

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ**



**KATEDRA ZPRACOVÁNÍ DŘEVA A BIOMATERIÁLŮ  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vliv stanoviště na sesychání dřeva borovice lesní**

**Vedoucí bakalářské práce:**

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

**Vypracoval:**

Jan Webersinke

**Praha 2019**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Webersinke

Dřevařství

Název práce

Vliv stanoviště na sesychání dřeva borovice lesní

Název anglicky

Impact of Site on Wood Shrinkage of Scots pine

---

Cíle práce

Posoudit především vliv stanoviště na sesychání dřeva borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) z reprezentativních lokalit České republiky. Zhodnotit i případné další faktory ovlivňující variabilitu sesychání dřeva.

Metodika

- 1) Zpracovat literární rešerši o dané dřevině a posuzované vlastnosti.
- 2) Odebrat reprezentativní vzorníky z vybraných lokalit.
- 3) Normalizovanými postupy stanovit sesychání dřeva.
- 4) Zhodnotit vliv stanoviště a pozice v kmeni na zkoumanou vlastnost.
- 5) Výsledky statisticky zpracovat a interpretovat v textové, tabelární a grafické podobě.

**Doporučený rozsah práce**

30 – 40 stran

**Klíčová slova**

dřevo, borovice lesní, vlastnosti, sesychání, variabilita

---

**Doporučené zdroje informací**

- KOLLMANN, F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe – Erste Band. Berlin: Springer-Verlag, 1951. 1050 s.
- NOVÁK, V. Dřevařská technická příručka. Praha: SNTL, 1970. 748 s.
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydání. Bratislava: Príroda, 1997. 485 s.
- TSOUMIS, G. Science and technology of wood–structure, properties, utilization. New York: Chapman and Hall, 1991. 497 s.
- WAGENFÜHR, R. Holzatlas. Leipzig: Fachbuchverlag, 2000. 707 s.
- ZOBEL, B. J., VAN BUITENEN, J. P. Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag. Berlin, 1989. 363 s.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

**Konzultant**

Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D.

---

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.

Vedoucí ústavu

---

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 04. 2019

"Prohlašuji,

že jsem bakalářskou práci na téma Vliv stanovišť na sesychání dřeva borovice lesní vypracoval samostatně pod vedením [doc. Ing. Aleše Zeidlera, Ph.D.](#) a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V..... dne..... Podpis autora.....

## **Poděkování**

Bakalářskou práci jsem psal s pomocí mého vedoucího pana doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D., kterému děkuji za cenné rady a odbornou spolupráci.

Dále bych chtěl poděkovat přítelkyni za spolupráci při měření v laboratoři a rovněž své rodině za velkou trpělivost a podporu při psaní a vypracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na experimentální zjištění sesychání dřeva borovice lesní (*Pinus silvestris* L.) z reprezentativních lokalit České republiky. Práce porovnává naměřené hodnoty ze dvou lokalit, kdy byly odebrány reprezentativní stromy. Z výsledků je patrné, že dřevo sesychá v každém anatomickém směru jinak. Značný vliv lokality na sesychání byl v této práci potvrzen. Ratifikován byl i vliv hustoty na sesychání a změny v sesychání s ohledem na horizontální pozici ve kmeni lze též stvrdit. Jelikož je bráno sesychání dřeva jako negativní vlastnost, je třeba na tento fakt dbát například při navrhování nábytku z masivního dřeva.

## **Klíčová slova**

dřevo, borovice lesní, vlastnosti, sesychání, variabilita

## **Abstract**

This thesis focuses on an experimental finding of the shrinkage of the Scots Pine (*Pinus silvestris L.*) in representative localities in the Czech Republic. The thesis measures values from two localities where the representative trees. The results show that the wood shrinks differently in every anatomical direction. A considerable influence of the locality on shrinkage was thus confirmed in this thesis. The effect of density on shrinkage and changes in shrinkage with respect to the horizontal position in the trunk was also confirmed. Since the shrinkage of the wood is perceived as a negative feature, it is important to consider this property when designing solid wood furniture.

## **Keywords**

wood, pine, feature, shrinkage, variability

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	11
<b>2. Cíl práce</b> .....	12
<b>3. Literární přehled</b> .....	12
3.1. Charakteristika rodu Pinus .....	12
3.1.2. Areál rozšíření .....	13
3.1.3. Využití .....	13
3.2. Stavba dřeva .....	14
3.2.1. Makroskopická stavba borovice lesní .....	14
3.2.2. Mikroskopická stavba borovice lesní .....	15
<b>4. Vlastnosti dřeva</b> .....	15
4.1. Mechanické vlastnosti dřeva .....	15
4.2. Fyzikální vlastnosti dřeva .....	16
<b>4.2.1. Sesychání dřeva</b> .....	16
4.2.2. Bobtnání dřeva .....	17
4.2.2.1. Bobtnání dřeva borovice lesní .....	18
4.2.3. Hustota dřeva .....	18
4.2.3.1. Hustota dřevní substance .....	19
4.2.3.2. Hustota dřeva borovice lesní .....	19
4.2.3.3. Redukovaná a konvenční hustota .....	19
4.2.4. Vlhkost .....	20
4.2.4.1. Rozdělení vody ve dřevě dle uložení .....	21
<b>5. Materiál a metodika</b> .....	22
5.1. Zkušební plochy .....	22
5.1.1. Doksy .....	22
5.1.2. Plasy .....	22
5.2. Odběr a výroba vzorků .....	23
5.2.1. Značení vzorků .....	23
5.3. Měření a vážení vzorků .....	24
5.4. Použité vzorce pro výpočty .....	25
5.5. Vyhodnocení dat .....	25
<b>6. Výsledky</b> .....	26
6.1. Sesychání .....	26
6.1.1. Celkové sesychání dřeva na obou lokalitách .....	26
6.1.2. Sesychání na radiálním směru z obou lokalit .....	27
6.1.3. Sesychání na tangenciální směru z obou lokalit .....	28



6.1.4. Celkové objemové sesychání na obou lokalitách .....	29
6.1.5. Objemové sesychání v porostu na dané lokalitě .....	30
6.1.6. Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě .....	31
6.1.7. Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě .....	32
6.1.8. Objemové sesychání v závislosti na horizontální uložení vzorků v kmeni .....	33
6.2. Hustota .....	34
6.2.1. Vliv hustoty na objemové, radiální a tangenciální sesychání .....	34
<b>7. Diskuze .....</b>	<b>37</b>
7.1. Vliv stanoviště na sesychání .....	37
Vliv hustoty na sesychání .....	38
7.2. ....	38
<b>8. Závěr .....</b>	<b>38</b>
<b>9. Literatura .....</b>	<b>40</b>

## **Seznam tabulek a grafů**

Graf 1: Sesychání dřeva borovice z obou lokalit.

Graf 2: Radiální sesychání v závislosti na lokalitě.

Graf 3: Tangenciální sesychání v závislosti na lokalitě

Graf 4: Objemové sesychání v závislosti na Lokalitě.

Graf 5: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě a porostu.

Graf 6: Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

Graf 7: Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

Graf 8: Objemové sesychání s ohledem na horizontální pozici ve kmeni.

Graf 9: Vliv hustoty na objemové sesychání při 0% vlhkosti.

Graf 10: Vliv hustoty na radiální sesychání při 0% vlhkosti.

Graf 11: Vliv hustoty na tangenciální sesychání při 0% vlhkosti.

Graf 12: Hustota dřeva v závislosti na lokalitě.

Tabulka 1: Sesychání dřeva borovice z obou lokalit.

Tabulka 2: Radiální sesychání v závislosti na lokalitě.

Tabulka 3: Tangenciální sesychání v závislosti na lokalitě.

Tabulka 4: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě.

Tabulka 5: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě a porostu.

Tabulka 6: Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

Tabulka 7: Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

Tabulka 8: Objemové sesychání s ohledem na horizontální pozici ve kmeni.

Tabulka 9: Hustota dřeva v závislosti na lokalitě a celková hustota.

## 1. Úvod

Dřevo řadíme k nejstaršímu používanému materiálu. Jde o materiál, který je používám hlavně díky své přirozené kresbě a také jeho estetickému vzhledu. Je všeobecně známo, že dřevo pochází ze stromů. Co nemusí být tak zřejmé, je struktura dřeva. Dřevo je organický nehomogenní materiál se svými vlastnostmi fyzikálními, mechanickými nebo na chemické bázi.

Aby vyrostlo dřevo, které se dá využít pro náš prospěch, tak musí projít několika stádii růstu, kdy z malého stromku díky buněčnému dělení vzniká strom. Mezi kůrou a samotným dřevem se nachází tenká vrstva kambia také nazývaná meristém. Kambium se skládá z reprodukčních buněk, dělením těchto buněk se tvoří nová kůra směrem ven a nové dřevo směrem dovnitř. Jedná se o sezónní aktivitu kambia, která je zodpovědná za viditelnost letokruhů ve dřevě. Kambium je nejaktivnější na jaře (toto dřevo je někdy označováno jako *jarní dřevo*). Při čemž se růst v letním období zpomalí (toto dřevo je někdy označováno jako letní dřevo). V zimě se přírůst dřeva zcela zastaví. Tyto rozdíly ve vegetačních cyklech během roku zapříčiní celkem patrné rozdíly v barvě dřeva. Kdy dřevo jarní má zpravidla světlejší barvu, a letní dřevo se vyznačuje tmavší barvou. Jarní a letní dřevo vždy určí jeden rok života stromu. V tropických oblastech mnohdy nelze rozeznat roční přírůsty dřeva, kvůli výkyvům teplot během roku, které nejsou tak markantní. Dřevo, je přírodní materiál, který může být v lesích neustále obnovován. Jeho výhodou je pevnost v ohybu při relativně malé hmotnosti, snadno se opracovává, dokáže snadno tlumit vibrace a v neposlední řadě je odolné i proti chemikáliím. Dřevo má však i své špatné, nežádoucí vlastnosti, jako je hořlavost, špatná odolnost proti dřevokazným houbám a hmyzu, navlhavost a nasákavost, kdy důsledkem tohoto jevu dochází ke změně rozměrů, tvaru a vlastností. I přes řadu svých nedostatků se však stále dřevo řadí do oblíbených materiálů často využívaných v řadě odvětví průmyslu. Jednotlivé nedostatky lze v dnešní době i snadno omezit nebo odstranit. Dřevo můžeme modifikovat mechanicky nebo chemickou cestou.

