

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů



Bakalářská práce

Vliv klimatických faktorů na přírůst dřevin mírného pásu
Climatic factors influence to the broadleaves growth in
temperate forests

Autor BP: Tomáš Nedbal
Vedoucí práce: Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Nedbal

Lesnictví

Název práce

Vliv klimatických faktorů na přírůst listnatých dřevin mírného pásu

Název anglicky

Climatic factors influence to the broadleaves growth in temperate forests

Cíle práce

Zpracovat rešerši s nejnovějšími poznatky týkajícími se vlivu ekologických faktorů na přírůst listnatých dřevin v lesích mírného pásu. Práce by měla být zaměřená zejména na vliv srážek, teplot, celkového charakteru klimatu (oceanický/kontinentální), vlivu nadmořské výšky.

Metodika

1. Zpracování přehledu témat, která se týkají růstu listnatých dřevin mírného pásu, výběr hlavních ekologických faktorů, které mají vliv na výškový a tloušťkový přírůst.
2. Získání základního přehledu na základě publikovaných informací k danému tématu.
3. Zpracování práce po formální stránce.

Doporučený rozsah práce

30 – 35 str.

Klíčová slova

Lesy mírného pásu, listnaté dřeviny, přírůst, dendrochronologie, klimatické faktory

Doporučené zdroje informací

- BURRASCANO S., KEETON S. W., SABATINI F. M., BLASI C. (2012): Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *Forest Ecology and Management*, 291: 458 – 479.
- DITTMAR CH., ZECH W., ELLING W. (2003): Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management* 173: 63 – 78.
- GARCÍA-SUÁREZ A. M., BUTLER C. J., BAILLIE M. G. L. (2009): Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach. *Dendrochronologia* 27: 183–198.
- MAATEN V. D. E. (2012): Climate sensitivity of radial growth in European beech (*Fagus sylvatica* L.) at different aspects in southwestern Germany. *Trees – Structure and Function*, 26(3): 777–788.
- SCHENK J. H. (1995): Modeling the effects of temperature on growth and persistence of tree species: A critical review of tree population models. *Ecological Modeling*, 92: 1-32.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2015

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Vliv klimatických faktorů na přírůst dřevin mírného pásu" vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ivy Ulbrichové, 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 _____

Tomáš Nedbal

Poděkování

Děkuji Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za pomoc a za poznámky při psaní bakalářské práce. Děkuji také za její mnohaletou trpělivost.

Abstrakt

Tato práce shrnuje znalosti o vlivu klimatických faktorů (teploty, srážek, záření) na přírůst listnatých dřevin oblasti temperátních lesů Evropy. Dále se zabývá vlivem změny klimatu na rozšíření dřevin, především buku lesního (*Fagus sylvatica*) a dubů zimního (*Quercus petraea*) a dubu letního (*Quercus robur*).

Abstract

The research summarizes knowledge about the influence of climatic factors on radial growth of broadleaves in temperate zone in Europe. The research follow up with effect of climatic change to distribution of broadleaves species especially beech (*Fagus sylvatica*) and oaks (*Quercus petraea*, *Q. robur*).

Klíčová slova

lesy mírného pásu, listnaté dřeviny, přírůst, dendrochronologie, klimatické faktory

Keywords

temperate forests, broadleaves, radial growth, dendrochronology, climatic factors

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	10
2.1	HODNOCENÍ PŘÍRŮSTU DŘEVIN	10
2.2	RADIÁLNÍ RŮST DŘEVIN	11
2.2.1	STAVBA DŘEVA.....	11
2.2.2	LETOKRUHY	12
2.3	DENDROCHRONOLOGIE	13
2.4	TEMPERÁTNÍ ZÓNA.....	14
2.4.1	ROZŠÍŘENÍ.....	14
2.4.2	KLIMA	15
2.4.3	STROMOVÁ VEGETACE MÍRNÉHO PÁSŮ.....	16
2.5	HLAVNÍ HOSPODÁŘSKÉ LISTNATÉ DŘEVINY STŘEDNÍ EVROPY	17
2.5.1	BUK LESNÍ (<i>Fagus sylvatica</i>)	17
2.5.2	DUB ZIMNÍ (<i>Quercus petraea</i>), DUB LETNÍ (<i>Quercus robur</i>) 19	
2.5.3	JASAN ZTEPILÝ (<i>Fraxinus excelsior</i>)	23
2.6	VLIV KLIMATICKÝCH FAKTORŮ NA PŘÍRŮST	25
2.6.1	TEPLOTA.....	25
2.6.2	SRÁŽKY	27
2.6.3	SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	29
2.6.4	NADMOŘSKÁ VÝŠKA	31
2.6.5	VLIV KONTINENTALITY/OCEANITY KLIMATU	32
2.7	PŘÍZPŮSOBIVOST DŘEVIN VŮČI ZMĚNĚ KLIMATU	33
3	SHRNUTÍ.....	35
4	ZÁVĚR.....	36
5	POUŽITÁ LITERATURA.....	37

SEZNAM TABULEK

Tabulka č.1: *Náročnost listnatých dřevin na světlo*.....

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: *Mikroskopická a makroskopická stavba dřeva kruhovitě pórovitých listnáčů, dub (Quercus)*.....

Obrázek č. 2: *Mikroskopická a makroskopická stavba dřeva roztroušeně pórovitých listnáčů, buk (Fagus)*.....

Obrázek č. 3: *Rozšíření lesů mírného pásma*.....

Obrázek č. 4: *Rozšíření buku lesního (Fagus sylvatica)*.....

Obrázek č. 5: *Rozšíření dubu zimního (Quercus petraea)*.....

Obrázek č. 6: *Rozšíření dubu letního (Quercus robur)*.....

Obrázek č. 7: *Rozšíření jasanu ztepilého (Fraxinus excelsior)*.....

Obrázek č. 8: *Porovnání vztahu květnových srážek a růstové křivky buku*.....

Obrázek č. 9: *Sezónní změny průniku záření do listnatého a jehličnatého porostu vyjádřené relativní ozářenosti vzhledem k hodnotě záření na nezastíněné ploše*.....

Obrázek č.10: *Vývoj růstu Fagus sylvatica ve střední Evropě na stanovištích nízkých (a; 330 – 600 m n. m.) a vysokých (b; 750 – 1350 m n. m.) nadmořských výšek*.....

1 ÚVOD

V Evropě, v oblasti lesů mírného pásu, došlo vlivem antropogenní činnosti ke snižování rozlohy lesů a v důsledku ekonomických zájmů byly lesní půdy přeměněny na půdy zemědělské, ustoupily infrastruktury a došlo k jejich zastavění ve prospěch průmyslu (Kulhavý et al., 2003). V současnosti je proto v hospodářských lesích snaha o co nejvyšší možnou produkci dřevní hmoty, která je jako materiál pro její nízkoenergetickou náročnost při zpracování a obnovitelnost nenahraditelná (Poleno, Vacek a kol., 2011). Na radiální přírůst dřevin, tzn. produkci dřevní hmoty, má vliv několik faktorů, kterými jsou například druh dřeviny, typ stanoviště, kompetice či vitalita daného stromu. Nejdůležitějším faktorem je ovšem klima (Fritts, 1976). Znalost vztahů mezi klimatem a radiálním přírůstem dřevin je pro nás zásadní z důvodu použití vhodných dřevin při zakládání a obnově lesních porostů (Fritts, 1976).

