

Česká zemědělská univerzita

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Bakalářská práce

**Smíšené lesy střední Evropy a jejich
budoucnost pod vlivem změn klimatu**



Autor: Martin Zelenka

Obor: BLES

Vedoucí práce: Ing. Pavel Janda, Ph.D.

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Zelenka

Lesnictví

Název práce

Smišené lesy střední Evropy a jejich budoucnost pod vlivem změn klimatu

Název anglicky

Mixed forests in Central Europe and its future development under climate change

Cíle práce

Cílem práce je vypracovat literární rešerši na téma smíšených porostů a jejich budoucnost pod vlivem změn klimatu. Práce bude zaměřena na lesy střední Evropy a obohacena obecnými principy celosvětového významu. V práci budou rozebrány obecné aspekty týkající se dynamiky a struktury smíšených lesů a případné dopady změn klimatu na dané atributy.

Metodika

Literární rešerše bude vypracovaná za pomoci vědeckých poznatků z dané problematiky. Bude využito širokého spektra zahraničních a domácích pramenů. Struktura práce bude odpovídat standardním požadavkům na tento typ práce na Fakultě lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

dynamika lesa, změna klimatu, lesnictví, smrk ztepilý, buk lesní, jedle bělokorá

Doporučené zdroje informací

- Bravo-Oviedo, A., Pretzsch, H., Ammer, C., Andenmatten, E., Barbati, A., Barreiro, S., Brang, P., et al, 2014. European Mixed Forests: Definition and research perspectives. *Forest Systems* 23: 518-533.
- Firm, D., Nagel, T., A., Diaci, J., 2009. Disturbance history and dynamics of an old-growth mixed species mountain forest in the Slovenian Alps, *Forest Ecology and Management* 257: 1893-1901.
- Kelty, M.J., 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management* 233: 195–204.
- Lehsten, V., Sykes, M.T., Scott, A.V., Tzanopoulos, J., Kallimanis, A., Mazaris, A., Verbung, P.H., Schulp, C.J.E., Potts, S.G., Vogiatzakis, I., 2015. Disentangling the effects of land- use change, climate and CO2 on projected future European habitat types. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24 (6): 653-663.
- Millar, C. I., N. L. Stephenson, et al. (2007). "Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty." *Ecological Applications* 17 (8): 2145-2151.
- Pretzsch, H., del Río, M., Ammer, C., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., Brazaitis, G. et al., 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur. J. For. Res.* 134, 927–947.
- Pretzsch H, 2009. *Forest dynamics, growth and yield, From measurement to model.* Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Puettmann, K.J. (2011). Silvicultural challenges and options in the context of global change—"simple" fixes and opportunities for new management approaches. *J. For.*, 10911, 321-331.
- Rozenberger D., Mikac S., Anic I., Diaci J., 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe. *Forestry* 80: 431-443.
- Souček, V., Tesař, J., 2008: Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. VÚLHM. Opočno, 37 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Pavel Janda, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 6. 12. 2016

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Smíšené lesy střední Evropy a jejich budoucnost pod vlivem změn klimatu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Jandy, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 19. 04. 2017

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Pavlu Jandovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při vypracování této práce.

Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Cíle práce a metodika	9
3.	Literární rešerše	10
3.1	Smíšené lesy.....	10
3.1.1	Definice.....	10
3.1.2	Popis.....	11
3.1.3	Dynamika.....	14
3.1.4	Resistence a resilience	19
3.2	Klimatické změny	19
3.2.1	Teploty	19
3.2.2	Voda.....	20
3.2.3	Plyny v atmosféře – globální změna koncentrace CO ₂	21
3.2.4	Modelování klimatu – Globální klimatické modely GCM.....	22
3.3	Situace v minulosti.....	23
3.4	Situace v současnosti.....	24
3.5	Budoucnost smíšených porostů.....	26
3.5.1	Výhody a nevýhody	26
3.5.2	Změna druhové sklady a rozložení výškových pásem.....	26
3.5.3	Růst a uhlíková bilance v podmínkách zvýšeného obsahu CO ₂	28
3.5.4	Modelování	29
3.5.5	Adaptační možnosti a opatření	30
3.5.6	Mezinárodní dohody a Národní adaptační strategie	30
4.	Diskuse.....	32
5.	Závěr	34
6.	Seznam literatury	35
7.	Seznam obrázků.....	41
8.	Seznam tabulek	41
9.	Přílohy.....	42
9.1	Obrázky	42
9.2	Tabulky	44

Abstrakt

Smíšené porosty jsou významné lesní ekosystémy, které mají potenciál dobře odolávat klimatickým změnám a díky své pestrosti se adaptovat. V současnosti na ně působí stále častěji celá řada nepříznivých faktorů. Hlavní klimatické změny, které mají na lesní ekosystémy vliv, jsou změna průměrné roční teploty, zvyšování obsahu skleníkových plynů v atmosféře, které má dopady na klima i fyziologické procesy rostlin a změna průměrných ročních srážek, dále se objevují častější klimatické extrémy (např. extrémní sucha). Tyto faktory mohou zapříčinit výraznou změnu stanovištních podmínek a nepříznivě ovlivnit současné i budoucí porosty. Ve střední Evropě nyní převažují monokulturní lesy s výrazným zastoupením smrku, u kterého je v nepřírodných polohách prokázána poměrně malá odolnost k abiotickým i biotickým stresům. Z těchto důvodů je proto nutná intenzivní snaha o vyšší využití smíšených lesů pro lesní hospodářství a ekologii krajiny. Mnoho autorů se věnuje studiu potenciálu smíšených porostů a jejich perspektivě do budoucnosti. Pro takový výzkum je nutné znát strukturu, fungování a dynamiku těchto porostů a získané poznatky pak využít při plánování lesního hospodářství. Dále je potřeba stanovit jednotnou definici smíšeného lesa, aby bylo možné porovnání výsledků v rámci více států a vědeckých institucí. Druhové složení, dynamika i prostorové uspořádání mají totiž velký vliv na odolnost porostů i jejich produkční funkce. V této bakalářské práci se věnuji současnému poznání smíšených porostů ve střední Evropě s důrazem na Českou republiku. Na základě dostupných dat zpracovávám jejich vývoj v minulosti a současný stav. Popisuji klimatické změny, který působí na lesy v současnosti a u kterých lze očekávat, že výrazně ovlivní lesní porosty do budoucnosti. V práci shrnuji komplexní data o ekologii smíšených lesních porostů, o lesním hospodaření a dalších vlivech a na jejich základě se snažím o predikci možného vývoje.

Klíčová slova:

dynamika lesa, smíšené lesy, změna klimatu, lesnictví, smrk ztepilý, buk lesní, jedle bělokorá

Abstract

Mixed forests are important ecosystems with a major potential to resist effects of climate change. Currently, they are subject to effects of various detrimental factors. Main climatic changes influencing forest ecosystems are changes of average annual temperature, increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere impacting besides the climate also plant physiology and changes of yearly precipitation rates. Climatic extremes (such as extreme drought) appear more frequently. These factors can substantially influence individual habitats and have a negative effect on current and future forests. Central Europe is currently predominantly covered by monoculture forests with a high proportion of spruce, which has been proven to have a low resistance against both abiotic and biotic stress factors in unnatural positions. This clearly indicates necessity for an intense effort to increase the proportion of mixed forests both for economical exploitation and landscape protection. Extensive literature data focus on the potential of mixed forests and their future perspective. Research into this topic implies knowledge of the structure, function and dynamics of these forests and then harnessing of this knowledge for forestry planning. It is also important to establish a unified definition of a mixed forest, which would allow comparison of data between different countries and institutions. Species composition, dynamics and spatial distribution exert a major influence on resilience of forest habitats and their economical productivity. This bachelor thesis focuses on current knowledge of Central European mixed forests with focus on the Czech Republic. Based on available data their past development and current status are analyzed. I describe climate changes which influence forests now and which will probably significantly shape these forest habitats also in the future. The thesis includes complex data about ecology of mixed forest habitats, forestry and other factors and based on their analysis predict future developmental scenarios is attempted.

Key words:

forest dynamics, mixed forests, climate change, forestry, spruce, beech, fir

1. Úvod

Za smíšený les běžně považujeme porost tvořený ze dvou a více dřevin, které jsou smíšené v určitém poměru a zastoupení žádné z nich nedosahuje více než 90 % (Simon, 2008). Definice smíšeného lesa se u jednotlivých autorů liší, dále se liší i v jednotlivých státech Evropy, např. pro účely Národních inventarizací lesů. Stanovení přesné jednotné definice je jedním ze současných vědeckých cílů. Smíšené lesy jsou lesní ekosystémy, které mají významný produkční i ekologický potenciál. V průběhu času dochází ke klimatickým změnám a je potřeba s těmito klimatickými změnami do budoucna počítat. Předpokládá se zvyšování průměrných teplot, zvyšování obsahu CO₂ v atmosféře a snižování průměrných srážek. Lesní hospodářství v České republice charakterizujeme vysokým zastoupením lesů na celkové rozloze země, zhoršeným zdravotním stavem lesních porostů v důsledku pokračujícího působení škodlivých průmyslových imisí, vysokou mírou produkčních schopností a rostoucím významem mimoprodukčních funkcí, specifickou vlastnickou strukturou, v níž převládají lesy ve státním vlastnictví a velké zastoupení mají malé obecní a soukromé lesní majetky (Matějček, 2001). Velkou část Evropy pokrývají stejnověké umělé smrkové monokultury, které byly vysázené na stanoviště přirozených smíšených a listnatých lesů. Nemají dobrou ekosystémovou stabilitu a pro stabilní udržitelnou produkci je nutná trvalá cílená pěstební péče. Ohrožuje je mnoho činitelů a očekávané klimatické změny dopadnou nejvíce právě na smrkové monokultury (Souček, 2008). Ovlivněny budou hlavně monokulturní smrkové porosty v nižších a středních polohách. To je zapříčiněno nerespektováním ekologických nároků dřevin pěstovaných v hospodářských lesích. Každý druh má ve svém genomu zapsané podmínky, v nichž se historicky vyvinul. V současném lesním hospodářství nejsou ve velké míře ekologické nároky dřevin respektovány a dřeviny jsou pěstovány v ekologickém suboptimu nebo často i v pesimu. Týká se to především smrku, který má nyní hlavní zastoupení v druhové skladbě. Mimo to jsou dřeviny pěstovány v nepřirozené časové a prostorové úpravě (Křístek, 2001).

Rozloha, kterou zaujímají jehličnaté dřeviny (zejména smrk) se dlouhodobě snižuje. Naopak setrvale dochází ke zvyšování zastoupení listnatých dřevin, zejména buku. Vedle celkového zastoupení jednotlivých druhů dřevin, je pro posouzení druhové biodiverzity našich lesů významným ukazatelem také výskyt porostních směsí v rámci jednotek prostorového rozdělení lesů. Poměr smíšených porostů a porostů s převahou listnatých dřevin v rámci těchto jednotek trvale narůstá ve prospěch smíšených porostů a porostů s převahou listnatých dřevin. Tento stoupající trend byl zaznamenán i v roce 2015. Je to výsledek trvalé snahy lesníků o dosažení optimální druhové skladby lesů, které je dlouhodobě podporováno cílenou dotační politikou státu. Přirozená druhová skladba byla rekonstruována jako skladba přirozených lesních společenstev, které by se v daných přírodních podmínkách za současného klimatu vyvinuly bez vlivu člověka. Doporučená dřevinná skladba představuje ekonomicky, ekologicky a funkčně optimalizované zastoupení dřevin, kterým docílíme vyváženého plnění produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 1995-2015).