Příkladem mohou být dýhy, v dnešní době hojně využívané dřevotřískové nebo dřevovláknité desky. Lisováním neboli zhušťováním nebo plastifikací můžeme dřevo modifikovat a získat těmito metodami odolnější materiál, například proti ohni nebo biologickým škůdcům. Jedním z největších nedostatků dřeva je však jeho sesychání, kdy je právě této nevýhodě věnována tato práce. Kdy byly porovnány mnou získané výsledky a porovnány s výsledky jiných autorů zabývajících se touto problematikou.

## 2. Cíl práce

Posoudit především vliv stanoviště na sesychání dřeva borovice lesní (*Pinus silvestris* L.) z reprezentativních lokalit České republiky. Zhodnotit i případné další faktory ovlivňující variabilitu sesychání dřeva. Jako je vliv hustoty nebo pozice vzorku ve kmeni.

## 3. Literární přehled

### Taxonomické zařazení:

Říše: rostliny (*Plantae*)

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení: jehličnany (*Pinophyta*)

Třída: jehličnany (*Pinopsida*)

Řád: borovicotvaré (*Pinales*)

Čeleď: borovicovité (*Pinaceae*)

Rod: borovice (*Pinus*)

Druh: borovice lesní (*Pinus silvestris* L.)

### 3.1. Charakteristika rodu *Pinus*

Dřeviny rodu *Pinus* jsou většinou stromy, jen málokdy se jedná o keře. U rodu *Pinus* můžeme sledovat typické větvení, která nazýváme přeslenité. Stálezelené jehlice vyrůstají ve svazečcích, na zkrácených brachyblastech. Nejčastěji po dvou po třech nebo po pěti ve svazečku. Jen výjimečně jsou jehlice po jedné nebo ve větších počtech, nejvíce však po osmi. Rod *Pinus* čítá asi 100 až 120 druhů, některá literatura však

uvádí až 150 druhů, které jsou rozšířené v Eurasii, Severní Americe, Africe, Indonésii a Malajsii.

Dřeviny rodu *Pinus* se dělí ze systematického hlediska na dva podrody.

Podrod *hapoxylon*, který obsahuje 3 sekce.

Podrod *dipoxilon*. Tyto dva podrody se liší převážně anatomickými a biochemickými vlastnostmi. (Úradníček, Chmelář 1995)

Businský začal podrody dělit do nižších jednotek jednotlivých druhů:

Podrod *Pinus* (syn. *Diploxylon*); označován jako tvrdé borovice. Jehlice má na brachyblastu po dvou až po třech ve svazečku. Mezi jarním a letním dřevem pozorujeme náhlý přechod.

Podrod *Strobus* (syn. *Haploxylon*); označován jako měkké borovice.

Na brachyblastech jsou jehlice seskupeny většinou po pěti. Mezi jarním a letním dřevem je pozvolný přechod. V ČR rostou autochtonně (původně) jen 3 druhy: *P. sylvestris*, *P. rotundata* a *P. mugo*, velmi často se vyskytuje hybrid posledních dvou (*P. pseudopumilio*). A právě výše zmíněná Borovice lesní *P. sylvestris* je mnou zkoumaná dřevina v této práci.

### 3.1.2. Areál rozšíření

Nejrozsáhlejší areál našeho domácího jehličnanu zabírá téměř celou Evropu a podstatnou lesnatou část Asie. Jako původní dřevina chybí v Dánsku, severozápadní Francii, na Britských ostrovech se vyskytuje pouze ve Skotsku. Ve střední Evropě nemá zastoupení v maďarské nížině. Ostrůvkovité zastoupení má na Pyrenejském poloostrově, na Balkáně a v horách Malé Asie. Na východě zasahuje daleko na Sibiř.

### 3.1.3. Využití

Svým využitím v lesnictví stojí borovice hned za smrkem; na stanovištích s extrémními vlivy je schopna plnit půdoochranné a rekultivační úlohy což udává ve své bakalářské práci (BP – Holická terasa D. Nedomanský) Využívá se i v sadovnictví a k výsadbám podél komunikací. Nesnáší však

prostředí větších měst a průmyslových oblastí. Vše popisuje lesnická dendrologie 1 od p. Musila Dřevo je trvanlivé ve vodě, poněkud méně na suchu. Zpracovává se podobně jako smrk na vláknu a pilařskou kulatinu, ale také na telegrafní sloupy a pražce. Tato skutečnost popisuje BP - Srovnání stavby a vybraných vlastností sibiřského modřínu a borovice lesní od P. Kopeckého a Musila. Borovice má téměř všestranné využití, a zvláště se uplatňuje tam, kde se požaduje odolnost vůči povětrnostním vlivům a hnilobě (e-herbar.info, et al., 2019). Používá se na výdřevu v dolech. Je též jedním z nejvhodnějších dřev na stavbu lodí, kuchyňského nábytku, oken a dveří. Poskytuje materiál vhodný na stavební a truhlářské práce. Jiří Franc tvrdí, že nevýhodou je velká sukatost a smolnatost dřeva. Má barevně odlišené jádro. Speciálním využitím je smolaření - těžba pryskyřice na výrobu terpentýnu a kalafuny. V USA je *P. sylvestris* preferovanou dřevinou pro výrobu vánočních stromků na plantážích. Její podíl na celkové produkci činí cca 30 %.

### **3.2. Stavba dřeva**

Stavbu dřeva dělíme na makroskopickou stavbu, kdy odlišujeme takové části dřeva, které jsou patrné pouhým okem a mikroskopickou stavbu dřeva, kdy části dřeva již nejsou viditelné okem, ale je zapotřebí například mikroskopu.

#### **3.2.1. Makroskopická stavba borovice lesní**

Dřevo borovice lesní patří mezi jehličnaté dřeviny. Má četné a zřetelné pryskyřičné kanálky. Velmi zřetelně odlišeno je jádro od běle. U borovice lesní je podíl jádrového dřeva obvykle méně než 40 % což uvádí Björklund. Kdy běl je široká, nažloutlá až narůžovělá. Jádro je zpočátku u čerstvě pokáceného dříví světlehnědé, později na vzduchu tmavne až na červenohnědé. Letokruhy jsou zřetelné. V rámci letokruhu je letní dřevo ostře ohraničeno od jarního dřeva. Jádrové dřevo je oproti běli trvanlivé a odolné (Šlezingerová, Gandelová 1999).

Borovice má dřevo měkké, ale tvrdší než smrk, lehké až středně těžké, křehčí a málo pružné. Má vysoký obsah pryskyřice, proto je borovice velmi

trvanlivá i ve vlhku, zejména pak ve vodě. Pryskyřice však není v dřevní hmotě rozložena rovnoměrně, proto je borovicové dřevo náchylné k jejím výronům (Kolář, Reiterman 2012). Pryskyřičné kanálky jsou viditelné na všech řezech (Roubal 2009).

### **3.2.2. Mikroskopická stavba borovice lesní**

Hranice letokruhů je zřetelná, pozvolná, až středně ostrá. Pryskyřičné kanálky jsou přítomné ve dřevě borovice. Epitelové buňky pryskyřičných kanálků jsou tenkostěnné a jejich počet je 4 – 6. Dřevní parenchym ve dřevě chybí. Dřeňové paprsky jsou u dřeva borovice heterocelulární. Stavba buněčných stěn příčných tracheid je tenká a je zubatě ztloustlá. Dřevo borovice má oknový typ teček v křížovém poli a jejich počet se pohybuje okolo 1 až 2 (Šlezingerová, Gandelová 1999).

## **4. Vlastnosti dřeva**

U vlastností dřeva rozlišujeme dvě základní rozdělení. A to na mechanické a fyzikální. Dřevo má různé vlastnosti v různých anatomických směrech. Tato skutečnost se nazývá anizotropie.

### **4.1. Mechanické vlastnosti dřeva**

Mechanickými vlastnostmi dřeva rozumíme schopnost dřeva odolávat vnějšímu působení sil. Jedná se především o pevnosti v tahu, tlaku, smyku, ohybu, moduly pružnosti, houževnatosti a štípatelnosti. Dřevo má v různých směrech různé mechanické vlastnosti.

a) Pružnost dřeva je taková deformace dřeva, kdy při působení vnějších sil se dřevo dokáže po uvolnění zatížení vrátit do původního tvaru.

b) Pevnost dřeva – jedná se o deformace nebo celkové porušení dřeva, na které působí vnější síly. Tyto deformace nejsou vratné.

## 4.2. Fyzikální vlastnosti dřeva

Fyzikální vlastnosti lze zjistit bez destruktivního zkoušení a narušení celistvosti materiálu či jeho chemického složení. Do těchto vlastností lze zařadit vlhkost, bobtnání a sesychání, hustotu, tepelné, elektrické a akustické vlastnosti dřeva, hořlavost a mimo jiné i např. barvu, kresbu nebo vůni dřeva (Sloupenský, 2015). Pro porozumění fyzikálním vlastnostem dřeva je třeba ovládat problematiku anatomie dřeva. Dřevo je materiál organického původu a řadíme ho do skupiny anizotropních materiálů. Proto jsou fyzikální vlastnosti závislé na směru, ve kterém jsou měřeny. Ze získaných informací je patrné, že dřevo je nehomogenní materiál a některé vady přímo ovlivňují fyzikální vlastnosti (Horáček, 1998).

