



FAKULTA LESNCKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Studijní obor: Podnikání v dřevozpracujícím a nábytkářském
průmyslu

Posouzení vlivu termické úpravy na rozměrové změny dřeva jedle obrovské

Bakalářská práce

Autor práce: Vokřínková Hana
Vedoucí práce: Ing. Vlastimil Borůvka, PhD.

Praha 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hana Vokřínková

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Posouzení vlivu termické úpravy na rozměrové změny dřeva jedle obrovské

Název anglicky

Assessment of the effect of heat-treatment on dimensional changes of Grand fir wood

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv tepelné úpravy (180 °C a 200 °C) na rozměrové změny dřeva jedle obrovské (*Abies grandis* Lindl.) z lokalit České republiky, zejména pak z pohledu užitkových vlastností.

Metodika

- 1) Zpracovat literární rešerši o zkoumané dřevině, termické úpravě dřeva, hodnocených vlastnostech a o faktorech ovlivňujících jejich proměnlivost.
- 2) Normalizovanými postupy na dodaných, upravených i neupravených (referenčních), zkušebních tělesech stanovit bobtnání (v jednotlivých směrech a objemové) a hustotu dřeva v absolutně suchém stavu.
- 3) Výsledky statisticky zpracovat a interpretovat v textové, tabelární a grafické podobě.
- 4) Analyzovat rozdíly ve vlastnostech dřeva před a po termické úpravě, jejich možné příčiny pro danou dřevinu, a to i z pohledu užitkových vlastností.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

dřevo, tepelná úprava, jedle obrovská, bobtnání, rozměrové změny, variabilita vlastností

Doporučené zdroje informací

- BORŮVKA, V., BABIAK, M. (2016). Vlastnosti dřeva v příkladech, 1. vyd. Praha ČZU, 139 s.
ČSN 49 0103. (1979), ČSN 49 0108. (1993), ČSN 49 0126. (1989).
- DINWOODIE, J. M. (2000). Timber: Its nature and behavior, Taylor & Francis New York, USA. 258 s.
- HILL, C.A.S. (2006). Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes; John Wiley & Sons: London, UK, 260 s.
- ITA (International Thermowood Association). (2003). Thermowood Handbook; International Thermowood Association: Helsinki, Finland; Dostupné online: https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.thermowood.palvelee.fi/downloads/tw_handbook_080813.pdf (přístupné k 10.12.2019).
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. (1997). Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydání. Bratislava: Príroda. 485 s.
- REINPRECHT, L. (2016). Wood Deterioration, Protection and Maintenance, John Wiley & Sons, Oxford, United Kingdom. 376 s.
- TSOUMIS, G. (1991). Science and technology of wood – structure, properties, utilization. New York: Chapman and Hall. 497 s.
- WAGENFÜHR, R. (2000). Holzatlas. Leipzig: Fachbuchverlag, 707 s.
- ZOBEL, B. J., VAN BUITENEN, J. P. (1989). Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag. Berlin. 363 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vlastimil Borůvka, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 12. 11. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Posouzení vlivu termické úpravy na rozměrové změny dřeva jedle obrovské (*Abies grandis*) vypracovala samostatně pod vedením Ing. Vlastimila Borůvky, PhD., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, 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

Podpis autora

Poděkování

Chtěla bych na tomto místě poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Vlastimilu Borůvkovi, PhD., za vedení během vypracovávání bakalářské práce a za cenné rady, připomínky a konzultace. Také bych chtěla poděkovat panu Ing. Holečkovi za zajištění zkušebních těles a dále pak České zemědělské univerzitě v Praze za poskytnutí prostoru a vybavení k měření dat potřebných k vypracování této práce.

Abstrakt

Teoretická část nás seznamuje se zkoumanou dřevinou, ať už z hlediska dendrologické charakteristiky, původu, přirozeného areálu, tak i z hlediska její stavby dřeva, vlastností dřeva a použití. V neposlední řadě jsou v této části také popsány způsoby termické úpravy dřeva se zaměřením na jeho modifikaci pomocí metody ThermoWood.

Náplní praktické části této práce je posouzení základních fyzikálních vlastností dřeva jedle obrovské, a to jak na neupravených, tak i na termicky upravených vzorcích. Mezi hlavní posuzované vlastnosti, na které se v této práci zaměřuji, je bobtnání a sesychání ve všech jednotlivých směrech. Samozřejmě s tím také souvisí i stanovení hustoty dřeva v absolutně suchém stavu a stanovení konvenční hustoty. Hlavním úkolem tedy bylo měření rozměrových změn vzorků před termickou úpravou a po ní a s tím související výpočet hustoty. Dalším úkolem bylo také posoudit vliv faktoru tepelné úpravy na změnu jednotlivých vlastností.

Dřevo jedle obrovské (*Abies grandis*) bylo tepelně modifikované procesem ThermoWood, a to při teplotách 180° C a 200° C. Hlavním cílem práce bylo posoudit vliv faktoru tepelné úpravy na změnu jednotlivých vlastností. Statisticky podstatný rozdíl vlivu teploty na zkoumanou dřevinu byl zaznamenán především u tangenciálního a objemového bobtnání.

Klíčová slova

dřevo, tepelná úprava, jedle obrovská, bobtnání, rozměrové změny, variabilita vlastností

Abstrakt

The theoretical part informs about a researched wood species both from the point of view of a dendrological characteristics, origin, natural area, and the wood structure, wood properties and usage. Last but not least, also thermal treatment of wood focused on its modification through the ThermoWood method are described in this part.

The practical part is aimed at an evaluation of basic physical properties of a grand fir wood, both of not-treated and thermally treated samples. Among the main evaluated properties, which is the thesis aimed at, is imbibition and drying in all individual aspects. A specification of wood in absolutely dry condition and determine the conventional density is naturally related to the previous. The main task was a measurement of proportional changes of the samples before and after the thermal treatment and a related density calculation. Another task was also to assess the influence of the adjustment factor on the change of individual properties.

Giant fir wood (*Abies grandis*) was thermally modified by the ThermoWood process, at temperatures of 180° C and 200° C. The main goal of the work was to assess the influence of the heat treatment factor on the change of individual properties. A statistically significant difference in the effect of temperature on the examined tree species was recorded mainly in tangential and volumetric swelling.

Keywords

wood, heat treatment, grand fir, swelling, dimensional changes, variability of properties

OBSAH

1.	Úvod	11
2.	Rešeršní část	12
2.1.	Charakteristika a výskyt jedle obrovské.....	12
2.2.	Struktura dřeva jedle obrovské.....	20
2.3.	Vlastnosti dřeva	22
2.4.	Použití dřeva jedle obrovské.....	25
2.5.	Termická úprava dřeva.....	26
3.	Cíl práce.....	30
4.	Metodika	30
4.1.	Posuzované fyzikální zkoušky.....	30
4.2.	Příprava zkušebního materiálu	30
4.3.	Tepelná úprava vzorků	31
4.4.	Měření vzorků	32
4.5.	Stanovení hustoty těles.....	33
4.6.	Stanovení vlhkosti těles	34
4.7.	Stanovení bobtnání těles	34
4.8.	Statické zpracování dat	35
5.	Výsledky	36
5.1.	Hustota.....	37
5.2.	Bobtnání v jednotlivých směrech.....	39
5.3.	Bobtnání objemové.....	41
6.	Diskuze	44
7.	Závěr.....	49
8.	Seznam použitých zdrojů	51
8.1.	Literatura.....	51
8.2.	Normy	57
8.3.	Internet	57

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: MAPA NOVÉHO A PŮVODNÍHO ČLENĚNÍ SEMENÁŘSKÝCH OBLASTÍ VE WASHINGTONU (RANDALL; BERRANG, 2002).....	14
OBRÁZEK 2: A–E: HLAVNÍ OBLASTI ROZŠÍŘENÍ, 0–9 HLAVNÍ OBLASTI DOVOZU SEMENE DO ČSR 1956–1970, (TEČKY) SBĚRY IUFRO 1974/76 (VANČURA, 1978)	14
OBRÁZEK 3: VÝSKYT DRUHU ABIES GRANDIS PODLE ZÁZNAMŮ V ND OP (KAPLAN ET AL, 2019)	18
OBRÁZEK 4: PŘÍČNÝ ŘEZ JEDLOVÉHO DŘEVA;	20
OBRÁZEK 5: RADIÁLNÍ ŘEZ JEDLOVÉHO DŘEVA (NĚMEC, 2005).....	20
OBRÁZEK 6: TEXTURA DŘEVA JEDLE OBROVSKÉ TANGENCIÁLNÍ ŘEZ (ZEIDLER ET AL, 2010)	20
OBRÁZEK 7: DETAIL LETOKRUHŮ – PŘÍRŮST (ÚRADNÍČEK, 2014)	21
OBRÁZEK 8: VÝSKYT „JÁDRA“ V KMENI JEDLE (FOTO ZEIDLER, 2010)	21
OBRÁZEK 9: TAXODIOIDNÍ TEČKY JEDLE (GANDELOVÁ ET AL., 2004)	21
OBRÁZEK 10: RADIÁLNÍ ŘEZ, ZVĚTŠENÍ 300:1; OBRÁZEK 11: PŘÍČNÝ ŘEZ, ZVĚTŠENÍ 30:1 (WAGENFÜHR, 2007)	22
OBRÁZEK 12: NOMOGRAM PRO STANOVENÍ HUSTOTY DŘEVA PŘI RŮZNÉ VLHKOSTI PODLE (KOLLMANN, 1951).....	24
OBRÁZEK 13: POROST JEDLE OBROVSKÉ PO PROVEDENÉ PROBÍRCE VE VĚKU 23 LET – SLT 3S, ŠP HŮRKY. FOTO: BUŠINA. (KOVÁŘ ET. AL, 2013)	26
OBRÁZEK 14: TERASOVÝ PODLAHOVÝ PANEL Z JEDLE OBROVSKÉ – TEPELNĚ OŠETŘENÝ;	27
OBRÁZEK 15: DADO A RABBET KLOUB Z JD – TEPELNĚ OŠETŘENÝ (HAPLA ET AL., 2015)	27
OBRÁZEK 16: UKÁZKA TĚLES TEPELNĚ NEUPRAVENÝCH, S ÚPRAVOU PŘI 180 °C A PŘI 200 °C	30
OBRÁZEK 17: PRVNÍ POHLED NA KOMORU SUŠÁRNY, ZDROJ: FOTO HOLEČEK	31
OBRÁZEK 18: PRVNÍ POHLED NA KOMORU SUŠÁRNY, ZDROJ: FOTO HOLEČEK	31
OBRÁZEK 19: VYSUŠENÁ TĚLESA VYROVNANÁ ROŠTU ZE SUŠÁRNY, ZDROJ: VLASTNÍ FOTO	32
OBRÁZEK 20: POSUVNÉ MĚŘÍTKO KINEX, ZDROJ: KINEXMEASURING.COM.....	33
OBRÁZEK 21: DIGITÁLNÍ VÁHA KERN PCB, ZDROJ: CONRAD.CZ.....	33

Seznam tabulek

TABULKA 1: SROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ DŘEVA JEDLE OBROVSKÉ S DOMÁCÍMI JEHLIČNATÝMI DRUHY A S DOUGLASKOU Z NAŠEHO ÚZEMÍ (ZEIDLER ET AL., 2010).....	25
TABULKA 2: NASTAVENÉ HODNOTY PŘI PRŮBĚHU JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ TEPELNÉ ÚPRAVY, ZDROJ: HOLEČEK	32
TABULKA 3: PŘEHLED PROCENTUÁLNÍCH ZMĚN SLEDOVANÝCH VLASTNOSTÍ.....	36
TABULKA 4: SOUHRNNÁ TABULKA SE ZÁKLADNÍ STATISTIKOU	44
TABULKA 5: HUSTOTA VÝZNAMNÝCH JEHLIČNATÝCH DŘEVIN V ČR (WAGENFÜHR, 1974).....	45
TABULKA 6: SROVNÁNÍ HUSTOTY DŘEVA JEDLE OBROVSKÉ SE DŘEVEM HLAVNÍCH DOMÁCÍCH DŘEVIN	45
TABULKA 7: PRŮMĚRNÁ HODNOTY HUSTOT DŘEVA V ABS. SUCHÉM STAVU A KONVENČNÍ HUSTOTY VYBRANÝCH DRUHŮ DŘEV (GANDELOVÁ ET AL., 2002)	46
TABULKA 8: SROVNÁNÍ ZJIŠTĚNÝCH HODNOT OBJEMOVÉHO BOBTNÁNÍ S NAMĚŘENÝ HODNOTAMI (KANÁT, 2020)	47
TABULKA 9: SROVNÁNÍ ZJIŠTĚNÝCH HODNOT ROZMĚROVÉHO BOBTNÁNÍ, V JEDNOTLIVÝCH SMĚRECH, S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI (KANÁT, 2020).....	47

TABULKA 10: KOEFICIENTY SESÝCHÁNÍ A BOBTNÁNÍ U VYBRANÝCH DRUHŮ DŘEV (UGOLEV, 1975)	47
TABULKA 11: VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ ROZMĚROVÝCH ZMĚN (BOBTNÁNÍ) NĚKTERÝCH NAŠICH DŘEVIN SE ZKOUMANOU DŘEVINOU (LYSÝ, 1933).....	48

Seznam grafů

GRAF 1: VÝROBNÍ PROCES (THERMOWOOD HANDBOOK, 2003)	29
GRAF 2: HUSTOTA DŘEVA PŘI NAKLIMATIZOVÁNÍ.....	37
GRAF 3: HUSTOTA DŘEVA V ABSOLUTNĚ SUCHÉM STAVU	38
GRAF 4: KONVENČNÍ HUSTOTA DŘEVA.....	39
GRAF 5: BOBTNÁNÍ DŘEVA V RADIÁLNÍM SMĚRU	40
GRAF 6: BOBTNÁNÍ DŘEVA V TANGENCIÁLNÍM SMĚRU.....	41
GRAF 7: OBJEMOVÉ BOBTNÁNÍ DŘEVA	42
GRAF 8: PRŮBĚH OBJEMOVÉHO BOBTNÁNÍ, TEPELNĚ NEUPRAVENÝCH TĚLES, V ZÁVISLOSTI NA HUSTOTĚ V ABS. SUCH. STAVU	42
GRAF 9: PRŮBĚH OBJEMOVÉHO BOBTNÁNÍ U TEPELNĚ UPRAVENÝCH TĚLES PŘI 200 ° C, V ZÁVISLOSTI NA HUSTOTĚ V ABS. SUCH. STAVU	43
GRAF 10: PRŮBĚH OBJEMOVÉHO BOBTNÁNÍ U TEPELNĚ UPRAVENÝCH TĚLES PŘI 180 ° C, V ZÁVISLOSTI NA HUSTOTĚ V ABS. SUCH. STAVU	43

Seznam zkratek

IUFRO	globální organizace lesnického výzkumu sdružující více než 15 000 vědců pro dobrovolnou spolupráci
ORP	Obec s rozšířenou působností
ŠLP	Školní lesní podnik
LVS	Lesní vegetační stupně
BNV	Bod nasycení vláken
ND OP	Nálezová databáze ochrany přírody
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
ČSN	Československá státní norma event. Česká soustava norem
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
ČR	Česká republika
et al.	et alektiv
cca	circa (přibližně)
č.	číslo
aj.	a jiné
FLD	Fakulta lesnická a dřevařská

např.	například
obr.	obrázek
tab.	tabulka
viz	rozkazovací způsob slova vid
MH	mez hygroskopicity
atd.	a tak dále
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
ČSR	Česko-slovenská republika
USA	Spojené státy americké
ha	hektar
%	procento
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
Sb.	Sbírky
r.	rok
tj.	takzvaně
kg	kilogram
m³	metr krychlový
° C	stupeň celsia
abs. such. st.	absolutně suchý stav
s. z. š.	severní zeměpisná šířka

1. Úvod

Dřevo jakožto přírodní obnovitelný zdroj energie je materiál, který se používal již v dávné minulosti. Jeho uplatnění můžeme zaznamenat už od pravěku, kdy bylo dřevo prvně používáno jako nástroj pravěkého člověka. Od dob pravěku procházelo dřevo dlouhým historickým vývojem, nacházelo své uplatnění v mnoha oborech. Jeho funkce sahala od použití dřeva jako paliva na topení nebo jako pohonné hmoty do dopravních prostředků až po výrobu nábytku a stavění rodinných domů, stodol či jiných dřevěných konstrukcí. Lze říct, že dřevo bylo vždy nezbytnou důležitou součástí všech historických etap a jeho výjimečnost není zanedbatelná ani v současné době. V současnosti sice výroba i celý průmysl prošly technickým a technologickým vývojem, ale dřevo i nadále zůstalo oblíbenou surovinou, a to díky svému vzhledu a svým vlastnostem (Lacinová, 2014). Dřevo jako materiál má podle mě v současné době veliký potenciál, ať už jde o výrobu nábytku, či stavbu roubenek atd., a troufám si tvrdit, že jeho význam i nadále poroste a v budoucnosti se jeho uplatnění rozšíří do dalších různých oborů.

Důvodem, proč je dřevo tak oblíbené a používané, jsou jeho vlastnosti. Je to materiál, který je heterogenní a anizotropní a jeho zastoupení je tvořeno mnoha druhy dřevin po celém světě. Každý druh dřeviny či samotný strom je charakteristický odlišnými vlastnostmi. Na tyto rozdíly má vliv mnoho faktorů, mezi něž můžeme zařadit například: půdu, na které se dřevina nachází, klima (podnebí) a další. Hlavními faktory ovlivňujícími vlastnosti dřevin jsou však jejich struktura, složení a obsah chemických složek.

Znalost vlastností a jejich správné posouzení je proto velmi důležité a s tím souvisí také i případná introdukce dřevin. Pod pojmem introdukce rozumíme zavádění a pěstování cizokrajných dřevin na území mimo jejich přirozené prostředí (Pospíšil, 1988). Důvodem zavedení introdukce může být několik, například dovoz exotické dřeviny k okrasným účelům do parků, sídel a zahrad atd. Dalším faktorem může být masivní odumírání tuzemské dřeviny. Typickým příkladem může být naše tuzemská dřevina, konkrétněji jedle bělokorá (*Abies alba*). Velké odumírání této jedle vyvolalo hledání dřeviny, která by měla s ní co nejpodobnější vlastnosti. V reakci na tuto situaci dochází k introdukci některých exotických dřevin, jako je například jedle obrovská (Beran, 2006).

2. Rešeršní část

2.1. Charakteristika a výskyt jedle obrovské

Dendrologická charakteristika

V současné době se na severní polokouli vyskytuje kolem 40 až 50 druhů jedlí (Musil, Hamerník, 2007). Jedli obrovskou (latinsky *Abies grandis* Lindl., anglicky *Grand Fir*), řadíme do čeledi *Pinaceae*, tedy borovicovité. Jak už název dřeviny naznačuje, *Abies grandis* patří do kategorie rychle rostoucích dřevin dosahujících velkých parametrů. Jde vlastně o největší a nejrychleji rostoucí jedli vůbec.