2. Cíle práce a metodika

Cílem práce je vypracovat literární rešerši na téma smíšených porostů a jejich budoucnosti pod vlivem změn klimatu. V práci se zaměřuji na lesy střední Evropy s důrazem na Českou republiku a dále se věnuji obecným principům celosvětového významu. Na základě dostupných dat zpracuji jejich vývoj v minulosti a současný stav. V práci rozeberu obecné aspekty týkající se dynamiky a struktury smíšených lesů a případné dopady změn klimatu na smíšené porosty. Shrnu data o ekologii smíšených lesních porostů, o lesním hospodaření a dalších vlivech a na jejich základě se pokusím o predikci možného vývoje v budoucnosti.

3. Literární rešerše

3.1 Smíšené lesy

3.1.1 Definice

Smíšený les je dle Bravo-Ovieda (2014) definován jako lesní porost, kde koexistuje 2 a více druhů stromů jakýchkoliv vývojových stádií a sdílejí společné zdroje (světlo, vodu a půdní výživu). Dle jiné definice Simona (2008) se za smíšený les považuje porost tvořený ze dvou a více dřevin, které jsou smíšené v určitém poměru a zastoupení žádné z nich nedosahuje více než 90 %. Jednotlivé definice různých autorů se liší a je obtížné, ale důležité stanovit jednotnou definici smíšeného lesa.

Dle organizace **FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations) je v celé Evropě (včetně evropské části Ruska) podíl smíšených lesů 23 % procent. Dle jejich definice se za smíšené porosty považují pouze lesy, kde ani jehličnatých, ani listnatých dřevin není více než 75 %. Tato definice je příliš úzká pro podmínky střední Evropy, kde se vyskytují nížinné listnaté lesy až subalpínské jehličnaté porosty. To může být překážkou pro přijetí společných politických opatření pro smíšené lesy s cílem zvýšit biodiverzitu, odolnost, produkční funkce a určení pracovních příležitostí napříč Evropou a vzájemné porovnání výsledků. Pro účely národních inventarizací lesů byla přijata jednotná definice lesa, a tím bylo dosaženo porovnatelných relevantních výsledků. Pro jednotlivé typy lesa již není používána žádná jednotná obecná definice. Nejasná definice smíšeného lesa a obecně vysoká variabilita smíšených porostů může bránit přijetí jednotných postupů pro plánování hospodaření, obranných opatření a pěstebních postupů. Tyto postupy a opatření nemusí vhodně fungovat na porostech s jinými stanovištními podmínkami a druhovou nebo prostorovou skladbou, než na kterých byly vytvořené. Je nutné tyto postupy vždy přizpůsobit místním podmínkám, a to bude jednodušší v případě stanovení a užívání jednotné referenční definice smíšeného lesa (Andres Bravo-Oviedo, 2014).

3.1.2 Popis

Lesy v ČR zaujímají 33 % rozlohy země. Podíl jehličnatých lesů na celkové skladbě je 64,2 %, listnatých lesů je 9,9 % a u smíšených lesů tvoří 25,9 % (tabulka 1). Největší zastoupení z dřevin má smrk s 51,1 %, následují borovice 16,6 %, buk 7,8 %, dub 7,1 %. Doporučené zastoupení smrku by mělo být menší než v současnosti, a to 36,5 % a buku naopak výrazně vyšší 18 %. V případě přirozeného zastoupení by buk výrazně dominoval se 40,2 %. V tabulce č. 2 jsou současná, přirozená i doporučená zastoupení ostatních dřevin (tabulka 2). Tabulka č. 3 popisuje rozlohu a zastoupení jednotlivých dřevin v letech 2000-2015 (tabulka 3).

Smíšené lesy jsou produktivnější, pokud druhy mají větší rozdíly výšek, fenologie, tvaru korun a kořenových systémů. Takové porosty nabízí různorodější produkční i ekologické funkce a tím vytváří větší biodiverzitu. Tato lesní struktura může podpořit autoregulaci a poskytuje vyšší přizpůsobivost k vyrovnání se s rostoucí nejistotou patřící ke změně klimatu. Jejich obnova bude rychlejší než v případě monokulturních porostů (Andres Bravo-Oviedo, 2014). Mezi hlavní druhy, vyskytující se ve středoevropských smíšených lesích řadíme smrk, buk, jedli, dub.

Forma (způsob) smíšení popisuje plošné seskupení a rozmístění dřevin ve smíšeném porostu. Rozlišujeme formu a druh smíšení. Forma smíšení může být jednotlivá (jedinci vtroušeni do porostu hlavní dřeviny a od ostatních jedinců svého druhu jsou izolováni), dále existuje hloučková (seskupení od 0,01 ha), skupinkové (0,01 až 0,20 ha), skupinová (0,20 až 0,50 ha), řadová (přimíšena v kultuře v řadách, postupem vývoje se mění na jednotlivé), pásová (přimíšena v širokých pruzích, postupem vývoje se mění na skupinovou). Druh smíšení vyjadřuje vzájemné postavení dřevin v porostu (podúrovňové, úrovňové, nadúrovňové). V praxi se jedná o jednotlivé etáže porostu (etáže mohou být odlišené i výrazným věkovým rozdílem jedné dřeviny) (Baláš, 2014).

Smrk ztepilý (*Picea abies L.*) je běžný strom v severní Evropě a pohořích i pahorkatinách střední Evropy. Ve střední Evropě jej nalézáme přirozeně ve vyšších pohořích, jako jsou Alpy, Schwarzwald, Hercynský les, Karpaty, Rhodopy atd. Dnes se však běžně pěstuje jako důležitá hospodářská dřevina i v nižších nadmořských výškách. Dorůstá výšky 30-40 m. V pralesovitých porostech najdeme jedince s výškou až 60 m. Dožívá se 300-500 let. Má mělkou kořenovou soustavu, která snižuje jeho odolnost proti větru. Je dobře odolný proti mrazům, ale náročný na vlhkost půdy a citlivý na imisní znečištění. Roste i na stinných stanovištích (Pokorný, 2003). V původním areálu jsou smrky mezi nejdůležitějšími hospodářskými dřevinami a v celosvětovém měřítku produkují významné množství kvalitní dřevní hmoty s dobrými vlastnosti. Dřevo je prakticky použitelné a je jedno z nejčastěji používaných v Evropě (Bláhník, 2007).

Buk lesní (*Fagus sylvatica L.*) běžně dosahuje výšky 30-35 m, mimořádně přes 40 m. Oproti jiným druhům zachovává vysoký přírůst biomasy až do konce života. Buk lesní se může dožít i více než 250 let, ale běžné obmytí je 80-120 let (Von Wuhlich, 2008). V přirozených lesích se buk obvykle dožívá kolem 200 let, oproti tomu smrk a jedle i přes 400 let, a proto se předpokládalo, že během jedné generace jedle a smrku musí buk vystřídat dvě generace (Čada, 2014). Buk je velmi tolerantní na zastínění. Silné semenné roky se vyskytují jednou za 5-8 let. Může se přirozeně zmlazovat (Von Wuhlich, 2008). Buk má růstové optimum (maximální rozměry, maximální produkce biomasy) shodné s optimem rozšíření (vysoká konkurenceschopnost, z které vyplývá až 100 % procentní podíl porostotvorných stromů v biocenóze). Daří se mu na optimálně vlhkých, dobře provzdušněných, humózních a minerálně bohatých stanovištích. Jeho konkurenceschopnost na těžších, méně provzdušněných, vysychavých a kyselých půdách se značně snižuje, na takových stanovištích se více daří jiným dřevinám např. jedli (VŠB Ostrava, 2015). Nacházíme ho téměř na všech typech hornin, avšak nejlepší bučiny najdeme na dobrých humózních půdách bohatých na vápník. Je náchylný na pozdní mrazy a vyhovuje mu mírné oceánické klima. Celé území naší republiky leží uvnitř areálu buku, a proto tuto dřevinu nalezneme ve všech středohořích a horských oblastech hercynské i karpatské části státu. Buk vytváří v nadmořských výškách 400–800 m často nesmíšené porosty, na spodní hranici rozšíření se mísí s dubem a na horní se smrkem a jedlí (Bezděčková, 2013).

Buk je široce rozšířen, protože ostatním druhům dobře konkuruje efektivním využíváním světla. Na lokalitách, kde se stává dominantní, vytváří silným podrost, který dokáže lépe přežít při nedostatku světla než u ostatních druhů (Von Wuhlisch, 2008). Buk jako meliorační a zpevňující dřevinu řadíme mezi nejvýznamnější listnaté dřeviny. Formou umělé obnovy je vnášen do porostů v rámci úpravy druhové skladby lesů (Bezděčková, 2013).

Jedle bělokorá (*Abies alba Mill.*) je nejvyšší evropský strom. V pralesovitých porostech dosahuje výšky přes 60 m. Dožívá se vysokého věku 500 až 600 let. Je rozšířena ve střední, západní i jižní Evropě od Pyrenejí přes střední Francii až k Varšavě a po oblouku Karpat až do Bulharska. Je náročnější na půdu než smrk a vyžaduje hluboké a bohaté půdy (Pokorný, 2003). Byla rozšířena ve 3. dubobukovém vegetačním stupni i ve 4. bukovém stupni. Řadila se k důležitým edifikátorům přirozených porostů 4. dubojehličnatého, 5. jedlobukového a 6. smrkojedlobukového vegetačního stupně (zhruba 25 % lesů ČR). Od 18. století je patrný ústup jedle společně s bukem, což bylo zapříčiněno holosečným způsobem hospodaření, pouze v některých lokalitách přetrvala společně s bukem do první poloviny 19. století a v průběhu 20. století se zastoupení dále prudce snižovalo. Hlavními důvody byly klimatické změny, změny hospodářského způsobu a imisní znečištění. Jedna z hypotéz možného důvodu ústupu je nízká genetická variabilita jedle ve středoevropských lesích. Odcházení jedle ve střední Evropě se urychlilo po mrazivé zimě mezi lety 1928-1929. Rychlost odumírání se zrychlila po roce 1960. Po roce 1985 se stav začal mírně zlepšovat převážně z důvodu nižší imisní zátěže (Skořepa, 2006). Ústup jedle je dlouhotrvající, v mnoha biogeografických regionech, ve kterých geobiocenózy s jedlí tvořily matrici krajiny, již jedli nenacházíme vůbec nebo jen ve zbytkových populacích (např. ve Žďárském bioregionu měla jedle v roce 1818 zastoupení 28 %, v roce 1888 již jen 2 %, v současné době méně než 1 %). V poslední době dochází k regeneraci jedle bělokoré, což je patrně způsobeno poklesem fytotoxických imisí. Jedle bělokorá se začíná více využívat pro obnovu hospodářských lesů (Buček, 2006).

Přirozené zmlazení jedle lze občas nalézt, ale je silně poškozováno zvěří, která způsobuje často totální zničení jedlových podrostů. Lokalit, kde se jedle vyskytuje v porostech hojněji, je ovšem velmi malé množství. Téměř nelze najít střední dorůstající generace, staří jedinci rychle ubývají a projevuje se populační propast (Buček, 2006). Z ekologického hlediska je jedle dřevinou s mimořádně velkou ekologickou amplitudou. Ve svém přirozeném areálu se ekologickým rozpětím přibližuje dvou klimaxovým druhům dohromady, buku a smrku, a proto se jedná o velmi všestrannou dřevinu (Skořepa, 2006).