### 4.2.1. Sesychání dřeva

Sesychání je negativní vlastnost dřeva, které je věnována podstatná část práce. Je to schopnost dřeva zmenšovat své rozměry, plochu nebo objem při ztrátě vody vázané. Mění-li se vlhkost dřeva v rozsahu vody vázané, dřevo podléhá rozměrovým změnám – hygroexpanzi rozměrů. Snížením vlhkosti mokrého dřeva k mezi hygroscopicity, to znamená, že se odpařuje voda volná, nemá významný vliv na rozměrové změny. Sesychání se odehrává v buněčné stěně, kde dochází k přibližování fibrilární struktury, a tím se mění rozměry jednotlivých elementů a dřeva jako celku (Horáček 1998). Sesychání se vyjadřuje podílem změny rozměru k původní hodnotě a uvádí se nejčastěji v procentech. Dle Horáčka se objemové sesychání může dle druhu dřevin dělit do tří skupin:

1. dřeva málo sesychavá – koeficient objemového sesychání je menší než 0,4:

tis, olše, vrba, topol, kaštanovník, limba, akát.

2. dřeva středně sesychavá – koeficient objemového sesychání je 0,4 – 0,47:

**borovice**, smrk, jedle, dub, jilm, jasan, javor, ořešák, osika.



3. dřeva hodně sesychavá – koeficient objemového sesýchání je větší než 0,47:

modřín, bříza, buk, habr, lípa.

Sesýchání dřeva od meze hygroskopicity do absolutně suchého stavu označujeme jako sesýchání celkové nebo též maximální. Sesýchání dřeva v jakémkoliv menším intervalu nazýváme částečným sesýcháním.

Sesýchání v podélném směru je v porovnání s radiálním a tangenciálním směrem velmi malé. Pro praktické účely je vhodné znát procentuální změnu rozměrů, změnu plochy nebo změnu objemu, za dobu, kdy se vlhkost změní o 1 %. K tomu slouží koeficient sesýchání, který se vypočte ze vztahu (Gandelová et al. 1996).

$$K_{\beta} = \frac{\beta_i}{w_1 - w_2} = \frac{\beta_i}{dw} \quad (\% / 1 \%)$$

kde:  $\beta_i$  – sesýchání v daném směru, ploše či objemu,

$w_1$  – vlhkost před sesýcháním,

$w_2$  – vlhkost po skončení sesýchání.

Koeficient objemového sesychání borovice je 0,44 %/1%w, radiálního sesychání je 0,17 %/1%w a tangenciálního sesychání je 0,28 %/1%w (Ugolev, 1986).

#### 4.2.2. Bobtnání dřeva

Dřevo bobtná při pohlcování vody i vodní páry do bodu nasycení vláken. Požgaj udává, že další zvyšování obsahu vody bobtnání již nevyvolává, protože voda volná vyplňuje pouze lumény, nebo mezibuněčné prostory. Rozměrové změny v podélném směru jsou 0,1 – 0,4 %. V příčném směru bobtná dřevo daleko výrazněji, v radiálním směru o 3 – 6 %, v tangenciálním směru o 10 – 15 %.

v tangenciálním směru o 6 – 12 %. Bobtnání v jednotlivých anatomických směrech vyjádřil Niemz následujícím poměrem  $\alpha_t : \alpha_r : \alpha_l = 20 : 10 : 1$ .  
Rozeznáváme různé typy bobtnání. Jsou to lineární: tedy napříč vláken, ve směru radiálním, tangenciálním a ve směru vláken, plošné: (změna plochy tělesa) a objemové bobtnání (změna objemu tělesa), (Matovič, 1993). Bobtnání patří k negativním vlastnostem dřeva. Většinou bobtnání dřeva způsobuje vážné těžkosti při jeho zpracovávání a využívání (Matovič, 1993).

#### **4.2.2.1 Bobtnání dřeva borovice lesní**

Bobtnání v jednotlivých směrech u borovice lesní znázorňuje tab. 1. Hodnota objemového bobtnání podle Wagenführa (2000) je 11,2 – 13,4 %.

#### **4.2.3. Hustota dřeva**

Hustota dřeva udává hmotnost jednotkového objemu dřeva při určité vlhkosti, vypočítá se z podílu hmotnosti a objemu dřeva. Pro možnost porovnávání výsledků a při různých teoretických výpočtech se uvažuje s hustotou dřeva v absolutně suchém stavu, kdy je hmotnost a objem dřeva při nulové vlhkosti. Podle dosud platné normy ČSN 49 0108 se hustota dřeva udává při vlhkosti 12 % (Požgaj et al. 1997). Hmotnost a hustota dřeva se liší podle jednotlivých druhů dřev a obecně je hlavním kvalitativním měřítkem dřeva (Stamm, 1964). Dále se hustota dřeva liší v reakčním dřevě, větvích a kořenech (Požgaj et al. 1997). Hustota bývá využívána jako nejčastější hodnotící kritérium při posuzování vlastností dřeva. Hustota dřeva udává hmotnost jeho objemové jednotky. Nejčastější vyjádření je v  $\text{kg/m}^3$  nebo  $\text{g/cm}^3$ . Je to charakteristika, která ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Těžké dřevo je pevnější, tvrdší a odolnější proti opotřebení. Hustota je také ukazatelem vhodnosti použití, například tam, kde je kladen důraz na nízkou hmotnost. Hustota se dělí na hustotu dřevní substance, hustotu dřeva a redukovanou hustotu. Pro výpočty je nadále využita pouze hustota dřeva (Požgaj et al. 1997).

#### **4.2.3.1. Hustota dřevní substance**

Dřevní substance je hmota buněčných stěn bez submikroskopických dutin, lumenů a mezibuněčných prostor. Hustota dřevní substance je potom vyjádřena poměrem hmotnosti dřevní substance a příslušného objemu. (Gandelová et al. 1996). Tato veličina kolísá v rozmezí 1440 – 1550 kg/m<sup>3</sup> zejména v závislosti na chemickém složení. Průměrná hodnota pro všechny dřeviny je stanovena na 1500 kg/m<sup>3</sup>.

Pro určování hustoty dřeva používáme nejčastěji následující stavy:

- a) hustota dřeva v suchém stavu ( $w = 0\%$ )
- b) hustota dřeva při vlhkosti 12%
- c) hustota dřeva vlhkého ( $w > 0\%$ )

S vlhkostí se zvyšuje hustota, ale u hmotnosti a objemu tomu tak není. Zatímco hmotnost dřeva vzrůstá se zvyšující se vlhkostí až do úplného nasycení, objem dřeva se zvyšuje jen do meze nasycení buněčných stěn což můžeme také nazvat mezí hygroscopicity.

#### **4.2.3.2. Hustota dřeva borovice lesní**

Hustota dřeva borovice lesní se pohybuje v rozmezí od 500 – 535 kg·m<sup>-3</sup>, přičemž průměrná hustota při vlhkosti dřeva 8 % je 520 kg·m<sup>-3</sup>. dále uvádí, že hustota dřevní substance borovice lesní je u jádrového dřeva 1 535 kg·m<sup>-3</sup>, hustota bělového dřeva je 1 550 kg·m<sup>-3</sup>. (Požgaj et al. 1997).

#### **4.2.3.3. Redukovaná a konvenční hustota**

Tato hustotou udává množství sušiny, které se nachází v určitém objemu dřeva, které je plné vody. Redukovaná hustota za předpokladu úplně suchého dřeva, je prakticky stejná s hustotou. Se stoupající vlhkostí klesá její hodnota až po mez hygroscopicity. Konvenční hustota se velmi často využívá pro technologické výpočty v lesním a dřevozpracujícím průmyslu. Díky této veličině lze přepočítat zásobu mokrého dřeva.

#### 4.2.4. Vlhkost

Dřevo je hygroskopický materiál, to znamená, že je schopno přijímat nebo odevzdávat vodu. Dřevo mění svou vlhkost podle okolního prostředí. Dřevo však dokáže přijímat i jiné kapaliny, voda je však nejčastější. Strom obsahuje velké množství vody, jelikož je to nezbytná kapalina pro jeho růst. Voda ve dřevě však dosti ovlivňuje jeho vlastnosti, často negativně. Změna vlhkosti dřeva při změně prostředí je vratný proces, avšak neprobíhá po stejné křivce. Tento proces se nazývá hystereze sorpce. V praxi rozlišujeme dva typy vlhkostí, kterými jsou relativní vlhkost a absolutní vlhkost dřeva.

Relativní vlhkost vyjadřuje podíl vody v procentech z celkové hmotnosti vzorku v okamžiku měření. Nemůže nikdy dosáhnout hodnoty 100 %. Této vlhkosti se využívá při prodeji nebo nákupu dřeva podle jeho hmotnosti.

Absolutní vlhkost vyjadřuje procentuální podíl vody z hmotnosti absolutně suchého dřeva. Tento parametr může nabývat i hodnoty přes 100 %. Podle stupně vlhkosti se dřevo dá rozdělit do několika skupin. V praxi můžeme rozlišovat tyto stupně vlhkosti dřeva (Škára, 1996):

1. Mokré dřevo (více než 100 %) – dřevo které bylo dlouhodobě uloženo ve vodě.
2. Syrové dřevo - čerstvě poražený strom (50 – 100 %).
3. Dřevo, které bylo sušeno dlouhodobě v obyčejných podmínkách (15 – 20 %).
4. Dřevo sušené ve vytápěných místnostech (8 – 10 %).
5. Absolutně suché dřevo, sušené v sušárnách (0 %).

Mezi relativní vlhkostí a absolutní vlhkostí dřeva existují přepočty dle vzorce:

$$w_{rel} = (100 * w_{abs}) / (100 + w_{abs})$$

$$w_{abs} = (100 * w_{rel}) / (100 - w_{rel})$$

#### 4.2.4.1. Rozdělení vody ve dřevě dle uložení

##### 1. Chemicky vázaná voda

Tato voda je součástí chemických sloučenin, která nelze odstranit pouhým sušením. Tato voda chemicky vázaná nemá vliv na mechanické ani fyzikální vlastnosti.