Nízkými hodnotami hustoty a pevnosti v tlaku se jedle obrovská, těmito vlastnostmi, podobá vejmutovce. Jedná se tedy o typ dřeviny, která nedosahuje kvality našich domácích druhů (Zeidler et al, 2010). V porovnání s jedlí bělokorou je *Abies grandis* charakteristická značně nižším stupněm přežívání. To je pochopitelné mimo jiné i s ohledem na intenzivnější tloušťkový a výškový růst, který je podle všeho spojen s větší spontánní redukcí počtu jedinců na ploše (Šindelář et al, 2006).

Habitus, tj. tvar a vzhled kmene je kuželovitý, jinak řečeno je tvořen štíhlou přímou korunou, u dospělých jedinců pak kupolovitá. Délka koruny této dřeviny je přímo závislá na odclonění kmene a rozvolnění zápoje (Pondělíček, 2002). Pupeny jsou kuželovité, nafialovělé a pokryté pryskyřicí. V mládí jsou na kmeni velmi zřetelné pryskyřičné puchýřky (Eckenwalder, 2009).

Kořenová soustava je má hlubokokořený křivý tvar a vytváří předpoklad pro dokonalou stabilitu jak dřeviny samotné, tak porostů pěstovaných ve směsi (Pondělíček, 2002). V případě prudkého uvolnění má tato dřevina sklon k vytváření kmenových výmladků (Chmelař; Úradníček, 1995). Nachází-li se jedle obrovská ve vlhkých stanovištích, její křivý kořen je nahrazován mnoha bočními kořeny a celý systém se tak formuje blízko pod povrchem (Musil, Hamerník, 2007).

Důležitou a významnou vlastností jedle obrovské je, že je schopna po proředění zápoje využít okamžitě vzniklý prostor a prodloužit z adventních pupenů svoji korunu. Tato vlastnost je velmi důležitá, a to pro vhodnou volbu způsobu jejího pěstování (Pondělíček, 2002). Dřevina toleruje zástin ve všech svých přirozených stanovištích. Oproti jedli bělokoré je jedle obrovská z hlediska našich podmínek méně náročná na zástin (Bezecný et al, 1981).

Jehlice jedle obrovské bývají na bočních sterilních větvích dlouhé, zploštělé a jsou dvouřadě rozmístěné, na fertilních větvích jsou naopak jehlice více nahlučené (Musil, Hamerník, 2007). Jehlice na fertilních větvích jsou 3–6 mm dlouhé, jejich tvar je kuželovitý. Jeden ze základních velmi důležitých rozpoznávacích znaků je, že jsou silně pryskyřičnaté (Hofman, 1963). Po opadnutí jehlic z větví zbude větvička pouze okrouhlá jizva. Jehlice jedle obrovské se vyznačují dvěma bílými pruhy na rubu (Koblížek, 2006). Svrchu i zesponu jehlic můžeme vidět mělkou střední rýhu. Po rozemnutí v prstech jehlice jedle voní po pryskyřici (Hieke, 2008).

Šišky jedle se začínají tvořit kolem 20. roku věku a jejich tvorba stoupá s přibývajícím věkem, vitalitou jedince a také s tloušťkou kmene (Minore, 1979). Na stanovištích, která jsou pro dřevinu méně vhodná, plodí jedle obrovská v intervalu osmi let. Naopak na přirozených stanovištích může plodit jednou za dva až tři roky (Franklin; Dyrness, 1973). Šišky mají válcovitý tvar, směrem ke špičce jsou trochu ztenčené. Jejich délka dosahuje 5 až 10 cm (Hieke, 2008; Pilát, 1964). Než šišky dosáhnou zralosti, mají většinou zelenou barvu (Sudworth, 1908), zatímco dozralé šišky jsou zbarvené do žlutozelené barvy, občas do zelenofialové (Burns; Honkala, 1990), v krajních případech se vyskytují i zbarvení do tmavě modré, zelenofialové nebo fialové barvy (Foiles, 1959) (Foiles et al., 1990) a nacházejí se v horní části koruny.

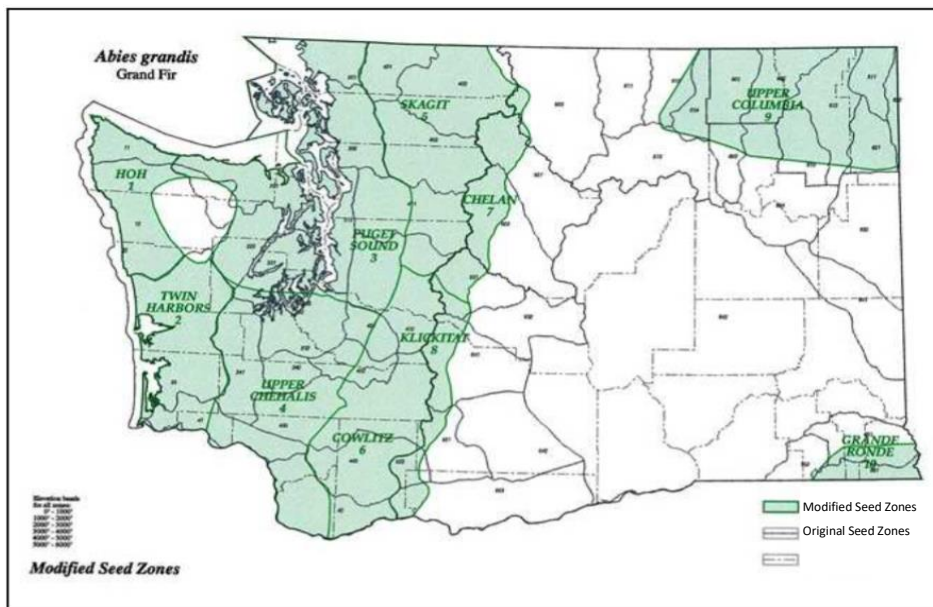
Přirozený areál výskytu dřeviny

Přirozený areál jedle obrovské je možné rozdělit do dvou velkých oblastí, a to na oblast oceánskou a kontinentální, viz obrázek č. 1. V těchto oblastech lze pak území rozdělit do několika dalších podoblastí (Hofman, 1963).

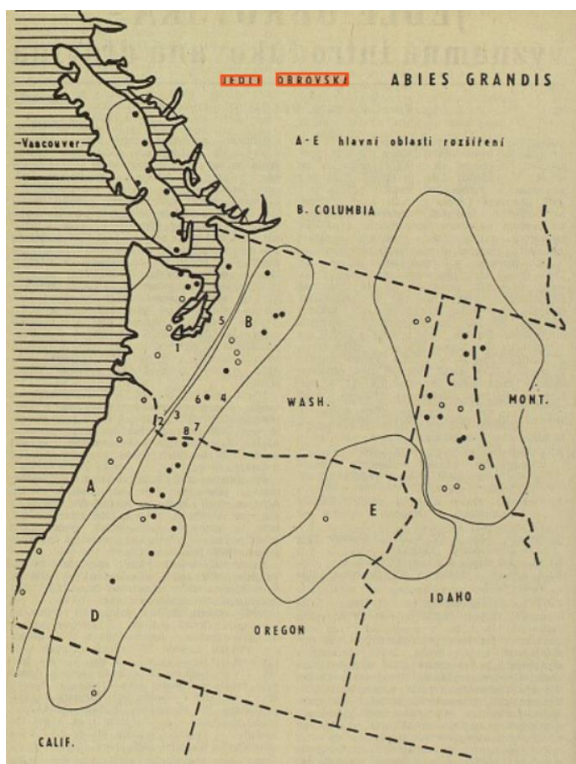
V oblasti oceánské, tedy v podoblasti, která se nachází podél Tichého oceánu, jde konkrétně o území v západní části Severní Ameriky. Jedná se například o podoblast rozkládající se na území USA ve státech Washington, viz obr. č. 2, Kalifornie a Oregon a také na území Kanady. Jinak lze tyto podoblasti definovat jako: vancouverská podoblast, podoblast Pobřežních hor a západních kaskád a podoblast kalifornská (Hofman, 1963).

Oblast kontinentální pak zahrnuje podoblasti, jako jsou: podoblast východních Kaskád, Modrých hor a Skalnatých hor (Hofman, 1963). Lze také říct, že jde o oblast na severu v Britské Kolumbii, která je situována mezi jezery Kootenay a Okonogan a dále pak plynule přechází na území Spojených států amerických do východního Washingtonu, severního Idaho a západní Montany až k předělu ve Skalistých horách (Foiles, 1965; Foiles et al., 1990; Foiles, 1959).

Rozsah území, kde se dřevina nachází, je od severu k jihu značný, lze ho vymezit 39°–51° s.z.š. A 114°–125° z.z.d. (Foiles, 1965). Jedle obrovská se obvykle dožívá 200 až 250 let. Největších objemů dosahuje zejména v přímořských oblastech (Beran, 2006). Výška dřeviny dosahuje v oblasti jejího původního rozšíření od 70 do 100 m, řadí se tak mezi nejvyšší jehličnany světa.



Obrázek 1: Mapa nového a původního členění semenářských oblastí ve Washingtonu (Randall; Berrang, 2002)



Obrázek 2: A–E: hlavní oblasti rozšíření, 0–9 hlavní oblasti dovozu semene do ČSR 1956–1970, (tečky) sběry IUFRO 1974/76 (Vančura, 1978)

Nejlépe se této zkoumané dřevině daří na svěžích hlinitých půdách, a naopak není pro tuto dřevinu vhodné ji sázet na podmáčená (XU; Fölster, 1997) či silně kamenitá stanoviště. Roste převážně ve smíšených či jehličnatých lesích, a to jako příměs. Prospěšné a šetrné je mísit *Abies grandis* se smrkem, optimálně pak ještě například s bukem (Wolf, 1998; Mitze, 2010).

V České republice jsou vzrostlé exempláře druhu celkem vzácné, dosahují podstatně menších rozměrů než v domovině, i když jejich výška se blíží k 45 m. K nejznámějším patří skupina jedlí v arboretu Bukovina na Hrubé Skále, mohutný jedinec s obvodem kmene 366 cm a výškou 39 m roste také v arboretu Křtiny, je starý necelých 90 let (Úradníček, 2014).

Současný nejvyšší exemplář rostoucí v původním areálu uváděný jako šampion USA s výškou 78,3 m a obvodem kmene 638 cm byl změřen již v roce 1994 v Kalifornii (Úradníček, 2014). Zajímavé je, že nejmohutnější jedle obrovská roste na Britských ostrovech, strom měřený a focený v roce 2007 v Murhly Castle v Birnamu měl ve výši 1,5 m obvod kmene 751 cm (monumentaltrees.com; Úradníček, 2014).

Původ dřeviny

První zmínky o jedli obrovské se datují okolo roku 1805, kdy byla objevena v pohoří Bitterroot ve státě Washington badateli Clarkem a Lewisem. Bohužel se však na tento objev v následujících letech zapomělo, a proto byl až v roce 1830 přisouzen Davidu Dooglasovi. V roce 1833 tuto jedli popisuje Lindey a pojmenovává ji latinským názvem *Abies grandis* – jedle obrovská (Beran, 2006). Toto pojmenování je v současné době považováno za platné, v minulých letech však byla dřevina označována i jinými názvy (Hofman, 1963). Příkladem je latinský název od Rasfinequa, který dřevinu pojmenoval *Abies Balsamea*, toto jméno však nebylo uznáno pro jeho nepřesné a neúplné údaje (Hofman, 1963).

První semeno jedle obrovské se do evropských zemí dostalo již v roce 1830. Osivo obdržela od Davida Dooglase londýnská zahradnická společnost jménem Horticulture Society. Korporace z tohoto prvního semene vypěstovala nemnoho sazenic, o jejichž výsadbě se ale dnes nic neví (Henry, 1915). Další várka semen přišla do Evropy až po jedenadvaceti letech v roce 1851. Osivo bylo dopraveno ve dvou rozdílných zásilkách. První zásilku do Evropy zaslal známý sběratel Vietchovy společnosti William Lobb. Tento muž se zasloužil o introdukci několika severoamerických dřevin do Evropy, mezi jinými se jednalo například o zavedení jedle ojíňené, jedle alpské, tůje a sekvoje, jedle vznešené. Druhou zásilkou, která byla vyexpedována, bylo osivo od Jeffreye, který ho odebral od řeky Frazer v kanadské oblasti (Hofman, 1963).

První osivo bylo v českých zemích datováno mezi roky 1862 a 1870. Pravděpodobně bylo dovezeno prostřednictvím firmy J. Bootha. Přesnější údaj o tomto osivu jedle obrovské není znám, proto je toto období pouze odhadováno (Hofman, 1963). V 50. letech 20. století došlo v ČSR k její introdukci do lesních porostů, a to díky výbornému růstu, který vzbudil zájem lesnického výzkumu a provozu (Šika, 1983). Dle (Musil, Hamerník, 2007) proběhla první výsadba dřeviny na území České republiky v roce 1879 na zámku Sychrov.

Introdukce jedle obrovské do České republiky

Introdukce má v České republice dlouholetou tradici, lze ji pozorovat v několika po sobě jdoucích fázích. V první fázi, která je datována od nejstarších dob do počátku 18. století, mělo upotřebení cizokrajných dřevin přispět k výživě populace. Druhá fáze je spojována se zaváděním cizokrajných dřevin především do parků a také do botanických zahrad. Třetí fázi si lze dát do souvislosti s častými objevitelskými cestami botaniků do zámořských zemí. Se čtvrtou a poslední fází introdukce exotických druhů dřevin je označována etapa, kdy se uvažovala varianta využití dřevin v lesním hospodářství k navýšení produkce lesů. Tato fáze či období přetrvává do současnosti (Beran; Šindelář, 1996).

Do České republiky bylo první osivo dovezeno mezi roky 1862 a 1870. Toto období je pouze odhadováno, protože přesný údaj není znám. Velký podíl na dovozu tohoto druhu jedle k nám měla pravděpodobně firma J. Booth, jež se jako vůbec první zasloužila o rozšíření osiva jedle obrovské na území České republiky do českých parků a zahrad (Hofman, 1963; Fulín, 2015).

K většímu zájmu o jedli obrovskou v ČR v minulosti přispělo i hynutí domácí jedle bělokoré, které se naštěstí zdá být v současné době překonáno (Podrázský et al, 2009). Jedli obrovskou zavádíme do našich porostů, protože roste rychleji než dřeviny domácí a většina dřevin cizích, protože má na plošnou jednotku relativně vysoký počet stromů, a konečně také proto, že vykazuje vysokou hektarovou produkci dřeva (Hofman, 1961).

Za nejvhodnější půdy pro jedli obrovskou se považují středně hluboké až hluboké, kypré a dostatečně vlhké půdy hlinité, hlinitopísčité, popřípadě jílovito-hlinité, tedy převážně půdy nánosů, náplavů a půdy s dosažitelnou spodní vodou nebo zásobované vodou svahovou (Hofman, 1961).

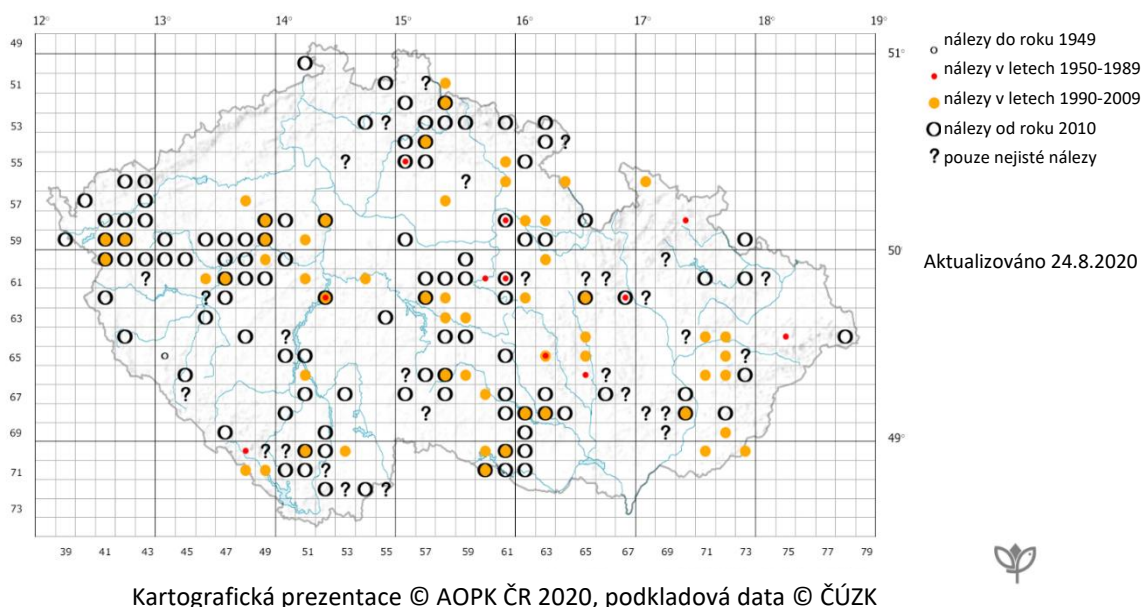
Jedle obrovská je dnes již v Evropě, zejména západní, osvědčenou introdukovanou dřevinou se značnými praktickými perspektivami. Počítá se s tím, že v ČR může vedle douglasky tisolisté přispět ke zvýšení objemové produkce. V ČR jsou s pozitivními výsledky hodnoceny výzkumné plochy série IUFRO založené na 6 lokalitách (Šindelář; Beran, 2004).

Růst jedle obrovské je rychlý, objemová produkce značná a v růstových ukazatelích jedle výrazně překračuje ostatní druhy i provenience jedlí zastoupených na ploše. V souladu s výsledky pozorování, jinými poznatky a zkušenostmi z ČR i ze zahraničí je možno jedli obrovskou považovat za perspektivní druh (Šindelář; Beran, 2004). V České republice byla v roce 2016 jedle obrovská nejhojněji zastoupena na území západních, jižních a částečně i středních Čech, viz obr. 10. Největší plochu zaujímá tato dřevina na území Jihočeského kraje ve správních obvodech obcí s rozšířenou působností Český Krumlov a Písek, dále pak má svůj podíl i v Plzeňském kraji ve správním obvodu ORP Tachov, kde ve všech případech přesahuje porostní plocha 50 ha.

Výsadby této dřeviny probíhaly zpočátku v arboretech, parcích a podobně orientovaných specializovaných objektech. Část tohoto reprodukčního materiálu se dostala i do lesních porostů. Tento trend byl výrazněji zaznamenán počátkem 20. století a byl spíše zaměřen na okrasnou funkci. Typickým příkladem z této doby je 100 let stará jedle obrovská na lokalitě Aldašín na území ŠLP Kostelec na Černými lesy. Nejstarší známí jedinci se dochovali také v arboretu Bukovina na Hrubé Skále a dále u obce Drahenice v okrese Strakonice. Právě zde na již zmíněné lokalitě na Drahenické hoře u Blatné byly vytvořeny první souvislé výsadby jedle obrovské (Pondělíček, 2002).

