cit. 2024.03.03]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/czechia/>.

UHUL, ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ, 2024: Poškození a mortalita lesních porostů (online) [cit. 2024.03.17]. Dostupné z: <https://geoportal.uhul.cz/mapy/mapyzsl.html>.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2024: Drought (online) [cit. 2024.02.18]. Dostupné z: https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1.

WUERHNER, G., 2018: The ecological value of dead trees. The Wildlife News (online) [cit. 2024.02.24]. Dostupné z: <https://www.thewildlifeneeds.com/2018/12/20/the-ecological-value-of-dead-trees/>.

Legislativní materiály

MZe, Ministerstvo zemědělství, 2020: 17110/2020-MZE-16212: Veřejná vyhláška; opatření obecné povahy.

Seznam obrázků

Obr. 1: Procentuální roční úbytek lesa v jednotlivých regionech Evropy, 2001–2022	18
Obr. 2: Procentuální změna plochy lesů, v Evropě, 2000–2020	19
Obr. 3: Procentuální úbytek/přírůstek rozlohy lesa, regiony střední Evropy, 2000–2020	22
Obr. 4: Zalesněnost regionů střední Evropy, 2010	23
Obr. 5: Procentuální úbytek/příbytek rozlohy lesa, okresy ČR, 2000–2020.....	27
Obr. 6: Zalesněnost okresů České republiky, 2010	28
Obr. 7: Průměrná teplota a úhrn srážek, v ČR, 2015.....	30
Obr. 8: Procentuální roční úbytek lesa v krajích České republiky, 2014–2020	35
Obr. 9: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2003–2005	36
Obr. 10: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2015–2017	37
Obr. 11: Procentuální úbytek lesů, okresy ČR, 2018–2020	39
Obr. 12: Procentuální druhová výsadba, Česká republika, 2000–2020	40