##### 2. Voda vázaná

Nachází se v buněčných stěnách. Tato voda se pohybuje v rozmezí 0 - 30 % vlhkosti dřeva. Tato voda vázaná má obrovský vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti.

##### 3. Voda volná

Vyplňuje lumény a mezibuněčné prostory. Tato voda volná má menší vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti.

Požgaj uvádí že maximální vlhkost dřeva je dána maximálním množstvím jak vody vázané, tak vody volné. Jiná literatura udává, že pokud je mikrokapilární i makrokapilární systém plně nasycen vodou, hovoříme o maximální vlhkosti dřeva. Běžně se hodnota maximální vlhkosti u našich dřev pohybuje v rozmezí 80 – 400 %. Maximální vlhkost u borovice lesní je 178 % (Ugolev, 1986).

Důležitou hranicí mezi vodou volnou a vodou vázanou je takzvaná mez hygroskopicity nebo také bod nasycení vláken, případně v některé literatuře nazývaná jako mez nasycení buněčných stěn. Jde o stav, při kterém je buněčná stěna plně nasycená vodou a lumen přitom neobsahuje žádnou vodu volnou. Rozdíl mezi MNBS a MH je v prostředí, kterému je dřevo vystaveno. U MNBS je to voda ve skupenství kapalném, u MH ve skupenství plynném. Pro naše dřeviny 22 – 35 % (průměr 30 %).

Pro jádrové dřevo borovice lesní, modřínu opadavého a douglasky tisolisté se udává hodnota MH 26 – 28 % (Matovič 1993).

## **5. Materiál a metodika**

### **5.1. Zkušební plochy**

Pro zjištění vlivu stanoviště na sesychání dřeva byly vybrány dvě reprezentativní lokality pro růst borovice v ČR (Plasy a Doksy) a v rámci těchto lokalit byly vždy vybrány dva porosty a v nich následně vybrány vzorníky.

#### **5.1.1. Doksy**

Lokalita Doksy, kde probíhal výzkum, je lokalita právě pro růst borovice lesní naprosto charakteristická, kde tyto porosty dominují, a to přibližně na 60 % plochy, písčitých, vodu propustných a chudých půdách. Porosty vlastní Městské lesy Doksy a nacházejí se v přírodní lesní oblasti Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Srážky jsou zde 550 mm, průměrná teplota se pohybuje okolo 7 - 8°C, a porost se nachází přibližně 450 metrů nad mořem. Z tohoto porostu bylo odebráno sedm vzorníků, ze kterých byly následně vyráběny zkušební vzorky. Pro výběr vzorníku této lokality bylo hlavním kritériem zastoupení jedinců pro daný porost a nepřítomnost růstových vad. Vzorníky byly odebírány z porostu obnoveného holosečným způsobem. Stromy tedy byly odebírány za stejnověkého porostu.

#### **5.1.2. Plasy**

V lokalitě Plasy byli vzorníky odebírány ze Západočeské pahorkatiny. Na této lokalitě dominuje borovice lesní přibližně na 50 %. Těžba proběhla v porostech majetku LČR, s.p., lesní správy Plasy. Opět se jednalo o 2 porosty obnovené holosečným způsobem. Srážky jsou zde též 500 - 550 mm a porost se nachází přibližně v nadmořské výšce 500 - 620 m.n.m.

## 5.2. Odběr a výroba vzorků

Z obou uvedených lokalit bylo vždy vybráno po sedmy stromech v každém porostu, které byly v zimním období smýceny. Pro posouzení byly z každého kmene vyjmuty dvě sekce, které byly řezány na délku 150 cm. Oddělková část byla odebrána z oblasti 130 cm nad zemí a středový výřez byl odebírán v 1/3 výšky kmene, za předpokladu že čepová část byla větší než 15 cm. Pro zjištění variability kmene v horizontální rovině byla z jednotlivých výřezů vyříznuta fošna procházející dření. Takto připravené fošny byly ponechány na volném prostranství s přístupem proudícího vzduchu a tato hráň byla zastřešena, aby bylo zabráněno znehodnocení zkušebnímu materiálu povětrnostními vlivy. Když vlhkost dřeva klesla pod hranici 15 %, byly fošny rozřezány podélně. Řez probíhal od dřeně ke kambiu a výsledný rozměr latě měl průřez 20x20 mm. Proto aby se mohl materiál zkoušet v laboratorních podmínkách bylo třeba ještě latě nařezat na 30 mm délky. Výsledný rozměr vzorků byl tedy dle normy pro zjišťování hustoty: ČSN 49 0108 - Drevo. Zisťovanie hustoty 20x20x30 mm. Zkušební tělesa byla bez suků s rovnoběžně uloženými vlákny a s odklonem letokruhů na příčném řezu max. 5°.

### 5.2.1. Značení vzorků

#### 1) OZNAČENÍ LOKALITY

- číslice 1 udává Lokalitu Doksy a 2 udává lokalitu Plasy

Pro lepší přehlednost grafů jsem jsi toto značení ještě upravil o písmeno O abych mohl posuzovat výsledné hodnoty.

#### 2) POROST:

-Z každé lokality bylo odebráno po dvou porostech. Pro jednoduchost a lepší znázornění jsou označeny porostem P2 a P3

### 3) OZNAČENÍ HORIZONTÁLNÍ POZICE:

- udává číslici od 1-5 dle toho, ve které části kmene se vzorek nacházel.

Kód, který byl na každém vzorku mohl vypadat například takto:

131 – tedy vzorek z lokality Doksy z porostu č.2 a v druhé pozici od dřene

### 5.3. Měření a vážení vzorků

Stanovení sesychání probíhalo dle platné normy ČSN 49 0128 Skúšky vlastností rostlého dreva – Metóda zisťovania zosýchavosti.

Pro zjišťování sesychání vzorků byly všechny vzorky označeny křížkem na radiální ploše z důvodu, aby posuvné měřítko bylo vždy na vzorek přikládáno ve stejném místě. Posléze byly vzorky vloženy do sušárny, kde se při teplotě 103 °C vysušily do absolutně suchého stavu. Tedy do doby, kdy se ve dřevě nenacházela ani voda volná ani voda vázaná. Posléze byly vzorky postupně vyndávány ze sušárny. Ne však najednou, aby se do vzorků nedostala vzdušná vlhkost, a tím nedošlo ke zkreslení výsledků. U každého tělesa byly vždy změřeny tři rozměry (podélný, radiální a tangenciální) a všechny vzorky byly zváženy. Pro měření byla použita laboratorní posuvná měřidla o přesnosti 0.01 mm a váhy s přesností na 0,001 g.

Následně tyto vzorky byly vloženy do kádě s vodou, kde byli ponechány přibližně týden. Pro přesné měření byly vzorky pravidelně kontrolovány. Když se rozměrové změny přestaly zvětšovat, bylo jasné, že buněčná stěna byla plně nasycena vodou vázanou, tedy se dostala do stavu meze nasycení buněčných stěn. V této fázi se již nemění rozměry tělesa. Bylo možné tedy provést druhé měření, kdy byly opět změřeny všechny tři rozměry (podélný, radiální a tangenciální). Tento postup je šetrnější k měřeným vzorkům. Jednoduchým přepočtem lze snadno pomocí vzorce přepočíst hodnoty bobtnání na hodnoty sesychání, které jsou důležité pro mou práci. Pro rozdílné soubory hodnot byl zvolen krabicový graf, kde je dobře viditelný rozdíl sesychání dřeva v jednotlivých anatomických směrech a celkového objemového sesychání. Pro přesnější výsledky byl spočten statistickými metodami tzv. medián, střední hodnota, směrodatná



odchylka a rozptyl. Což je znázorněno pomocí popisné statistiky v tabulkách.

#### 5.4. Použité vzorce pro výpočty

Po provedení laboratorních výsledků byly provedeny výpočty.

Jedním z hlavních vztahů byl výpočet pro bobtnání dřeva v daném směru:

$$\alpha_i = \frac{\alpha_{i\max} - \alpha_{i0}}{\alpha_{i\max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

$\alpha_{i\max}$  je rozměr v kterémkoliv směru, případně objem v absolutně vlhkém stavu (vlhkost je větší než BNV)

$\alpha_{i0}$  je rozměr v kterémkoliv směru, případně objemu v absolutně suchém stavu.

Protože mou hlavní náplní bylo sesychání, tak pro další výpočty byly tyto hodnoty přepočítány pomocí jednoduchého vzorce:

$\beta_i = 100 \cdot \alpha_i / (100 + \alpha_i)$  kdy  $\alpha_i$  jsou hodnoty naměřené v předešlém kroku.

Dalším důležitým vzorcem je vzorec pro výpočet hustoty v absolutně suchém stavu:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

$m_0$  je hmotnost vzorku v absolutně suchém stavu

$V_0$  je objem vzorku v absolutně suchém stavu

#### 5.5. Vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení dat byly použity základní matematicko-statistické metody.

Tyto metody nám pomohly posoudit, popřípadě porovnat a zhodnotit zkoumané vlastnosti (Doležal, 1973).

Vypočítané hodnoty byly pomocí programu EXCEL následně zpracovány do krabicových grafů, které znázorňují medián a hodnoty které se vymykají průměru. Body, které se nachází mimo vodorovné osy v horní nebo dolní úvrati se považují za hodnoty odlehlé. Tyto hodnoty jsou zapříčiněny patrně špatným měřením. Vše je pro lepší a přesnější informace zaneseno do tabelární podoby.