Na území ČR je k dispozici jenom poměrně malá plocha výsadeb jedle obrovské a tím ještě méně starších porostních skupin. Podle prověrky z roku 1976, která proběhla v Čechách a na Moravě za spolupráce VÚLHM a podnikových ředitelství Státních lesů, bylo zjištěno, že jedle obrovská se rozprostírá na 223 hektarech redukované plochy v počtu 1600 výsadeb. Většinu této plochy jsme mohli najít na území jižních Čech, viz obr. 3 (Pondělíček, 2002).

Výsadba této dřeviny byla provedena jak porostních směsí, tak i v samostatných porostních skupinách. Další nejčastější výskyt jedle obrovské, který zaujímá 29 % z uvedených 223 ha, byl ve čtvrtém a pátém jedlo-bukovém LVS. Zbývající výsadby *Abies grandis* se nacházely v nadmořské výšce pod 350 a nad 750 m (Pondělíček, 2002).



Obrázek 3: Výskyt druhu *Abies grandis* podle záznamů v ND OP (Kaplan et al, 2019)

Substituce jedle bělokoré

Prvotním podnětem, záminkou pro hledání vyhovujících introdukovaných dřevin pro evropské podmínky bylo v roce 1831 masivní odumírání jedle bělokoré (Beran, 2006). Její ústup je datován již od 19. století, v druhé polovině 20. století se zvýšilo hynutí o tolik, že zastoupení jedle bělokoré kleslo jenom na několik málo procent (Beran, 2006).

Z toho důvodu se začaly zkoušet dřeviny, které by měly podobné vlastnosti jako jedle bělokorá. Jde o dřeviny ze střední Evropy, konkrétně mluvíme například o jedli obrovské, na kterou se zaměřil evropský lesnický výzkum pod patronací IUFRO ve druhé polovině 20. století. Jeden z důvodů, proč byla vybrána právě tato dřevina, je její široká ekologická amplituda v rámci jejího přirozeného areálu rozšíření (Beran, 2006).

Proces pro introdukci nového druhu lesní dřeviny je upravován zákonnými předpisy, a to:

Dovoz reprodukčního materiálu lesních dřevin do ČR upravuje zákon č. 149/2003 Sb., hlava VI § 25, zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, a zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin.

Výskyt jedle obrovské v arboretu Hrubá Skála

O růstu a výsadbách jedle obrovské v ČR bylo toho dosud známo a uveřejněno velmi málo, třebaže jsou u nás jedny z nejstarších a největších jedinců na evropském kontinentu.

Jedle obrovská roste v arboretu Bukovina na bývalém panství hruboskalském u Turnova, jehož lesy dnes spadají pod LZ Lomnice n. P. Arboretum leží na menší plošině o nadmořské výšce 360 m s podložím křídového pískovce (Pokorný, 1958).

Celková rozloha oplocené části areálu arboreta činí 2,73 ha. K prvním cizokrajným dřevinám, které se zde vysazovaly, patří douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*). Později pak byly postupně vysazovány i další druhy dřevin, jako jsou například jedle ojíňená, jedlovec kanadský (*Tsuga canadensis*) nebo právě i jedle obrovská (*Abies grandis*) (Roudná et al, 2005).

Krátkou zprávu o arboretu zaznamenal v r. 1909 známý německý dendrolog L. Beissner, který ho v doprovodu profesora lesnické školy v Bělé pod Bezdězem Sallače téhož roku navštívil. Beissner v této zprávě zmiňuje již vzrostlé jedince douglasky (*Pseudotsuga douglasii*), jedle obrovské a dále několik druhů vzácných jedlí či některé smrky, ale i listnáče (Roudná et al, 2005).

Arboretum představuje jednu z vůbec nejstarších pokusných ploch s introdukcí cizích dřevin na území České republiky. V případě některých výše uvedených druhů (např. jedle obrovská, douglaska tisolistá) jde zřejmě o první pokusy s pěstováním. Do dnešní doby rostou cizí druhy dřevin v okolních porostech i v jiných dalších lokalitách. V lesním závodu Lomnice nad Popelkou byla cíleně pěstována zejména jedle obrovská (Roudná et al, 2005).

V roce 1980 byla pak poblíž arboreta založena pokusná plocha Mezinárodní unie organizací lesnického výzkumu (IUFRO), jejímž cílem byla a je podpora mezinárodní spolupráce v oblasti lesnického výzkumu. Na hruboskalské ploše, jejíž rozloha činí 0,84 ha, je sledován a porovnáván s dalšími plochami ve světě růst dále uvedených druhů vypěstovaných z osiva různého zeměpisného původu (tj. provenience): jedle obrovská (*Abies grandis* – 9 proveniencí), domácí smrk obecný (*Picea abies*) a jedle bělokorá (*Abies alba*) po jedné provenienci (Roudná et al, 2005).

2.2. Struktura dřeva jedle obrovské

Makrostruktura

Jde se o dřevinu s vyvrálým dřevem, což znamená, že bělová zóna dřeva je barevně odlišitelná od středové části vyvrálého dřeva jen v čerstvém stavu po pokácení. Po vyschnutí se tento barevný rozdíl, mezi těmito částmi, ztrácí. Dřevo je pak zbarvené do bělavé až světle hnědočervené barvy (Zeidler et al, 2010). Zajímavostí je, že jedle stejně jako tis nebo například jalovec neobsahuje pryskyřičné kanálky. Pro jedli obrovskou je také charakteristický silný pach, po vysušení však tento pach – vůně zcela zmizí (Hofman, 1963).

Na radiálním řezu jedle obrovské můžeme vidět lehce pruhovanou texturu, viz obr. č. 5, při řezu tangenciálním dřevo tvoří texturu fládrouvanou („fládry“), viz obr. č. 6. Celkově je ale textura dřeva jedle obrovské málo dekorativní a nevýrazná (Wagenführ; Hurda, 2002).



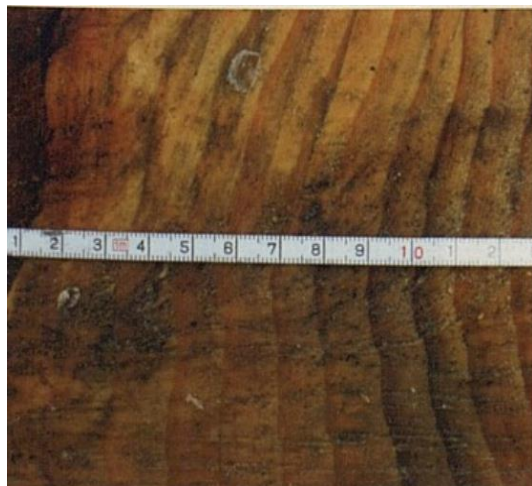
Obrázek 4: Příčný řez jedlového dřeva; Obrázek 5: Radiální řez jedlového dřeva (Němec, 2005)



Obrázek 6: Textura dřeva jedle obrovské tangenciální řez (Zeidler et al, 2010)

Přechod letokruhů mezi jarním a letním dřevem je zřetelně viditelný, viz obr. č. 7 (Fulín, 2015). Dřevo jedle obrovské (pod obchodním názvem *Grand fir*) se dobře suší i opracovává. Je měkké a lehké, zároveň je ale také málo pevné a málo houževnaté. Také má malou odolnost vůči biotickým činitelům (hmyzu, plísním, houbám...) a povětrnostním podmínkám. Problém může také nastat v případě výskytu vodnatosti, tzn. „mokrého jádra“, viz obr. č. 8, jejíž přítomnost snižuje kvalitu dřeva (Zeidler et al, 2010).

Jde o jev, kdy středová část kmene vykazuje kruhovitou oblast tmavšího zbarvení čerstvě po skácení. Často se nabízí tento jev pod pojmem nepravé jádro, ale je třeba poznamenat, že jedli obrovskou řadíme do kategorie dřevin bez jader (Požgaj et al., 1997)



Obrázek 7: Detail letokruhů – přírůst (Úradníček, 2014)

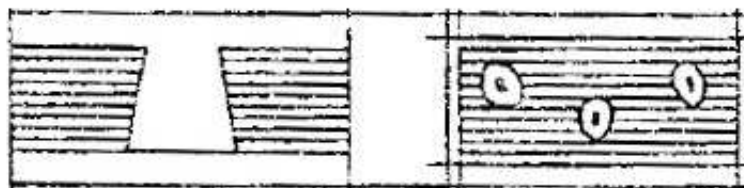


Obrázek 8: Výskyt „jádra“ v kmeni jedle (foto Zeidler, 2010)

Kůra jedle obrovské se v průběhu jejího růstu liší, vyvíjí. V mladším věku se kůra dřeviny velmi podobá kůře jedle bělokoré (*Abies alba*), teprve až s přibývajícím věkem stromu se její kůra brázdí a začíná se zbarvovat do odstínů tmavohnědé barvy (Sudworth, 1967).

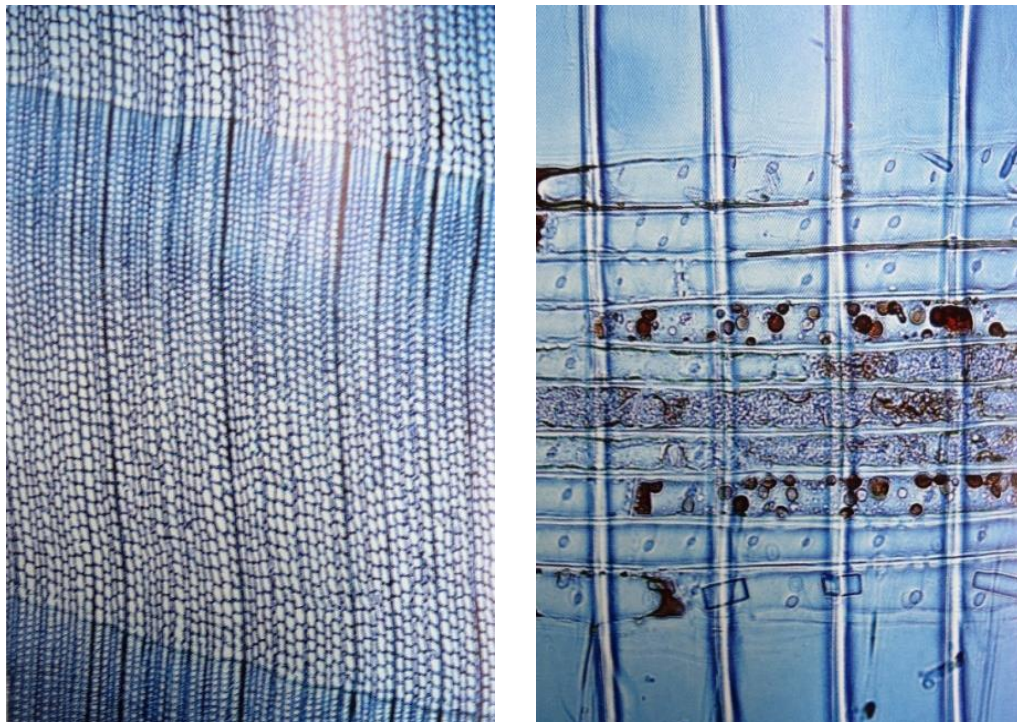
Mikrostruktura

Dřevo jehličnanů je více uniformní než dřevo listnáčů a skládá se téměř výhradně (přes 90 %) z tracheid neboli cévic. Zbývající část hmoty tvořící jehličnaté dřevo jsou především parenchymatické buňky, které se podílí na utváření dřevných paprsků nebo pryskyřičných kanálků (Böhm; Zeidler, (2018)). V případě jedle obrovské jde jen o tvorbu dřevných paprsků. V místech styku parenchymatických buněk dřevných paprsků s tracheidami se vyskytuje charakteristický tvar i množství teček, pro jedli jde o tvar taxodioidní viz obrázek č. 9. Toto místo se označuje názvem křížové pole.



Obrázek 9: taxodioidní tečky jedle (Gandelová et al., 2004)

Mikroskopická stavba dřeva jedle obrovské je téměř totožná s mikroskopickou stavbou naší jedle bělokoré. Jak už bylo zmíněno výše, dřevina neobsahuje pryskyřičné kanálky viz obr. 10, a to je základní znak, jímž se dřevo jedle obrovské odlišuje od dřeva smrku (Zeidler, 2012).



Obrázek 10: Radiální řez, zvětšení 300:1; Obrázek 11: Příčný řez, zvětšení 30:1
(Wagenführ, 2007)

2.3. Vlastnosti dřeva

Vlastnosti dřeva rozdělujeme podle jejich fyzikální podstaty, a to na fyzikální a mechanické vlastnosti. Mezi základní a důležité fyzikální vlastnosti patří zejména: hustota, vlhkostní vlastnosti dřeva (tj. bobtnání, sesychání), tepelné vlastnosti, dále pak například elektrické a magnetické vlastnosti. V neposlední řadě do této skupiny patří akustické a optické vlastnosti dřeva.

Mechanické vlastnosti dřeva dělíme na dvě skupiny, a to na základní a odvozené. Do první skupiny, tedy mezi základní vlastnosti, řadíme především pružnost, pevnost, houževnatost a plastičnost. Do druhé skupiny, tedy do odvozených vlastností dřeva, můžeme zařadit vlastnosti, jako jsou tvrdost, odolnost proti tečení, odolnost proti únavovému lomu a odolnost proti trvalému zatížení (Požgaj et al., 1997).

Jednotlivé mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva vykazují vlivem nehomogenity anatomické stavby značnou variabilitu (Wagenführ; Scheiber, 1974). Odlišnost mechanických vlastností v objemu dřeva a jejich závislost na směru nazýváme anizotropií. Nejvíce odlišné

jsou hodnoty zejména v podélném směru na dřevní vlákna. K odlišnostem ale také dochází v rovině, která je rovnoběžná s vlákny – v rovině radiální a tangenciální (Požgaj et al., 1997).

Fyzikální vlastnosti

Rozměrové změny způsobené vlhkostí lze přesněji charakterizovat jako bobtnání, sesychání dřeva. Dřevo je ve vztahu k okolnímu prostředí hygroskopický materiál, který je schopný přijímat nebo odevzdávat vodu, ať už v kapalném skupenství nebo ve skupenství plynném. Ačkoli dřevo může přijímat i jiné kapaliny a plyny, než je voda, tak právě voda je z praktického hlediska nejdůležitější. Vzhledem k hygroskopicitě však dřevo prakticky vodu vždy obsahuje. Ve většině případů voda ve dřevě ovlivňuje i jeho vlastnosti a způsobuje často jejich zhoršení (Gandelová et al., 2002).

Vlhkost dřeva různých druhů dřevin se po vytěžení stromu pohybuje v rozmezí 30–300 %. Pro praktické účely se má pak vlhkost dřeva pohybovat v rozpětí 8 až 25%, což souhlasí s rovnovážnou vlastností daného prostředí. Pokud vlhkost dřeva klesne pod BNV, znamená to pak zmenšení objemu dřeva. Tato změna vlhkosti ovlivňuje i změnu mechanických vlastností dřeva. Všeobecně lze říci zákonitost, že únikem vody z buněčných stěn se zvyšuje pružnost a pevnostní vlastnosti dřeva (Požgaj et al., 1997). Se změnou obsahu vody ve dřevě jsou spojeny především změny hustoty dřeva, rozměrové změny dále pak odolnost proti houbám a napadení hmyzem, fyzikální a mechanické vlastnosti, technologické postupy zpracování a další (Gandelová et al., 2002).

Hustota dřeva

Hustota, to je základní veličina, která ukazuje vhodnost použití dřeva na takové účely, kde se např. vyžaduje nízká hmotnost při vysoké pevnosti anebo pružnosti (Požgaj et al., 1997). Dřevo je pórovitý materiál, jeho hustota se liší podle struktury jednotlivých dřevin, podmínek růstu, bonity půdy, množství srážek a kvality stanoviště (Tomášková et al., 2007).

Tento ukazatel je důležitým rozhodujícím faktorem, jenž ovlivňuje mechanické vlastnosti dřeva (Kollmann, 1951). Hustota dřeva jedle obrovské v rámci přirozeného areálu v Severní Americe dosahuje kolem $370 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Alden, 1997; Green et al., 1999), zatímco v ČR je v průměru o něco vyšší, a to $405 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, viz tabulka č. 1 (Lukášek et al., 2012).

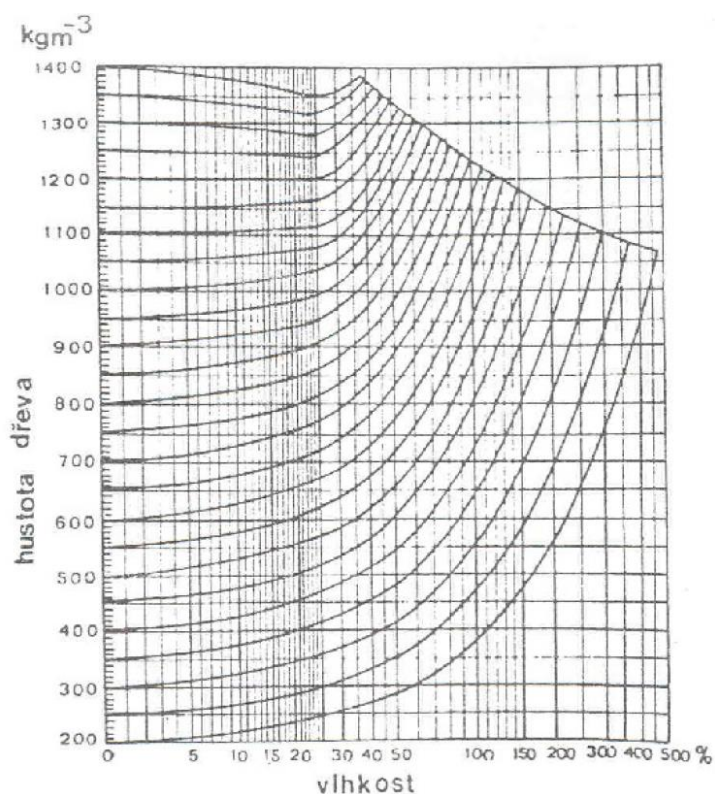
Hustotou dřeva se také rozumí, že jde o ukazatel, který udává hmotnost jeho objemové jednotky, přičemž se nejčastěji vyjadřuje v kg/m^3 , nebo g/cm^3 . Jak již bylo zmíněno výše,

hustota dřeva významně ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Jako příklad lze uvést těžké dřevo, které je pevnější, tvrdší a odolnější proti opotřebování než lehké dřevo.

Důležitého významu nabývá hustota dřeva také při jeho mechanickém a chemickém zpracování, kde je kladen důraz na hmotnostní množství dřevní hmoty a kde je potřebné vědět, kolik dřevní hmoty obsahuje konkrétní daná objemová jednotka (Požgaj et al., 1997).