Dub letní (*Quercus robur L.*) je jedním z ekologicky i hospodářsky nejvýznamnějších druhů. Duby jsou hlavními druhy 1. a 2. lesního vegetačního stupně, na příhodných stanovištích se vyskytují i v podstatně vyšších nadmořských výškách. Díky jejich genetické i druhové variabilitě, široké ekologické amplitudě a relativní odolnosti vůči suchu a vysokým teplotám bude v budoucnu pravděpodobně význam dubů ve střední Evropě ještě výrazně stoupat v důsledku klimatických změn ve vztahu k očekávanému globálnímu oteplování (Buriánek, 2013).

3.1.3 Dynamika

3.1.3.1 Sukcese

Základem přirozeného vývoje lesa je princip ekologické sukcese. Je založen na snaze vyrovnat nerovnováhu mezi vlastnostmi vegetace a prostředím (hlavně mikroklimatem). Je to dlouhodobý proces, kde dochází ke změně druhové skladby, spojené i se změnou porostní struktury. Dochází k postupnému vývoji, který prochází sukcesní řadou. Od nejnižších sukcesních forem až po nejvyšší, tzv. klimaxový les, který je v rovnováze s makroklimatem. Sukcesi dělíme na primární a sekundární. U primární sukcese se jedná o osidlování nových ekosystémů (např. říčních nánosů), sekundární sukcesí dochází ke vzniku lesa na stanovištích, kde již les v minulosti byl a zničilo ho některé fatální narušení (disturbance), včetně působení člověka (Poleno, 2007).

Sukcesi můžeme rozdělit na aktuální (roky), sekulární (desetiletí až století) a geohistorickou (tisíciletí). Při sukcesi dochází k různým strukturálním i funkčním změnám: stoupá pokrytí i listová plocha, zvyšuje se vyplnění prostoru, a tím dochází k lepšímu využití slunečního záření primárními producenty, postupně se dominance druhů přesouvá od pionýrských po konkurenčně úspěšné, celková hrubá produkce postupně stoupá a stabilizuje se v klimaxovém stádium. Čistá produkce je v klimaxovém stádium téměř nulová, protože přírůst biomasy se vyrovná jejím ztrátám (odumíráním a respirací), stoupá odolnost ekosystému proti vnějšímu narušení. Sukcesi rozlišujeme na autogenní a allogenní. Autogenní (samovolná) je způsobena vnitřními přirozenými procesy, oproti tomu allogenní je způsobena vnějším narušením, tj. disturbancí (požár, vítr, imise atd.). Důležitým faktorem pro sukcesi je velikost narušených porostů. Na větších plochách je proces sukcese náročnější a trvá déle (Poleno, 2007).

3.1.3.2 Velký a malý vývojový cyklus

Velký vývojový cyklus je běžný pro severské boreální jehličnaté lesy (tajgu), tento vývojový cyklus můžeme nalézt i ve středoevropských horských jehličnatých lesích. V tomto vývojovém cyklu dochází ke střídání velkoplošných jednotlivých vývojových stádií, a tím dochází ke značným změnám v zásobě biomasy v čase. Velký vývojový cyklus začíná na souvislých velkých uvolněných plochách po rozpadu původního porostu. Začíná sekundární sukcesí, kdy dochází k počáteční převaze pionýrských (přípravných) dřevin (bříza, osika atd.), a tím dochází ke vzniku tzv. přípravného lesa. Pod pionýrskými druhy se postupně objevují druhy snášejší zastínění (např. smrk) a dochází ke vzniku tzv. přechodného lesa. Přípravné dřeviny jsou postupně vytlačovány a nahrazovány, což vede ke vzniku závěrečného klimaxového lesa. Po jeho zestárnutí dochází k postupnému rozpadu (Baláš, 2014).

Malý vývojový cyklus je typický pro většinu smíšených středoevropských lesů. Je úzce spjat s působením dřevokazných hub, které zkracují fyziologický věk stromů. Dochází k maloplošnému narušení lesa, a tím k uvolnění prostoru a ekologických nik pro následnou regeneraci lesa (stadium rozpadu), mrtvé dřevo zajišťuje jedinečný biotop a vytváří stanoviště s velkou biodiverzitou (Samec, 2012). Lesy malého vývojového cyklu bez velkoplošných disturbancí jsou velmi výškově rozrůzněné. Do uvolněného prostoru se rychle dostane nálet (stadium obnovy). Druhové složení určují ty dřeviny, které jsou na daném stanovišti kompetičně nejsilnější (nejvýznamnější edafikátoři). Následující stádium je z hlediska primární produkce a respirace poměrně vyrovnané (stadium zralosti). V tomto stádiu je nejnížší míra biodiverzity a patra porostu jsou nejvýrazněji viditelná. V následném stádiu dochází k postupnému snižování produkce, odumírání starých jedinců, rozvolnění a prosvětlení porostů, které podpoří růst nové generace, dále dochází k výrazné dekompozici dřevní hmoty působením hub, a tím k tvorbě humusu (stadium rozpadu) (Samec, 2012). Přírodní smíšený les mírného pásu dosáhne klimaxového stádia až přirozenou obnovou v druhé generaci (u jedle v některých případech jedna generace) (Míchal, 1992). (Obrázek 1 a 2)

3.1.3.3 Cyklus látek

Lesy jsou otevřené systémy. V přirozených porostech je živinová bilance vyvážená. Do půdy se vrátí tolik živin, kolik jich vegetace využije na tvorbu biomasy. V hospodářských porostech je tato bilance záporná, protože jsou z porostů těžbou dřeva neustále odváženy živiny. Jsou oblasti s živnými geologickými podmínkami, v nichž je tento úbytek živin z velké části doplňován půdotvornými procesy. V řadě ostatních lesních oblastí těžba dříví ochuzuje významněji zásobu disponibilních živin pro lesní dřeviny (Křístek, 2001).

3.1.3.4 Výzkum dynamiky

Se studiem přirozených procesů a dynamiky smíšených porostů nám pomáhá síť trvalých zkusných ploch v původních člověkem nenarušených pralesech. Tyto pralesy můžeme nalézt např. v Rumunsku, Ukrajině, Slovinsku a na Balkáně. Počáteční výzkum v 20. století byl omezen na popis druhové skladby a jejich struktury (dřevin, bylin, lišejníků atd.). Předpokládalo se, že pralesy mají stabilní druhovou skladbu i strukturu a vyvíjí se ke stabilnímu klimaxovému stádiu. Poté se výzkum zaměřuje na sledování různých fází vývoje lesa (Nagel, 2012). Působení narušení často nedovolí vývoj tradičně pojatého klimaxového stádia.

Obecně to vychází z myšlenky kontinuální obnovy po úmrtí starých stromů, které tak vytvoří prostor v porostu. Dále se sleduje kvantita i kvalita dřevní hmoty, množství mrtvého dřeva a jeho přínos pro další druhy (houby, ptáky, hmyz atd.), narušení korunové klenby a jeho vliv na vodní bilanci a zmlazení. Významným faktorem ovlivňujícím dynamiku jsou disturbance, jejichž historii zkoumá dendrochronologie. V důsledku disturbancí dochází k vytvoření mezer v porostu, které mají dlouhodobý vliv na skladbu a strukturu porostu zvláště ve vztahu k druhům, které nesnášejí zastínění (Nagel, 2012). Je důležitá různorodost těchto mezer v porostu (mrtvé ležící dřevo, jámy po vývratech, terénní nerovnosti atd.). Dalším faktorem ovlivňujícím heterogenitu těchto porostních mezer je množství přímého a difuzního světla v porostní mezeře i v jejím okolí. Abiotické faktory jako výskyty mrazu, dále obecně teploty a vlhkost, ale i biotické faktory jako výskyt hmyzu a korunové i kořenové konkurence jsou značně ovlivněny právě světelnými podmínkami. Ve smíšených lesích jsou mezery v porostu způsobené disturbancemi jedním z hlavních faktorů, které řídí dynamiku lesů (Rozenbergar, 2007). Světelné podmínky v různých strukturách porostu, např. způsobené zastíněním korunami mají značný vliv na přirozenou obnovu a tvar jedinců v podrostu (Nagel, 2012). Přirozená obnova v porostních mezerách je dále řízena distribucí vlhkosti, mírou okusu zvěře, množstvím buřiny, kořenovou konkurencí atd. Náchylnost druhů k jednotlivým faktorům se liší, např. jedle trpí okusem více než buk. Hodnocení podmínek na stanovišti je důležité pro vhodné řízení přirozené obnovy při hospodářském využití smíšených lesů. Jedinci, kteří nemají ideální podmínky, dokáží vyčkat v porostu na narušení dlouhou dobu (Rozenbergar, 2007).

Disturbance, které způsobují odumření stromů a narušení korunové klenby, jsou např. větrné polomy, škůdci, houbové patogeny atd. Míra narušení a rozmístění těchto ploch ovlivňuje druhové složení porostu. Jedle dokáže růst a odrůstat i s minimálním množstvím světla, oproti tomu buku se daří na místech, kde odumřelo více jedinců najednou. Javory, jasany a jilmy budou schopny odrůst tam, kde došlo k odumření stromů na větší ploše, a zároveň tam předtím nebyl hustý pokrov mladých jedinců buku nebo jedle (Čada, 2014). Zkusných ploch ve smíšených pralesech lze využít k sledování drobných změn v dynamice, které jsou zapříčiněné klimatickými změnami (Skořepa, 2006).

Například se předpokládá, že klimatické změny v globálním měřítku způsobí úmrtí velkého množství stromů v důsledku sucha. Dlouhodobé sledování pralesů může přinést cenné informace o úmrtnosti zaviněné klimatickými změnami. Pro využití pralesů k posuzování vývoje je potřeba určit referenční parametry (Nagel, 2012). Ve struktuře přírodního lesa je významným druhem jedle, a to pro svou dlouhověkost. Ve smíšených porostech jedle, buku a smrku je z pohledu zásob dřevní hmoty ve stadiu dorůstání největší podíl buku, ve stadiu optima je to smrk. V rozpadu bude největší zásoba právě u jedle v důsledku vyššího věku dožití. Jedle odumírá většinou nastojato a doba rozpadu kmenů v hlavním porostu je delší než u ostatních dřevin (více než 70 let, u smrku asi 50 let a u buku do 20 let) (Skořepa, 2006). Pro výzkum vztahu diverzity a fungování ekosystému se v minulosti využívaly primárně rychle rostoucí rostlin. Aktuální výzkum na smíšených lesích ukazuje, že prostorová diverzita porostu může přispět k rychlosti přírůstu dřevní hmoty. To by v budoucnu mohlo být potenciálně využitelné při plánování nových hospodářských a pěstebních postupů (Chamagne, 2017).

3.1.4 Resistence a resilience

Ekologická stabilita je schopnost lesních ekosystémů zvládat působení vnějších stresů vnitřními autoregulačními mechanismy (resistence) anebo se po narušení vrátit do stavu před narušením (resilience). To se může projevit minimální změnou při působení stresového faktoru, nebo návratem na výchozí stav před působení stresového faktoru. Protikladem je ekologická labilita neboli neschopnost ekosystému přestát narušení, nebo se vrátit do původního stavu. Ekologicky nestabilní systémy mají nedostatečné autoregulační mechanismy, a tím tendenci ke snížené odolnosti. Příkladem jsou právě smrkové monokultury na nevhodných suchých stanovištích. Ekologická rovnováha je dynamický stav, který je udržován drobnými výkyvy, a po případné změně se spontánně vrací do výchozího stavu. Rozlišujeme nestabilitu endogenní, způsobenou narušením vnitřních procesů a exogenní, způsobenou narušením z venku (Míchal, 1992).