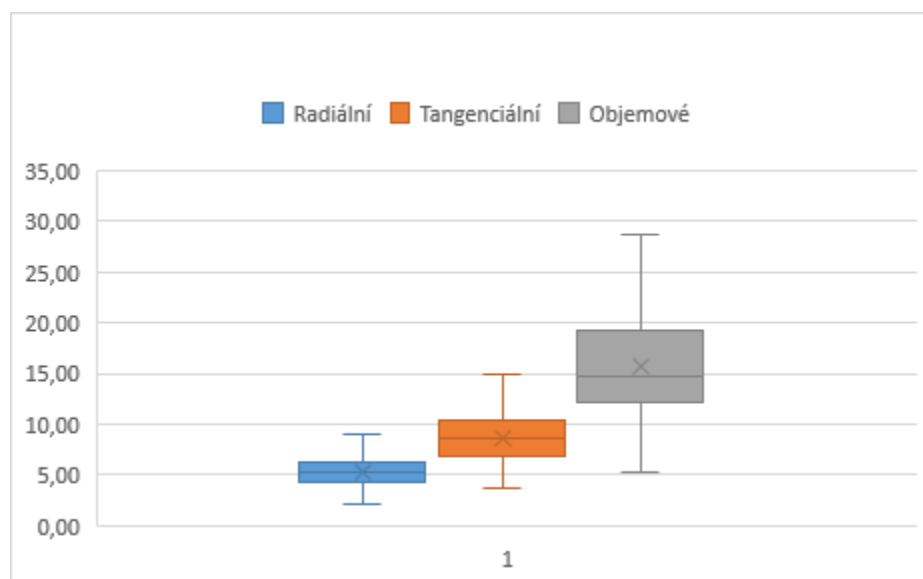
## 6. Výsledky

V této části práce se věnuji vyhodnocení výsledků vlivu stanoviště a pozice v kmeni při sesychání dřeva borovice lesní.

### 6.1. Sesychání

#### 6.1.1. Celkové sesychání dřeva na obou lokalitách

Na grafu č.1 je názorně viditelné sesychání dřeva borovice lesní z obou lokalit. Tento graf potvrzuje základní informaci o značných rozdílech sesychání v určitých směrech. Největší sesychání můžeme pozorovat v tangenciálním směru, a to v průměru o 8,6 %.



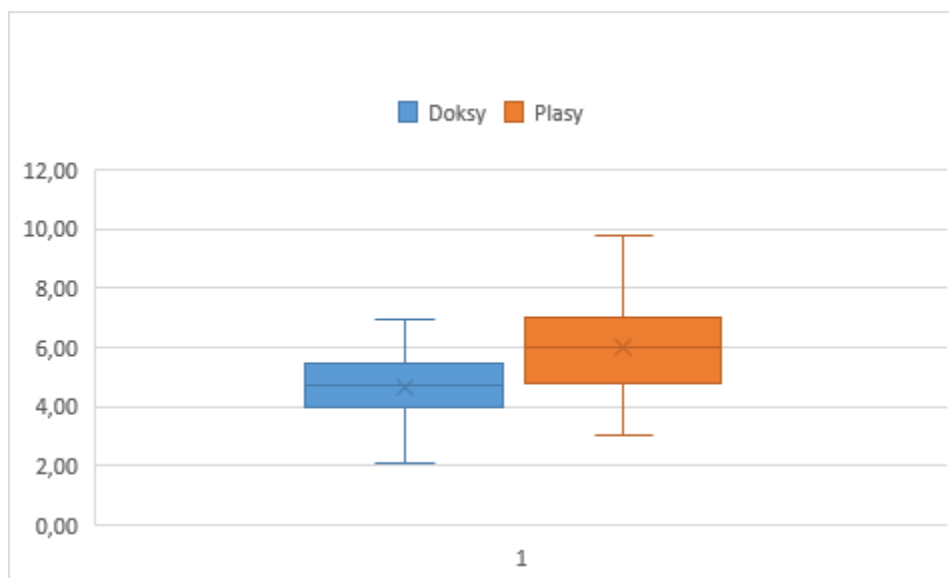
Graf 1: Sesychání dřeva borovice z obou lokalit.

Tabulka 1: Sesychání dřeva borovice z obou lokalit.

	Radiální	Tangenciální	Objemové
Průměr v %	5,3	8,6	15,7
Medián v %	5,3	8,6	14,7
Směrodatná odchylka v %	1,4	2,2	4,7
Rozptyl v %	2,0	5,0	22,0
Maximum v %	9,0	14,9	28,7
Minimum v %	2,1	3,7	5,4
Variační koeficient v %	26,2	26,0	29,8

### 6.1.2. Sesychání na radiálním směru z obou lokalit

Jak je z grafu č. 2 patrné, tak radiální sesychání je podstatně vyšší v lokalitě Plasy. V tabulce č.2 lze vyčíst že průměrné sesychání v lokalitě Plasy je o 1,32 % vyšší než v Doksech.



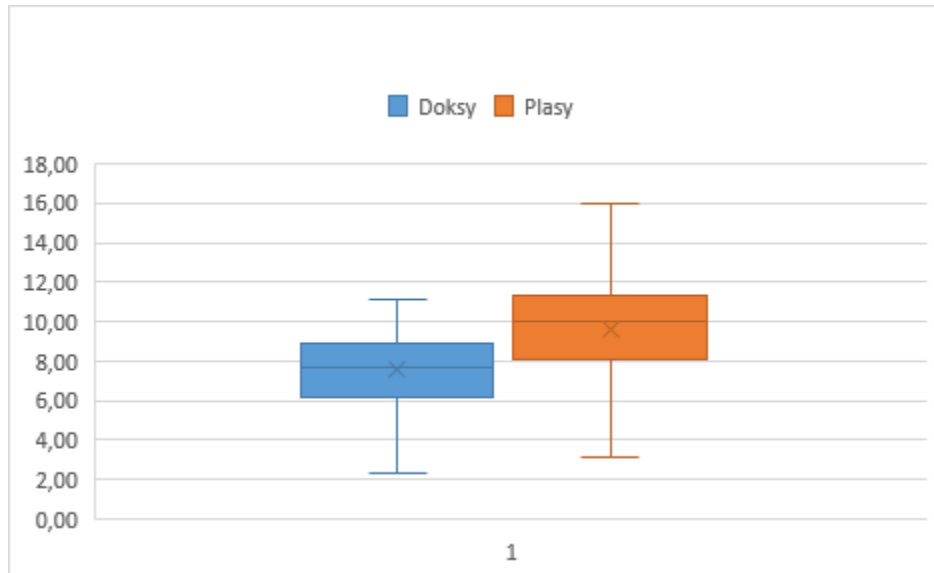
Graf 2: Radiální sesychání v závislosti na lokalitě.

Tabulka 2: Radiální sesychání v závislosti na lokalitě.

	Doksy	Plasy	Rozdíl
Průměr v %	4,7	6,0	1,3
Medián v %	4,7	6,0	1,3
Směrodatná odchylka v %	1,0	1,5	0,5
Rozptyl v %	1,0	2,2	1,2
Maximum v %	7,0	9,7	2,8
Minimum v %	2,1	3,0	0,9
Variační koeficient v %	21,8	24,8	

### 6.1.3. Sesychání na tangenciální směru z obou lokalit.

Jako v předešlém případě, tak i v tangenciální směru můžeme pozorovat značné rozdíly v procentuálním sesychání v závislosti na lokalitě. Což je zřejmé z grafu č.3. Tangenciální sesychání v lokalitě Plasy jsou o celé 2 % vyšší než v lokalitě Doksy, jak dokládá popisná tabulka č.3.



Graf 3: Tangenciální sesychání v závislosti na lokalitě.

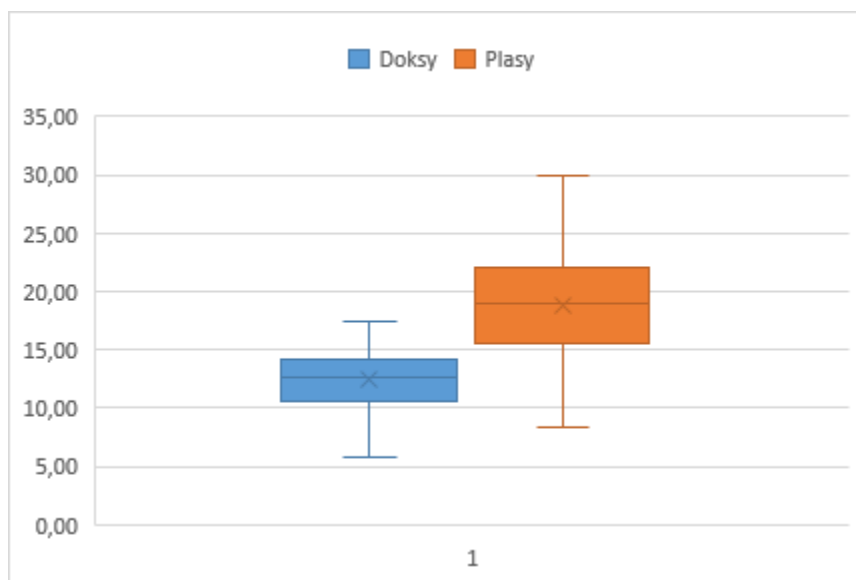
Tabulka 3: Tangenciální sesychání v závislosti na lokalitě.

	Doksy	Plasy	Rozdíl
Průměr v %	7,6	9,6	2,1
Medián v %	7,7	10,0	2,3
Směrodatná odchylka v %	1,7	2,3	0,6
Rozptyl v %	3,0	5,5	2,5
Maximum v %	11,2	15,9	4,8
Minimum v %	2,3	3,1	0,9
Variační koeficient v %	23,0	24,3	

#### 6.1.4. Celkové objemové sesychání na obou lokalitách

Graf č.4 názorně popisuje objemové sesychání v obou lokalitách. Jak je již z grafu jisté, objemové sesychání je značně větší v lokalitě Plasy.

Tabelární vyhodnocení v tab. č.4 toto tvrzení jen potvrzuje.