Hustota dřeva se zvyšuje s vlhkostí, ale hmotnost a objem dřeva nerostou stejným způsobem. Zatímco hmotnost dřeva roste se zvyšující se vlhkostí až do maximálního nasycení, objem se zvyšuje jen do MH (Gandelová et al., 2002).

Stanovení hustoty vlhkého dřeva je možné pomocí nomogramů viz. obr. č. 12 nomogram Kollmana, podle kterého je možné určit hustotu dřeva, při libovolné vlhkosti v rozsahu od 0 do 400 % (Gandelová et al., 2002).



Obrázek 12: Nomogram pro stanovení hustoty dřeva při různé vlhkosti podle (Kollmann, 1951)

Důležitými faktory, které ovlivňují hustotu dřeva a na něž nesmíme zapomenout, je především vlhkost, šířka ročních kruhů a podíl letního dřeva. Dalšími faktory, které nám hustotu ovlivňují, je například poloha v kmeni a věk stromu. Samozřejmě musíme brát

v úvahu i reakční dřevo, které má také rozdílnou hustotu stejně jako větve a kořeny (Požgaj et al., 1997).

Tabulka 1: Srovnání vlastností dřeva jedle obrovské s domácími jehličnatými druhy a s douglaskou z našeho území (Zeidler et al., 2010)

Druh dřeviny	Hustota (při 12% vlhkosti) [kg.m ⁻³]	Pevnost v tlaku [MPa]
jedle obrovská	407	44,9
borovice lesní	520	55,0
smrk ztepilý	470	50,0
modřín opadavý	590	55,0
douglaska tisolistá	500	56,0

2.4. Použití dřeva jedle obrovské

Jedle obrovská je jedna z dřevin s největším potenciálem produkce v klimatických podmínkách střední Evropy. Na území, kde je půda uléhavější, může předstihnout i douglasku, která je u nás nejproduktivnější pěstovanou dřevinou. Dřevina se vyznačuje převážně značným množstvím vyprodukovaného dříví a výrazným krajinářským a parkovým využitím (Podrázský, 2007).

Ukázkovým příkladem velkého růstového potenciálu jedle obrovské v České republice je například polesí Hůrky a Písku. Zde růst dřeviny jedle obrovské odpovídá růstu smrku anebo jedle bělokore nejvyšších bonit. V Hůrkách roste dokonce jedle obrovská o 4 bonitní stupně rychleji viz obrázek č.13, než je zde skutečný růst smrku, stejně rychle roste i na jiných stanovištích mimo optimum jejího růstu (Wolf, 1998 a; Wolf, 1998b).

V uvážení využití dřeva připadají hodně podobné oblasti upotřebení dřeva jako u smrku, samozřejmě s ohledem na menší pevnost. Především by se jednalo o využití na stavební řezivo, vláknu, bednění, bedny, sloupky a obaly. Jako pozitivum můžeme uvést absenci pryskyřice, což je z hlediska lepení nebo povrchových úprav, případně i transportních obalů na potraviny příznivější (Zeidler et al, 2010).

Teplota jako faktor ovlivňující vlastnosti dřeva

Při různých technologických procesech výroby je dřevo vystaveno účinkům teplot v rozmezí 70–200 °C. Důležitý vliv, který musíme brát v úvahu v případě působení teploty, představuje vlhkost, která bývá často součástí těchto technologických procesů (plastifikace dřeva). Nárůst teploty do 70 °C má za následek pouze přechodné snížení

pružnosti a pevnosti dřeva. Při působení vysoké teploty (tj. nad 100 °C) vznikají ve dřevě trvalé změny (Požgaj et al., 1997).

Dřevo této dřeviny vykazuje velmi dobré předpoklady pro výrobu dřevařských výrobků (Vos; Kharazipour, 2008). Při použití jedlového dřeva na konstrukční řezivo vyžaduje nedestruktivní strojní třídění řeziva, důvodem je podhodnocení kvality dřeva při ručním třídění vlivem širokých letokruhů (Mitze, 2010; Hof et al., 2008).



Obrázek 13: Porost jedle obrovské po provedené probírce ve věku 23 let – SLT 3S, ŠP Hůrky. Foto: Bušina. (Kovář et. al, 2013)

Dřevo jedle obrovské je cenným zdrojem vlákniny, vyrábí se z něj řezivo, jak už bylo zmíněno výše, rovněž se používá jako dříví stavební, i když je poněkud náchylné k hnilobám a jeho pevnost nedosahuje nejvyšších parametrů (Musil, Hamerník, 2007).

Ve Spojených státech amerických je dřevo jedle obrovské používáno v papírenském průmyslu, ale také na lehčí a nenáročnou konstrukci, například na schodiště. Další využití této dřeviny v USA je například na výrobu dřevěných beden, částí nábytku, pro stavbu a obložení stodol nebo i na výrobu člunů. Nejčastěji však jedle obrovská našla dekorativní uplatnění jako vánoční stromek (Pagan, 1997). Pro tento účel bylo založeno nejvíce plantáží v Idahu nebo také v Evropě.

Na našem území se využívá dřevo jedle obrovské stejně jako v USA, a to zejména na produkci vánočních stromků nebo ozdobného klestí. Z tohoto důvodu je pěstována na plantážích na ŠLP v Kostelci nad Černými lesy.

2.5. Termická úprava dřeva

Tepelná úprava dřeva je ze všech různých modifikací komerčně nejrozšířenější (Hill, 2006). Termickou úpravou rozumíme změnu struktury dřeva zabezpečenou

technologickými operacemi (Reinprecht; Vidholdová, 2011). Tento typ úpravy je vhodnou alternativou vysoce trvanlivých tropických dřevin, protože lze modifikovat tuzemské dřeviny, například buk, smrk, modřín aj. (Reinprecht; Pánek, 2016).

Při tomto způsobu úpravy působíme na dřevo vysokými teplotami, které mají za následek zlepšení jeho vlastností, a to především odolnost proti vodě a biologickým škůdcům. Jsou zde však vlastnosti, které při působení vysokých teplot zhoršují, například ohybovou pevnost. Jak už bylo zmíněno výše, při zvýšené teplotě dochází ke změnám ve struktuře dřeva. Výrazněji k nim dochází při teplotách pohybujících se mezi 180–280 °C působících po dobu 15 minut až 24 hodin. Dochází také k chemickým změnám, které se projevují nejen ve struktuře dřeviny ale také na jejích vlastnostech. Tyto změny jsou ovlivněny podmínkami prostředí při termické úpravě, druhem dřeviny a samozřejmě počáteční vlhkostí dřeva (Reinprecht, 2008). V neposlední řadě se mění i barva dřeva, což bereme jako výhodu, protože lze napodobit dražší exotické dřeviny (Reinprecht; Vidholdová, 2011).

Termicky upravené dřevo najde uplatnění jak v interiéru, tak i v exteriéru viz obrázek č. 14 a 15. V interiéru lze upravené dřevo použít například na obklady, podlahy, parkety a kuchyňský a koupelňový nábytek. V exteriéru má termicky modifikované dřevo také široké uplatnění, a to například při výrobě oken, venkovních dveří, zahradního nábytku, venkovních teras, altánků, venkovních fasád a podobně (Reinprecht; Vidholdová, 2011).

Výhodou termické modifikace oproti jiným úpravám dřeva je, že není potřeba používat další látky, které by mohly mít špatný dopad na ekologickou kvalitu konečného výrobku a na prostředí (Kačíková; Kačík, 2011).



*Obrázek 14: Terasový podlahový panel z jedle obrovské – tepelně ošetřený;
Obrázek 15: Dado a rabbit kloub z JD – tepelně ošetřený (Hapla et al., 2015)*

V dnešní době existuje mnoho možností, jak lze dřevo termicky modifikovat. Mezi neznámější a v současnosti nejpoužívanější způsob úpravy dřeva patří například způsob ThermoWood, který má původ ve Finsku a je v Evropě využíván až z 90 % z celkové produkce termicky modifikovaného dřeva. Další významnou metodou, která byla patentována v Holandsku, je metoda Plato Wood. V Německu jde pak o způsob OHT a ve Francii o metodu RetificatedWood (Kačíková; Kačík, 2011).

Jak už bylo zmíněno výše, v současnosti je více možností či procesů, jak lze dřevo termicky upravovat. Mezi těmito způsoby modifikace lze rozeznat značné rozdíly, a to jak ve způsobu přípravy, tak i v prostředí, ve kterém jsou ohřívány, a v médiu. Další odlišnosti jsou vidět například u odlišné fáze samotného procesu, u doby působení na materiál a také u rozdílné teploty (Kačíková; Kačík, 2011):

- ThermoWood – příprava v atmosféře vzduchu;
- OHT-Wood – příprava v olejích;
- Plato Wood – příprava v prostředí vodní páry;
- RetificatedWood – příprava v prostředí inertních plynů.

ThermoWood

Proces metody ThermoWood je rozdělen do tří fází, při nichž se dřevo pomocí tepla modifikuje (Gandelová et al, 2009).

1. Fáze – zvýšení teploty a sušení

Sušení je z hlediska času nejnáročnější fází celého procesu termické úpravy. V této první fázi dochází za působení vodní páry k rychlému nárůstu teploty v komoře na 100 °C a poté zvolna stoupá ke 130 až 150 °C, viz graf č. 1. Tento proces zabezpečuje sušení dřeva až na hodnotu absolutní vlhkosti 0 %. Doba procesu sušení je odvozena od počáteční vlhkosti dřeva, druhu dřeviny a rozměrů modifikovaného materiálu. Důležitým prostředkem během procesu je působení vodní páry, která eliminuje vznik trhlin ve dřevě při jeho vysoušení (Kačíková; Kačík, 2011; Reinprecht; Vidholdová, 2011; ThermoWood Handbook, 2003).

2. Fáze – tepelné zpracování

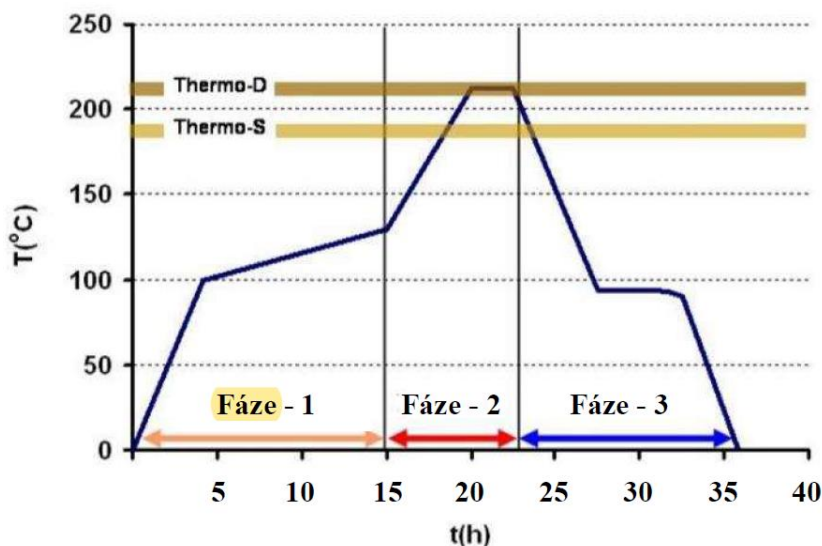
V této etapě působí v komoře teplota po dobu 2 až 3 hodin při 185–215 °C, viz graf č. 1. Teplota se liší podle úrovně termické úpravy. Působení teploty a času závisí na klasifikačním třídění termodřeva Thermo – S, Thermo-D. Tato fáze modifikace začíná hned po vysoušení. Důležité je zde také použití páry, která slouží stejně tak jako v první fázi k ochraně materiálu

před spálením a ovlivňuje chemické změny, k nimž během procesu dochází (Reinprecht et al., 2008; ThermoWood Handbook, 2003).

3. Fáze – chlazení a úprava vlhkosti

V konečné fázi procesu modifikace dřeva dochází k pozvolnému ochlazování materiálu k hodnotám pohybujícím se okolo 80–90 °C, viz graf č. 1. Ochlazování musí probíhat pozvolna, tak aby se ve dřevě neobjevovaly trhliny. Během této fáze je k ochlazování používán systém trysek, který v komoře rozprašuje vodu. Finální vlhkost by měla být okolo 4 až 7 %. Tato fáze trvá v rozpětí 5 až 15 hodin s ohledem na původní teplotu a rozměry materiálu (Reinprecht; Vidholdová, 2011; ThermoWood Handbook, 2003; Kačíková; Kačík, 2011).

Po fázi chlazení a úpravě vlhkosti by mělo dojít ke stabilizaci po termické úpravě. Tato stabilizace se uskutečňuje v teplých zastřešených prostorách pod tlakem po dobu 24 až 48 hodin (Prokom R&S s.r.o., 2013).



Graf 1: Výrobní proces (Thermowood Handbook, 2003)

Jak už bylo zmíněno, ThermoWood se vyrábí ve dvou standardních třídách úpravy, a to: ThermoWood-S a ThermoWood-D. Třída úpravy ThermoWood-S je vhodná do interiéru. Označení „S“ je odvozeno od slova „stability“, protože právě stabilita a vzhled materiálu jsou klíčovými vlastnostmi této třídy. Své uplatnění najde například na parkety, obklady nebo kuchyňský nábytek.

Druhou třídou úpravy je tu ThermoWood-D, jejíž název je odvozen od „duralibity“, tedy od trvanlivosti. Spolu se vzhledem materiálu, odolností a biologickou trvanlivostí představuje požadované vlastnosti na upravovaný materiál této třídy. Tato druhá třída je vhodná pro použití v exteriéru. S použitím se shledáme například u oken, dveří, plotů nebo i dětských hřišť (Kačíková; Kačík, 2011; ThermoWood Handbook, 2003).

3. Cíl práce

Cílem práce je posoudit vliv tepelné úpravy (180 °C a 200 °C) na rozměrové změny dřeva jedle obrovské (*Abies grandis Lindl*) z lokalit České republiky, zejména pak z pohledu užitkových vlastností.

4. Metodika

4.1. Posuzované fyzikální zkoušky

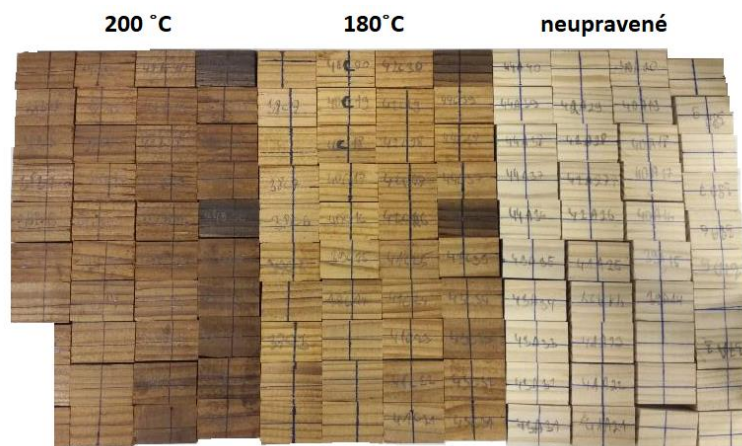
Pro zhodnocení kvality dřeva zkoumané dřeviny jsou vybrány fyzikální zkoušky, které vystihují důležité vlastnosti jedle obrovské, jde především o vlastnosti využitelné v průmyslu.

Mezi ně patří:

- hustota (zkoušeno podle normy ČSN 49 0108),
- bobtnání (ČSN 49 0126),
- vlhkost (ČSN 49 0103).

4.2. Příprava zkušebního materiálu

K měření zkoumaných vlastností byly použity vzorky z jedle pocházející ze školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy. Tělesa byla získána z kulatiny, která byla rozmanipulována na kmenové pásové pile na jednotlivé fošny. Fošna byla následně rozřezána na přířezy o rozměrech 20 x 20 x 1000 mm. Z těchto přířezů byly dále za sebou nařezány již konečné referenční vzorky o rozměrech 20 x 20 x 30 mm. Systém kódování byl jednoduchý, vždy tři tělesa, která se odřízla za sebou, byla rozdělena do tří skupin, a to na tělesa neupravená, s úpravou při 180 °C a při 200 °C, viz obr. č. 16.



Obrázek 16: ukázka těles tepelně neupravených, s úpravou při 180°C a při 200 °C

4.3. Tepelná úprava vzorků

Tepelná úprava jednotlivých sérií byla zhotovena v laboratorní komoře v areálu ČZU. Použitý způsob modifikace vychází z patentovaného principu ThermoWood, který byl použit při výrobě těles pro experimentální pokusy. Komora byla vyrobena firmou KATRES Jihlava a skládá se z hlavní tepelné komory s topnými tělesy a větrákem, který zajišťuje vnitřní cirkulaci vzduchu, viz obrázek č. 17 a 18. Dále je do komory přiveden přívod páry pro regulaci ohřevu a rychlosti sušení materiálu. Pro samotnou fázi úpravy je v komoře tryska, která v nastavených intervalech vstříkuje do komory vodu a vytváří tak vodní clonu, která brání dřevu se samovznítit.



Obrázek 18: První pohled na komoru sušárny, zdroj: foto Holeček



Obrázek 17: První pohled na komoru sušárny, zdroj: foto Holeček

Pro regulaci podmínek úpravy je komora vybavena dvěma teploměry materiálu a dvěma vlhkostními čidly materiálu, které sledují parametry úpravy. Pro sledování vnitřních podmínek komory je osazena jedním suchým a jedním mokřým teploměrem. Rozdíl mezi nimi nám udává schopnost vnitřní atmosféry přijímat nebo odevzdávat vlhkost upravovaného materiálu. Všechny tyto parametry jsou používány k regulaci procesu s ohledem na nastavený režim úpravy. Z tohoto hlediska je nejdůležitější mít daný režim nastavený tak, aby vnitřní podmínky komory korespondovaly s vnitřními podmínkami materiálu, především s teplotou. Nastavení režimu bylo uzpůsobeno tak, aby k materiálu ve všech fázích bylo co nejšetrnější a nedošlo k porušení celistvosti upraveného materiálu viz tabulka č.2.

První fáze neboli ohřev začíná na teplotě 20 °C. Nastavená strmost tohoto úseku byla 10 °C za hodinu, až komora dosáhla vyrovnané teploty 110 °C. V této fázi se do komory pouštěla pára. Účelem této fáze je zbavit dřevo vlhkosti před finální úpravou. Volná voda ve dřevě při vyšších teplotách způsobuje praskliny materiálu. Tato fáze je přímo úměrná velikosti upravovaných těles a jejich vstupní vlhkosti. V našem případě měla vstupní tělesa vlhkost okolo 10 %.

Druhá fáze: po dosažení 110 °C se komora automaticky přepnula do další fáze, kde strmost růstu teploty byla nastavena na 15 °C za hodinu. Tuto teplotu zvyšovala až do dosažení požadované teploty úpravy, kde tuto teplotu držela po dobu 3 hodin, přičemž byla do komory vstříkována voda jako ochranné médium.