Přírodě blízké lesy by se bez zásahu člověka spontánně vyvíjeli k vyšším vývojovým stádiím, takové porosty vykazují dobrou ekologickou stabilitu a pravděpodobnost, že by míra narušení překročila jejich možnosti resistance je nižší. Takové porosty u nás najdeme v některých smíšených lesích, hlavně smíšené bučiny a doubravy, javořiny a horské jehličnato-listnaté lesy. V zcela umělých porostech jsou možnosti resistance a resilience malé (Míchal, 1992).

3.2 Klimatické změny

3.2.1 Teploty

Teplota na zemském povrchu se měnila po celou dobu vývoje. Docházelo ke střídání dob ledových (glaciálů) a dob meziledových (interglaciálů). Poloha Evropy je hlavním důvodem výrazné regionální proměnlivosti klimatu (Pretel, 2009). Poslední pozdní glaciál se v Evropě vyskytoval před 22000-14000 lety. Byl velmi chladný a suchý. Ledovec pokrýval většinu Evropy a průměrné teploty se pohybovaly o 8-10 °C níže než dnes (Mánek, 2006).

Lesní vegetace se téměř nevyskytovala. Před 12000-11000 lety přichází oteplení a lesy se vrací i na území střední a jižní Evropy. V mladším dryasu před 10800-10000 lety dochází k opětovnému ochlazení a vyskytuje se výrazně aridní klima. V časném holocénu před 9000-8000 lety je podobné klima jako dnes, lesnatost se výrazně zvyšuje. V období holocénu před 7000-5000 lety je klima teplejší než dnes, dochází k posunu teplomilných společenstev na sever. Průměrné teploty jsou vyšší cca o 2 °C. Před 5000-4000 lety začíná vliv člověka na krajinu a objevuje se zemědělství. Z hlediska klimatu postupně dochází ke značnému ochlazení, snížení hranice lesa, vyskytuje se vlhké klima s rozvojem močálů. Od té doby dochází k postupnému oteplování (Mánek, 2006). Za posledních 100 let se v Evropě průměrná teplota zvýšila o 0,8 °C, od poloviny 70. let o 0,6 °C a za posledních 25 let o 0,2 °C každých 10 let. I přes pokles intenzity slunečního záření oteplování pokračuje. 12 nejteplejších roků, od počátku pozorování, se vyskytlo od začátku 90. let (Pretel, 2009). Nesmíme zapomenout na to, že v geologické době, ve které žijeme, se po celou historii vyskytovaly výrazné změny klimatu, ať už jde o přirozené změny teplot o 10-15 °C od průměru, ale i srážek a rozložení pevniny a oceánů (Ložek, 2001).

3.2.2 Voda

Lze předpokládat, že globální změna klimatu způsobí nerovnoměrnou distribuci srážek v průběhu roku a dojde k častějším a závažnějším periodám sucha. K podobným závažným situacím došlo již v minulých letech, např. rok 2003. Z fyziologického hlediska půjde o stres suchem, který povede k omezení růstu, transpirace a chřadnutí. Pokles vodního potenciálu v rostlinách povede k uzavírání průduchů v asimilačních orgánech, a tím se sníží i příjem CO₂ rostlinami. Snižování transpiračního toku povede k nižšímu zásobení rostlinných pletiv živinami. Při dlouhodobém nedostatku vody dochází k nenávratnému poškození rostlinných pletiv. Schopnost vypořádat se s nedostatkem vody je ovlivněna adaptačními schopnostmi jednotlivých dřevin, v celkovém důsledku vždy povede ke snížení primární produkce ekosystému (Marek, 2011).

Kromě měnících se srážkových poměrů způsobených globálními klimatickými změnami dochází k narušení vodního režimu krajiny. Jedná se o soubor změn a činností, které vedou ke zvýšení povrchového odtoku vody z plochy povodí do vodních toků a dále mimo naše území. Voda v krajině nemá jen životodárnou funkci, ale i klimatizační, protože je schopná přijmout a následně uvolnit velké množství energie (tepla), a tím ovlivňovat makroklima i tlumit klimatické extrémny (vysoké teploty a sucho). Důležitým prvkem ve vodním cyklu je evapotranspirace (odpar). Na přeměnu vody z kapalného do plynného stavu se spotřebovává značná část sluneční energie. Pokud je v krajině vody nedostatek, sluneční záření se mění na zjevné teplo, což je patrné na rozdílu klimatu suchých odvodněných ploch a lesa. Důležitým faktorem je charakter povrchu, např. kryt vegetací a vlastnosti půd, které umožní vstřebání, vsáknutí nebo odpaření vody. Pokud ani k jednomu nedochází, voda volně odtéká z krajiny a její nedostatek se projeví v období nižších úhrnů srážek, a ještě větší jeho negativní důsledky (Horecký, 2016).

3.2.3 Plyny v atmosféře – globální změna koncentrace CO₂

Některé plyny vyskytující se v atmosféře významným způsobem ovlivňují tzv. energetickou bilanci atmosféry a tím ovlivňují celý klimatický systém. Označujeme je jako skleníkové plyny. Díky svým vlastnostem absorbují energii ze slunečního záření. To nazýváme skleníkovým efektem. Nejvýznamnější skleníkovým plynem je vodní pára, která se podílí na skleníkovém efektu až z 70 % (Metelka, 2009). Tisíce let se koncentrace CO₂ v atmosféře neměnila (280 $\mu\text{l l}^{-1}$). Situace se změnila až v minulém století a od té doby exponenciálně narůstá. V uplynulých 160000 letech se koncentrace CO₂ v atmosféře pohybovala mezi 200 a 300 $\mu\text{l l}^{-1}$ vzduchu. V poslední 2000 letech byla téměř stabilní 270 $\mu\text{l l}^{-1}$ vzduchu. Situace se začala značně měnit od 2. poloviny 19. století, tzn. od průmyslové revoluce, a zvyšuje se o 1 $\mu\text{l l}^{-1}$ vzduchu ročně a dnes je přes 370 $\mu\text{l l}^{-1}$ vzduchu. Změna koncentrace CO₂ je nesporná a stejně tak její vliv na rostliny. CO₂ zvyšuje absorpci dlouhovlnného záření v atmosféře, a také přímo ovlivňuje fyziologické procesy v rostlinách (Nátr, 2002).

Dalším významným plynem, jehož koncentrace se zvyšuje, je metan CH₄. V 80. letech se koncentrace zvyšovala o 1,3 % ročně, v polovině 90. let se přírůstek zpomalil na 0,75 % ročně. Koncentrace metanu ve vzduchu se soustavně zvyšuje. Metan také přispívá k zachycování dlouhovlnného záření v atmosféře. Snížení emisí metanu by velmi rychle a příznivě prospělo zmírnění skleníkového efektu, protože metan má krátký poločas rozpadu v atmosféře, a to 11 let, a v poměru k jeho nízké hladině v atmosféře (1,7 $\mu\text{l l}^{-1}$) mnohem více ovlivňuje absorpci záření atmosférou (Nátr, 2002). Průběh změn klimatu lze zmírnit nebo zpomalit tím, že zastavíme růst koncentrace (tedy snížíme emise) skleníkových plynů (Metelka, 2009). Koncentrace CO₂ zrychluje metabolické procesy rostlin, jako je fotosyntéza a dýchání. Vliv koncentrace CO₂ na fyziologické procesy rostlin bude více patrný u C₃ než u C₄ rostlin. Pokud rostlina má dostatečný přísun všech ostatních potřebných látek, tak zvýšení koncentrace CO₂ rapidně zvětší produkci biomasy (Townsend, 2010).

3.2.4 Modelování klimatu – Globální klimatické modely GCM

Hlavním nástrojem pro předpověď změn klimatu jsou výstupy klimatických modelů. Tyto modely pomocí matematických výpočtů popisují fyzikální i chemické procesy v složitém klimatickém systému. V současnosti nejpřesnější výsledky poskytují trojrozměrné cirkulační klimatické modely (global climate model GCM), které se skládají z modelu atmosféry, modelu oceánu a modelu kryosféry. Aktuálně nejpokročilejší modely jsou AOGCM (model atmosféra-oceán). Výstupy klimatických modelů ze 20 světových výzkumných center se uchovávají ve společném datovém distribučním centru panelu IPPC, odkud je možné získávat data pro využití v dalším výzkumu. Pro výzkum se využívá regionálních klimatických modelů RCM, které jsou odvozené od GCM a zpřesněné pro lokální podmínky (Kalvová, 2002).

Odhady změn průměrné roční teploty v ČR se dle klimatických modelů pohybují v rozmezí 0,9 °C až 3 °C v následujících 100 letech. U srážek klimatické modely očekávají poměrně malé změny v celkovém úhrnu, ale výrazné z hlediska časové i prostorové distribuce (Kalvová, 2002).

Modely předpovědi klimatu jsou velmi důležitým vodítkem pro odhad vlivu zejména stále se zvyšující teploty a nedostatku srážek na jednotlivé složky biosféry. Z hlediska budoucnosti smíšených lesů je pro posouzení vlivu změn klimatu nutné znát jejich stav a dynamiku v minulosti a současnosti.

3.3 Situace v minulosti

Před holosečným hospodářským způsobem, který známe z dnešních lesů, postupovala těžba tzv. toulavou sečí. Jednalo se o ničím neřízenou těžbu, která vedla k rozsáhlé devastaci lesů. Těžilo se takové množství dříví a takových parametrů, kolik bylo potřeba, bez velkého ohledu na dlouhodobé zachování lesů. Docházelo k jednotlivému či skupinovému výběru a hlavním kritériem byla tloušťka (Poleno, 2009).

Z hlediska dalších typů hospodaření se před cca 300-100 let hojně využívaly výmladkové lesy, tzv. pařeziny. Jde o formu generativního množení, kdy noví jedinci vyrážejí z pařezů původních stromů. Výmladky tvoří pouze dřeviny, které dobře zmlazují z druhotných dělivých pletiv kambia. Proto nelze využít jehličnany, v minulosti bylo tedy i při lesním obhospodařování vyšší zastoupení listnatých dřevin např. lípy, javoru a jilmu. Další formou byly pastevní lesy (Hédl, 2011a).

Tyto tradičně obhospodařované lesy byly světlejší než moderní vysoký les. Poskytovali vhodné podmínky světlomilným druhům, které se dnes již téměř nevyskytují, nebo pouze na pasekách a okrajích porostů. Díky velice krátké době obmytí 7-20 let se světelné extrémy rychle měnily, a to umožňovalo výskyt světlomilných i stínomilných druhů. Tradiční lesy byly živinově chudší díky neustálému odvážení dřevní hmoty, ale i hrabanky atd. Byl nedostatek hlavně dusíku a fosforu. Se zvyšující se dobou obmytí množství dusíku v ekosystémech stoupá až do dnešní doby, kdy je nárůst výrazně umocněn využíváním fosilních paliv. Dnes jsou lesy dusíkem přesyceny, a to může být jedním z hlavních environmentálních problémů v budoucnosti, který ohrozí biodiverzitu (Hédl, 2011b).