Podrobná znalost vztahu mezi růstem stromu a klimatem je dle Christensen et al. (2007) nezbytná nejen pro studium klimatu v minulosti s možným přesahem i do historických a socio-ekonomických věd, ale také pro určování dopadu předpokládaných klimatických změn na celé lesní ekosystémy. Vlivem klimatických změn a s nimi spojeného globálního oteplování bude dle Schenk (1995) docházet především ke změně geografického rozšíření mnoha temperátních druhů dřevin. Proto bude důležité uvažovat o budoucím zastoupení vhodných druhů dřevin v takto

ovlivněných lesních ekosystémech. Produkce dřevní hmoty bude podle Petritan (2012) závislá právě na tomto výběru vhodných dřevin.

Cílem této práce je shrnout poznatky o vlivu ekologických faktorů na přírůst dřevin v lesích mírného pásu, především pak vlivu teploty, srážek, celkového charakteru klimatu a nadmořské výšky.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 HODNOCENÍ PŘÍRŮSTU DŘEVIN

Základem pro popis vlivu jednotlivých klimatických faktorů na růst stromu je porozumění principu samotného růstu a vývoje dřevin. Růst dřeviny je zvětšení objemu sušiny, s čímž souvisí zvětšení rozměru celého organismu, které je stálé, nevratné. Podstatou růstu je dělení a zvětšování buněk, které probíhá v meristemických pletivech, které se dělí na primární (apikální) a sekundární (laterální). Důležitým sekundárním meristémem je kambium, z jehož iniciál vznikají nová pletiva (Gandelová, Horáček, Šlezingerová, 1996).

Kambium produkuje směrem do středu deuterxylém (sekundární dřevo) a směrem od středu deuterofloém (sekundární lýko). Existují dva typy iniciál v kambiu. Dlouhé vřetenovité iniciály vytváří sekundární pletiva xylému a floému v axiálním směru, skládají se z cév, cévic, parenchymatických a sklerenchymatických buněk. Hlavní funkcí pletiv v axiálním směru je transport vody, minerálních a zásobních látek mezi kořeny a asimilačními orgány. Pletiva v radiálním směru, tvořená

isodiametrickými paprskovými iniciálami, slouží k transportu vody, asimilátů a vzduchu a probíhají v kolmém směru k ose stromu. Činností kambia vzniká tloušťkový (radiální) přírůst, tzv. letokruh (Procházka et al., 1998).

2.2 RADIÁLNÍ RŮST DŘEVIN

2.2.1 STAVBA DŘEVA

K radiálnímu růstu dochází během vegetační sezóny díky činnosti dělivých pletiv – kambia a felogénu. Kruhovitě uspořádané buňky kambia vytváří směrem ke středu stromu dřevo (xylém) a směrem ven lýko (floém). Xylém rozvádí rozpuštěné minerální látky z kořenů do nadzemních částí rostliny. Dřevo má v rostlině funkci mechanickou (opěrnou), transportní a zásobní.

Floém je na rozdíl od xylému tvořen živými buňkami. Jeho funkcí je transport rozpustných látek vzniklých během fotosyntézy (Votrubová, 2010). Listnaté dřeviny mají oproti jehličnanům složitější strukturu. Výraznými prvky jsou především cévy (tracheje). Cévy, které jsou složeny z cévních článků, tvoří podélné vodivé dráhy dlouhé od několika milimetrů a po několik metrů (Klím, 1994).

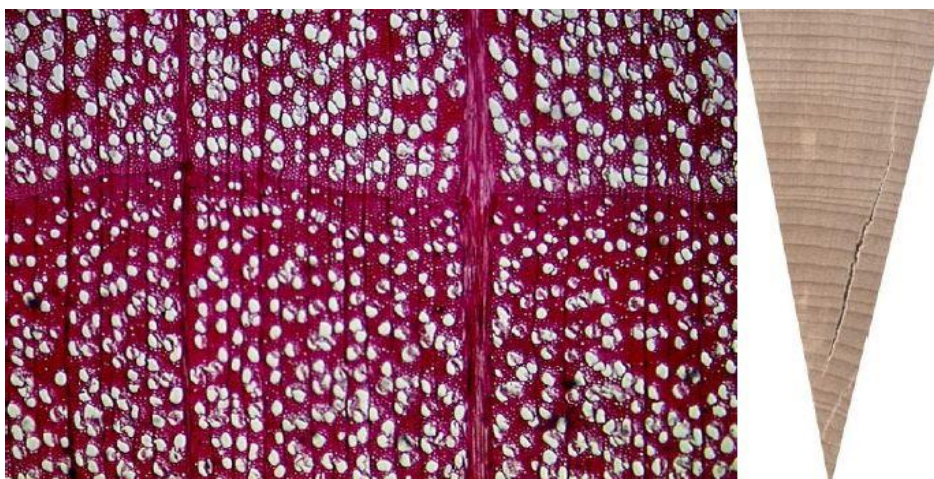
2.2.2 LETOKRUHY

V oblastech, kde dochází ke střídání ročních období a rozdílným klimatickým podmínkám, tvoří dřeviny během jedné vegetační sezóny radiální přírůst zvaný letokruh (Procházka et al., 1998).

Letokruhy jehličnatých dřevin jsou více zřetelné než u listnáčů. Díky vzniku širokých tenkostěnných cév na začátku vegetační sezóny vzniká tzv. jarní dřevo. Oproti tomu později vznikající část letokruhu, tzv. letní dřevo, je tvořena tlustostěnnými zploštělými buňkami. Rozdílnost ve struktuře jednoho letokruhu způsobuje, že díky větší hustotě letního (tmavší část letokruhu) a menší hustotě jarního dřeva (světlejší část letokruhu) vzniká ostrá a jasně rozpoznatelná hranice (Schweingruber, 2007). U listnatých dřevin se po celou dobu vegetační sezóny vytváří buňky s podobnou velikostí a tloušťkou buněčné stěny. Listnaté dřeviny dělíme podle uspořádání cév na dřeviny s kruhovitě pórovitou (Obr.č.1) a roztroušeně pórovitou (Obr.č.2) stavbou dřeva (Schweingruber, 2007). Pro dřevo listnáčů s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva je typické výrazné jarní dřevo v letokruhu. Je tvořeno širokými cévami, které tvoří na začátku letokruhu výrazný pás (makroskopicky viditelný). V letním dřevě jsou cévy úzké a seskupují se zřetelně viditelné struktury. S rostoucí šířkou letokruhu se zvyšuje podíl letního dřeva. Do této skupiny patří dub (*Quercus*), jasan (*Fraxinus*), akát (*Robinia*) a jilm (*Ulmus*) (Slávik, 2004).



Obr. č. 1 Mikroskopická a makroskopická stavba dřeva kruhovitě pórovitých listnáčů, dub (*Quercus*) (<http://www.woodanatomy.ch>)



Obr. č. 2 Mikroskopická a makroskopická stavba dřeva roztroušeně pórovitých listnáčů, buk (*Fagus*) (<http://www.woodanatomy.ch>)

2.3 DENDROCHRONOLOGIE

Studiem tloušťkového (radiálního) růstu dřevin se zabývá obor zvaný dendrochronologie, za jehož zakladatele je považován A. E.