Třetí fáze: Po uplynutí 3 hodin se spustí režim ochlazení, který je rozdělen do dvou částí. První část je prudké ochlazení se strmostí ochlazování 15 °C za hodinu. V této fázi je důležité ochladit upravený materiál tak, aby došlo k ukončení vnitřních chemických změn.

Tabulka 2: Nastavené hodnoty při průběhu jednotlivých fází tepelné úpravy, zdroj: Holeček

Fáze	Paření	Podtlak			Vlhčení	
		Nast.(Pa)	Min (%)	Klapka (%)	Zap. (sekund)	Vyp. (sekund)
1.	25	50	5	70	0	0
2.	60	40	20	40	2	120
3.	10	30	15	15	5	60
Chlazení	5	50	15	70	0	0

4.4. Měření vzorků

Měření hodnot zkoumaných vlastností zkušebních vzorků probíhalo v laboratorních prostorech FLD ČZU. Měření vzorků se uskutečnilo ve třech etapách. První měření hodnot probíhalo na tělesech, která byla klimatizována v klimatizačních komorách při 20 °C a 65% relativní vzdušné vlhkosti. Po vyndání těles z klimatizační komory by měla být absolutní vlhkost pro neupravené dřevo 12 %. Druhé měření hodnot zkoumaných vlastností proběhlo na vysušených tělesech, viz obrázek č. 19. Poté co byly vzorky vyndány ze sušárny, byla jejich vlhkost rovna 0% absolutní vlhkosti. Třetí měření hodnot se uskutečnilo na tělesech vyndaných z pod vodní hladiny, kde během 7 dní vlhkost dřeva vzorků dosáhla vlhkosti nad mezí nasycení vláken.



Obrázek 19: Vysušená tělesa vyrovnaná roštu ze sušárny

Rozměry těles byly stanoveny pomocí digitálního posuvného měřítka značky Kinex 6040-27-150, viz obr. 20. Díky propojení posuvného měřítka s počítačem, byly naměřené hodnoty s přesností na 0,01 mm, ihned zaznamenány do excelovské tabulky. Hmotnost vzorků byla zvážena na digitální váze značky KERN PCB 2500-2, viz obr.21, také s propojením do počítače. Stejně tak jako u měření rozměrových změn, tak i vážení bylo s přesností na 0,01 g zaznamenáno v excelovské tabulce.



Obrázek 21: Posuvné měřítko Kinex, zdroj: kinexmeasuring.com
Obrázek 20: Digitální váha KERN PCB, zdroj: conrad.cz

4.5. Stanovení hustoty těles

Hustota dřeva udává hmotnost jednotkového objemu dřeva při určité vlhkosti, viz vzorec č. 1. Tento ukazatel vypočítáme z podílu hmotnosti m_w a objemu dřeva V_w . Konkrétněji jde o hmotnost vyjádřenou v gramech, zjištěnou vážením jednotlivých vzorků. Tato hmotnost se pak dělí objemem zjištěným měření jednotlivých zkušebních vzorků. Přičemž obě hodnoty, jak hmotnost, tak i objem dřeva jsou při stejné vlhkosti. Hustotu pak vypočítáme podle následujícího vzorce:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad [g \cdot cm^{-3}] \quad (1)$$

ρ_w – hustota při dané vlhkosti w ($g \cdot cm^{-3}$)

m_w – hmotnost při dané vlhkosti w (g)

V_w – objem při dané vlhkosti w (cm^3)

Hustota dřeva se vypočítá pomocí vzorce dle normy ČSN 49 0108.

Pro zjištění, kolik sušiny se nachází v maximálně nabobtnalém objemu dřeva, byl pak použit následující vzorec č.2 podle (Požgaj, 1993) a to:

$$\rho_k = \frac{m_0}{V_{max}} \quad [g \cdot cm^{-3}] \quad (2)$$

ρ_k – konvenční hustota [$g \cdot cm^{-3}$]

m_0 – hustota v absolutně suchém stavu [$g \cdot cm^{-3}$]

V_{max} – objem zkušebního tělesa při vlhkosti nad mezí hygroskopicity

Nad mezí hygroskopicity je tato hodnota minimální, nezávisí již na vlhkosti dřeva, protože dřevo dále nebobtná. Takto definovanou veličinu nazýváme konvenční hustotou ρ_k nebo redukovanou hustotou v čerstvém stavu $\rho_{rč}$.

Stanovení objemové hmotnosti dřeva dle normy ČSN 49 0108.

4.6. Stanovení vlhkosti těles

Vyjadřuje se podílem hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu, viz vzorec č. 3. Vlhkost se nejčastěji vyjadřuje v procentech. Metoda stanovení vlhkosti spočívá v opakovaném vážení vzorků. Jako první byla zvážena a zaznamenána tělesa v rovnovážně vlhkém stavu. Poté byly tyto vzorky vloženy do sušárny s nastavenou teplotou 103 ± 2 °C. Tělesa v absolutně suchém stavu byly následně po vyjmutí ze sušárny zváženy. Výpočtem poté byla zjištěna vlhkost dřeva při měření. Absolutní vlhkost dřeva se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$W_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} \times 100 [\%] \quad (3)$$

m_w – hmotnost dřeva před vysušením [g]

m_0 – hmotnost dřeva v absolutně suchém stavu [g]

Vlhkost dřeva se vypočítá pomocí vzorce dle normy ČSN 49 0103. Dle normy byly také výsledky zaokrouhleny na celá procenta.

4.7. Stanovení bobtnání těles

Po zaznamenání hmotnosti těles v absolutně suchém stavu, byly vzorky ponořeny pod hladinu vody v lavoru. Tělesa byla pod vodní hladinou ponořena po dobu 7 dní. Během této doby došlo k ustálení rozměrů tj., vlhkost zkušebních těles dosáhla vlhkosti nad bodem nasycení vláken tedy nad mez hygroskopicity. Ihned po vyndání vzorků z vody, byla tělesa zvážena. Výpočet bobtnání v jednotlivých směrech byl proveden dle následujícího vzorce č.4:

Výpočet rozměrového bobtnání

$$a_{x\ max} = \frac{l_{x\ max} - l_{x\ min}}{l_{x\ min}} \times 100 [\%] \quad (4)$$

$a_{x\ max}$ – maximální bobtnání v daném směru [%] (radiálním/tangenciálním/axiálním)

$l_{x\ max}$ – rozměr při max. nabobtnání (nad mezí nasycení vláken) pro daný směr

$l_{x\ min}$ – rozměr pro daný směr v abs. suchém stavu

Výpočet objemového bobtnání

Výpočet objemového bobtnání byl proveden podle následujícího vzorce č.5:

$$a_{V \max} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\min}} \times 100 [\%] \quad (5)$$

$a_{V \max}$ – maximální objemové bobtnání [%]

V_{\max} – objem zkušební tělesa při vlhkosti nad mezí hygroskopicity

V_{\min} – objem zkušební tělesa v absolutně suchém stavu

Výpočet rozměrového a objemového bobtnání byl stanoven na základě normy ČSN 49 0126.

Přepočet bobtnání α a sesychání β (lineárního, plošného a objemového) dle vztahů:

Přepočet bobtnání a sesychání byl proveden podle následujících vzorců č. 6 a 7:

$$\alpha = 100 * \beta / (100 - \beta_w) \quad (6)$$

$$\beta = 100 * \alpha / (100 + \alpha) \quad (7)$$

α – bobtnání (lineární, plošné, objemové) [%]

β – sesychání (lineární, plošné, objemové) [%]

β_w – sesychání při dané vlhkosti

Výpočet přepočtového bobtnání a sesychání byl stanoven na základě normy ČSN 49 0103.

4.8. Statické zpracování dat

Záměrem statistického zpracování naměřených hodnot bylo zpracovat a vyhodnotit jednotlivá zjištěná data sledovaných znaků pokročilými statistickými metodami. Pro posouzení naměřených fyzikálních hodnot byla použita statistická metoda Anova. Pro všechny testy, prováděné v tomto programu, byla použita hladina významnosti 5% ($\alpha=0,05$), která je běžným standardem napříč vědeckými odvětvími. Výstupem z Anovy je pouze zjištění, zda mají faktory nějaký vliv na výslednou hodnotu. Pro zjištění velikosti nebo povahy tohoto efektu bylo třeba využít následný post-hoc test (Duncan test). Jak už bylo zmíněno výše, ke statistickému zpracování dat byla použita statistická metoda Anova, konkrétněji One-way Anova. Pod tímto pojmem rozumíme jedno-faktorová analýza rozptylu. V tomto případě jde o zkoumání vlivu jednoho faktoru (referenční a tepelně upravená tělesa) na jednu proměnnou (Hustota, bobtnání atd.).

5. Výsledky

Na následujících stranách jsou zobrazeny zjištěné výsledky statistického zpracování naměřených hodnot. Základní přehled o trendech v souvislosti s úpravou je vyobrazený v souhrnné tabulce s procentuálními změnami jednotlivých sledovaných vlastností, viz tabulka č. 3. Dále jsou zde zaneseny grafy znázorňující výstupy z Anovy. Tyto výstupy obsahují komentáře s důležitými číselnými údaji ze základní statistiky. Konec této kapitoly uzavírá souhrnná tabulka č. 4, která obsahuje základní statistické ukazatele, a to: aritmetický průměr, variační koeficient, směrodatnou odchylku, minimum a maximum. Výsledky z těchto ukazatelů slouží k porovnání absolutních čísel jednotlivých vlastností pro každý stupeň úpravy.

Při vyhodnocování získaných výsledků se zvláště posuzoval vliv úpravy na sledované vlastnosti v rámci dané dřeviny a vzájemné působení (interakce) vlivu úpravy dohromady s dřevinou, tj. zdali tepelná modifikace mění významně více některé vlastnosti u dřeva této dřeviny. Tuto skutečnost byla zjištěna například u těchto sledovaných vlastností – hustoty a bobtnání.

Aby bylo porovnání hodnot adekvátní, je třeba znát i vlhkost. Jak již bylo zmíněno v kapitole č. 4.4, všechna tělesa byla upravena v klimatizační komoře při 65% relativní vlhkosti vzduchu a teplotě 20 °C. Referenční vzorky nabyly po klimatizaci absolutní vlhkosti ve výši 11,6 %. Absolutní vlhkost zkušebních těles tepelně modifikovaných při 180 °C byla 6 % a absolutní vlhkost zkušebních vzorků ze série upravené při 200 °C dosáhla vlhkosti 5,6 %.

Tabulka 3: Přehled procentuálních změn sledovaných vlastností

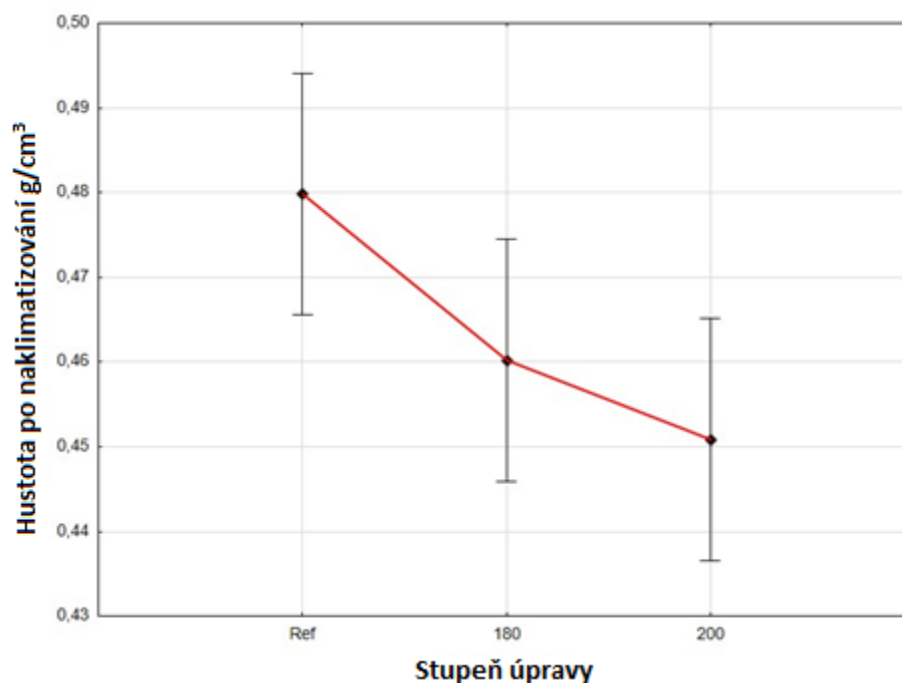
Fyzikální vlastnosti	180 °C	200 °C
Hustota po naklimatizování	-4,2%	-6,0%
Hustota v absolutně suchém stavu	-0,4%	-3,5%
Konveční hustota	0,6%	0,8%
Vlhkost po naklimatizování	-48,3%	-51,7%
Bobtnání radiální	-5,4%	-22,4%
Bobtnání tangenciální	-12,3%	-26,9%
Bobtnání axiální	-30,9%	-43,6%
Bobtnání objemové	-10,5%	-26,3%

5.1. Hustota

Hodnoty hustoty zkoumané dřeviny, po naklimatizování, u tepelně upravených těles při 200 °C, jsou nižší, než u hodnot vzorků po úpravě při 180 °C. Taktéž i hodnoty hustoty u tepelně upravených těles při teplotě 180 °C, po naklimatizování, jsou nižší než u hodnot vzorků tepelně neupravených. Po první úpravě hodnoty hustoty všech těles mírně klesly, přičemž po úpravě při 200 °C byla hustota nižší než po úpravě při 180 °C.

Hustota dřeva po naklimatizování

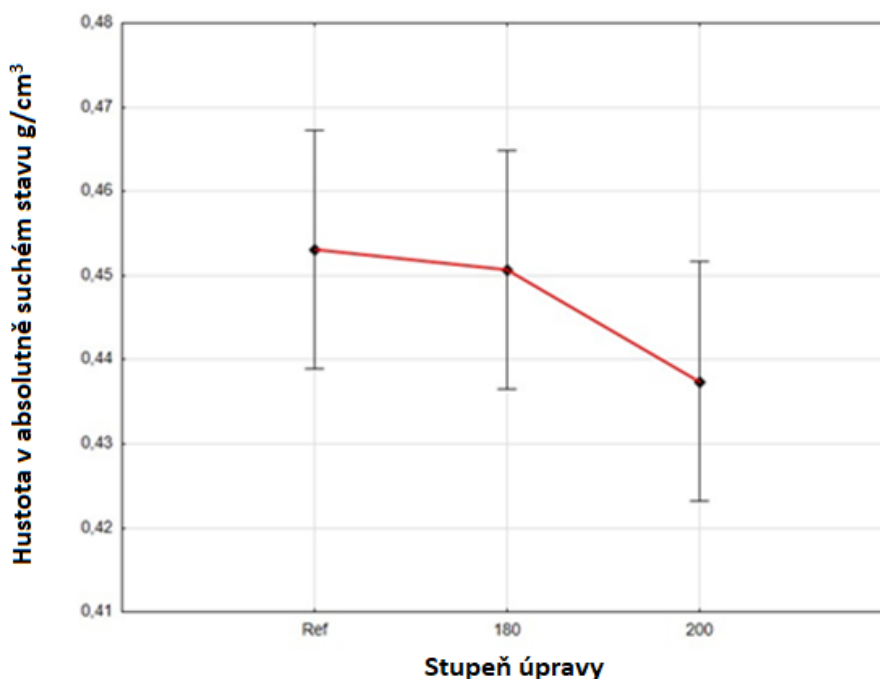
Průměrná vypočtená hustota referenčních, tepelně neupravených vzorků jedle obrovské o vlhkosti 11,6 %, dosáhla hodnoty 0,480 g/cm³ viz graf č.2. Zjištěné hodnoty hustoty těchto těles, se pohybují, od minima 0,394 g/cm³ po maximum 0,589 g/cm³. Variační koeficient dosáhl hodnoty 9,1 %. Průměrná hustota tepelně upravených těles při 180 °C, dosáhla hodnoty 0,460 g/cm³. Zjištěné hodnoty hustoty těchto tepelně upravených vzorků se pohybují od minima 0,370 g/cm³ po maximum 0,562 g/cm³. Vypočtený variační koeficient dosáhl hodnoty 9,8 %. Průměrná hodnota hustoty, tepelně upravených těles při 200 °C, dosáhla 0,451 g/cm³. Hodnoty hustoty těchto tepelně upravených těles se pohybují od minima 0,370 g/cm³ po maximum 0,562 g/cm³. Variační koeficient těchto vzorků dosáhl hodnoty 10,7 %.



Graf 2: Hustota dřeva při naklimatizování

Hustota dřeva v absolutně suchém stavu

Průměrná hustota vysušeného dřeva, tepelně neupravených těles jedle obrovské při 0 % vlhkosti, dosáhla hodnoty $0,453 \text{ g/cm}^3$ viz graf č. 3. Zjištěné hodnoty těchto tepelně neupravených vzorků, se pohybují od vypočteného minima $0,368 \text{ g/cm}^3$ po maximum $0,560 \text{ g/cm}^3$. Variační koeficient těchto vzorků dosáhl hodnoty 9,6 %. Průměrná hustota vysušeného dřeva tepelně upravených těles při 180° C dosáhla hodnoty $0,451 \text{ g/cm}^3$. Hodnoty této vypočtené hustoty se pohybují od vypočteného minima $0,362 \text{ g/cm}^3$ po maximum $0,597 \text{ g/cm}^3$. Variační koeficient těchto těles dosáhl hodnoty 10,9 %. Průměrná hustota hustoty vysušeného dřeva, tepelně upravených těles při 200° C , dosáhla $0,437 \text{ g/cm}^3$. Vypočtené hodnoty této hustoty těles se pohybují od minima $0,354 \text{ g/cm}^3$ po maximum $0,538 \text{ g/cm}^3$. Variační koeficient těchto těles dosáhl hodnoty 9,8 %.