S příchodem cíleného lesnictví, které potřebovalo uspokojit poptávku po vyšších dodávkách dřeva a lepší ekonomické výnosnosti, dochází ve střední Evropě od 19. století k rychlému úbytku smíšených a listnatých lesů. K. Gayer jako první publikoval v roce 1886 své obavy o stabilitu smrkových monokultur a nabádal o navrácení smíšených porostů. Jednalo se o ucelené dílo, které situaci hodnotilo z vědeckých pozorování. Popsal ekologickou nestabilitu, hlavně hmyzí kalamity, dále negativní vliv na půdu, biologickou nevhodnost holosečí v porovnání s maloplošným hospodařením (Fanta, 2007).

Extrémně rozsáhlé holoseče způsobovaly, že se na velkých plochách nacházely zcela stejnověké porosty, vhodné pro rozsáhlé gradace hmyzích škůdců (např. housenky motýlů rodu *Lymantria*), které způsobovaly rozsáhlé holožírny, proto poté dochází ke snaze o zmenšení ploch holosečí a větší věkovou rozrůzněnost v plošném měřítku (menší dílce s rozdílným věkem) (Reichholf, 1999).

Velkým problémem v posledních desetiletích byly emise oxidu siřičitého, které měly rozsáhlé devastující dopady na lesy. V oblastech s uhelnými elektrárnami dosahovaly koncentrace oxidů síry i 170 $\mu\text{g/l}$ vzduchu. V současnosti koncentrace oxidů síry a prachového aerosolu (polévaté částice) setrvale klesají (Hák, 2002). Rozsáhlé poškození jehličnatých lesů emisemi bylo od začátku 70. let problémem v celé Evropě (Průša, 1990).

Rozsáhlé plochy lesů zničených emisemi SO_2 byly nově osázeny smíšenými porosty právě kvůli vyšší odolnosti. Stejný přístup, tedy rozšiřování ploch smíšených lesů, proto od konce 80. a 90. let minulého století získává na důležitosti i vzhledem pro možné poškození lesů vlivem klimatických změn v současnosti a budoucnosti. Z toho důvodu je třeba mít přesně zpracované současné rozšíření jednotlivých typů lesů včetně lesů smíšených.

3.4 Situace v současnosti

Současný stav lesních ekosystémů, jejich biologická rozmanitost, a tím nepřímou i jejich stabilita, jsou velmi vzdálené od přirozených lesů. V ČR rostou rozsáhlé monokultury čistých smrčín a borů, které vznikly za použití často nekvalitního genetického materiálu (Matějček, 2001).

S odklonem stanovištních podmínek od ekologického optima smrku stoupá riziko narušení smrkových porostů nahodilými těžbami. V současnosti výše objemové produkce, pro kterou byl smrk vysazován, ustupuje do pozadí. Stále větší význam je přikládán i mimoprodukčním funkcím lesa. Omezení využívání smrkových monokultur by mělo prospět lepšímu plnění ekologických, sociálních i ekonomických funkcí a trvale udržitelnému hospodářství (Souček, 2008).

Využívá se přestavby smrkových monokultur pomocí dvou možných metod, úpravy dřevinné skladby nebo změny prostorové a věkové struktury. Cílem transformace není navrácení přirozené původní dřevinné skladby, ale vytváření porostů s takovou druhovou, věkovou i prostorovou skladbou, kde je takové zastoupení smrku, které neohrožuje produktivitu stanoviště. Porostní směsi optimální pro podmínky daného stanoviště, které jsou vhodně prostorově uspořádané a kde se střídají růstově a vývojově rozdílné jednotky, vytváří lesní ekosystémy s vysokou odolností proti abiotickým i biotickým stresům (Souček, 2008).

Velký problém v současné Evropě jsou vysoké stavy zvěře, které i 15x převyšují počty přirozené, které by se vyskytovali v pralese. Je to způsobeno tím, že téměř chybí predátoři. Jedná se o přebytek vysoké zvěře, jelení i srnčí, dále i daňka a muflona a zvěře černé. Vysoké stavy se udržují i cílenou mysliveckou péčí a významným zimním příkrmem. Zvěř likviduje okusem semenáčky některých druhů dřevin, hlavně jedle, dubu, akátu, habru, lípy i buku a dalších. V podstatně menší míře je to např. smrk a borovice, absolutně se zvěř vyhýbá např. bříze a topolu. Zvěř má také významný selekční vliv na některé byliny. U starších stromů dochází v zimě k loupání kůry a otloukání parožím. Zvěř v některých oblastech zcela znemožňuje přirozenou obnovu, což zvyšuje náklady i náročnost péče nutným vysazováním a stavbou obranných opatření (Kubíková, 1999).

Jak úprava dřevinné skladby, tak i změny prostorové a věkové struktury včetně ochrany před okusem zvěří vytvářejí výchozí strategii pro budoucí větší rozšíření smíšených lesů.

3.5 Budoucnost smíšených porostů

3.5.1 Výhody a nevýhody

Při porovnání smrkových monokultur a smíšených lesů můžeme říct, že výhodou smrkových monokultur je v určitých případech vyšší objemová produkce dřeva, schopnost zajistit požadované dobře zpracovatelné sortimenty a díky téměř plantážnímu postupu hospodaření lze využít široké spektrum mechanizace. Nevýhodou je mělký kořenový systém, který nezaručuje dostatečnou stabilitu proti mechanickým vlivům např. větru, stejně tak nezaručí dostatečné zásobení vodou zvláště v suchých měsících a je náchylný k poškození, které je vstupní branou pro houbové patogeny (Souček, 2008).

Smrk má nepříznivý opad, který se hromadí a pomalu rozkládá. To přispívá zhoršení koloběhu živin a degradace půd. Oproti tomu smíšené porosty disponují diverzifikovaným mikroklimatem, kde dochází k rozdílnému šíření světla, tepla a srážek pod jednotlivými dřevinami. Různorodost těchto podmínek přispívá biodiverzitě. Rozdílný charakter opadu přispívá jeho optimálnímu rozkladu. Snižuje se zakyselení půd. V dnešní době se oceňuje i vyšší estetická hodnota. Nevýhodou je větší podíl hospodářsky méně ceněných sortimentů, složitější využití mechanizace a vyšší nároky na odbornost při pěstování (Souček, 2008).

Smíšené lesy jsou produktivnější, pokud druhy mají větší rozdíly výšek, fenologie, tvaru korun a kořenových systémů. Takové porosty nabízí různorodější produkční i ekologické funkce a tím vytváří větší biodiversitu. Tato lesní struktura může podpořit autoregulaci a poskytuje vyšší přizpůsobivost k vyrovnání se s rostoucí nejistotou patřící ke změně klimatu. Jejich obnova bude rychlejší než v případě monokulturních porostů (Andres Bravo-Oviedo, 2014).

3.5.2 Změna druhové skladby a rozložení výškových pásem

V důsledku předpokládaného globálního oteplení o 3-5 °C, a tím způsobené změny v distribuci srážek (převážně ubývání), lze předpokládat vznik výrazných regionálních odlišností a změny v druhové skladbě, kdy druhy v současnosti běžné ve střední Evropě budou ustupovat směrem na sever a k nám začnou pronikat druhy do té doby běžné spíše v teplejších jižních oblastech Evropy (Klimo, 2001).

Rychlost migrace dřevin je ale poměrně malá. Proto v blízkém horizontu hrozí destrukce hospodářských i některých přirozených lesů, hlavně na lokalitách, kde se již teď blíží svému ekologickému limitu. Uvedené příklady migrace by probíhaly v přirozených podmínkách, v rámci Evropy budou téměř výlučně záviset na hospodářských zásazích. V některých případech lze vnímat vliv klimatických změn pozitivně, a to například v horských oblastech, kde je teplota limitující faktor. (Poleno, 2007). Dále bude stoupat význam dřevin, které jsou v našich podmínkách v současnosti pěstovány na chudých extrémnějších stanovištích, např. borovice, která vykazuje velmi dobré adaptační schopnosti. Stejně tak modřín disponuje velmi dobrou plasticitou a širokou ekologickou valencí (Klimo, 2001).

Hrozí, že by se mimo svou ekologickou amplitudu mohly dostat i základní druhy, které se vyskytují ve středoevropských smíšených lesích, např. buk. Pokud by docházelo k pozvolnějšímu zvyšování teplot (přibližně o 1 °C za 100 let), tak je pravděpodobné, že by se lesní ekosystémy dokázaly do jisté míry adaptovat. Rychlejší zvyšování teplot by mohlo mít katastrofální důsledky. Očekávaný nedostatek srážek a změna jejich distribuce by při zvýšené teplotě mohly negativní dopady (masivní odumírání) výrazně urychlit (Klimo, 2001). Pro tak dlouhodobé organismy jako jsou lesní dřeviny je doba 50-100 let pro adaptaci příliš krátká, v tomto horizontu klimatické změny ovlivní z většiny jen stojící jedince a neumožní mikroevoluci jednotlivých populací a potřebné adaptační změny, změny se v krátkém horizontu projeví pouze jako fenotypové modifikace (vzrůstové odchylky) (Poleno, 2007).

V našich podmínkách by i zvýšení průměrné teploty i jen o 1 °C znamenalo výrazné posunutí lesních vegetačních stupňů, což by mělo největší dopad na smrk, který ve střední Evropě pěstujeme daleko mimo optimální a přirozené podmínky. To nahrává významu smíšených lesů, pro jejich lepší adaptační možnosti a větší přirozenost v našich podmínkách. Globální oteplování bude mít rozsáhlé dopady na všechny procesy v ekosystému, např. změny vodního režimu, tvorby humusu, změny ve výživě rostlin atd. (Klimo, 2001). Nebude možné celkové nahrazení smrku v nižších polohách, ale na základě principu „předběžné opatrnosti“ by smrk v oblasti pahorkatin neměl mít v žádném porostu zastoupení nad 40 % (Kantor, 2002).

Pro posunutí lesních výškových stupňů bude limitující faktorem teplota, srážky nebudou hrát takovou roli. To vychází z předpokladu, že s rostoucí nadmořskou výškou množství srážek stoupá a teplota je hlavním limitem. Oproti tomu v nížinách budou srážky naopak limitující. Vztah teploty a srážek popisuje Langův dešťový faktor (Kalvová, 2002). Je potřeba přijmout včasné adaptační opatření ke snížení hrozby vzniku kalamit a narušení ekosystémových i produkčních funkcí. Vznik kalamity hrozí působením biotických i abiotických činitelů. Z biotických jsou to gradace škůdců i houbových patogenů, kterým teplé klima a oslabené porosty vyhovují a které působí jako iniciační i mortalitní stresor (Horecký, 2016).

Z abiotických stresorů to mohou být např. sucho a působení náhlých klimatických faktorů (bořivé větry, mokrý sníh). Smíšené porosty jsou v našich podmínkách více odolné proti všem těmto stresům. Nejvíce ovlivní právě smrkové porosty, u kterých sucho způsobuje postupné výrazné oslabení. Častější budou i větší lokální klimatické extrémy, např. přivalové deště, delší období sucha, vlny veder, velmi teplé zimy (Horecký, 2016). Možností je pěstování přírodě blízkých lesů, které disponují vysokou ekologickou i statickou stabilitou a u kterých se předpokládá, že by dokázaly přežít i bez zásahu člověka (postupně by se přibližovali lesům přírodním) (Košulič, 2010).