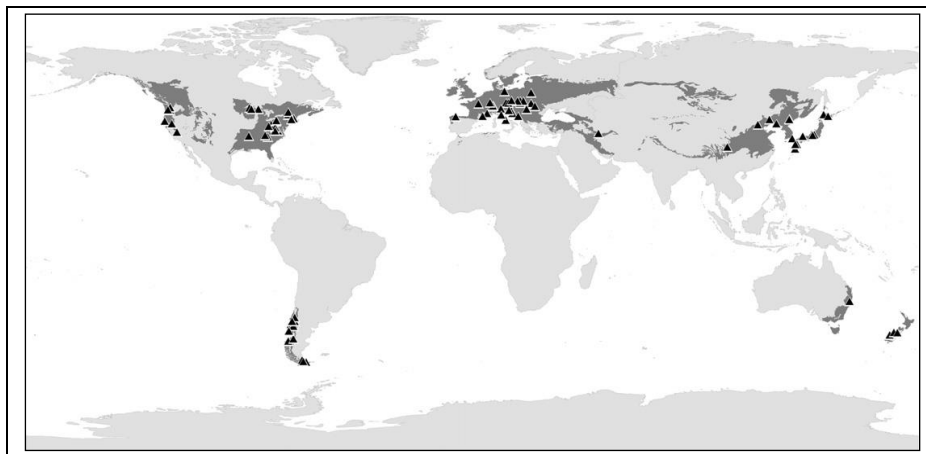
Douglass. Základem dendrochronologie je letokruhová analýza (soubor měřických, matematických a statistických postupů) (Drápela, Zach, 1995). Letokruh obsahuje širokou škálu informací, díky nimž lze popisovat vztahy mezi stromy a prostředím, ve které se nachází. I proto je dendrochronologie úzce spojena s mnoha dalšími obory jako je ekologie, fyziologie rostlin, klimatologie, hydrologie, popřípadě archeologie a historie (Fritts, 1976). Jedním z oborů dendrochronologie je dendroklimatologie zabývající se vlivem teploty, srážek a slunečního záření na radiální přírůst stromů. Konkrétní reakce stromů na jednotlivé faktory je také dána druhem stromu, typem stanoviště a dalšímu vlivy (např. kompeticí) (Schweingruber, 1996). Růst zpravidla není souvislý a pravidelný. V případě listnatých dřevin začíná tloušťkový přírůst na jaře, nejdříve je tomu tak u kruhovitě pórovitých dřevin (ještě před samotným rašením listů) a růst trvá přibližně 4 - 5 měsíců. Listnáče s roztroušeně pórovitým dřevem začínají přirůstat později a délka růstu je 3 – 4 měsíce (Šebík, Polák, 1990). U dřevin neprobíhá jen sezónní periodicitu, ale je rozdílná i rychlost růstu během dne. Pokud jsou přes den vysoké teploty a silné osvětlení, přirůstají dřeviny nejvíce ráno a k večeru (Drápela, Zach, 1995).

2.4 TEMPERÁTNÍ ZÓNA

2.4.1 ROZŠÍŘENÍ

Za oblast rozšíření temperátního listnatého lesa v Evropě je považováno téměř celé její území kromě Skandinávie, Středomoří a

severovýchodu Ruska. Dále se temperátní lesy rozkládají na východě Severní Ameriky, ve východní Asii a v malé oblasti v Chile (obr. č. 3) (Burrascano et al., 2012).



Obr. č. 3. Rozšíření lesů mírného pásma (Burrascano et al., 2012).

2.4.2 KLIMA

Klima oblastí temperátních lesů je závislé především na vzdálenosti od oceánu, kdy je možné sledovat přechod od oceánského klimatu k subkontinentálnímu. Na vzdálenosti dané oblasti od oceánu závisí množství srážek a zimní teploty. Klima oblastí temperátních lesů se vyznačuje maximem srážek v letním období, průměrný roční úhrn srážek je 500 – 1500 mm. Dále se vyznačuje 4 - 6 teplými měsíci s průměrnou červencovou teplotou kolem 20 °C a průměrnou roční teplotou okolo 10 °C (Gandelová, Horáček, Šlezingerová, 1996).

2.4.3 STROMOVÁ VEGETACE MÍRNÉHO PÁSŮ

V závislosti na nadmořské výšce se vylisují jednotlivé vegetační pásma. S rostoucí nadmořskou výškou klesá průměrná roční teplota, a to zhruba 0,7°C na 100 výškových metrů (Moravec a kol., 1994).

Planární (nížinný) stupeň je vymezen do nadmořské výšky zhruba 250 m. Vyšší roční průměrné teploty (7 – 10°C) a nižší roční úhrn srážek jsou optimální především pro růst *Quercus petraea* a *Q. robur* (Moravec a kol., 1994). Duby dobře snášejí sucho, proto jsou v tomto stupni dominantním druhem (Kint et al., 2011). Doprovodné dřeviny jsou jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a habr obecný (*Carpinus betulus*). Typickými společenstvy jsou teplomilné doubravy či lužní lesy. V oblastech lužních lesů má zejména jasan ekologickou hodnotu (Kerr, Cahalan 2004).

V nadmořských výškách 250 (300) m n. m. až 400 (500) m n. m. se nachází kolinní (pahorkatiný) stupeň. Zde roste zastoupení habru a na vlhčích, výše položených stanovištích se na místo dubu tlačí buk. Klimaxem jsou dubohabřiny, acidofilní doubravy.

V submontánním stupni je dominantní dřevinou buk. V nadmořských výškách od 450 (550) do 800 (850) m n. m. se průměrná roční teplota pohybuje od 4 do 7°C. Na optimálních stanovištích, tj. svažitéch a čerstvě vlhkých, může buk tvořit téměř nesmíšené porosty. V nižších nadmořských výškách je možná mírná příměs dubu a habru, ve vyšších polohách na více oglejených stanovištích se může vyskytovat i jedle (*Abies*) (Musil, 2005).

2.5 HLAVNÍ HOSPODÁŘSKÉ LISTNATÉ DŘEVINY STŘEDNÍ EVROPY

Z hospodářského hlediska jsou nejdůležitějšími listnatými dřevinami Evropy buk lesní (*Fagus sylvatica*), dub zimní (*Quercus petraea*), dub letní (*Quercus robur*). Méně ekonomicky významnými zástupci jsou vzhledem k nižšímu zastoupení jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), habr obecný (*Carpinus betulus*) či olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Tyto dřeviny jsou významné ekologicky (Köble, Seufert, 2001).

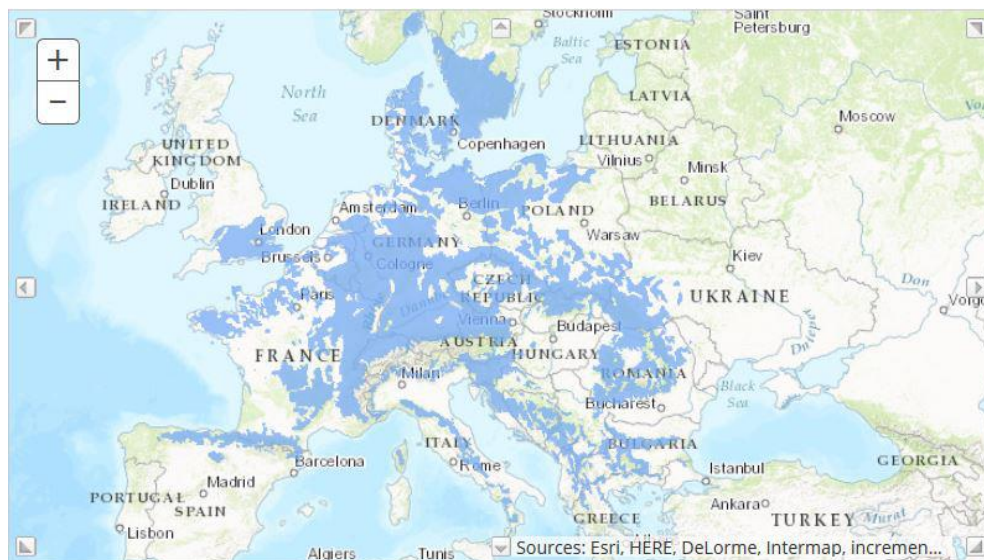
2.5.1 BUK LESNÍ (*Fagus sylvatica*)

2.5.1.1 CHARAKTERISTIKA

Buk lesní (*Fagus sylvatica*) z čeledi bukovité (*Fagaceae*) dorůstá výšky 35 – 40 m a dožívá se 200 – 400 let. Kmen válcovitého tvaru je typický šedou hladkou borkou. Listy jsou eliptické, celokrajné, na okraji zvlňené, zašpičatělé. Na podzim dochází k výraznému zbarvení, od žluté přes červenou po tmavě hnědou. Opad silně ovlivňuje půdní poměry, při dostatku světla a vlhkosti se bukové listí během dvou až tří let docela rozloží. V opačném případě často tvoří silnou vrstvu humusu (Úradníček, Chmelař, 1998).