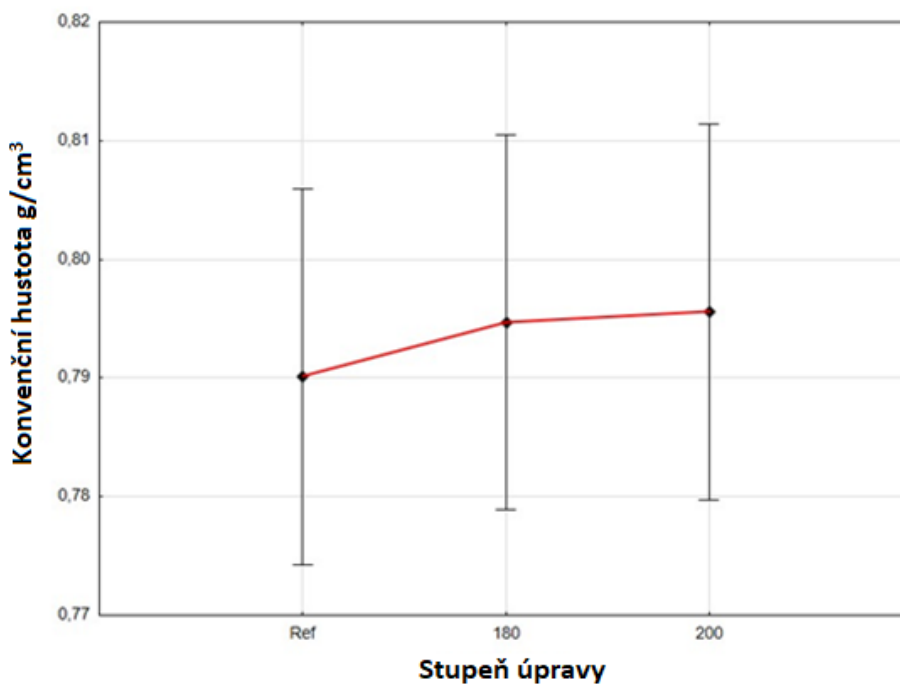


Graf 3: Hustota dřeva v absolutně suchém stavu

Konvenční hustota

Průměrná hustota dřeva jedle obrovské, tepelně neupravených těles, dosáhla hodnoty $0,790 \text{ g/cm}^3$ viz graf č. 4. Hodnoty vypočtené hustoty se pohybují od minima $0,636 \text{ g/cm}^3$, po maximum $0,932 \text{ g/cm}^3$. Variační koeficient dosáhl hodnoty 6,81 %. Průměrná hustota dřeva, tepelně upravených vzorků při teplotě 180° C , dosáhla hodnoty $0,795 \text{ g/cm}^3$. Hodnoty vypočtené hustoty, těchto těles, se pohybují od minima $0,670 \text{ g/cm}^3$. po maximum $0,924 \text{ g/cm}^3$. Variační koeficient těchto těles dosáhl hodnoty 6,37 %. Průměrná hustota dřeva, tepelně upravených těles při teplotě 200° C , dosáhla hodnoty $0,796 \text{ g/cm}^3$. Hodnoty hustoty

těchto těles se pohybují od vypočteného minima $0,670 \text{ g/cm}^3$, po maximum $0,923 \text{ g/cm}^3$.
Variační koeficient dosáhl hodnoty 5,87 %.



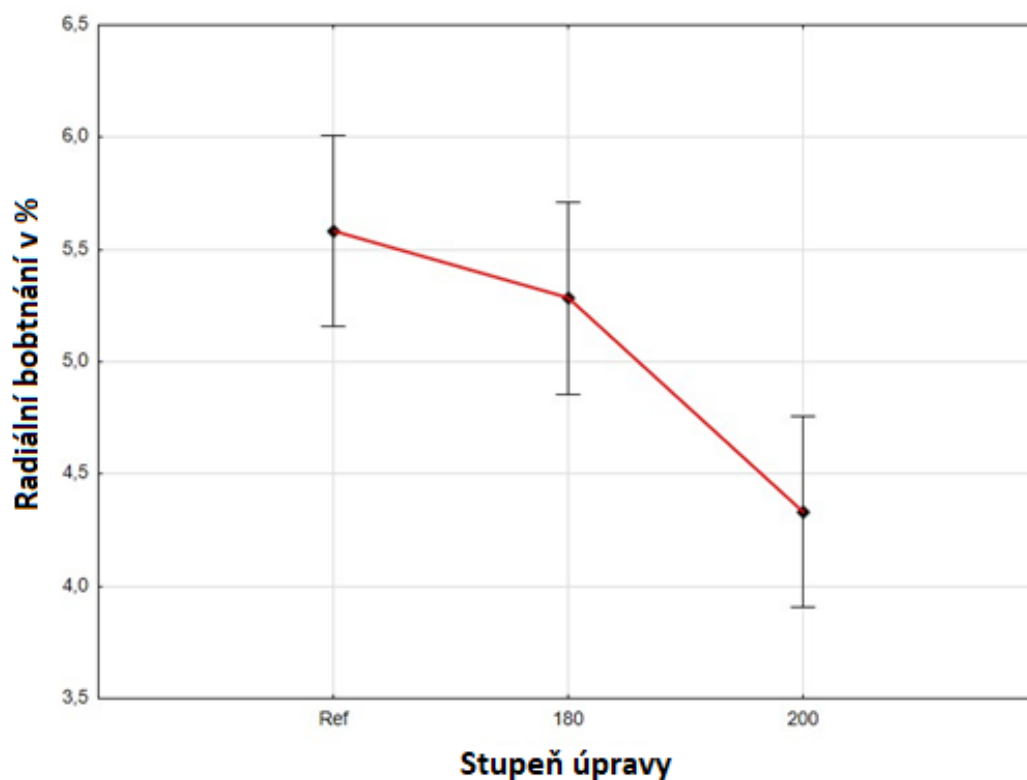
Graf 4: Konvenční hustota dřeva

5.2. Bobtnání v jednotlivých směrech

Hodnoty rozměrového bobtnání zkoumané dřeviny, u tepelně upravených těles při teplotě 180 a 200° C, jsou nižší než naměřené hodnoty tepelně neupravených vzorků viz graf č. 5, 6, 7. Značné rozměrové změny byly zaznamenány v tangenciálním směru u všech zkušebních těles. Méně značné pak byly naměřeny ve směru radiálním. V axiálním šlo pak o změny minimální, v některých případech skoro až nulové.

Bobtnání v radiálním směru

Průměrná hodnota bobtnání dosáhla v radiálním směru u tepelně neupravených těles 5,58 % viz graf č. 5. Zjištěné hodnoty rozměrového bobtnání v radiálním směru se pohybují od minima 2,85 % po maximum 9,19 %. Variační koeficient bobtnání dosáhl hodnoty 26,1 %. Průměrná hodnota bobtnání, u tepelně upravených těles při teplotě 180° C, dosáhla hodnoty 5,28 %. Rozměrové změny hodnot se pohybovaly od minima 3,09 % po maximum 8,51 %. Variační koeficient, u těchto vzorků, dosáhl hodnoty 27 %. Průměrná hodnota bobtnání u těles s tepelnou úpravou 200° C, dosáhla 4,33 %. Naměřené hodnoty těchto vzorků se pohybovaly od minima 2,00 % po maximum 6,91 %. Variační koeficient těchto upravených těles dosáhl hodnoty 27,2 %.



Graf 5: Bobtnání dřeva v radiálním směru

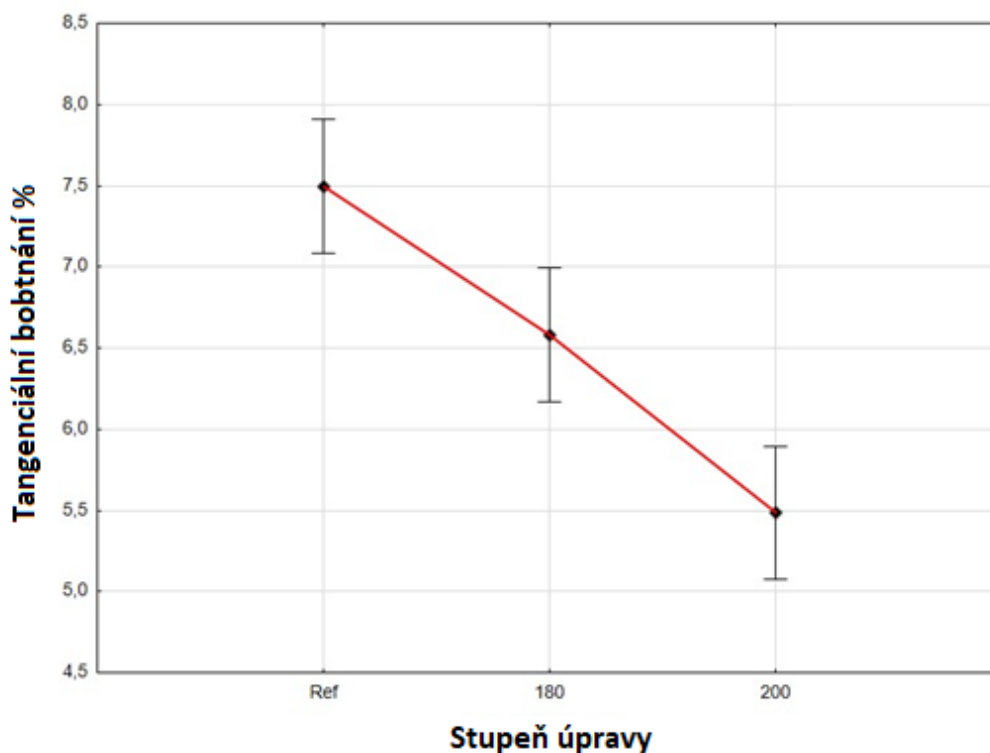
Bobtnání v axiálním směru

Průměrná hodnota bobtnání v axiálním směru, u tepelně neupravených těles, dosáhla 0,55 %. Rozměrové změny těchto těles se pohybují od minima 0,07 % po maximum 1,57 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 62,4 %. Průměrná hodnota bobtnání, u tepelně upravených vzorků při 180° C, dosáhla 0,38 %. Rozměrové změny se pohybují od vypočteného minima 0,03 % po maximum 1,17 %. Variační koeficient těchto těles dosáhl hodnoty 63,6 %. Průměrná hodnota bobtnání, tepelně upravených těles při teplotě 200° C, dosáhla 0,31 %. Rozměrové změny se pohybovaly od minima 0,07 % po maximum 1,07 %. Variační koeficient v tangenciálním směru dosáhl hodnoty 83 %.

Bobtnání v tangenciálním směru

Průměrná hodnota bobtnání v tangenciálním směru, u tepelně neupravených těles, dosáhla 7,5 % viz graf. č. 6. Naměřené rozměrové změny se pohybovaly od minima 5,24 % po maximum 14,36 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 20,1 %. Průměrná hodnota, u tepelně upravených vzorků při teplotě 180° C, dosáhla 6,58 %. Hodnoty rozměrových změn se pohybují od minima 4,39 po maximum 9,52 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 18,6 %. Průměrná hodnota bobtnání, s tepelnou úpravou při 200° C, dosáhla 5,48 %. Naměřené

hodnoty se pohybují od minima 2,24 % po maximum 7,85 %. Variační koeficient těchto těles dosáhl hodnoty 21,9 %.



Graf 6: Bobtnání dřeva v tangenciálním směru

5.3. Bobtnání objemové

Objemové bobtnání u tepelně neupravených těles

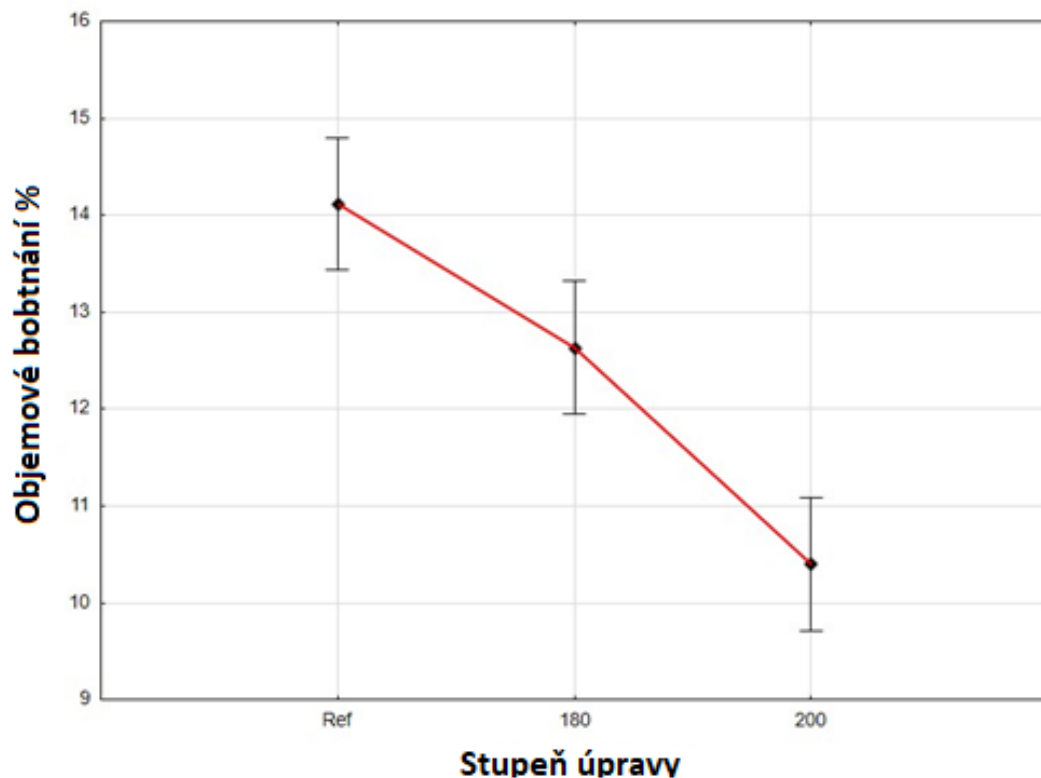
Průměrná hodnota objemového bobtnání, u tepelně neupravených těles, dosáhla 14,12 % viz graf č. 7. Naměřené hodnoty se pohybovaly od minima 10,69 % po maximum 18,99 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 15,95 %.

Objemové bobtnání u tepelně upravených těles při teplotě 180° C

Průměrná hodnota objemového bobtnání, u tepelně upravených vzorků, dosáhla 12,64 % viz graf č. 7. Hodnoty rozměrových změn se pohybovaly od minima 9,08 po maximum 17,28 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 17,47 %.

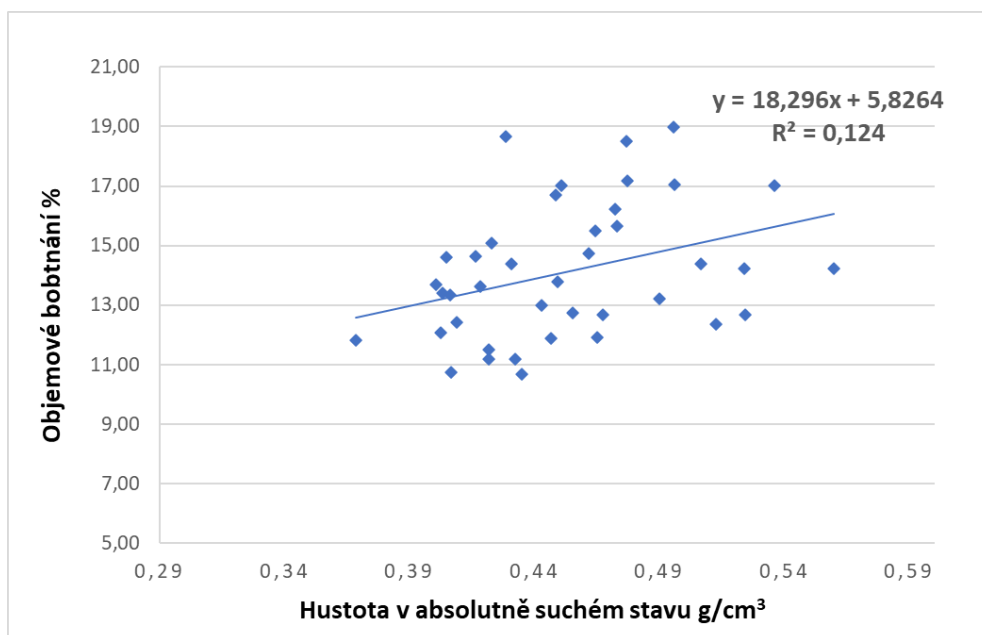
Objemové bobtnání u těles s tepelnou úpravou při teplotě 200° C

Průměrná hodnota objemového bobtnání, u tepelně upravených těles, dosáhla 10,40 % viz graf č. 7. Naměřené hodnoty se pohybovaly od minima 6,13 % po maximum 15,20 %. Variační koeficient dosáhl hodnoty 19,98 %.

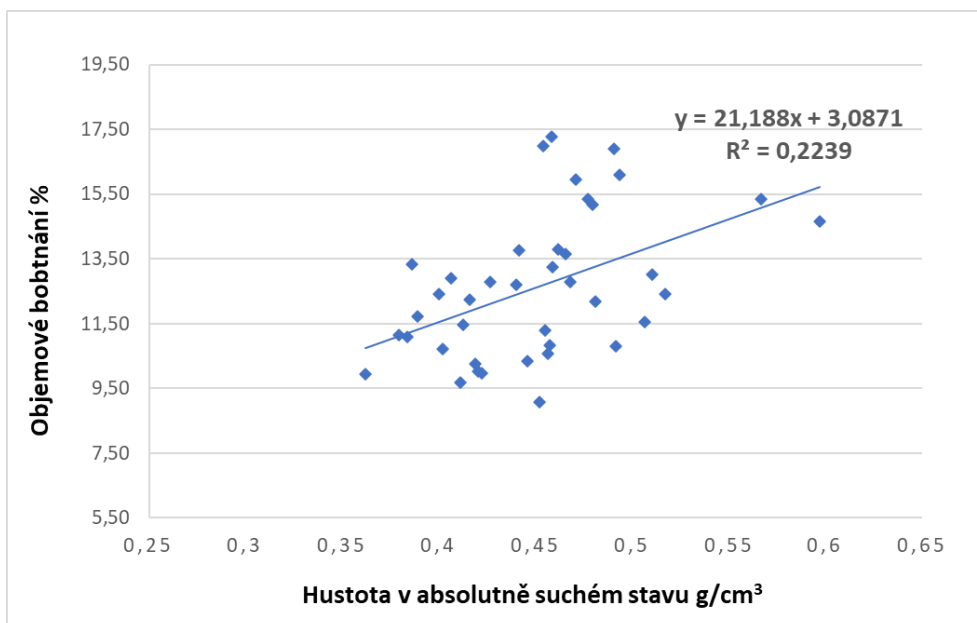


Graf 7: Objemové bobtnání dřeva

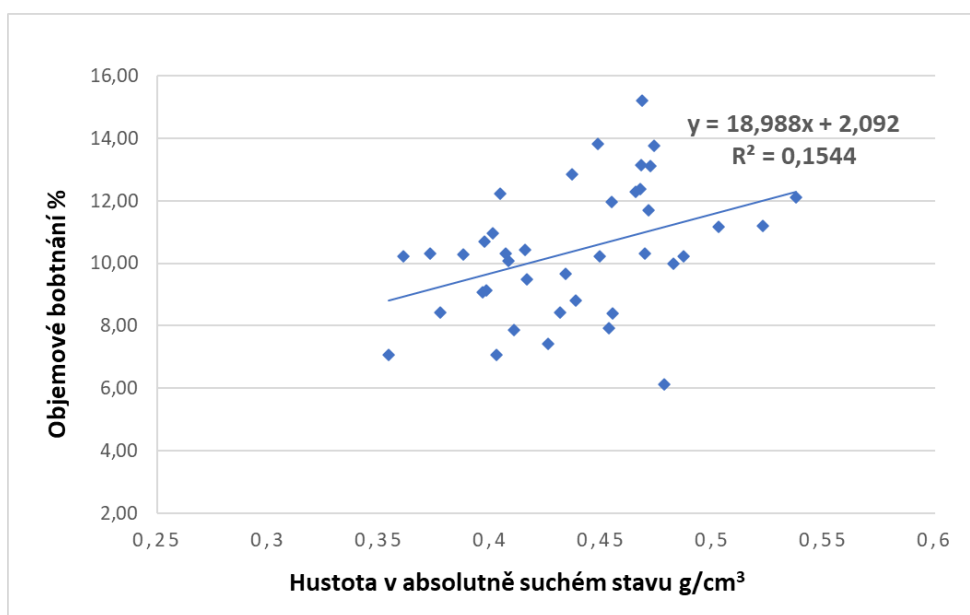
Na následujících grafech č. 5 až 7 lze vidět korelaci, tj. závislost, objemového bobtnání na hustotě v absolutně suchém stavu. Z těchto grafů můžeme vyčíst, že bobtnání s hustotou narůstá, přičemž míra této těsnosti není nikterak vysoká. Index těchto korelací se pohybuje v rozmezí cca od 0,4 až 0,5. Hodnoty v tomto rozmezí získáme odmocněním čísla R^2 , kterou nalezneme v již zmíněných grafech č. 8 až 10.