3.5.3 Růst a uhlíková bilance v podmínkách zvýšeného obsahu CO₂

CO₂ je základní potřebnou látkou pro proces fotosyntézy, proto můžeme předpokládat, že zvýšená koncentrace CO₂ zrychlí fixaci uhlíku fotosyntézou, a to způsobí rychlejší růst a zvyšování produkce biomasy. Zvyšování koncentrace CO₂ je urychleno rostoucím antropogenním vlivem. Ve skutečnosti nepůjde o jednoduché obecné pravidlo, protože vztah mezi koncentrací CO₂, fotosyntézou, ostatními parametry vnějšího prostředí je řízen složitými komplexními vazbami a vztah koncentrace CO₂ s respirací a produkcí biomasy není lineární (Kulhavý, 2006). Předpokládá se, že zvýšený obsah CO₂ se projeví nejvíce na živných stanovištích z důvodu většího potenciálu produkce asimilátů a dojde ke změně poměru nadzemní a podzemní části v prospěch části nadzemní (Kalvová, 2002).

Většina úvah o důsledcích zvyšování koncentrace CO₂ je založena na předpokladu, že se koncentrace CO₂ v následujících 50 letech až zdvojnásobí. Konečné důsledky se projeví za desítky let. Zkoumání vlivu zvyšování koncentrace CO₂ musí být zaměřeno na zpřesňování odhadů a jejich následném modelování. Jedná se o jeden z hlavních potenciálních globálních ekologických problémů, který ovlivní lesní ekosystémy (Kulhavý, 2006).

3.5.4 Modelování

3.5.4.1 Modely využití krajiny (land-use model)

Jedná se například o modely Dyna Clue a LPJ-GUEES v kombinaci s modely klimatu a možných scénářů SRES, pomocí kterých můžeme v prostředí GIS předpovídat distribuci jednotlivých habitů (jehličnaté/ listnaté/ smíšené/ středomořské lesy, traviny, zemědělské půdy, osídlení atd.). Výsledky ukazují, že dojde ke zmenšení zemědělského využití a travin, oproti tomu je možná překvapivé zachování nebo dokonce zvyšování ploch jehličnatých lesů. U listnatých, smíšených a středomořských lesů dojde k rapidnímu nárůstu. Z hlediska složité klasifikace smíšených lesů jsou předpovědi výskytu velmi variabilní (až o 50%) (Lehsten, 2015).

3.5.4.2 Modely zón ohrožení lesů (ZOL)

Matematické modely generující soustavu zón ohrožení lesů (ZOL). ZOL je geomorfologicky orientovaná klasifikace krajiny podle úrovně nepříznivosti růstových podmínek pro přirozené nebo přírodě blízké lesy. Rozložení zón rámcově odpovídá členitosti reliéfu ČR. Modely zahrnují vztah vlastností růstového prostředí (ekotopu) a vlastností receptoru, dále jsou zahrnuty údaje o kyselé depozici (oxidy síry a dusíku), lokální klimatické údaje, pedologická data a další. Receptor definují vlastnosti dřevin a nadložního humusu. Na základě výstupů z modelů bylo určeno sedm zón ohrožení lesů. Pro využití v praxi sdružené do tří zón: vysoké, střední a nízké ohrožení. Zóny vysokého ohrožení zahrnují 7,77 % lesů, středního ohrožení 20,14 % lesů a nízkého ohrožení 72,09 %. Akutní chřadnutí bylo zjištěno 28,19 % lesů, teoreticky akutně ohroženo je až 51,52 % lesů. Možnosti zlepšení jsou podmíněné přestavbou nebo přeměnou druhové skladby (Samec, 2012).

3.5.5 Adaptační možnosti a opatření

Cílem je zvýšit možnosti rezistence a resilience v porostech a omezit působení stresových faktorů. Jedná se např. o intenzivní potlačování invazí, šlechtění druhů k resistenci (odrůdy, populace), využití nových feromonů a herbicidů atd. Je potřeba pokračovat v hustém nadbytečném intenzivním vysazování a systematicky pečovat a zachovávat porosty požadovaných druhů i přesto, že stanoviště již nebude optimální (Millar, 2007).

Dále je nutné umožnit lesům odpovídat na klimatické změny: bude nutná asistovaná migrace druhů, využívání nových druhových směsí a úprava pěstebních a těžebních plánů, rozšíření genetické základny a uvolnění pravidel genetického hospodaření, kde se budou využívat staré i nové genetické proveniencie (např. využití semen z teplejších oblastí), asynchronní ovlivnění vývoje proti vývoji paleohistorickému, založení „neo native“ lesů, snížení fragmentace krajiny (pomůže migraci), restrukturalizace stanovišť s již průkazně narušenými podmínkami. V globálním měřítku je nutné snížit emise skleníkových plynů z lesů (zabránění požárům a masivnímu odumírání) a snížit odlesňování (brání sekvestraci uhlíku). Některé druhy mohou vyžadovat rychlé rozhodné změny, jiné oproti tomu i snížení intenzity hospodaření. Důležité jsou změny na úrovni politické a společenské, i změny v plánování a managementu (Millar, 2007).

3.5.6 Mezinárodní dohody a Národní adaptační strategie

Státy na celém světě se pomocí mezinárodních úmluv a protokolů (např. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu UNFCCC a tzv. kjótský protokol) snaží snížit dopady změny klimatu a určit společné strategie. Součástí těchto úmluv je vykazování množství emisí (Kukrál, 2015). Úspěšným příkladem je např. mezinárodní dohoda o snížení emisí oxidů síry z roku 1993, kterou většina signatářských států splnila a imisní zatížení oxidy síry v Evropě setrvale klesá (Vinš, 1996).

Jednotlivé státy Evropy vypracovaly své Národní adaptační strategie. Vláda schválila Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Tato strategie vychází z meziresortní spolupráce a využití odborných podkladů např. Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření ČHMÚ (Pretel, 2011) a dalších dokumentů (Horecký, 2016).

Příklady adaptačních opatření uvedených ve strategii (Horecký, 2016):

- pěstovat prostorově a druhově různorodé porosty s vysokým využitím přírodních procesů, bohaté druhové skladby, přirozené obnovy a různorodosti pěstebních postupů
- využívat hospodářské postupy s trvalým půdním krytem s dlouhou nebo nepřetržitou obnovní dobou s cílem minimalizovat výkyvy v nadložním humusu s využitím druhů s příznivým vlivem na půdy
- revidovat opatření lesnicko-technických meliorací a hrazení bystřin, minimalizovat odvodnění lesních pozemků
- maximálně využívat převážně původní druhy a ekotypy dřevin s širokou ekologickou amplitudou a vhodně je doplňovat ve zákonných mezích introdukovanými dřevinami

4. Diskuse

Smíšený les je definován jako lesní porost, kde koexistuje 2 a více druhů stromu jakýchkoliv vývojových stádií. Přesná definice smíšeného lesa se však u jednotlivých autorů liší. Pro účely přesné inventarizace, porovnávání výzkumů a stanovení následných opatření je nezbytné stanovit jednotnou referenční definici smíšeného lesa. Z tohoto důvodu byla založena mezinárodní vědecká síť euMIXFOR, která sdružuje výzkumné instituce, které se touto problematikou zabývají (Andres Bravo-Oviedo, 2014).

Ve střední Evropě převažují stejnověkové smrkové monokultury, které byly vysázené na stanoviště přirozených listnatých a smíšených lesů. Nemají dobrou ekosystémovou stabilitu a pro stabilní udržitelnou produkci je nutná trvalá cílená péče (Souček, 2008). Z toho vyplývá snaha o vyšší využití smíšených lesů v praxi.

Autoři se shodují, že v současnosti dochází ke klimatickým změnám, které budou mít největší dopad právě na smrkové monokulturní lesy (Souček, 2008; Křístek, 2001). V současnosti dochází k setrvalému zvyšování podílu smíšených lesů se zastoupením listnatých dřevin. Cílem je vytvořit takové ekonomicky, ekologicky a funkčně optimalizované zastoupení dřevin, které bude odolné a umožní vyvážené plnění produkčních i mimoprodukčních funkcí lesa (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 1995-2015). Současný výzkum se proto soustředí na původní přirozené smíšené pralesy, kde se studuje dynamika a disturbance v porostech. Výsledné poznatky jsou potenciálně využitelné při stanovení optimálních opatření a pěstebních postupů (Nagel, 2012; Rozenbergar, 2007).

V rámci globálních změn klimatu, které ovlivní lesy, očekáváme narůstání průměrných teplot (Ložek, 2001), narůstání množství skleníkových plynů (Nátr, 2002) a změnu v množství a distribuci srážek (Marek, 2011; Horecký 2016). S odhadem rozsahu a dopadu klimatických změn nám pomáhají Globální klimatické modely GCM. Odhady změn se však u jednotlivých modelů poměrně liší (až o 3 °C) (Kalvová, 2002). Z možných dopadů klimatických změn na lesní ekosystémy lze očekávat zejména změnu druhové skladby a posunutí lesních vegetačních stupňů (Klím, 2001).

Určit míru ohrožení jednotlivých porostů mohou pomoci modely generující soustavu zón ohrožení lesů ZOL (Samec, 2012). Možné rozložení jednotlivých habitů v krajině pak pomáhají předpovědět modely využití krajiny (land-use models) (Lehsten, 2015).

Názory a přístupy k tomu, jak konkrétně reagovat na dopady klimatických změn na lesy, se liší. Část autorů se přiklání ke konzervativnímu přístupu a pěstování tzv. přírodě blízkých lesů s využitím původních druhů a genové provinience se snahou o co největší přiblížení přirozenému vývoji (Košulič, 2010), oproti tomu někteří autoři tvrdí, že budou nutná radikálnější opatření, jako např. asistovaná migrace, využívání nepůvodních druhů, uvolnění pravidel genetického přenosu, ovlivnění vývoje proti vývoji přirozenému, snížení fragmentace krajiny atd. (Millar, 2007). Osobně se přikláním k názoru, že jsou potřebná rychlá a radikální opatření včetně uvolnění pravidel genetického přenosu a většího využívání nepůvodních druhů. Pokud by se naplnili prognózy o změně průměrné roční teploty až o 3 °C, lesy se stávající skladbou by se nestihly včas adaptovat. Postupy a opatření na mezinárodní úrovni určují mezinárodní úmluvy (např. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu UNFCCC) (Vinš, 1996), na úrovni jednotlivých států jsou to např. Národní adaptační strategie (Horecký, 2016). Lesníci si rizika uvědomují a snaží se zavádět opatření do praxe, ale ke změnám dochází pozvolna a někdy stále v nedostatečné míře.

5. Závěr

V bakalářské práci zpracovávám poznatky o smíšených lesích a jejich dynamice, odolnosti a potenciálu, dále o vývoji lesů v minulosti a současnosti. Popisují také klimatické změny, které na lesy působí a u kterých lze očekávat, že je výrazně ovlivní v budoucnosti. Smíšené porosty ve střední Evropě jsou významné lesní ekosystémy, které mají potenciál dobře odolávat klimatickým změnám. Již v současnosti na ně působí celá řada nepříznivých faktorů a v budoucnu očekáváme jejich dopad ve zvýšené míře. Mezi hlavní klimatické změny, které lesní ekosystémy ovlivní, patří zvyšování průměrné roční teploty, změny v koncentraci skleníkových plynů v atmosféře a změny v množství a distribuci srážek. Další hrozbou je častější výskyt klimatických extrémů. Tyto faktory mohou zapříčinit výraznou změnu stanovištních podmínek a nepříznivě ovlivnit současné i budoucí porosty. V důsledku klimatických změn očekáváme změnu druhové skladby, posun lesních vegetačních stupňů a krajním scénářem je rozsáhlé odumírání lesů.