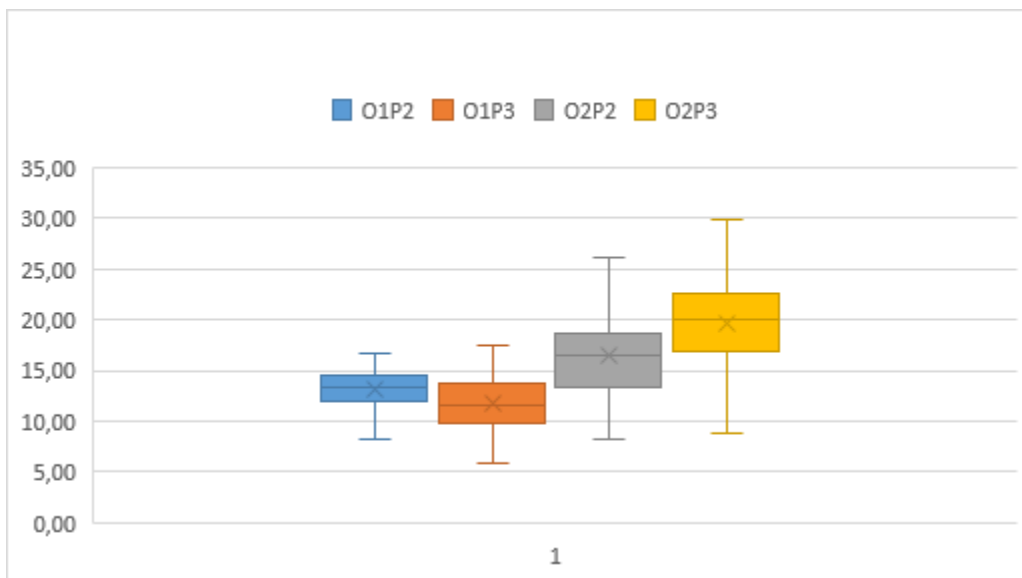
Graf 4: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě.

Tabulka 4: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě.

	Doksy	Plasy
Průměr v %	12,4	18,9
Medián v %	12,6	19,0
Směrodatná odchylka v %	2,3	4,5
Rozptyl v %	5,2	19,9
Maximum v %	17,5	30,0
Minimum v %	5,8	8,3
Variační koeficient v %	18,4	23,6

### 6.1.5. Objemové sesychání v porostu na dané lokalitě

V každé lokalitě byly vybrány dva porosty. Průměrné objemové sesychání se značně lišilo ve všech čtyřech porostech. Největší sesychání je možné pozorovat v lokalitě Plasy na druhém ze zkoumaných porostů (O2P3) jak je vidět v grafu č.5 a tento fakt dokládá i tabulka č.5. Nejmenší objemové sesychání můžeme pozorovat dle vyhodnocených výsledků v lokalitě Doksy v druhém ze zkoumaných porostů (O1P2).



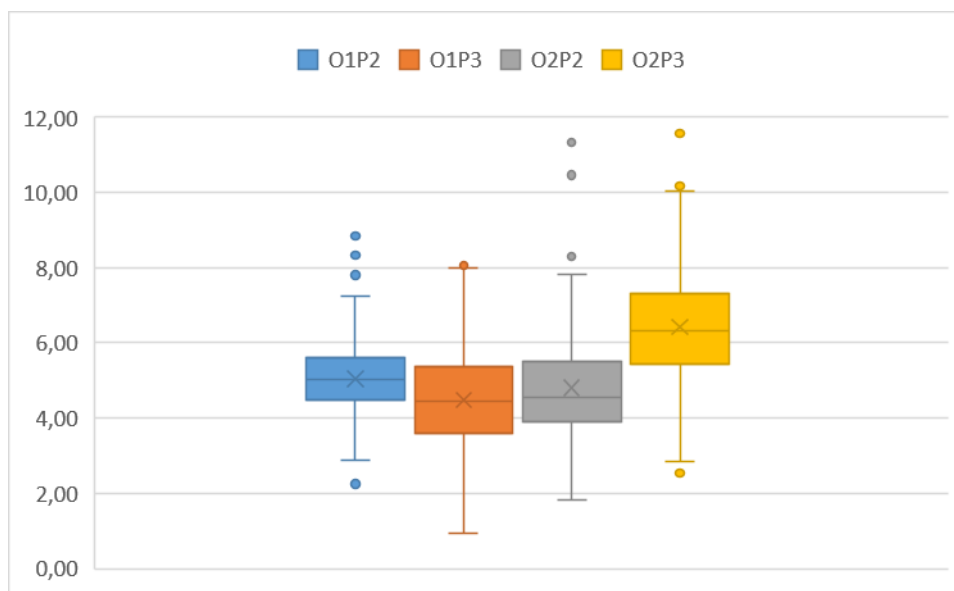
Graf 5: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě a porostu.

Tabulka 5: Objemové sesychání v závislosti na lokalitě a porostu.

	O1P2	O1P3	O2P2	O2P3
Průměr v %	13,1	11,8	16,5	19,7
Medián v %	13,3	11,5	16,4	20,0
Směrodatná odchylka v %	1,7	2,5	3,9	4,3
Rozptyl v %	3,0	6,0	15,1	18,8
Maximum v %	16,7	17,5	26,1	30,0
Minimum v %	8,3	5,8	8,3	8,8
Variační koeficient v %	13,3	20,7	23,6	22,1

### 6.1.6. Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě

Z grafu č. Můžeme vypočítat fakt, kdy radiální sesychání v Doksech v druhém porostu jsou podobné výsledkům radiálního sesychání z lokality Plasy v prvním porostu. Největší sesychání je možné pozorovat v lokalitě Plasy na druhém ze zkoumaných porostů (O2P3). Tento fakt dokládá i tabulka č.6.



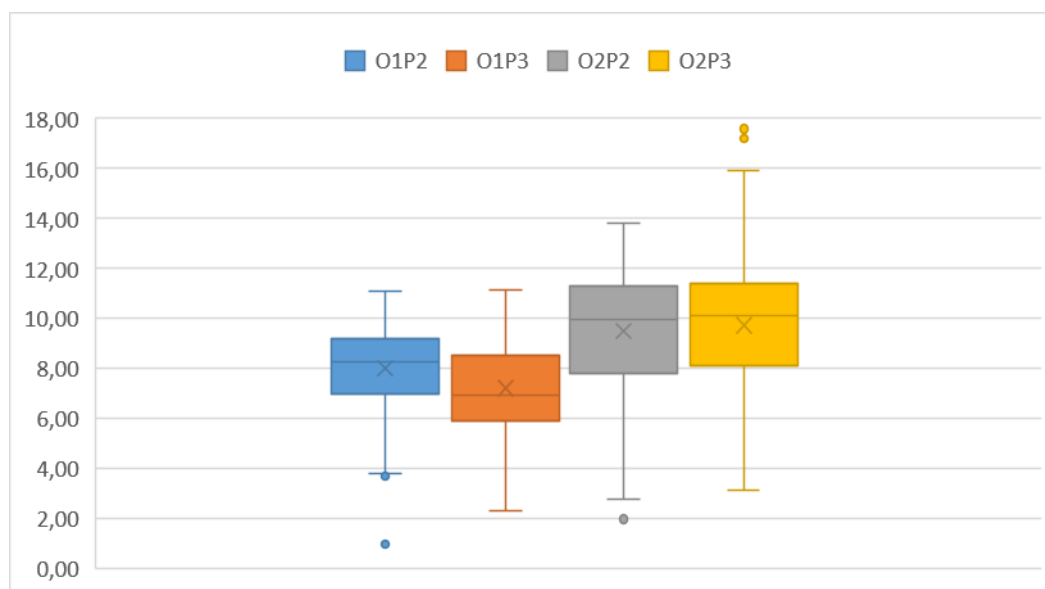
Graf 6: Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

Tabulka 6: Radiální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

	O1P2	O1P3	O2P2	O2P3
Průměr v %	5,0	4,5	4,8	6,4
Medián v %	5,0	4,4	4,5	6,3
Směrodatná odchylka v %	0,9	1,3	1,5	1,6
Rozptyl v %	0,9	1,6	2,2	2,5
Maximum v %	8,8	8,2	11,3	17,2
Minimum v %	2,2	0,9	1,8	2,5
Variační koeficient v %	18,5	27,9	30,8	24,8

### 6.1.7. Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě

Z grafu č. 7 vyplývá že, průměrné tangenciální sesychání se značně lišilo v rámci lokalit, nikoliv však v rámci porostů, kde jsou nepatrné rozdíly v lokalitě Plasy. Lokalita Doksy jsou patrné větší rozdíly v sesychání. Pro větší představu vše dokládá i tabulka č. 7. Nejmenší tangenciální sesychání můžeme pozorovat dle vyhodnocených výsledků v lokalitě Doksy v druhém ze zkoumaných porostů (O1P2). Všechny zjištěné výsledky lze vyčíst i z tabulky č.7.



Graf 7: Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

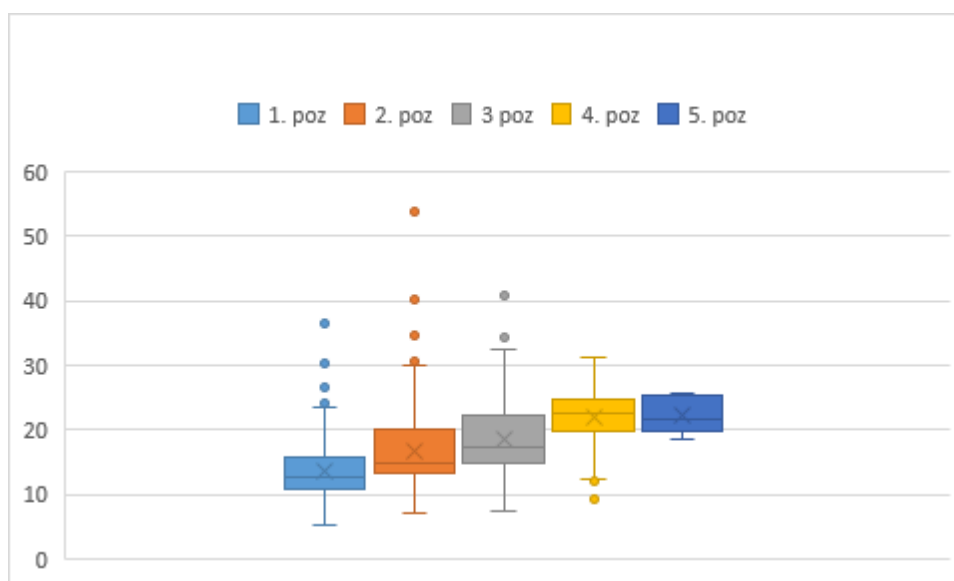


Tabulka 7: Tangenciální sesychání s ohledem na porost v dané lokalitě.