Graf 8: Závislost objemového bobtnání tepelně neupraveného dřeva na jeho hustotě v absolutně suchém stavu



Graf 10: Závislost objemového bobtnání tepelně upraveného dřeva při 180° C na jeho hustotě v absolutně suchém stavu



Graf 9: Závislost objemového bobtnání tepelně upraveného dřeva při 200° C na jeho hustotě v absolutně suchém stavu

Nejvýrazněji se vliv hustoty projevuje u objemového bobtnání tepelně upravených těles při 180° C. Koeficient determinace však dosahuje hodnoty pouze 0,22. U zbývajících hodnocených bobtnání dosahuje ještě nižších hodnot – 0,15 u objemového bobtnání tepelně upravených vzorků při 200° C a dále pak 0,12 u objemového bobtnání termicky neupravených těles. Koeficient determinace vlastně udává, jaká část disperze znaku y je způsobena závislostí na x.

Legenda statistických ukazatelů, které byly vypočteny u sledovaných fyzikálních vlastností:

- min. minimální hodnota,
- max. maximální hodnota,
- V_x variační koeficient,
- σ směrodatná odchylka,
- \bar{x} aritmetický průměr.

Tabulka 4: Souhrnná tabulka se základní statistikou

	Bobtnání rd (%)					Bobtnání tg (%)				
	min	max	σ	\bar{x}	v_x	min	max	σ	\bar{x}	v_x
Ref.	2,580	9,190	1,460	5,58	26,10	5,240	14,360	1,500	7,50	20,10
180 °C	3,090	8,510	1,430	5,28	27,00	4,390	9,520	1,220	6,58	18,60
200 °C	2,000	6,910	1,180	4,33	27,20	2,240	7,850	1,200	5,48	21,90
	Bobtnání ax (%)					Bobtnání objemové (%)				
	min	max	σ	\bar{x}	v_x	min	max	σ	\bar{x}	v_x
Ref.	0,070	1,570	0,340	0,55	62,40	10,690	18,990	2,300	14,12	15,95
180 °C	0,030	1,170	0,250	0,38	63,60	9,080	17,280	2,100	12,64	17,47
200 °C	0,070	1,070	0,240	0,31	83,00	6,130	15,200	2,200	10,40	19,98
	Hustota dřeva po naklimatizování (MPa)					Hustota dřeva v abs. suchém stavu (MPa)				
	min	max	σ	\bar{x}	v_x	min	max	σ	\bar{x}	v_x
Ref.	0,394	0,589	0,044	0,48	9,1%	0,368	0,560	0,043	0,45	9,6%
180 °C	0,370	0,562	0,049	0,46	9,8%	0,362	0,597	0,049	0,45	10,9%
200 °C	0,370	0,562	0,044	0,45	10,7%	0,354	0,538	0,043	0,44	9,8%
	Konveční hustota (MPa)									
	min	max	σ	\bar{x}	v_x					
Ref.	0,636	0,932	0,054	0,79	6,8%					
180 °C	0,670	0,924	0,051	0,80	6,4%					
200 °C	0,670	0,923	0,047	0,80	5,9%					

6. Diskuze

Jako první byla zkoumána hustota, jakožto hlavní ukazatel kvality dřeva jedle obrovské z oblasti Černokostelecka. Průměrná hodnota hustoty, tepelně neupravených těles při 12% vlhkosti, dosahovala 0,480 g/cm³. V případě tepelně upravených vzorků při teplotě 180 a 200 °C, jsou o průměrné hodnoty po naklimatizování 0,460 g/cm³ a 0,451 g/cm³. Podobné hodnoty hustot ve své diplomové práci uvádí také (Kanát, 2020) a to: 0,461 g/cm³ pro referenční vzorky při 12% vlhkosti, 0,444 g/cm³ při úpravě těles při 180 °C a 0,436 g/cm³ při tepelné úpravě 200 °C. Zjištěné hodnoty hustoty jsou vyšší než, hodnoty v rozmezí hustot jedle obrovské v přirozeném areálu rozšíření. Hustota dřeva jedle obrovské v rámci přirozeného areálu v Severní Americe dosahuje kolem 370 kg.m⁻³, uvádí (Green; Winandy; Kretschmann, 1999) i (Alden, 1997). V ČR je v průměru hodnota hustoty o něco vyšší, a to 405 kg.m⁻³ (Lukášek; Zeidler; Barcík, 2012). Ve srovnání s autochtonními hospodářsky významnými jehličnatými dřevinami v České republice však dosahuje hodnota hustoty jedle obrovské

nižších hodnot viz tabulka č. 5. (Hapla, Wellhausen, 2003) udávají ve své práci zaměřené na německé lokality hodnotu 0,395 g/cm³, (Kharazipour 2008) pak hodnoty v rozmezí 0,400 – 0,470 g/cm³.

Tabulka 5: hustota významných jehličnatých dřevin v ČR (Wagenführ, 1974)

Hustota 12% [g/cm ³]				
<i>Abies grandis</i>	<i>Abies alba</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Larix decidua</i>
0,405	0,450	0,470	0,510	0,590

V českých pěstebních podmínkách dosahuje jedle obrovská standartních hodnot hustoty ve srovnání s jedlí pěstovanou v okolních státech. Ve srovnání s ostatními introdukovanými jehličnatými dřevinami na území České republiky, řadíme introdukovanou jedli obrovskou, mezi dřeviny s nižší hodnotou hustoty dřeva. Typickým příkladem, introdukované dřeviny s větší hodnotou hustoty, je douglaska tisolistá s hustotou 0,480 g/cm³ (Langum et al., 2009), kterou řadíme mezi nejúspěšnější introdukovaně pěstované jehličnaté dřeviny v České republice. Vyšší hustoty dřeva také dosahuje borovice černá s hodnotou 0,530 g/cm³ (Zeidler, 2007), která také patří mezi úspěšně introdukované dřeviny. Srovnatelnou hustotu dřeva se zkoumanou dřevinou, vykazuje pouze smrk pichlavý s hodnotou 0,400 g/cm³ (Gryc; Horáček, 2007). Podobnou hodnotu 0,470 g/cm³ smrku ztepilého uvádí také ve své diplomové práci (Kanát, 2020). Srovnání hustoty dřeva jedle obrovské se dřevem hlavních domácích dřevin v České republice nalezneme v tab. č. 6.

Tabulka 6: Srovnání hustoty dřeva jedle obrovské se dřevem hlavních domácích dřevin

Dřevina	Hustota [g.cm ⁻³]	Zdroj
jedle obrovská (<i>Abies grandis</i>)	0,37 - 0,39 - 0,42	(Hofman 1963)
	0,35 - 0,45 - 0,75	(Wagenführ 2007)
	0,44	(Alden 1997)
smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)	0,33 - 0,47 - 0,68	(Wagenführ 2002)
jedle bělokorá (<i>Abies alba</i>)	0,35 - 0,45 - 0,75	(Wagenführ 2002)
borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	0,33 - 0,51 - 0,89	(Wagenführ 2002)
modřín opadavý (<i>Larix decidua</i>)	0,44 - 0,59 - 0,85	(Wagenführ 2002)

V tabulce č. 7 pak můžeme vidět srovnání naměřených hodnot hustoty v absolutně suchém stavu některých vybraných druhů dřev podle (Gandelová et al., 2002) se zkoumanou dřevinou, tedy s *Abies grandis*.

Tabulka 7: Průměrná hodnoty hustot dřeva v abs. suchém stavu a konvenční hustoty vybraných druhů dřev (Gandelová et al., 2002)

Dřevina	P ₀	Dřevina	P ₀
	(kg.m ⁻³)		(kg.m ⁻³)
<i>Abies alba</i>	405	<i>Acer platanoides</i>	630
<i>Abies grandis</i>	350	<i>Alnus glutinosa</i>	495
<i>Cryptomeria japonica</i>	400	<i>Betula verrucosa</i>	610
<i>Cuprcsus sempervirens</i>	550	<i>Carpinus betulus</i>	750
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	475	<i>Castanea sativa</i>	560
<i>Juniperus communis</i>	520	<i>Fagus sylvatica</i>	685
<i>Juniperus virginiana</i>	530	<i>Fraxinus excelsior</i>	670
<i>Larix decidua</i>	560	<i>Juglans regia</i>	660
<i>Picea abies</i>	420	<i>Morus alba</i>	720
<i>Pinus cembra</i>	450	<i>Pinus communis</i>	700
<i>Pinus strobus</i>	390	<i>Populus nigra</i>	390
<i>Pinus sylvestris</i>	505	<i>Quercus robur</i>	680
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	470	<i>Robinia pseudoacacia</i>	760
<i>Taxus baccata</i>	640	<i>Salix alba</i>	385
<i>Tsuga canadensis</i>	445	<i>Sorbus aucuparia</i>	730

Jak již bylo zmíněno ve výsledcích, tj. v kapitole č. 5, hustota tepelně neupravených těles zkoumané dřeviny dosáhla hodnoty 0,453 g/cm³, 0,451 g/cm³ pak byla hustota termicky upravených vzorků při 180 ° C a 0,437 g/cm³ při úpravě při teplotě 200 ° C. Když srovnáme průměrné naměřené hodnoty této hustoty s hustotou v abs. Suchém stavu podle (Gandelová et al., 2002), tak zjistíme, že jsou rozdíly docela značné, v krajích případech rozdíl činí i více než 100 g/cm³. Nejblíže, ke stanové hustotě zkoumaných těles, je však svou hustotou *Pinus cembra*, tj. borovice limba, jejíž hodnota hustoty je stanovena ve výši 450 g/cm³.

Jako druhé bylo zkoumáno rozměrové a objemové bobtnání dřeva jedle obrovské, jakožto vlastnost, kvůli její změně, konkrétně redukci, se termická úprava dělá. V axiálním směru nabývá přírůstek maximálně 1 %, v radiálním 3–6 % a ve směru tangenciálním 6–12 % původního rozměru. Jak se můžeme v literatuře dočíst, tak díky termické modifikaci, by mělo být bobtnání výrazně omezeno. To se také stalo, objemové bobtnání u tepelně upravených těles při teplotě 180 a 200° C bylo menší než u tepelně neupravených vzorků viz tabulka č. 8, kde můžeme vidět i srovnání naměřených změn s hodnotami objemového bobtnání jedle bělokoré, které ve své práci naměřil (Kanát, 2020).

Tabulka 8: Srovnání zjištěných hodnot objemového bobtnání s naměřenými hodnotami (Kanát, 2020)

Objemové bobtnání (%)					
Zjištěné hodnoty			(Kanát, 2020)		
Ref	180°C	200°C	Ref	180°C	200°C
14,12	12,64	10,40	15,10	13,50	11,00

Jak můžeme z výše zmíněné tabulky č. 8 vyčíst, rozdíly mezi oběma dřevinami, tj. mezi jedlí obrovskou a jedlí bělokorou, jsou velmi malé, především při pak v radiálním a axiálním bobtnání. V této tabulce si lze také všimnout, že všechny zjištěné hodnoty těles z jedle obrovské se pohybují, v již výše zmíněném rozmezí, až na vzorky s tepelnou úpravou při 200°C, kdy bylo bobtnání o něco menší, než je dané rozmezí. Konkrétněji, rozměrové změny v radiálním směru se pohybují v rozmezí 3-6 %, rozměrové změny v tangenciálním směru se pohybují v rozmezí 6-12 % a také axiální bobtnání se pohybuje v daném rozmezí, kdy je přírůstek max. 1 %.

Termická modifikace měla vliv také na rozměrové změny těles. V Tabulce č. 9 lze vidět srovnání naměřených rozměrových změn v porovnání s hodnotami, které ve své diplomové práci, při stejné tepelné modifikaci, naměřil (Kanát, 2020) u jedle bělokoré. V tabulce č. 10 pak můžeme vidět srovnání objemového, radiálního a tangenciálního bobtnání některých našich nejdůležitějších druhů dřev podle (Ugolev, 1975). V tabulce č. 9 je taktéž zmíněno i objemové, radiální i tangenciální sesychání těchto dřevin.

Tabulka 9: Srovnání zjištěných hodnot rozměrového bobtnání, v jednotlivých směrech, s naměřenými hodnotami (Kanát, 2020)

Bobtnání (%)	Zjištěné hodnoty			(Kanát, 2020)		
	Ref	180°C	200°C	Ref	180°C	200°C
radiální	5,58	5,28	4,33	5,80	5,20	4,30
tangenciální	7,50	6,58	5,48	8,20	7,40	6,20
axiální	0,55	0,38	0,31	0,60	0,40	0,30

Tabulka 10: Koefficienty sesychání a bobtnání u vybraných druhů dřev (Ugolev, 1975)

Druh dřeva	Koefficient sesychání β a bobtnání α					
	objemového		radiálního		tangenciálního	
	K_{β}	K_{α}	K_{β}	K_{α}	K_{β}	K_{α}
modřín	0,52	0,61	0,19	0,20	0,35	0,39
borovice	0,44	0,51	0,17	0,18	0,28	0,31
smrk	0,43	0,50	0,16	0,17	0,28	0,31
bříza	0,54	0,64	0,26	0,28	0,31	0,34
buk	0,47	0,55	0,17	0,18	0,32	0,35
jasan	0,45	0,52	0,18	0,19	0,28	0,31
dub	0,43	0,50	0,18	0,19	0,27	0,29
osika	0,41	0,47	0,14	0,15	0,28	0,30

V tabulce č. 11 pak můžeme vidět srovnání hodnot rozměrového bobtnání některých našich tuzemských dřevin podle Františka Lysého z časopisu Lesnická práce. V neposlední řadě je zde také, porovnání rozměrových změn se zkoumanou dřevinou. Z porovnávaných hodnot lze vyčíst, že % rozdíly mezi tuzemskou jedlí a jedlí obrovskou jsou minimální, nejvyšších rozdílů si pak můžeme všimnout v porovnání rozměrových změn s modřínem. V bobtnání v tangenciálním směru se pak nejvíce od zjištěných hodnot *abies grandis*, liší naměřené hodnoty borovice.

Tabulka 11: Vzájemné srovnání rozměrových změn (bobtnání) některých našich dřevin se zkoumanou dřevinou (Lysý, 1933)

Nabývá nasááním vody		Smrk	Jedle	Borovice	Modřín	Abies grandis v %
		v %				
1.	na objemu	4,4 - 8,4	3,6 - 7,2	-	-	-
2.	na váze	70 - 166	83 - 123	-	-	-
3.	na délce	0,076	0,104	0,120	0,075	0,55
4.	ve směru radiálním	2,41	4,82	3,04	2,17	5,58
5.	ve směru tangenciálním ..	6,18	8,13	5,72	6,32	7,50

Stejně jako u objemového bobtnání, tak i u toho rozměrového, lze z výsledků usoudit, že bylo zaznamenáno omezení rozměrových změn u tepelně upravených těles. Bobtnání u těchto tepelně upravených vzorků bylo sice ve všech směrech omezeno, ale ve srovnání se vzorky neupravenými, jde o změny velmi mále, v některých případech dokonce nulové. Zjištěné hodnoty je třeba brát s rezervou, z důvodu možné chyby při měření.

Nízkou hustotou a rovnoměrností průběhu vláken je dřevo jedle obrovské dobrým předpokladem pro snadné obrábění (Mitze 2010). Dřevo jedle obrovské je nejvíce svými vlastnostmi podobné například dřevu jedle bělokoré, nebo smrku ztepilému. Dřevo této dřeviny se v její domovině využívá spíše na výrobu papíroviny a buničiny než na stavební řezivo (Foiles et al., 1991), a to jak cestou sulfátovou, tak sulfitovou. Výhodou jsou dlouhá rovnoměrná dřevní vlákna, jak již bylo zmíněno, která mají průměrnou délku 3,2 mm (Hofman, 1963) a umožňují větší pevnost papíru proti protržení (Brunden, 1964). Dalšími klady, jak už také bylo zmíněno v teoretické části této bakalářské práce, jsou nepřítomnost pryskyřice a světlá barva dřeva, které usnadňují lepší bělení. Na papírovinu jsou zaměřeny zejména přímořské státy, naopak ve vnitrozemí se zpracovatelé orientují na využití dřevní suroviny na lehké stavební konstrukce (nízká hustota dřeva), a to hlavně z důvodu menšího výběru sortimentů, které jsou k dispozici (Vos; Kharazipour, 2010). Zajímavou oblastí, kde se dřevo jedle obrovské najde také uplatnění, je i ve speciálních oblastech dřevařské výroby – například v bednářství, při výrobě šindelů, sudů, či obkladů. (Klinka, 2007) dokonce

uvádí využití při výrobě pražců. (Hofman, 1963) toto tvrzení zavrhuje, kvůli malé trvanlivosti a špatné impregnovatelnosti dřeva.

7.Závěr

V této bakalářské práci byly posuzovány vybrané fyzikální vlastnosti dřeva u jedle obrovské z oblasti Černokostelecka. Zkoumanými fyzikálními vlastnostmi byly hustota těles (neupravených i tepelně upravených), bobtnání (radiální, tangenciální, axiální a objemové) a vliv tepelné úpravy na tyto vlastnosti. Veškeré zjištěné hodnoty těchto vlastností, byly porovnávány z dostupných literárních zdrojů, norem, odborné literatury, vědeckých časopisů a internetových stránek.

Tepelná modifikace upravených vzorků byla provedena podle procesu ThermoWood, při teplotách 180 °C a 200 °C. Výsledky byly staticky zpracovány v tabelární, textové a grafické podobě. Ze statických nástrojů byla využita jedno-faktorová analýza, Duncanův test a základní statistické ukazatele mezi které patří: minimum, maximum, aritmetický průměr, směrodatná odchylka. Stanovené hodnoty a trendy byly následně porovnány s údaji v dostupné odborné literatuře.