2.5.1.2 AREÁL ROZŠÍŘENÍ

Jedním z nejdůležitějších a nejrozšířenějších druhů Evropy je buk lesní (*Fagus sylvatica*) (Latte et al., 2015). Celkový areál buku (Obr. č. 4) je od jihu Itálie (Sicílie), přes celou západní a střední Evropu až po jižní okraj Švédska. Na východě tvoří hranici výskytu buku lesního balkánská pohoří, kde je postupně nahrazován bukem východním (*Fagus orientalis*) (Musil, 2005). Vertikální rozšíření buku závisí na zeměpisné šířce, směrem k severní hranici jeho rozšíření se vyskytuje převážně v nadmořské výšce 200 – 300 m n.m., ve střední Evropě jsou optimální polohy mezi 400 – 1000 m nadmořské výšky, v Alpách buk stoupá až na 1500 m nadmořské výšky. V jižní části areálu jeho výskytu najdeme buk v nadmořské výšce 1800 až 2100 m, nesestupuje zde níž než na 1000 – 1300 m (Úradníček, Chmelař, 1995).



Obr. č.4 Rozšíření buku lesního (*Fagus sylvatica*) (www.euforgen.org)

2.5.1.3 EKOLOGICKÉ NÁROKY

Růstové optimum buku se nachází v submontánním stupni, v přechodu do montánního stupně je doplňován jedlí bělokorou (*Abies alba*) (Chytrý, 2012). Pro buk platí, že teplotní minimum je vždy vyšší než 0 °C, optimum se pohybuje v rozmezí 15 – 25 °C a maxima nepřesahují 30 – 35 °C (Luštinec, Žárský, 2005).

Buk je v oblastech s optimálním klimatem pro jeho růst nenáročný na půdu, v Evropě mu prospívá především hnědozemě (Archibold, 1995). Daří se mu na čerstvých, vlhkých, provzdušněných půdách, typické pro výskyt buku jsou kopcovité až horské terény. Vzhledem k velké citlivosti na sucho nejsou pro buk vhodná stanoviště s ročním úhrnem srážek pod 600 mm, optimum se pro něj v Evropě nachází okolo 1 000 mm. Buk nesnese dlouhodobé zamokření (Musil, 2005).

Buk je vzhledem k zastínění nejtolerantnější listnatou evropskou dřevinou. Mladé bukové porosty propustí díky širokému rozvětvení a velkému zalistění jen minimum světelného záření. V takových podmínkách může dojít ke vzniku čistě bukového porostu (Poleno et al. 2009).

2.5.2 DUB ZIMNÍ (*Quercus petraea*), DUB LETNÍ (*Quercus robur*)

2.5.2.1 CHARAKTERISTIKA

Duby letní (*Quercus robur*) a zimní (*Quercus petraea*) dorůstají výšek okolo 30 – 40 metrů, mohou však dosahovat výšky až 50 m a výčetního průměru přesahujícího až 4 m (www.euforgen.org) Dub je dlouhověká

dřevina, která dosahuje stáří 400-500 let, ale jsou i případy, kdy jeho věk přesahuje 1000 – 1500 let. Výškový růst končí ve 120ti-200 letech. Kmen se již ve výšce několika metrů větví v nepravidelnou, rozložitou korunu se silnými zakřivenými a uzlovitými větvemi. V mládí má hladkou, leskle zelenou nebo bělošedou borku, se zvyšujícím se věkem je borka brázditá (u některých forem až hluboce brázditá), šedohnědá nebo červenavá. Dub je slunná dřevina, avšak v prvních letech života vydrží zastínění, vytváří světlé porosty, což umožňuje existenci dalších stinnějších dřevin v nižších patrech (Svoboda, 1955).

2.5.2.2 AREÁL ROZŠÍŘENÍ

Dub zimní (*Quercus petraea*) se vyskytuje na území západní, střední a jihovýchodní Evropy. Severní hranice rozšíření je jižní část Švédska, na východě jsou to řeky Bug a Dněstr (Obr. č. 5) Dub letní má stejný areál rozšíření jako dub zimní, avšak jeho východní hranice je posunuta až po východní Ukrajinu a jihozápadní část Ruska (Obr. č. 6) (www.eufrogen.org). Dub je teplomilná dřevina špatně snášející velmi silné mrazy. Oproti buku je dub odolnější vůči pozdním mrazům. Neroste na mokřích půdách (Musil, 2005).



Obr. č.5 Rozšíření dubu zimního (*Quercus petraea*) (www.euforgen.org)



Obr. č.6 Rozšíření dubu letního (*Quercus robur*) (www.euforgen.org)

2.5.2.3 EKOLOGICKÉ NÁROKY

Dub je značně náročný na teplotu, během vegetačního období vyžaduje průměrnou teplotu okolo 12 °C, vysoké teploty mu neškodí. Škody působené větrem jsou minimální vzhledem k mohutné rhizosféře, která zaručuje jeho stabilitu. Vyhovuje mu jižní, jihozápadní a západní expozice (Kříž, 1973). Za jeden z hlavních řídicích faktorů, který nejvíce ovlivňuje nástup a délku fenofází u dubu lze považovat průměrnou denní a dále maximální teplotu vzduchu (Bartošová, Žalud, 2008). Počátek rašení listů probíhá při teplotách nad 0 °C (Škvareninová et al., 2007). Jarní a letní vysoké teploty vzduchu spojené se suchem mají přímou souvislost s malým tloušťkovým přírůstem dubu (Cedro, 2007).

Dub letní (*Quercus robur*) je náročný na stanovištní poměry, na minerální a organický obsah půdy a nejlépe roste a nejvyšších výnosů dosahuje na půdách hlubokých, bohatých a hlinitých a čerstvě vlhkých (Musil, 2005). Dub letní (*Quercus robur*) snáší jarní záplavy před dobou rašení v délce do 14 dnů, delšími záplavami trpí, v lužním lese proto roste na vyvýšených místech mimo dosah vysoké vody (Úradníček, Chmelař 1995). Lužní ekotyp má značné nároky na vláhu, snáší i jarní záplavy, hladina podzemní vody musí být vysoká. Lesostepní ekotyp se vyznačuje schopností růstu na mělkých a v létě vysychajících půdách (Slávik, 2004). Společně s dubem zimním (*Quercus petraea*) roste dobře i na sprašových půdách. (Musil, 2005).

2.5.3 JASAN ZTEPILÝ (*Fraxinus excelsior*)

2.5.3.1 CHARAKTERISTIKA

Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) je největším zástupcem rodu *Fraxinus*. Strom s přímým kmenem se v dospělosti dorůstá výšky 25 – 40 m, dožívá se věku okolo 250 let (Musil, 2005). V lesním prostředí je pro jasan typická nepravidelná koruna se silnými větvemi. Jasan je opylován větrem (www.euforgen.org).