Ve střední Evropě jsou v současnosti rozsáhlé jehličnaté monokulturní porosty smrku, který je pěstován v nížinách a pahorkatinách na místech původních listnatých a smíšených lesů. Na takových stanovištích je smrk daleko mimo své ekologické optimum. Tvoří nestabilní porosty náchylné na nedostatek vody a trpí i působením dalších abiotických i biotických stresů. Porosty smrku v Evropě byly také v posledním století výrazně poškozené působením průmyslových imisí. Následky jsou na stavu lesů dodnes viditelné. Mnoho autorů se proto věnuje potenciálu smíšených lesů a jejich perspektivě v budoucnosti. Smíšené lesy vykazují vysoký ekologický i produkční potenciál a jsou výrazně odolnější proti klimatickým změnám. Je nutné intenzivně pokračovat v systematickém výzkumu dynamiky a chování smíšených lesů. Spolu se studii přirozených smíšených porostů lze důležitá data získat i z modelování. Získané poznatky je pak možné využít ke stanovení optimálních opatření a pěstebních postupů. Důležité je přijmout změny v lesnickém plánování a managementu, a také změny na úrovni politické a společenské. Tyto snahy pak vyvrcholí stanovením cílených opatření na národní i mezinárodní úrovni.

6. Seznam literatury

ANDRES BRAVO-OVIEDO, , HANS PRETZSCH, CHRISTIAN AMMER et al., 2014. European Mixed Forests: definition and research perspectives. *Forest Systems, Vol 23, Iss 3, Pp 518-533 (2014)* [online]. **23**(3), 518-533 [cit. 2017-02-20]. DOI: 10.5424/fs/2014233-06256. ISSN 21719845.

BALÁŠ, Martin a Ivan KUNEŠ, 2014. *Biologické základy pěstování lesů*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra pěstování lesů. ISBN 9788021324992.

BEZDĚČKOVÁ, Lena a Jana ŘEZNÍČKOVÁ, 2013. *Sběr, skladování a předosevní příprava semen buku lesního (Fagus sylvatica): certifikovaná metodika*. 1. vydání. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 9788074170751.

BLÁHNÍK, Jan a Jiří BURDA, 2007. Druhy smrků v Průhonickém parku. *Živa*. Praha: Academia, Středisko společných činností Akademie věd ČR, v. v. i., **54**(2), 87. ISSN 0044-4812.

BUČEK, Antonín, 2006. Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) jako ohrožená dřevina. In: MADĚRA, P. *Sb.abstr.workshopu Ohrožené dřeviny ČR*. Brno: ÚLBDG LDF MZLU a MŽP ČR, 25 s.

BURIÁNEK, Václav, 2013. *Metodická příručka k určování domácích druhů dubů: certifikovaná metodika*. 1.vydání. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 9788074170737.

ČADA, Vojtěch, 2014. Dlouhověkost buku lesního: Na Boubíně byl nalezen buk starý 409 let. *Šumava*. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, **41**(4), 10-11. ISSN 0862-5166.

FANTA, Josef, 2007. Lesy a lesnictví ve střední Evropě: III. počátky organizovaného hospodářství. *Živa : časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, **55**(3), 112-115. ISSN 00444812.

HÁK, Tomáš, ed., Hana KOLÁŘOVÁ, ed. a Bedřich MOLDAN, ed., 2002. *K udržitelnému rozvoji České republiky: vytváření podmínek*. Vyd. 1. Praha: Centrum Univerzity Karlovy pro otázky životního prostředí. ISBN 802388378x.

HÉDL, Radim, Péter SZABÓ, Vladan RIEDL a Martin KOPECKÝ, 2011a. Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě: I. Formy a podoby. *Živa : časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, **59**(2), 61-63. ISSN 00444812.

HÉDL, Radim, Péter SZABÓ, Vladan RIEDL a Martin KOPECKÝ, 2011b. Tradiční lesní hospodaření ve střední Evropě: II. Les jako ekosystém. *Živa : časopis pro biologickou práci*. **59**(3), 108-110. ISSN 00444812.

HORECKÝ, Jakub a Tomáš STANĚK, 2016. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR ve vazbě na lesy. In: RŮŽKOVÁ, Marie a Petr VÁLEK. *Klimatická změna - možné dopady na lesní ekosystémy: sborník přednášek odborné konference : Kostelec nad Černými lesy, 28.-29.4.2016*. Vyd.1. Pelhřimov: Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR, s.5-10. ISBN 9788090602212.

CHAMAGNE, Juliette, Matteo TANADINI, David FRANK et al., 2017. Forest diversity promotes individual tree growth in central European forest stands. *Journal of Applied Ecology* [online]. **54**(1), 71-79 [cit. 2017-03-06]. DOI: 10.1111/1365-2664.12783. ISSN 00218901. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2664.12783>

KALVOVÁ, Jaroslava, 2002. *Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Národní klimatický program České republiky. ISBN 8086690016.

KANTOR, Petr, 2002. *Produkční potenciál a stabilita smíšených lesních porostů v antropicky změněných podmínkách pahorkatin jako podklad pro návrh cílové skladby dřevin*. Vyd.1. Brno: Paido. Sborník prací institucionálního výzkumu. ISBN 8073150344.

KLIMO, Emil, 2001. *Lesnická ekologie*. Vyd. 2. nezměn. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 8071574996.

KOŠULIČ, Milan, 2010. *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*. 1. vyd. Brno: FSC Česká republika - Forest Stewardship Council. ISBN 9788025464342.

KŘÍSTEK, Jaroslav, 2001. Koncepce lesního hospodářství na ekosystémovém základě. *Lesnická práce : časopis pro lesnickou vědu a praxi*. Lesnická práce : Kostelec nad Černými lesy, **80**(1), 10-11. ISSN 03229254.

KUBÍKOVÁ, Jarmila, 1999. *Ekologie vegetace střední Evropy*. 1. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 8071848700.

KUKRÁL, Jan, 2015. *Adaptace lesů na klimatické změny a extrémní meteorologické jevy*. Vyd. 1. České Budějovice: Jih. ISBN 9788086266107.

KULHAVÝ, Jiří, 2006. *Ekologie lesa II*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 807157984X.

LEHSTEN, Veiko, Martin SYKES, Anna SCOTT et al., 2015. Disentangling the effects of land-use change, climate and CO₂ on projected future European habitat types. *Global Ecology and Biogeography*. **24**(6), 653-663. DOI: 10.1111/geb.12291. ISSN 1466822x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/geb.12291>

LOŽEK, Vojen, 2001. Přírozené změny podnebí. *Vesmír : přírodovědecký časopis*. Vesmír : Praha, **80**(3), 146-152. ISSN 00424544.

MÁNEK, Jiří, 2006. 20 000 let samovolného vývoje lesa v Evropě. *Šumava*. Vimperk: Správa chráněné krajinné oblasti Šumava, **11**(1), 22-23. ISSN 0862-5166 (od r. 1996).

MAREK, Michal, 2011. *Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu*. Vyd. 1. Praha: Academia. Živá příroda. ISBN 9788090435117.

MATĚJČEK, Jiří, Zdeněk BLUŽOVSKÝ, Jan DAVID, Jana NAVRÁTILOVÁ, Lukáš JAKUBEC a Stanislava ŠPIRKOVÁ, 2001. REGIONÁLNÍ ANALÝZA A KONCEPCE LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ. *VÚLHM*. Strnady, **1**(3), 64.

METELKA, Ladislav a Radim TOLASZ, 2009. *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. ISBN 9788087076132.

MÍCHAL, Igor, 1992. *Obnova ekologické stability lesů*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 8085368234.

MILLAR, Constance, Nathan STEPHENSON a Scott STEPHENS, 2007. CLIMATE CHANGE AND FORESTS OF THE FUTURE: MANAGING IN THE FACE OF UNCERTAINTY. *Ecological Applications*. **17**(8), 2145-2151. DOI: 10.1890/06-1715.1. ISSN 1051-0761. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1890/06-1715.1>

NAGEL, Thomas, 2012. Old-growth forest reserves in Slovenia: the past, present, and future. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. Zürich: Schweizerischer Forstverein, **163**(6), 240-246. DOI: 10.3188/szf.2012.0240. ISSN 00367818.

NÁTR, Lubomír, 2002. *Fotosyntetická produkce a výživa lidstva*. Vyd. 1. Praha: ISV. Přírodní vědy (ISV). ISBN 8085866927.

POKORNÝ, Jaromír, Vlasta MATOUŠOVÁ a Milena KONEČNÁ, 2003. *Stromy / Jaromír Pokorný, [ilustrace] Vlasta Matoušová, Milena Konečná*. 2. Praha: Aventinum. ISBN 8071511471.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2007. *Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 9788087154076.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2009. *Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 9788087154342.

PRETEL, Jan, 2009. Současný vývoj klimatu a jeho výhled. *Ochrana přírody : časopis státní ochrany přírody*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, **64**, 2-7. ISSN 1210258x.

PRETEL, Jan, Ladislav METELKA, Jan DAŇHELKA, Jaroslav ROŽNOVSKÝ a Dalibor JANOUŠ, 2011. *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření: Technické shrnutí výsledků řešení projektu VaV SP/1a6/108/07 v letech 2007 – 2011*. Vyd. 1. Český hydrometeorologický ústav, Praha. Dostupné také z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKESHRNUTI_2011.pdf

PRŮŠA, Eduard, 1990. *Přirozené lesy České republiky*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo lesního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČR ve Státním zemědělském nakladatelství. ISBN 8020900950.

REICHHOLF, Josef, 1999. *Les: ekologie středoevropských lesů*. 1. vydání. Praha: Ikar. Průvodce přírodou (Ikar). ISBN 8072024949.

ROZENBERGAR, Dusan, Stjepan MIKAC, Igor ANIĆ a Jurij DIACI, 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech - fir forest reserves in South East Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research* [online]. **80**(4), 431-443 [cit. 2017-03-06]. DOI: 10.1093/forestry.cmp037. ISSN 0015752X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/31498410_Gap_regeneration_patterns_in_relationship_to_light_heterogeneity_in_two_old-growth_beech-fir_forest_reserves_in_South_East_Europe

SAMEC, Pavel a Pavel TUČEK, 2012. *Modelování růstových podmínek lesů v České republice*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky. ISBN 9788024429908.

SIMON, Jaroslav a Stanislav VACEK, 2008. *Hospodářská úprava lesů: výkladový slovník hospodářské úpravy lesů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 9788073751401.

SKOŘEPA, Hynek, 2006. Jedle bělokorá v našich lesích. *Živa : časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, **54**(3), 108-110. ISSN 00444812.

SOUČEK, Jiří a Vladimír TESAŘ, 2008. *Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů: recenzovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 9788074170003.

TOWNSEND, Colin, Michael BEGON a John HARPER, 2010. *Základy ekologie*. 1. české vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 9788024424781.

VINŠ, Bohuslav, 1996. *Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice: územní studie změny klimatu pro Českou republiku, Element 2*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Národní klimatický program ČR. ISBN 8085813297.

VON WUHLISCH, G., 2008. *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use*. 1. Rome: Bioversity International. ISBN 9789290437871.

VŠB OSTRAVA, , 2015. *Buk lesní (Fagus sylvatica): Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy*. Ostrava.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic, 1995-2015. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, **20**(1). ISBN 9788074343247.