Míra bobtnání má statisticky významný rozdíl vlivu modifikace na jedli obrovskou u tangenciálního a objemového bobtnání. Statisticky podstatný rozdíl vlivu tepelné úpravy na zkušebních tělesech z této dřeviny byl zaznamenán především u bobtnání v tangenciálním směru, kdy se snížilo bobtnání o cca 12 % u těles ošetřených při 180° C, o cca 27 % při 200° C. Objemové bobtnání se pak snížilo o cca 10 % při úpravě při 180° C a o cca 26 % při 200° C.

Stejně tak jako u bobtnání, tak i u hustoty má značný rozdíl vlivu tepelná modifikace. Jak již bylo zmíněno v kapitole č. 5.1, hustota těles mírně klesla. I přes to, že šlo změnu malou, konkrétně o cca 4,1% snížení u úpravy při 180° C a cca 6,3% snížení u tepelné modifikace při 200 °C, Anova vyhodnocuje tyto změny jako statisticky významné.

Abies grandis pěstovanou v podmínkách na českém území lze charakterizovat jako dřevinu, která je vhodná pro zpracování v dřevařském průmyslu. Hustota jedle obrovské dosahuje menších hodnot, než jaké jsou hodnoty běžně zpracovávaných dřevin. Rozdíl mezi těmito hodnotami činí 10–15 % ve srovnání s *Abies alba*, *Picea abies*, *Pinus silvestris* a *Larix decudia*. Od hustoty jednotlivých dřevin se pak odvíjejí mechanické a fyzikální vlastnosti.

Přínos pro vědu

Význam této bakalářské práce pro vědu spočívá zejména v celkovém souhrnu, rozšíření a doplnění databáze dosavadních známých údajů a zajímavostí o *Abies grandis*.

Přínosem je také rozšíření databáze fyzikálních vlastností dřeva této dřeviny o hodnoty jedle obrovské pěstované introdukovaně v České republice.

Srovnání zjištěných hodnot fyzikálních vlastností dřeva zkoumané dřeviny s hodnotami hospodářsky důležitých dřevin na území České republiky. Umožňuje tak lepší přehled a zařídění dřeviny mezi běžně zpracovávané dřeviny v České republice.

Mezi přínos můžeme také počítat, porovnání zjištěných hodnot fyzikálních vlastností dřeva jedle obrovské s hodnotami, dosažených na území původních domácích lokalit v USA, a s hodnotami z dalších evropských výsadeb, které pak umožňují posoudit prosperitu pěstování *Abies grandis* na území ČR.

Variabilita fyzikálních vlastností, zkoumaných v této bakalářské práci, byla potvrzena na základě obecně známých trendů pro jehličnaté dřeviny, popřípadě bylo toto tvrzení konfrontováno a odůvodněno na základě zjištěných poznatků.

Přínos pro praxi

Měření realizované v této práci bylo uskutečněno na 120 zkušebních těles v akreditované laboratoři ČZU FLD. Zjištěné výsledky a závislosti reflektují vlastnosti dřeva zkoumané dřeviny z České republiky, konkrétněji z oblasti Černokostelecka.

Výsledné hodnoty fyzikálních vlastností potvrzují, že jedle obrovská perspektivní introdukovanou dřevinou, právě z pohledu z již zmíněných vlastností.

Hustota jedle obrovské vykazuje vyšší hodnotu této fyzikální vlastnosti ve srovnání s běžně zpracovávanými jehličnatými dřevinami na území České republiky.

Bylo zjištěno, že jedle obrovská dokáže plně nahradit jedli bělokorou a při vhodné pěstební péči vhodně doplnit i smrk ztepilý.

8. Seznam použitých zdrojů

8.1. Literatura

- Alden. 1997.** *Softwoods of North America (on-line)*. Madison : Forest Products Laboratory, One Gifford Pinchot Drive, 1997. str. 151 p. WI 53705-2398.
- Beran. 2006.** Některé poznatky z hodnocení mezinárodního provenienčního pokusu s jedlí obrovskou – *Abies grandis* (Douglas) Lindl. In: *Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti*. [Online] 2006.
- Beran; Šindelář. 1996.** Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České Republiky. *Lesnictví - Forestry*, 1996, Sv. 42, 8, stránky 337-355 pp.
- Bezecný et al. 1981.** *Pestovanie lesov*. místo neznámé : SZN Praha, 1981. str. 337. Sv. 61.
- Böhm; Zeidler. (2018).** *Zajímavosti ze stavby dřeva – jak stavba dřeva ovlivňuje jeho vlastnosti (online)*. 96. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, (2018). stránky (2-11).
- Brunden. 1964.** Specific Gravity and Fiber Length in Crown-formed and Stem-formed Wood. [Online] *Forest Products Journal*, 1964. [Citace: 6. Leden 2021.]
- Burns; Honkala. 1990.** *Silvics of North America: Volume 1. Conifers*. Washington, DC : Agriculture Handbook 654, United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. str. 877 p.
- Eckenwalder. 2009.** *Conifers of the World: The Complete Reference. 1. vydání*. Portland : Timber Press inc., 2009. ISBN-13: 978-0-88192-974-4.
- Foiles. 1965.** *Grand Fir, Abies grandis(Dougl.) Lindl.* Washington, D.C., : Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, 1965. str. 271.
- . **1959.** *Silvics of grand fir*. 1. vyd. Ogden : INTER MOUNTAIN FOREST AND RANGE EXPERIMENT STATION, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1959. str. 12 p.
- Foiles et al. 1990.** *Silvics of North America : Volume 1. Conifers*. Washington D.C. : Forest Service, United States Department of Agriculture, 1990. stránky 52-59 s.
- Foiles, et al. 1991.** *Grand fir*. In *Silvics of North America: Conifers*. místo neznámé : United States, Forest Service, 1991. stránky p. 52-68.

Franklin; Dyrness. 1973. *Natural vegetation of Oregon and Washington.* Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station : General Technical Report (GTR), 1973. str. 427 p.

Fulín.: 2015. *Pěstování, produkční potenciál a ekologické důsledky pěstování jedle obrovské (Abies grandis / Douglas ex D. Don/ Lindl.) v České republice - přehled.* místo neznámé : Lesnícky časopis- Forestry Journal, 61, 2015. stránky s. 262 - 266.

Gandelová et al. 2009. *Nauka o dřevě.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. str. 176 s. Sv. Vyd. 3. ISBN 978-80-7375-312-2.

Gandelová et al. 2002. *Nauka o dřevě.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. Sv. 2.vyd. ISBN 80-7157577-1.

— **2004.** *Nauka o dřevě.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. str. 184 s. Sv. druhé. ISBN 80-7157-577-1.

Green; Winandy; Kretschmann. 1999. *Wood Handbook Wood as an Engineering Material.* Madison, Wisconsin : Forest Products Laboratory General Technical Report (GTR), 1999. str. 508 p.

Hapla et al. 2015. <http://www.forestal.uach.cl>. Valdivia : Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, 2015. Use-and wood product-orientated investigations on *Abies grandis* from sustainable managed beech-mixed forest stands.

Hapla, Wellhausen. 2003. *Verwendungsrelevante Holzeigenschaften und Verwendungsbereiche der Großen Küstentanne – Abies grandis (Douglas) Lindley – mit Aufkommensanalyse im Staatswald Niedersachsen.* místo neznámé : Institut für Holzbiologie und Holztechnologie, Universität Göttingen, 2003. str. 27 s.

Henry, A., 1915. *North American trees in Britain.* Trans : R. Scot. arb. Soc., 1915. str. 29 p.

Hieke. 2008. *Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů.* Brno : CPRESS, 2008. str. 246. Sv. Vyd. 1. ISBN 978-80-251-1901-3.

Hill, Callum A.S. 2006. *Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes.* Chichester : JohnWiley & Sons, Ltd., 2006. ISBN: 0-470-02172-1.

Hof; Hapla; Kielmann. 2008. *Verwendungsorientierte Untersuchungen am Schnittholz der Abies grandis.* *Holztechnologie.* 49, 2008, Sv. 6, stránky s. 7 - 11.

Hofman. 1961. K výsadbám jedle obrovské. *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* Čs. matice lesnická, 1961, Sv. 40, 5.

— **1963.** *Pěstování jedle obrovské. 1. vyd.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1963. str. 166 s.

Chmelař; Úradníček. 1995. *Dendrologie lesnická: (Gymnospermae) 1. část, Jehličnany.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. Sv. 1. vyd. ISBN: 80-7157-162-8.

Kačíková; Kačík. 2011. *Chemické a mechanické zmeny dreva pri termickej úprave.* 1. vydání. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. str. 71 s. ISBN: 978-80-228-2249-7.

Kanát. 2020. *Porovnání tepelně upraveného dřeva jedle a smrku z pohledu jeho užitkových vlastností.* Praha : Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 20. Květen 2020. Diplomová práce (Bc.).

Kaplan et al. 2019. *Klíč ke květeně České republiky.* Praha : Academia, 2019. str. 927 s. Sv. 1. vydání. ISBN 978-80-200-2660-6.

Klinka. 2007. Die Grosse Küstentanne (Abies grandis Lindl.) in Kanada und in den USA. *Forst und Holz.* 2007, Sv. 62, 7, stránky 10-13.

Koblížek. 2006. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků.* Tišnov : Sursum, 2006. Sv. 2. vyd. ISBN 80-7323-117-4.

Kollmann. 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe.* 2. místo neznámé : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1951. ISBN 978-3-642-49758-2.

Kovář et. al. 2013. *Učební texty z předmětu Pěstování lesů.* [Dokument] Písek : Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 2013.

Lacinová. 2014. *Zpracování dřeva (Od stromu po výrobek).* [výukové materiály] Jesenice : Základní škola a mateřská škola Jesenice, okr. Rakovník, 2014.

Langum; Yadama; Lowell. 2009. Physical and Mechanical Properties of Young-Growth Douglas-Fir and Western Hemlock from Western Washington. *Forest Products Journal.* 59, 2009, (11/12), stránky 37-47.

Lukášek et al. 2012. *Shrinkage of Grand Fir Wood and its Variability within the Stem.* místo neznámé : Drvna Industrija. 63. 121-128. 10.5552/drind.2012.1140, 2012. str. 128 s.

Lysý. 1933. Vzájemné srovnání hlavních rozpoznávacích znaků některých našich dřevin. *Lesnická práce časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* Lesnická práce, 1933, Sv. 12, 5-6, str. 264.

Minore. 1979. *Comparative Autecological Characteristics of Northwestern Tree Species: A Literature review.* Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station : Department of Agriculture, Forest Service, 1979.

Mitze. 2010. Ein unterschätzter Nordamerikaner Küstentanne. *Forstwirtschaft, Land and Forst.* 26, 2010, Sv. 66-67.

Musil, Hamerník. 2007. *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin lesnická dendrologie 1.* Praha : Academia, 2007. str. 352. Sv. vyd. 1. ISBN: 978-80-200-1567-9.

Němec. 2005. *Dřevo: historický lexikon (tradice z pohledu dneška).* Praha : Grada, 2005. ISBN 80-247-1187-7.

Pagan. 1997. *Lesnická dendrológia. Vysokoškolské skriptá.* Zvolen : TU Zvolen, 1997. str. 378 s.

Pilát. 1964. *Jehličnaté stromy a keře našich zahrad a parků.* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1964. str. 507 s.

Podrázský et al. 2009. JEDLE OBROVSKÁ JAKO MELIORAČNÍ A ZPEVŇUJÍCÍ DŘEVINA. *Lesnická práce časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* Čs. matice lesnická, 2009, Sv. 88, 9.

Podrázský. 2007. *Fertilization effect on the Grand fir plantations.* místo neznámé : Scientia Agriculturae Bohemica, 2007. stránky 198 - 201. Sv. č. 4. 1211-3174.

Pokorný, Jaromír. 1958. Jedle obrovská (*Abies grandis* Lindl.) cenná rychle rostoucí dřevina. *Lesnická práce časopis vydávaný Čs. maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* 1958, Sv. 10, 37.

Pondělíček. 2002. *Produkce jedle obrovské (Abies grandis Lindl.) na území České republiky.* Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2002.

Pospíšil. 1988. *Šlechtění lesních dřevin.* Brno : Vysoká škola zemědělská, 1988. str. 135 s. Sv. 1. vydání.

Požgaj et al. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava : Pôroda a.s., 1997. str. 485 s. Sv. Druhé vydání. ISBN 80-07-00960-4.

— **1997.** *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava : Pôroda a.s., 1997. str. 485 s. Sv. Druhé vydání. ISBN 80-07-00960-4.

Požgaj, a kol. 1993. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava : autor neznámý, 1993. str. 485 s.

Prokom R&S s.r.o. 2013. *PROKOM R&S s.r.o. Výrobní proces ThermoWood® – tepelně upravené profily*. místo neznámé : PROKOM R&S s.r.o. (online), 2013.

Randall; Berrang. 2002. *Washington tree seed zones*. Olympia : Washington State Department of Natural Resources, 2002. str. 63 P.

Reinprecht a kol. 2008. *Termodrevo - príprava, vlastnosti a aplikácie*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. str. 89 s. Sv. 1. vydání. ISBN 978-80-228-1920-6.

Reinprecht. 2008. *Ochrana dreva, vysokoškolská učebnica*. Zvolen : Zvolen : Technická univerzita, 2008. str. 453 s. Sv. 1. vyd. ISBN: 978-80-228-1863-6.

Reinprecht; Vidholdová. 2011. *Termodrevo: Thermowood [1. vyd.]*. Ostrava : Šmíra - Print, 2011. str. 89 s. ISBN: 978-80-87427-05-7.

Reinprecht; Pánek. 2016. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2016. str. 132. Sv. 1. vydání. ISBN: 978-80-213-2660-6.

Roudná et al. 2005. *Arboretum Hrubá Skála*. Praha : Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci se Správou Chráněné krajinné oblasti Český ráj, 2005. str. 20 p. . ISBN 80-7212-393-9.

Sudworth. 1908. *Forest trees of the Pacific slope*. Washington [D.C.] : U.S. Government Printing Office, 1908. str. 441 p . OCLC: 2217951.

— **1967.** *Forest Trees of the Pacific Slope*. INC. New York : Dover Pubns; New Ed edition, 1967. str. 455. 978-0486217529.

Šika. 1983. *Introdukce jedle obrovské v ČR*. místo neznámé : Zprávy lesnického výzkumu, 1983. stránky 1-3. ISSN 0322-9688.

Šindelář et al. 2006. K MOŽNOSTEM LESNICKÉHO VYUŽITÍ NĚKTERÝCH CIZOKRAJNÝCH DRUHŮ RODU ABIES V ČR NA ZÁKLADĚ HODNOCENÍ JEJICH RŮSTU NA LOKALITĚ JÍLOVIŠTĚ – CUKRÁK VE VĚKU 30 L. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2006, Sv. 51, 4, stránky 235-236.

Šindelář; Beran. 2004. Srovnání druhů rodu *Abies* v lesích města Písku. *Lesnická práce časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. Čs. matice lesnická, 2004, Sv. 83, 1.

Thermowood Handbook. 2003. [Online] 2003. [Citace: 27. Listopad 2020.] <https://www.thermowood.fi/esitteet-ja-kirjat>.

Tomášková et al. 2007. Influence of stand density, thinning and elevated CO₂ on stem wood density of spruce. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. 9, 2007, Sv. 53, stránky 400 - 405 s.

Ugolev. 1975. *Drevesinovedenijes osnovami lesnovo tovarovedenja*. Moskva : autor neznámý, 1975. str. 382 s.

Úradníček. 2014. JEDLE OBROVSKÁ. *Lesnická práce časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. Lesnická práce, 2014, Sv. 93, 12.

Vančura. 1978. JEDLE OBROVSKÁ- významná introdukovaná dřevina. *Lesnická práce, časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. Lesnická práce, 1978, Sv. 57, 7.

Vos; Kharazipour. 2010. : Eigenschaften von leichten, industriell hergestellten Spanplatten aus *Abies grandis* (Küstentanne). *Forst und Holz*. 2010, 65, stránky s. 26-30.

— **2008.** Teilprojekt 4: Verwertungsorientierte Untersuchungen der Holzarten *Fagus sylvatica* (Buche) und *Abies grandis* (Küstentanne) aus nachhaltig bewirtschafteten Mischbeständen zur Herstellung innovativer und zukunftsfähiger Holzwerkstoffe. *Förderschwerpunkt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Nachhaltige Waldwirtschaft“*. [Online] Georg-August Universität Göttingen, 2008. [Citace: 12. 11 2020.] https://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/0330551A_-_Abschlussbericht.pdf.

Wagenführ. 2007. *Holzatlas*. místo neznámé : Hanser Verlag, 2007. str. 816.

— **2007.** *Holzatlas*. místo neznámé : Carl Hanser Verlag, 2007. str. 816. ISBN 3446406492.

— **2002.** *Obrazový lexikon Dřevo*. Praha : Grada Publishing, 2002. str. 347 s. ISBN: 80-247-0346-7.

Wagenführ; Scheiber. 1974. *Holzatlas*. Magdeburg : Fachbuchverlag, 1974.

Wolf. 1998a. Jak rostl nejstarší porost douglasky u Písku. *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs. maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. 1998a, Sv. 77, 4.

—. **1998b.** Výchova douglaskových porostů. *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs. maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* 1998b, Sv. 77, 4, stránky 134- 136.

—. **1998.** Výsadby a růst jedle obrovské na školním polesí Hůrka. *Lesnická práce, časopis vydávaný Čs. maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi.* 1998, Sv. 77, 2, str. 60.

XU; Fölster. 1997. *Reaction of root systems of grand fir (Abies grandis Lindl.) and Norway spruce (Picea abies Karst.) to seasonal waterlogging.* místo neznámé : Forest Ecology and Management, 1997. stránky 9-19. ISSN: 0378-1127.

Zeidler et al. 2010. DŘEVO JEDLE OBROVSKÉ. *časopis vydávaný ČS. maticí a věnovaný lesnické vědě a praxi.* Čs. matice lesnická, prosinec 2010, Sv. 89, 12.

Zeidler. 2012. *Lexikon dřeva [online].* Praha : autor neznámý, 2012.

—. **2007.** Zhodnocení vybraných vlastností dřeva borovice černé (Pinus nigra ARNOLD.). *Zprávy lesnického výzkumu.* 52, 2007, Special, stránky s. 14-20.

8.2. Normy

- Dovoz reprodukčního materiálu lesních dřevin do ČR upravuje zákon č. 149/2003 2003 Hlava VI § 25.
- Zákon č. 114/1992 Sb., „o ochraně přírody a krajiny“ a o zákon č. 149/2003 Sb., „o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin“.
- ČSN 49 0108
- ČSN 49 0126
- ČSN 49 0103

8.3. Internet

dendroflora.agrobiologie.cz

www.n-i-s.cz

silvarium.cz

www.researchgate.net

www.forestal.uach.cl

lmda.silvarium.cz

www.conrad.cz

www.kinexmeasuring.com

homel.vsb.cz