2.5.3.2 AREÁL ROZŠÍŘENÍ

Přirozené rozšíření jasanu ztepilého pokrývá většinu Evropy, na západě od břehů Atlantského oceánu po východ, kde pomyslnou hranici tvoří řeka Volha. Za severní hranici se považuje 64° severní šířky v Norsku, za jižní 37° dosahující na sever Íránu (Obr. č. 7) (www.euforgen.org). Výskyt jasanu v ČR je možné zaznamenat od nížin po podhorské až horské oblasti. V nížinách je často součástí lužních lesů. Za horní hranici rozšíření pro ČR jsou považovány oblasti okolo 1000 m n.m. (Musil, 2005). V Pyrenejích je monitorován výskyt jasanu ztepilého v nadmořské výšce okolo 1750 m n. m. (www.euforgen.org).



Obr. č.7 Rozšíření jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*)
(www.euforgen.org)

2.5.3.3 EKOLOGICKÉ NÁROKY

Jasan ztepilý je v mládí tolerantní na zastínění, postupem času ho snáší méně a v dospělosti je považován za světlomilnou dřevinu. Je velmi citlivý na pozdní a silné mrazy, kdy často dochází k poškození terminálního pupenu a tvorbě vidlic. Optimálně roste na hlubších, dostatečně vlhkých půdách, snese krátkodobé zaplavení (Musil, 2005).

2.6 VLIV KLIMATICKÝCH FAKTORŮ NA PŘÍRŮST DŘEVIN

2.6.1 TEPLOTA

Teplota vzduchu je jedním z hlavních faktorů, ovlivňujících radiální růst stromů. Výrazně ovlivňuje základní životní procesy dřevin jako je transpirace, respirace a asimilace (Procházka et al., 1998).

Pro růst a vývoj dřevin rostoucích v temperátní zóně je určující především roční periodicitu teplot (Procházka et al., 1998). Pro oblast střední Evropy jsou charakteristické teplé letní měsíce s průměrnými hodnotami okolo 16°C a studené zimní měsíce, kdy se průměrná teplota pohybuje okolo – 2°C. Pro produkci a růst dřevin jsou optimální teploty od 5 do 40 °C (Dittmar et al, 2003). Při extrémních teplotách je u dřevin pozastaven příjem oxidu uhličitého, důležitého pro fotosyntézu, a je tedy možné stanovit jejich teplotní minimum, optimum a maximum růstu (Dittmar et al, 2003).

V oblastech listnatých opadavých lesů je hlavním faktorem ovlivňujícím délku vegetačního období, tedy období radiálního přírůstu stromu, především teplota na začátku jara. Obecně platí, čím vyšší jsou jarní teploty, tím delší je vegetační sezóna (Butt et al., 2014). Pozitivní vliv vysokých teplot na začátku vegetačního období na šířku letokruhů zmiňuje také Dittmar et al. (2003). Ten dále popisuje, že vysoké teploty ve druhé polovině vegetačního období spojené s nedostatkem vody šířku letokruhů nijak výrazně nemění.

Radiálním přírůstem dubů ve vztahu ke klimatu se na jižní Moravě zabýval Doležal et al.(2010). Výsledky této práce ukazují na to, že

tvorba jarního dřeva u dubu je úzce spojena s teplotami během podzimu a zimy předcházející vegetačnímu období. Větší přírůsty jarního dřeva byly totiž zjištěny v obdobích, kterým předcházely teplé měsíce říjen a listopad a teplé a na dešťové i sněhové srážky chudé měsíce leden a únor (Doležal et al., 2010). Haneca et al. (2009) popisuje, že na růst dubu mají pozitivní vliv také vysoké teploty během měsíců května, června a července.

Vzhledem k širokému rozšíření buku lesního (*Fagus sylvatica*) a rozdílným mikroklimatickým podmínkám nelze jasně stanovit klimatické optimum pro jeho růst. Podle García-Suárez et al. (2009) je šířka letokruhů u buku lesního ovlivněna spíše srážkami a půdní vlhkostí než teplotou a slunečním zářením. Felbermeier (1993) zmiňuje fakt, že vysoké přírůsty buku se ve střední Evropě objevují v oblastech s vyššími teplotami. Za dobré podmínky pro růst buku považuje Felbermeier (1993) stanoviště s průměrnými ročními teplotami okolo 7 až 8 °C a průměrným ročním úhrnem srážek okolo 600 až 700 mm. Negativní vliv vysokých teplot na přírůst buku a jasanu oproti tomu popisují Kerr, Cahalan (2004). Podle Joyce et al. (1998) je buk schopen krátkodobě snášet i vysoké teploty pokud má ovšem během roku dostatek srážek (průměrné roční srážky okolo 750 mm).

V oblastech severního výskytu buku lesního v Evropě, tedy na jižním okraji Švédska, se pohybují průměrné zimní teploty okolo -5°C, což jsou teploty pro výskyt buku lesního velmi limitující a přírůst dřevní hmoty je tak velmi nízký.

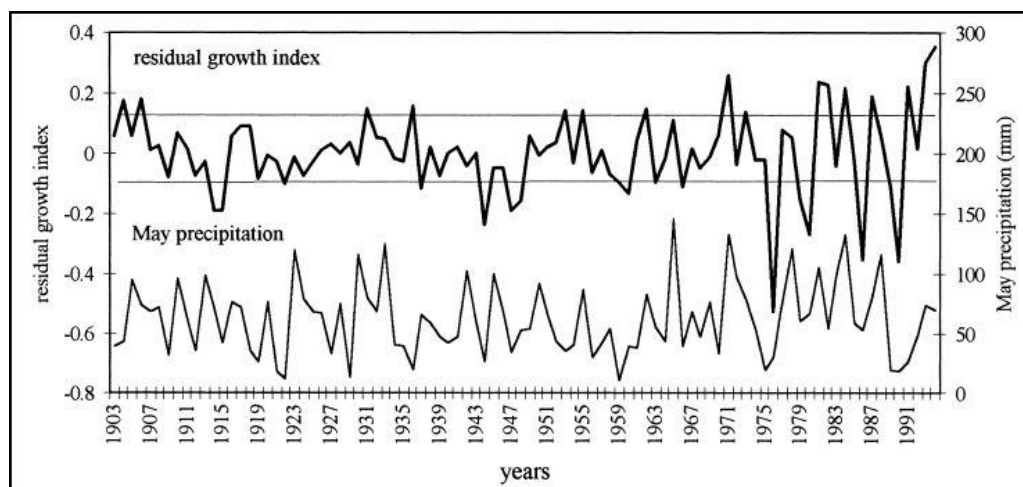
2.6.2 SRÁŽKY

Dostupnost vody v půdě je hlavním limitujícím faktorem pro růst stromu. V temperátní zóně a ve střední Evropě ovlivňují srážky růst stromu hlavně v nižších nadmořských výškách (Fritts, 1976). Množství a rozdělení srážek během roku jsou hlavní klimatotvorné faktory daného prostředí. Pokud v daném prostředí převyšuje výpar nad srážkami, dochází k uzavírání průduchů, což způsobuje omezení příjmu uhlíku a zpomalení růstu dřevin (Butt et al., 2014). Na území střední Evropy se celkový roční úhrn srážek v závislosti na konkrétní oblasti pohybuje od 450 – 1500 mm (Procházka et al., 1998).

Obsah vody v půdě na určité ploše je celkově ovlivněn množstvím srážek, hladinou podzemní vody, vlastnostmi půdy a vegetačním pokryvem, který výrazně ovlivňuje množství srážek, které se do půdy dostane (Procházka et al., 1998). Stromy rostoucí na stanovištích s nízkou dostupností vody jsou ve srovnání se stromy rostoucími na příznivějších stanovištích citlivější na klimatické změny (Michelot et al., 2011).