7. Seznam obrázků

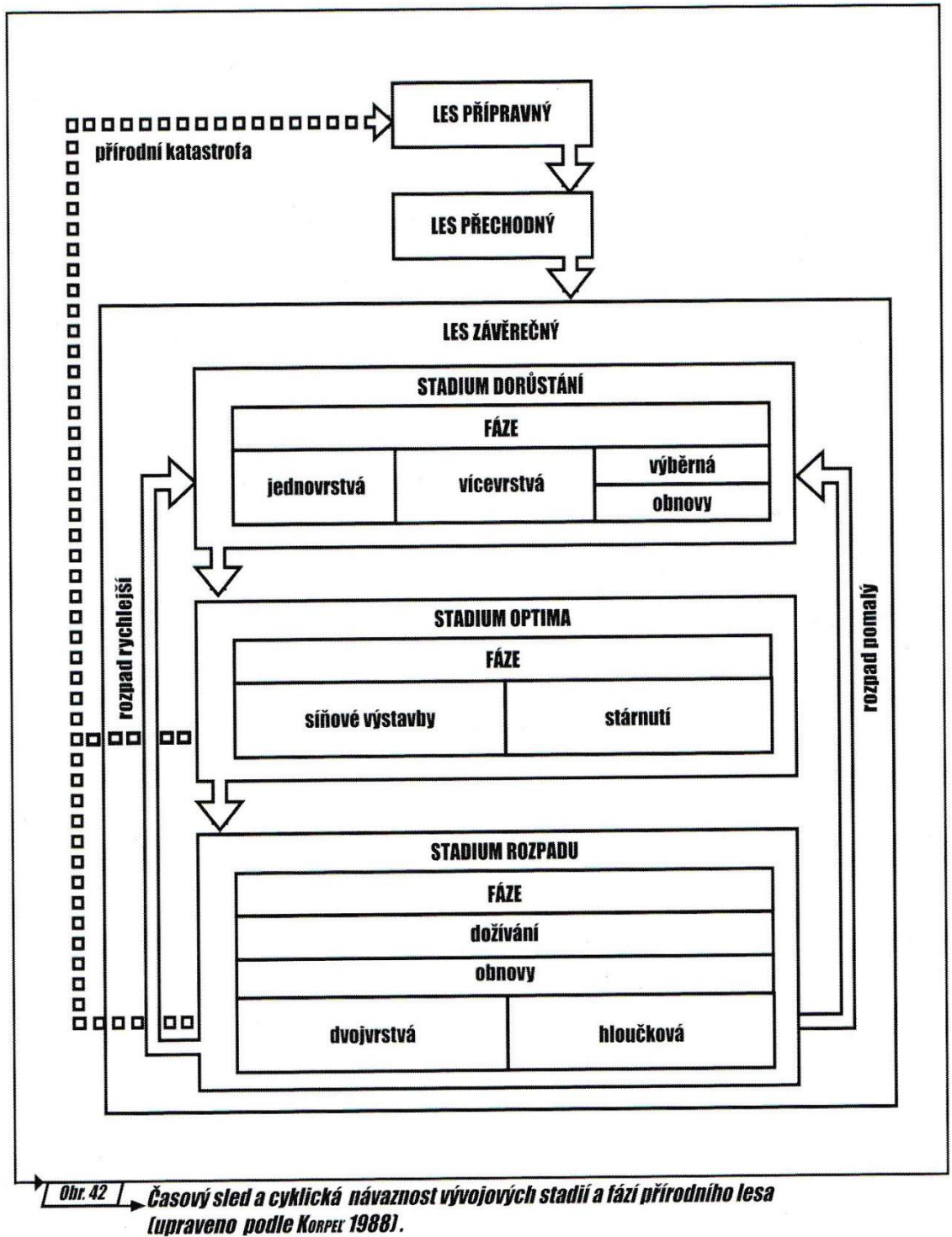
Obrázek 1 - Vývoj přirozeného lesa	42
Obrázek 2 - Vývojový cyklus smíšeného lesa v 5.- 6. LVS	43

8. Seznam tabulek

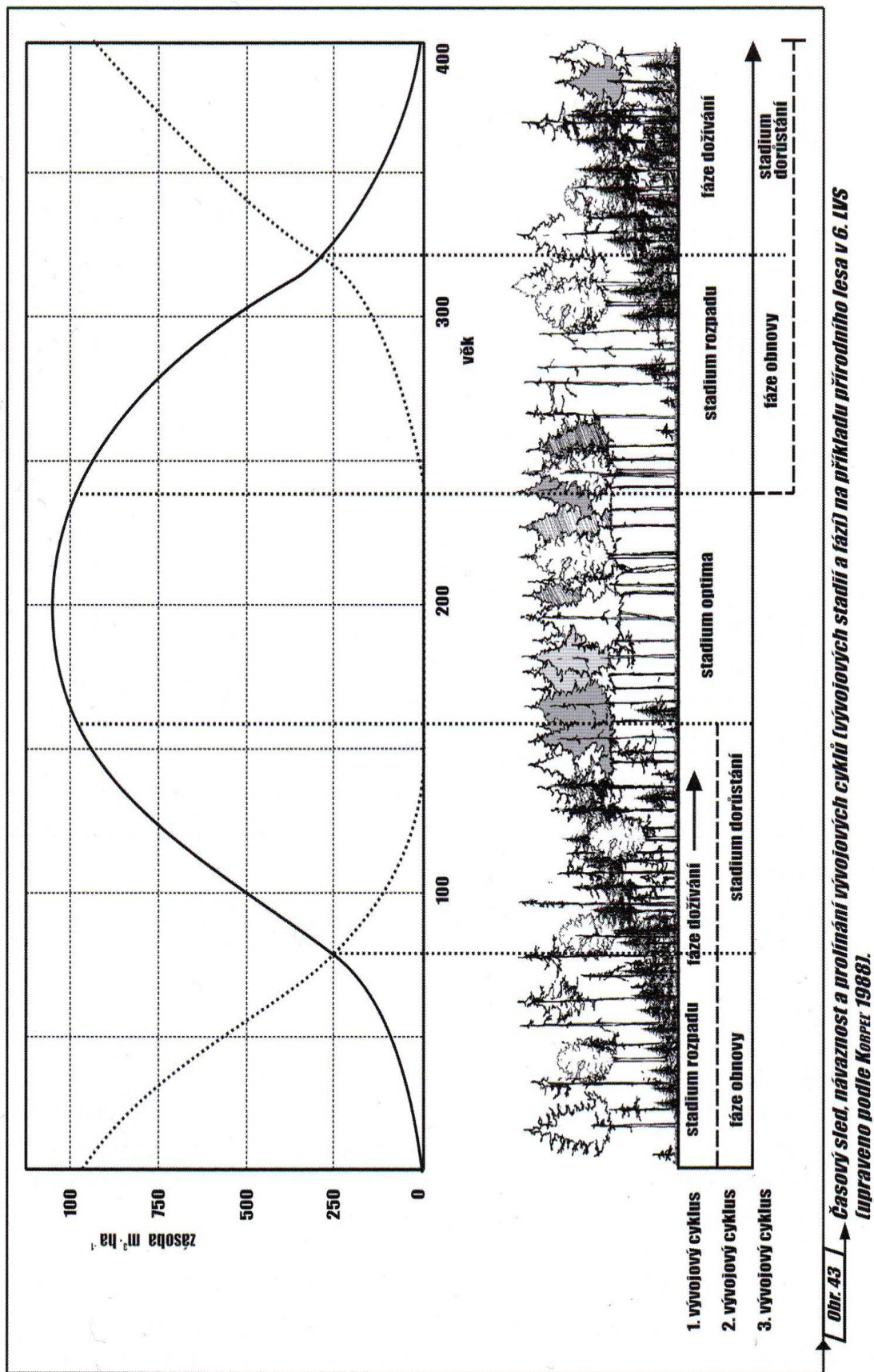
Tabulka 1 - Smíšení lesů (Stav ČR 2015)	44
Tabulka 2 - Přirozená a současná skladba (Stav ČR 2015)	44
Tabulka 3 - Druhové složení lesů (Stav ČR 2015))	45

9. Přílohy

9.1 Obrázky



Obrázek 1 - Vývoj přirozeného lesa - Zdroj: Pěstování lesů I., Poleno Z., 2011



Obrázek 2 - Vývojový cyklus smíšeného lesa v 5.- 6. LVS - Zdroj: Pěstování lesů I., Poleno Z., 2011

9.2 Tabulky

Tabulka 1 - Smíšené lesů (Stav ČR 2015) - Zdroj: (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 1995-2015)

Smíšené lesů

Kategorie smíšení		Porostní skupiny		
		převážně jehličnaté	převážně listnaté	Smíšené
Zastoupení		méně než 25 % listnáčů	méně než 25 % jehličnanů	
% porostní plochy	Etáž	66,1	16,0	17,9
	Porostní skupiny	65,9	15,8	18,3
	Porosty	64,2	9,9	25,9

Poznámka: Od roku 2012 je výpočet prováděn z plochy dřevin.

Pramen: ÚHÚL

Tabulka 2 - Přirozená a současná skladba (Stav ČR 2015) - Zdroj: (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 1995-2015)

Rekonstruovaná přirozená a současná skladba lesů (v %)

Skladba lesů	smrk	jedle	borovice	modřín	ostatní jehličnaté	celkem jehličnaté	dub	buk	habr
přirozená	11,2	19,8	3,4	0,0	0,3	34,7	19,4	40,2	1,6
současná	51,1	1,1	16,6	3,9	0,3	72,9	7,1	7,8	1,3
doporučená	36,5	4,4	16,8	4,5	2,2	64,4	9,0	18,0	0,9
	jasan	javor	jilm	bříza	lípa	olše	ostatní listnaté	celkem listnaté	holina
přirozená	0,6	0,7	0,3	0,8	0,8	0,6	0,3	65,3	0,0
současná	1,4	1,4	0,0	2,8	1,1	1,6	1,6	25,9	1,2
doporučená	0,7	1,5	0,3	0,8	3,2	0,6	0,6	35,6	0,0

Tabulka 3 - Druhové složení lesů (Stav ČR 2015) - Zdroj: (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 1995-2015)

Druhové složení lesů v ha a % z celkové plochy porostní půdy

Dřeviny	Rok					
	2000	2010	2012	2013	2014	2015
	plocha porostní půdy ha / %					
smrk ztepilý	1 397 012	1 347 239	1 334 417	1 327 398	1 319 733	1 315 487
	54,1	51,9	51,4	51,1	50,7	50,6
jedle	23 138	25 869	26 859	27 509	28 251	28 699
	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
borovice	453 159	436 308	432 915	431 721	429 636	428 030
	17,6	16,8	16,7	16,6	16,5	16,5
modřín	97 170	100 761	100 956	100 917	100 749	100 283
	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
ostatní jehličnaté	4 586	6 352	6 941	7 048	7 755	7 846
	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
jehličnaté	1 975 065	1 916 529	1 902 088	1 894 593	1 886 124	1 880 344
	76,5	73,9	73,2	72,9	72,5	72,3
dub	163 761	178 466	182 327	184 180	184 441	185 044
	6,3	6,9	7,0	7,1	7,1	7,1
buk	154 791	189 998	198 652	202 638	207 595	211 835
	6,0	7,3	7,7	7,8	8,0	8,2
bříza	74 560	72 264	71 026	71 628	71 779	71 796
	2,9	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8
ostatní listnaté	183 696	209 559	213 145	215 602	219 363	219 207
	7,1	8,1	8,2	8,3	8,4	8,4
listnaté	576 808	650 287	665 151	674 048	683 178	687 882
	22,3	25,1	25,6	25,9	26,3	26,5
Celkem bez holiny	2 551 873	2 566 816	2 567 239	2 568 641	2 569 302	2 568 227
	98,8	98,9	98,9	98,8	98,7	98,8