	O1P2	O1P3	O2P2	O2P3
Průměr v %	8,0	7,2	9,5	9,7
Medián v %	8,3	6,9	10,0	10,1
Směrodatná odchylka v %	1,6	1,8	2,4	2,5
Rozptyl v %	2,5	3,3	5,7	6,0
Maximum v %	11,1	11,2	13,8	20,7
Minimum v %	1,0	2,3	2,0	3,1
Variační koeficient v %	19,8	25,0	25,2	25,3

### 6.1.8. Objemové sesychání v závislosti na horizontální uložení vzorků v kmeni

Výsledky jsou znázorněny v grafu č.8 kde je možné pozorovat, jak se mění objemové sesychání v horizontální pozici. Tedy hodnoty sesychání s ohledem na to, v jaké jsou vzdálenosti zkoumaná tělesa od dřene. Tělesa byla pro rozpoznávání, kde se zrovna jaký vzorek nacházel označeny čísly poz. 1 - 5. Je zřejmé, že čím jsou tělesa dále od dřene, tak se zvyšuje i objemové sesychání. Jak lze vyčíst z tabulky č.8 je průměr objemového sesychání nejbliže ke dřeni 14 %, kdežto až na okraji kmene je průměrná hodnota sesychání 22 %.



Graf 8: Objemové sesychání s ohledem na horizontální pozici ve kmeni.

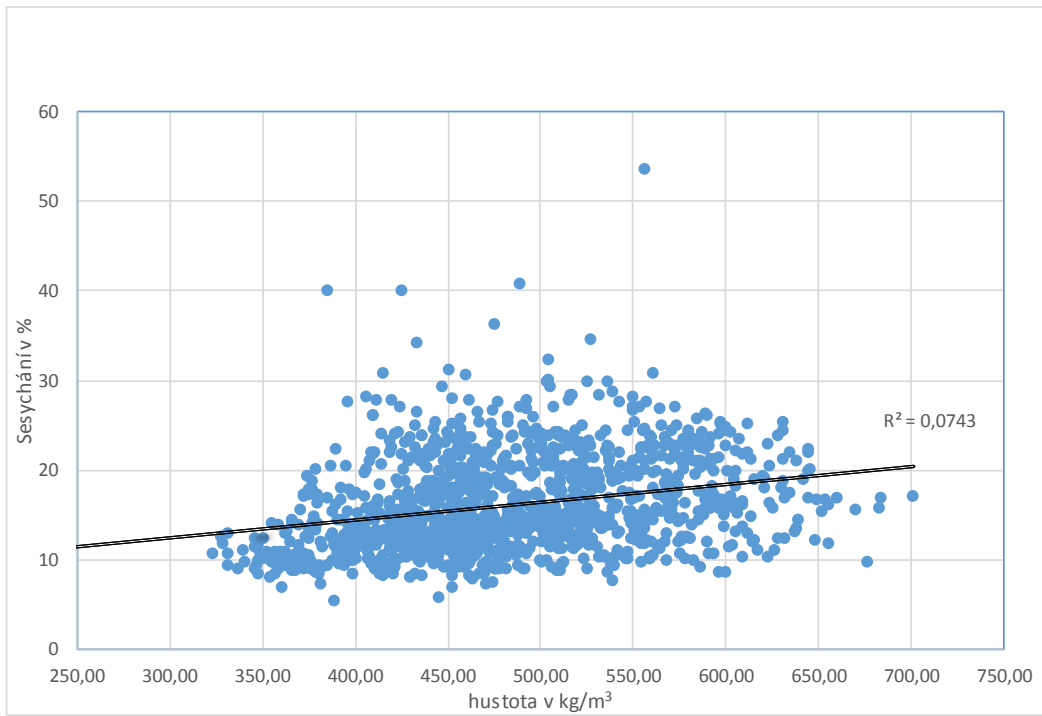
Tabulka 8: Objemové sesychání s ohledem na horizontální pozici ve kmeni.

	1. poz.	2. poz.	3. poz.	4. poz.	5. poz.
Průměr v %	13,6	16,5	18,4	21,9	22,2
Medián v %	12,7	14,8	17,4	22,7	21,6
Směrodatná odchylka v %	4,0	5,2	5,3	4,7	3,0
Rozptyl v %	15,9	26,9	28,1	21,8	8,9
Maximum v %	36,4	53,7	40,8	31,2	25,8
Minimum v %	5,4	7,0	7,5	9,4	18,7
Variační koeficient v %	29,4	31,4	28,8	21,4	13,4
Počet vzorků v ks	469	483	279	52	6

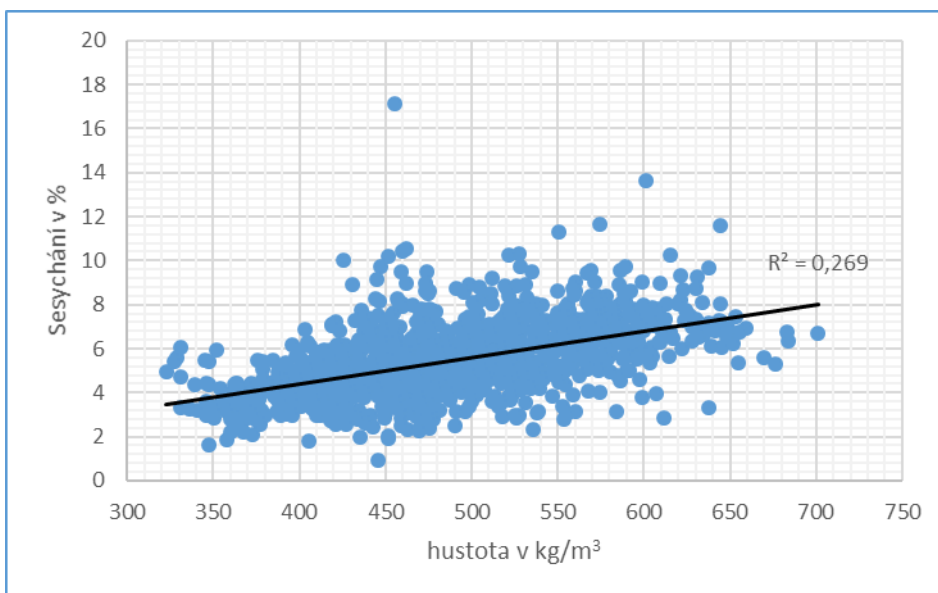
## 6.2. Hustota

### 6.2.1. Vliv hustoty na objemové, radiální a tangenciální sesychání

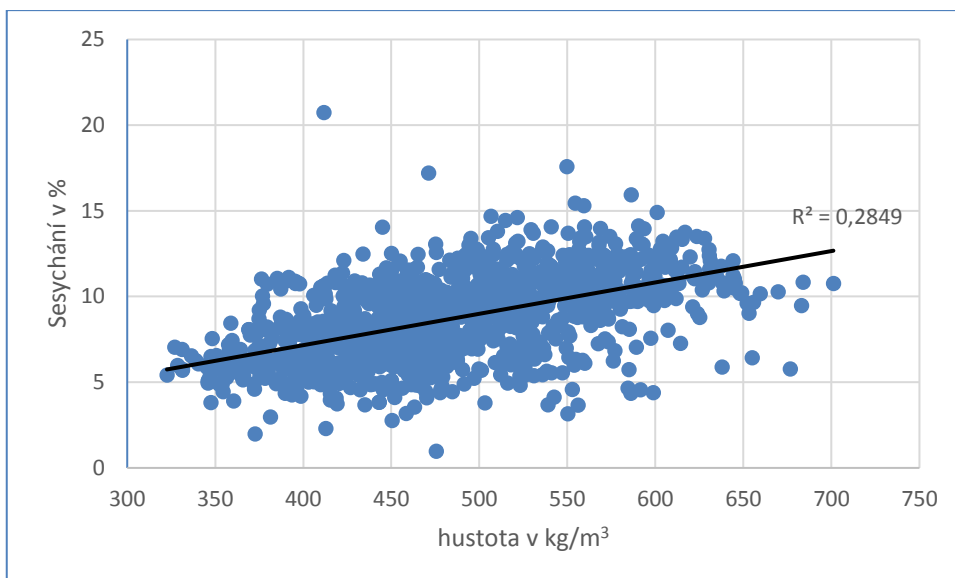
Z grafu č.9 lze vyčíst odpověď na otázku, zda má vliv hustota dřeva na sesychání. A dle mých výpočtů mohu jen tuto skutečnost potvrdit. Graf se zaobírá objemovým sesycháním. Kde je patrné že s rostoucí hustotou roste i míra sesychání. Dle hodnoty  $R^2 = 0,0743$  je patrné že hustota nemá příliš velký vliv na sesychání. Tuto premisu lze aplikovat na jakýkoliv směr, ať už jde radiální směr ve kterém, je patrné že  $R^2 = 0,269$  a vše dokládá graf č. 10 nebo tangenciální, kde hodnota  $R^2 = 2849$  je znázorněna v grafu č.11. Tyto graf vychází z hodnot při 0% vlhkosti.



Graf 9: Vliv hustoty na objemové sesychání při 0% vlhkosti.