Podle Michelota et al. (2011), na srážky chudé roky způsobují u buku a dubu pokles radiálního přírůstu. To dokazuje pozitivní korelace mezi šířkou letokruhů a množstvím srážek. Růst stromu ovlivňují hodnoty srážek především v období od května do července (Obr. č. 8) (Michelot et al., 2012; Penninckx et al., 1999; Haneca et al., 2009). Šířka letokruhů dubu zimního (*Quercus petraea*) je ve shodě s klimatickými faktory předchozího vegetačního období, tj. široké letokruhy se objevují v letech,

kterým předcházely vysoké srážky během podzimních měsíců října a listopadu (Haneca et al., 2009). Také podle García-Suárez et al. (2009) jsou z hlediska srážek nejdůležitějšími měsíci ovlivňujícími šířku letokruhů u dubu, buku a jasanu říjen a listopad předešlého a květen až červenec aktuálního roku.



Obr. č. 8 Porovnání vztahu květnových srážek a růstové křivky buku (Penninckx et al., 1999).

Roztroušeně pórovité listnaté dřeviny při extrémním suchu během vegetační sezóny snižují počet buněk jarního dřeva a naopak vytváří dřevo letní. U kruhovitě pórovitých listnáčů se růst přerušuje a tím vznikají zóny v jarním dřevě (Schweingruber, 2007). Důsledkem sucha může být částečná ztráta olistění, popřípadě se olistění vůbec nevytvoří (van der Maaten, 2012).

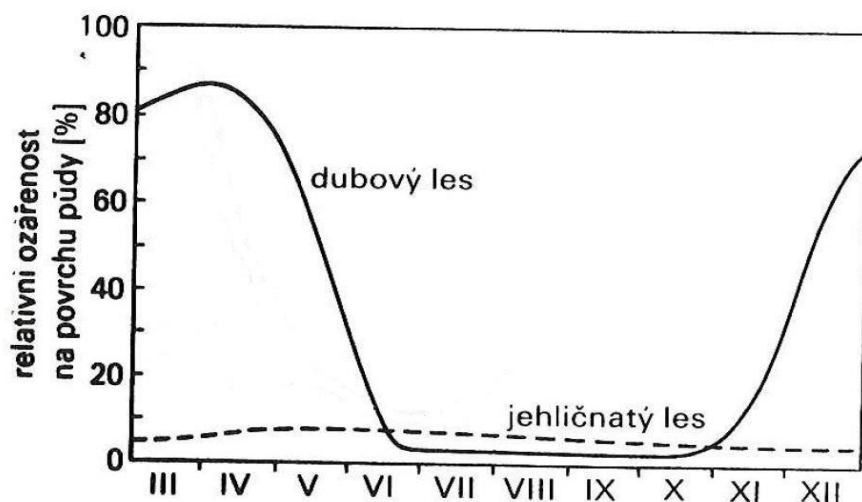
Podle Doležal et al. (2010) vykazuje jarní dřevo u dubu nižší přírůst zejména tehdy, jsou-li během měsíců ledna a února vysoké (sněhové /

dešťové) srážky. Dub letní (*Quercus robur*) je dle Doležal et al. (2010) negativně ovlivněn i vysokými dubnovými srážkami, kdy jarní dřevo opět tvoří menší přírůst.

Tvorba letního dřeva u dubu je úzce spojena s množstvím srážek současné vegetační sezóny, pozitivně ji ovlivňuje dostatek srážek během května a června (Doležal et al., 2010). V oblasti jižní Moravy je průměrný úhrn srážek v květnu a červnu 75 a 94mm (v letech 1899 – 2006). Roky, kdy byly naměřeny (z letokruhové analýzy) malé hodnoty přírůstu oproti průměru, se vyznačovali nízkými úhrny srážek právě během května a června, např. rok 1992 (květen 18mm), 1976 (červen 35mm), 1973 (květen 25mm a červen 40mm), 1970 (květen 27mm) (Doležal et al., 2010).

2.6.3 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Rotace Země (střídání dne a noci), oběh Země kolem Slunce (roční perioda) a rozdílná sluneční aktivita způsobují sezónní změny v záření. Nejdůležitějším zářením z hlediska produkce je fotosynteticky aktivní záření (označováno FAR), které je ve spektru viditelného světla (Procházka et al., 1998). Radiální bilance lokality výrazně ovlivňují lesní ekosystémy. Množství světla v lesních porostech určuje především typ porostu. Rozdíl mezi intenzitou světla v listnatém porostu během vegetačního období a mimo něj se výrazně liší (obr. č. 9). Stejně tak je tomu při porovnání porostu listnatého a jehličnatého (Chroust, 1997).



Obr. č. 9 Sezónní změny průniku záření do listnatého a jehličnatého porostu vyjádřené relativní ozáření vzhledem k hodnotě záření na nezastíněné ploše (Slavíková, 1986).

Pro růst buku je vzhledem k nižším teplotám a vyšším srážkám ve vyšších nadmořských výškách zejména sluneční záření hlavním limitujícím faktorem (Dittmar et al., 2003).

Dub je velmi citlivý nejen na vlhké půdy, ale především na zástin (Tab.č.1). Vyhovují mu suchá a teplá stanoviště.

Klasifikace	Dřeviny	Charakteristika	
velmi náročné	bříza bělokorá a pýřitá, osika obecná, třešeň ptačí, olše lepkavá, dub letní	dřeviny slunné	dřeviny pionýrské
náročné	olše šedá, jasan ztepilý, dub zimní, ořešák královský	dřeviny poloslunné	
středně náročné	jilm habrolistý a vaz, jeřáb břek, javor mléč a babyka, lípa velkolistá	dřeviny nevyhraněné	
stín snášející	jilm horský, habr obecný, javor klen, kaštanovník jedlý, lípa malolistá	dřeviny polostinné	dřeviny klimaxové
stín velmi dobře snášející	buk lesní	dřeviny stinné	

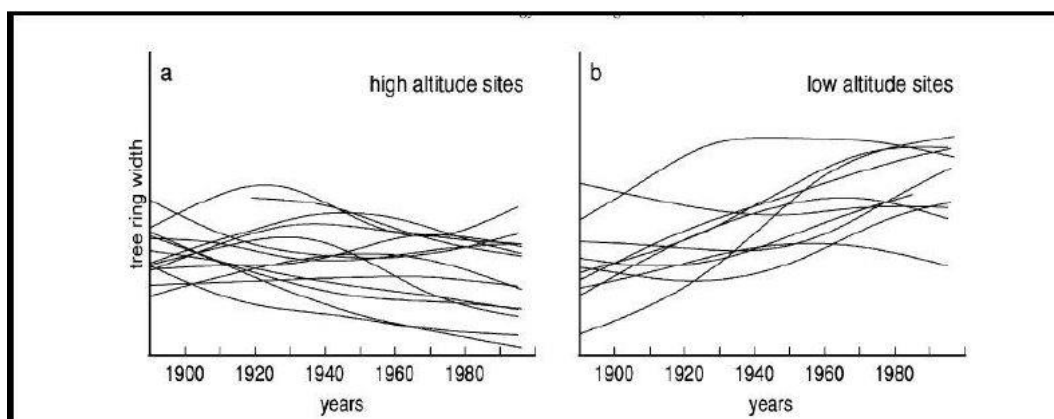
Tab. č 1. Náročnost listnatých dřevin na světlo (Poleno, Vacek a kol., 2011, upraveno).

2.6.4 NADMOŘSKÁ VÝŠKA

Vliv klimatických podmínek na přírůst stromu se stává výraznější s ekologickými limity druhu (Fritts, 1976). Výskyt jednotlivých druhů dřevin v různých nadmořských výškách je ovlivněn také zeměpisnou šířkou. Severnější stanoviště díky klesající teplotě neumožňují výskyt dřevin ve stejných nadmořských výškách, jako je tomu v oblastech, které leží více na jihu. Fang, Lechowicz (2006) dále doplňují, že nejvýraznější reakce na klimatické změny je možné pozorovat v nízkých nadmořských výškách a zvláště na jižně orientovaných svazích.

Ve střední Evropě je rozdíl v přírůstech buku rostoucích v nízkých a naopak vysokých nadmořských výškách zřetelný (Obr. č. 10) (Dittmar et al., 2003). V oblastech nízkých nadmořských výšek se během letních měsíců při nízkých teplotách a vysokých srážkách tvoří široké letokruhy

(Schenk, 1995). Naopak ve vyšších nadmořských výškách je radiální růst pozitivně ovlivňován vyššími teplotami a menším množstvím srážek (Dittmar et al., 2003).



Obr. č. 10. Vývoj růstu *Fagus sylvatica* ve střední Evropě na stanovištích nízkých (a; 330 – 600 m n. m.) a vysokých (b; 750 – 1350 m n. m.) nadmořských výšek (Dittmar et al., 2003).

2.6.5 VLIV KONTINENTALITY/OCEANITY KLIMATU

Evropské klima je teplejší než klima ve srovnatelných zeměpisných šířkách v Severní Americe nebo ve východní Asii. Je to způsobeno převládajícími západními a severozápadními větry, které jsou ohřívány Golfským proudem (Chytrý, 2012).

Teploty obecně klesají od jihu k severu a od západu k východu se zvětšuje rozdíl mezi letními a zimními teplotami. Roční úhrn srážek v oblasti střední Evropy je 500 – 1500 mm, přičemž letní období je na srážky bohatší (Chytrý, 2012).

Klima v oblasti středoevropského opadavého listnatého lesa je přechodem mezi oceánským a kontinentálním. Nese jak prvky kontinentálního klimatu (převládajícího na asijské pevnině) jako např. převažující letní srážky nad zimními či chladné zimy s teplotami nezdědky klesajícími k -20°C (v extrémech i více), tak i prvky oceánského klimatu jako například menší denní amplituda teplot (Schweingruber, 1996).

2.7 PŘIZPŮSOBIVOST DŘEVIN VŮČI ZMĚNĚ KLIMATU

Vliv činností člověka na klima je stále silnější. Klimatická pozorování prokazují existenci postupného globálního oteplování (Lindner et al., 2010). Podle Hansena et al. (2006) vzrostla průměrná roční teplota v Evropě za posledních 120 let o $0,8^{\circ}\text{C}$. Christensen et al. (2007) uvádí, že dle posledních klimatických scénářů vzroste teplota ve střední Evropě do roku 2100 o zhruba 3°C . Rovněž vzroste koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, což může vést ke zvýšení fotosyntézy. Rychlost růstu stromů se ovšem nemusí úměrně zvyšovat s rostoucí fotosyntézou, a to kvůli jiným omezujícím faktorům, kterým může být například špatná dostupnost živin (Lindner et al., 2010).

Lesní ekosystémy jsou na změnu klimatu obzvláště citlivé, a to především pro jejich dlouhověkost. Např. v zemědělství je možné reagovat na změnu klimatu v řádu jednotek či desítek let, u lesních porostů jde ale o horizont minimálně stovky let (Hlásny et al., 2011).

Vliv zvýšení teploty vzduchu na lesní ekosystémy se v Evropě bude různě lišit v závislosti na poloze stanoviště. Lindner et al. (2010) předpokládá, že vyšší teploty povedou k prodloužení vegetačního období, což může vést ke zvýšení celkové produkce v mírných oblastech. Naopak k poklesu růstu dřevin vlivem vyšších teplot může docházet v oblastech stresovaných špatnou dostupností vody. V souvislosti s předpokládanými mírnějšími zimními obdobími může dle Lindner et al. (2010) docházet v případě náhlých silných mrazů k poškození například bukových porostů.

Vzhledem ke globálnímu oteplování bude podle Schenk (1995) docházet především ke změně geografického rozšíření mnoha temperátních druhů dřevin. Lze předpokládat, že například areál dubu se bude postupně rozšiřovat jak do větších zeměpisných šířek, tak do vyšších nadmořských výšek (Lindner et al., 2010).

3 SHRNUÍ

Radiální přírůst listnatých dřevin mírného pásu je ovlivňován celou řadou biotických a abiotických faktorů. Hlavními abiotickými faktory, které na růst dřevin působí, jsou teplota vzduchu, srážky a nadmořská výška.

Různé druhy dřevin reagují na různé klimatické faktory, některé jsou více citlivé na teplotu, jiné zase na vlhkost. Dittmar et al. (2003) a Butt et al. (2014) se shodují, že největší roli v tloušťkovém přírůstu dřevin hraje teplota především na začátku vegetačního období. Podle Kerr, Cahalan (2004) a Haneca et al. (2009) mají vysoké teploty v období května až července na přírůst jednotlivých druhů rozdílný vliv, zatímco dub za těchto podmínek prospívá, radiální přírůst jasanu a buku je negativně ovlivněn. Doležal et al. (2010) prokázal pozitivní vliv podzimních teplot předcházejícího roku na přírůst dubu.

Kromě teploty vzduchu je dalším limitujícím faktorem pro růst stromu dostupnost vody. Michelot et al. (2012), Haneca et al. (2009) a Penninckx et al. (1999) shodně tvrdí, že vyšší srážky během měsíců května, června a července mají pozitivní vliv na přírůst dřevin ve stávajícím roce. Haneca et al. (2009) a García-Suárez et al. (2009) dále prokázali pozitivní korelaci mezi vysokým úhrnem srážek v měsících říjen a listopad předešlého roku a šířkou letokruhu. Negativní vliv na přírůst dubu způsobený vysokými srážkami během ledna a února zaznamenal Doležal et al. (2010).

V různých nadmořských výškách dochází k rozdílným reakcím na jednotlivé klimatické faktory. Široké letokruhy vznikají dle Dittmar et al. (2003) v nízkých nadmořských výškách při nízkých teplotách a vysokých

srážkách a naopak ve vysokých nadmořských výškách při vysokých teplotách a nízkých srážkách.

Velkou roli v lesních ekosystémech temperátních lesů bude v budoucnu hrát globální oteplování. V oblasti lesů mírného pásu lze předpokládat vyšší produkci dřeva díky vyšší teplotě vzduchu, zároveň v oblastech stresovaných špatnou dostupností vody Lindner et al. (2010) předpokládá pokles přírůstu.

4 ZÁVĚR

Ze získaných poznatků o problematice vlivu klimatických faktorů na přírůst dřevin lesů mírného pásu jasně vyplývá, že je tento vliv nepopiratelný. Různé druhy dřevin reagují na různé klimatické faktory, některé jsou více ovlivňovány teplotou vzduchu, jiné zase srážkami. Znalost těchto vztahů je důležitá nejen v současnosti pro produkci dřevní hmoty, ale vzhledem k postupnému globálnímu oteplování i v budoucnosti, kdy bude potřeba brát na vědomí posouvání hranic areálů rozšíření jednotlivých dřevin.

5 POUŽITÁ LITERATURA

ARCHIBOLD, O., 1995. Ecology of world vegetation. 1. vyd. Londýn: Chapman & Hall, 1995. 510 s. ISBN 0412442906.