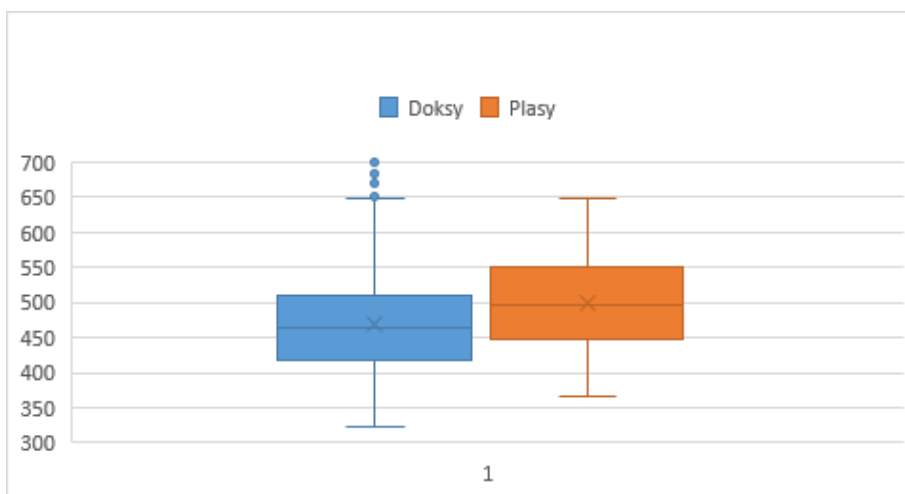


Graf 10: Vliv hustoty na radiální sesychání při 0% vlhkosti.



Graf 11: Vliv hustoty na tangenciální sesychání při 0% vlhkosti.

Pro představu přikládám Graf č.12, který srovnává hustoty obou lokalit.



Graf 12: Hustota dřeva v závislosti na lokalitě.

Pro přesnější určení hustoty jsou všechny hodnoty vyjádřeny v tabelární podobě v tabulce č.9. Z tabulky lze vyčíst zajímavé informace o průměrné hustotě dřeva ve všech mnou zpracovaných zkušebních tělískách. Průměrná hustota ze všech stanovišť je  $485 \text{ kg/m}^3$  při vlhkosti 0 %.

Tabulka 9: Hustota dřeva v závislosti na lokalitě a celková hustota.

	Celková	Doksy	Plasy
Průměr v kg/m <sup>3</sup>	485	468	498
Medián v kg/m <sup>3</sup>	476	463	496
Směrodatná odchylka v kg/m <sup>3</sup>	70	72	65
Rozptyl v kg/m <sup>3</sup>	4881	5178	4227
Maximum v kg/m <sup>3</sup>	701	701	649
Minimum v kg/m <sup>3</sup>	323	323	365
Variační koeficient v kg/m <sup>3</sup>	14,4	15,4	13,0

## 7. Diskuze

### 7.1. Vliv stanoviště na sesychání

U všech mnou získaných dat mohu jen potvrdit výsledky jako již v několika jiných různých pracích, že k největšímu sesychání dochází

v tangenciálním směru, v mém případě se jedná o hodnotu 8,6 %.

Podobné výsledky uvádí například (Šlezingerová a kolektiv 2004). Dalším sesycháním je takzvané objemové sesychání, které je v mém případě stanoveno průměrnou hodnotu 15,7 %. Rozdílné sesychání

v anatomických směrech je dáno elementy dřeva. Výsledky sesychání se dají porovnat s výsledky od (Šlezingerová, Gandelová, Horáček 2004), kteří též tvrdí, že sesychání je největší napříč vlákny. Při posuzování sesychání dřeva borovice na různých stanovištích bylo zjištěno, že objemové sesychání je značně větší na stanovišti Plasy. Hlavním důvodem je to, že sesychání je závislé na hustotě. Sesychání v závislosti na vzdálenosti od dřeně směrem k obvodu kmene mají stoupající tendenci, tudíž vyšší hodnoty objemového sesychání. Tento výsledek je srovnatelný i s literaturou (Nicholls a Brown 1973, Fritts a kolektiv 1991). V závislosti hustoty na sesychání je stejné s tvrzením (Požgaj 1993), kdy s rostoucí hustotou stoupá i míra sesychání v různých směrech a též i objemové sesychání.

Při porovnání dvou různých porostů na jednom stanovišti se hodnoty tolik neliší, jelikož se jedná pouze o holosečné porosty. Nikoliv jiný způsob obnovy lese. Za předpokladu, kdyby se jednalo o jiný způsob obnovy

porostu tak by se hodnoty mohli značně lišit, jak uvádí (Eriksson 2006, Mederski 2015, Zeidler a kolektiv 2017).

## **7.2. Vliv hustoty na sesychání**

Dřevo je nehomogenní materiál a záleží tudíž na více parametrech. Výraznou část změn ovlivňuje právě hustota. Proto je díky této studii dbát i na tento faktor. Mnou naměřená průměrná hustota ze všech lokalit při 0% vlhkosti je 485 kg/m<sup>3</sup>. Mnou naměřená hodnota se mírně liší od Požgaje (1997), který udává, že hustota dřeva borovice lesní se pohybuje v rozmezí od 500 – 535 kg/m<sup>3</sup>. Tato drobná odchylka může být způsobena právě více zmíněnou nehomogenitou dřeva. Případně rozdílnými stanovišti, ze kterých byli vzorky odebírány. Skutečnost, že stanoviště má vliv na hustotu uvádí Tsoumis (1991). Dalším zkoumaným faktorem při posuzování hustoty byla horizontální pozice ve kmeni. S rostoucí vzdáleností od dřeně roste i hustota. Což jsem potvrdil a výsledky jsou patrné z tabulky č.8.

## **8. Závěr**

Cílem této práce bylo sesychání dřeva borovice lesní a vliv stanoviště na sesychání. Při vyhodnocování výsledku jsem dospěl k názoru, že stanoviště má celkově velký vliv na sesychání. Ať bylo sesychání v tangenciálním směru, radiálním směru nebo objemovém, tak se všude tato skutečnost potvrdila. Mnou prováděnými metodami pro zjišťování sesychání a následným zpracováním výsledků jsem dospěl ke stejnému hodnocení. Mohu potvrdit, že dřevo jako anizotropní materiál nejvíce sesychá v tangenciálním směru a méně v radiálním směru. Vliv stanoviště na sesychání je vcelku značný a tato skutečnost lze pozorovat i u hustoty dřeva. Obdobný případ nastal i při zjišťování objemového sesychání v horizontálně uložených tělesech ve kmeni. Čím jsou tělesa blíže ke dření, tím klesá jejich hodnota objemového sesychání. Při posuzování dvou porostů na jedné lokalitě, které byly obnovovány stejnou metodou, nebyly shledány velké rozdíly v hustotě.

Poznatky získané touto prací lze využít pro náš prospěch. Vezmu-li v potaz, že borovice lesní je u nás stále hojně využívaná dřevina, ať v lesnickém či dřevařském průmyslu, tak tyto skutečnosti lze využít například v těžbě nebo dalších dřevozpracujících odvětvích.

## 9. Literatura

Businský, R. Taxonomic revision of Eurasian pines (genus *Pinus* L.) – Survey of species and infraspecific taxa according to latest knowledge. – Acta Pruhoniana, 1999, 68: s. 7–86.

Björklund, L., Identifying heartwood–rich stand sorstems of *Pinus sylvestris* by using inventory data. *Silva Fennica*, 1999, 33. 119–129.

E-herbar.info I., olej, J., Z, B., čínská, K. and řešetlákový, R. 2019. *eHerbář - Borovice*. [online] E-herbar.info. Available at: <http://e-herbar.info/index.php/14-bylinky/b/164-borovice> [Navštíveno 10 Apr. 2019].

Eriksson D., Lindber H., Bergsten U. Influence of silvicultural regime on wood structure characteristics and mechanical properties of clear wood in *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica*, 2006.

Gandelová, L., Horáček, P., Šlezingerová, J. *Nauka o dřevě*, MZLU v Brně, Brno, 1996. 176 s. ISBN 80-7157-194-6.

Horáček, P. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I.*, MZLU v Brně, Brno, 1998, 124 s., ISBN 80-7157-347-7.

Kolář, K., Reiterman, P. *Stavební materiály: pro SPŠ stavební*. Praha: Grada Publishing, 2012. Studium (Grada), 2012, ISBN 978-80-247-4070-6.

Matovič, A. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva*. MZLU v Brně, 1993, ISBN 80-7157-086-9.

Niemz, P. *Physik Holzes und Der Holtzwerkstoffe*, DRW – Verlag Wienbrenner GmbH & Co., 1993, 243 s. ISBN 3 – 87181 – 324 – 9.

Požgaj, A., CHovanec, D., Kurjatko, S., Babiak, M. *Struktura a vlastnosti dřeva*. 2. vydání. Bratislava: Příroda, 1997, 488 s. ISBN 80-07-00960-4.

Roubal, J. *Dřevo Velká encyklopedie*. Grada publishing, a.s. U průhonu 22, Praha, 2009, 192 s. ISBN 978–80–247–2858–2.

Stamm, A. J. *Wood and cellulose science*. Ronald Press. New York, USA, 1964, 549 s.

Škára, I. *Materiály a technologie: dřevo*. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 1996.

Šlezingerová, J., Gandelová, L. *Stavba dřeva–cvičení*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 1999, 132 s. ISBN 80–7157–400–7.



Tsoumis G. Science and technology of wood structure, properties, utilization. Reprint of the ed. from 1991. Remagen-Oberwinter: Kessel, 2009.

Ugolev, V.N. Drevesinovedeniije s onovami lesnovo tovarovedenija. Moskva, 1986, 365 s.

Úradníček, L., Chmelař, J. Dendrologie lesnická 1. část, Jehličnany, skripta, MZLU v Brně, 1995, ISBN 80-7157-162-8.

Úradníček, L., Chmelař, J. Dendrologie lesnická 2. část, Listnáče I, skripta, MZLU v Brně, 1995, ISBN 80-200-0306-1.

Wagenführ, R. Holzatlas. 5. vydání. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hansen Verlag, 2000, 707 s. ISBN 3-446-21390-2.