BARTOŠOVÁ, L.; ŽALUD, Z., 2008. The process and development of phenophases of selected plants in south Moravia in 1961–2007. In: Proc. Int. PhD. Conf. Brno. 2008.

BURRASCANO, S., KEETON, S. W., SABATINI F. M., BLASI, C. (2012): Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *Forest Ecology and Management* 291 (2013), 458 – 479.

BUTT, N., et al. (2014): Relationships between tree growth and weather extremes: Spatial and interspecific comparisons in a temperate broadleaf forest, *Forest Ecology and Management* 334 (2014) 209–216.

CEDRO, A. (2007). Tree-ring chronologies of downy oak (*Quercus pubescens*), pedunculate oak (*Q. robur*) and sessile oak (*Q. petraea*) in the Bielinek Nature Reserve: Comparison of the climatic determinants of tree-ring width. *Geochronometria*, 26(1), 39-45.

DITTMAR, CH., ZECH, W., ELLING, W., (2003): Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management* 173 (2003), 63 – 78 s.

DOLEŽAL, J.; MAZŮREK, p.; KLIMEŠOVÁ, J., (2010): Oak decline in southern Moravia: the association between climate change and early and late wood formation in oaks, *Preslia* 82: 289–306, 2010

DRÁPELA, K., ZACH, J. (1995): *Dendrometrie (Dendrochronologie)*. MZLU, Brno, 149 s.

FANG, J., LECHOWICZ, M.,J., (2006): Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus* L.) species in the world, *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)* (2006) 33, 1804–1819

FELBERMEIER, B., (1993): The influence of climatic changes on the distribution of tree species. A study of methods and regional estimation for beech (*Fagus sylvatica*) in Bavaria. *Forstliche Forschungsberichte*, München: 134 s.

FRITTS, H. C. (1976): *Tree Rings and Climate*. London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s

GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J. (1996): Nauka o dřevě. MZLU, Brno, 184 s.

GARCÍA-SUÁREZ, A. M., BUTLER, C. J., BAILLIE, M. G. L. (2009): Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach. *Dendrochronologia* 27(2009), 183–198.

HANECA, K. et al. (2009): Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science* 36, 1 – 11.

HLÁSNY, T., et al (2011): Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe, *CLIMATE RESEARCH*, Vol. 47: 219–236,

CHRISTENSEN J. H., HEWITSON B., BUSUOIC A., CHEN A., GAO X., HELD R., JONES R, Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 996 s.

CHROUST, L. (1997): Ekologie výchovy lesních porostů. VÚLHM, Opočno, 280 s.

CHYTRÝ M. (2012): Vegetation of the Czech Republic: diversity, ecology, history and dynamics. *Preslia*, 84, s. 427–504.

JOYCE P. M., HUSS J., MCCARTHY R., PFEIFER A., HENDRICK E., 1998: Growing broadleaves: silvicultural guidelines for ash, sycamore, wild cherry, beech and oak in Ireland. COFORD, Dublin: 144 s.

KERR, G., CAHALAN, CH. (2004): A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecology and Management* 188 (2004), 225–234.

KINT, V., et al. (2011): Radial growth change of temperate tree species in response to altered regional climate and air quality in the period 1901–2008; *Climatic Change* (2012) 115:343–363

KLIMO, E., (1994): Ekologie lesa. /Ecology of the Forest/. Brno, VŠZ v Brně, 170 s.

KŘÍŽ, Z., 1973. Lesnícka botanika. 1. vyd. Bratislava: Příroda, Lesnictvo a poľovníctvo, 1973. 442 s. ISBN 64-008-73.

KULHAVÝ, J., BEDNÁŘOVÁ, E., ČERMÁK, J., HADAŠ, P., KAMLEROVÁ, K., KANTOR, P., KLIMO, E., KNOTT, R., KŘÍSTEK, J., KUČERA, J.,

KULA, E., PALÁT, M., PRAX, A., SUCHOMEL, J. Ekologie lesa. CD disk. Brno, MZLU, 2003. 220 s.

LATTE, N., LEBOURGEOIS, F., CLAESSENS, H., (2015): Increased tree-growth synchronization of beech (*Fagus sylvatica* L.) in response to climate change in northwestern Europe; *Dendrochronologia* 33 (2015) 69–77

LENDZION, J., LEUSCHNER, CH., (2008): Growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings is limited by elevated atmospheric vapour pressure deficits, *Forest Ecology and Management* 256 (2008) 648–655.

LINDNER, M., et al (2010): Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *Forest Ecology and Management* 259 (2010) 698–709

LUŠTINEC, J.; ŽÁRSKÝ, V., 2005. Úvod do fyziologie vyšších rostlin. Praha: Karolinum, 2005. 261 s. ISBN 80-246-0563-5 (brož.).

MAATEN, v. d. E. (2012): Climate sensitivity of radial growth in European beech (*Fagus sylvatica* L.) at different aspects in southwestern Germany. *Trees - Structure and Function*, 26(3), 777–788.

MICHELOT, A., BRÉDA, N., DAMESIN, C., DUFRENE, E., (2012): Differing growth responses to climatic variations and soil water deficits of *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* in a temperate forest, *Forest Ecology and Management* 265 (2012) 161–171

MORAVEC, j., (1994): Fytocenologie (nauka o vegetaci), Academia Praha, 403 s.

MUSIL, I., 2003: Lesnická dendrologie 4. Listnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita v Praze: 352 s.

PENNINCKX, V., MEERTS, P., HERBAUTS, J., GRUBER, W. (1999): Ring width and element concentrations in beech (*Fagus sylvatica* L.) from a periurban forest in central Belgium. *Forest Ecology and Management*, 113, 23±33.

PETRITAN, M., A., (2012): Structure and diversity of a natural temperate sessile oak (*Quercus petraea* L.) – European Beech (*Fagus sylvatica* L.) forest; *Forest Ecology and Management* 280 (2012) 140–149

POLENO, Z., VACEK, S. a kol. (2011): Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 320 s.

PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KRKULE, J., ŠEBÁNEK, J. a kol. (1998): Fyziologie rostlin. Academia Praha, 484 s.

SCHENK, J. H., (1995): Modeling the effects of temperature on growth and persistence of tree species: A critical review of tree population models. *Ecological Modeling* 92 (1996) 1-32

SCHWEINGRUBER F. H. (1996): *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf. Paul Haupt Publishers, Berne, Stuttgart, Vienna, 609 s.

SCHWEINGRUBER F. H. (2007): *Wood Structure and Environment*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 279 s.

SLÁVIK, M., 2004 *Lesnická dendrologie*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. 80 s. ISBN 80-213-1242-4.

SLAVÍKOVÁ, J., (1986): *Ekologie rostlin*. Praha, SPN, 368 s.

SVOBODA, P., 1955. *Lesní dřeviny a jejich porosty*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955. 573 s.

ŠEBÍK, L., POLÁK, L. (1990): *Náuka o produkci dřeva*. Příroda, Bratislava, 322 s.

ŠKVARENINOVÁ, J.; DOMČEKOVÁ, D.; SNOBKOVÁ, Z.;
ŠKVARENINA, J., 2007. Vybrané fenofázy duba letného (*Quercus robur* L.) v Zvolenskej kotline vo vzťahu k biometeorologickým faktorom. In *Bioclimatology and natural hazards*. International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia. September 17 - 20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8.

ÚRADNÍČEK, L.; CHMELÁŘ, J., 1995. *Dendrologie lesnická*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. 167 s. ISBN 80-7157-169-5.

VOTRUBOVÁ O. (2010): *Anatomie rostlin*. Karolinum, Praha, 194 s

Internetové zdroje:
www.woodanatomy.ch
www.euforgen.org