

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

Srovnání stavby a vybraných vlastností dřeva
douglasky tisolisté z různých stanovišť

Diplomová práce

Brno 2015

Bc. Lukáš Timko

Zadávací list

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci **Srovnání stavby a vybraných vlastností douglasky tisolisté z různých stanovišť** zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47 b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

Bc. Lukáš Timko

Poděkování

Dovoluji si tímto poděkovat především vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Vladimíru Grycovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při řešení problémů. Dále bych zde rád poděkoval Ing. Tomáši Kolářovi Ph.D., Ing. Janu Tippnerovi Ph.D., doc. Ing. Karlu Drápelovi, CSc. a Ing. Zdeňku Adamcovi Ph.D. za pomoc při měření, zpracovávání dat a vyhodnocování výsledků.

V neposlední řadě bych rád chtěl poděkovat rodině, své přítelkyni Evě Rosůlkové a blízkým za podporu během studia.

Abstrakt

Jméno: Bc. Lukáš Timko

Název práce: Srovnání stavby a vybraných vlastností dřeva douglasky tisolisté z různých stanovišť

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu makroskopické stavby a zjištění vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) s důrazem na porovnání zóny juvenilního a zralého dřeva a porovnání stavby a vybraných vlastností dřeva z různých stanovišť dle souborů lesních typů (3K, 3B, 3A). Z každé ze tří vybraných lokalit bylo odebráno 5 vzorníkových stromů, jejichž oddenkové části byly následně zpracovány na zkušební vzorky o rozměrech 20 × 20 × 30 mm a 20 × 20 × 300 mm. Z vybraných vlastností dřeva byly zjišťovány hustoty při vlhkosti 0 % a 12 %, konvenční hustota, celkové sesychání dřeva pro všechny tři základní směry a celkové objemové sesychání, pevnost dřeva v tlaku podél vláken, mez pevnosti v ohybu a modul pružnosti v ohybu. Byla také provedena letokruhová analýza. Bylo zjištěno, že juvenilní dřevo má širší letokruhy, nižší podíl jarního dřeva a všechny sledované vlastnosti vykazovaly nižší hodnoty. Zjišťované vlastnosti a stavba dřeva z vybraných souborů lesních typů se ve většině případů statisticky významně liší. Z lesnického hlediska lze tedy konstatovat, že výsledné materiálové charakteristiky dřeva douglasky jsou značně závislé na stanovišti, avšak výraznější vliv na vlastnosti dřeva má poloha vzorku v kmeni (centrální nebo obvodová část kmene).

Klíčová slova: douglaska, hustota, juvenilní dřevo, letokruhová analýza, mez pevnosti, modul pružnosti, sesychání, soubor lesních typů, zralé dřevo

Abstract

Name: Bc. Lukáš Timko

Thesis title: Comparison of wood structure and selected properties of wood of Douglas fir from different sites

The aim of this thesis was to analyse the macroscopic structure of the wood of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and determine selected physical and mechanical properties with an emphasis on the comparison of juvenile and mature wood zones. Additionally, the structure and selected properties of the wood from sites varying in the forest types (3K, 3B, 3A) were compared. Five sample trees were sampled in each of the three selected sites. Their rootstock parts were then worked into test specimens with dimensions of 20 × 20 × 30 mm a 20 × 20 × 300 mm. The selected wood properties were the density at moisture content of 0% and 12%, basic density, the total shrinkage in all three basic directions, the total volumetric shrinkage, strength in compression parallel to the grain, bending strength, and the modulus of elasticity in bending. Additionally, a tree-ring analysis was conducted. It was found out that the juvenile wood has wider rings, a lower proportion of earlywood and all the observed properties showed lower values. The properties determined and the structure of the wood from the selected groups of forest types is statistically significantly different in most cases. From the forestry perspective, the resulting material characteristics of wood of Douglas fir are greatly dependent on the site; however, the precise location of the sample within the stem (centre or periphery) has a more pronounced effect on the properties.

Key words: Douglas fir, density, juvenile wood, tree-ring analysis, strength, modulus of elasticity, shrinkage, group of forest types (GFT), mature wood

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární přehled	12
3.1	Charakteristika a potenciál využití douglasky tisolisté.....	12
3.2	Stavba dřeva	14
3.3	Charakteristika souborů lesních typů (SLT)	15
3.4	Definice juvenilního a zralého dřeva	16
3.5	Obecné charakteristiky juvenilního dřeva.....	18
3.6	Stavba a vybrané vlastnosti dřeva	20
3.6.1	Makroskopická stavba dřeva	20
3.6.2	Hustota dřeva	21
3.6.3	Sesychání dřeva	22
3.6.4	Pevnost a pružnost dřeva	22
3.7	Podíl juvenilního dřeva a lesnické hospodaření.....	23
3.8	Využití juvenilního dřeva.....	25
4	Materiál a metodika	27
4.1	Charakteristika odběrových lokalit	27
4.2	Výroba zkušebních vzorků.....	30
4.3	Označení vzorků.....	34
4.4	Makroskopická stavba – letokruhová analýza	34
4.5	Hustota dřeva	35
4.6	Sesychání dřeva.....	37
4.7	Pevnost dřeva v tlaku podél vláken.....	37
4.8	Pevnost a modul pružnosti dřeva ve statickém ohybu	39
4.9	Analýza makroskopických charakteristik zkušebních vzorků	41
5	Výsledky	42

5.1	Makroskopická stavba – letokruhová analýza	42
5.1.1	SLT 3K	42
5.1.2	SLT 3B.....	44
5.1.3	SLT 3A	45
5.1.4	Srovnání jednotlivých vlastností juvenilního a zralého dřeva dle SLT	47
5.2	Hustota dřeva	53
5.2.1	Hustota dřeva ze všech stanovišť.....	53
5.2.2	Hustoty jednotlivých kmenů dle stanovišť	53
5.2.3	Variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene ze všech stanovišť	55
5.2.4	Variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene dle stanovišť	57
5.2.5	Srovnání hustoty juvenilního a zralého dřeva dle SLT.....	60
5.3	Sesychání dřeva.....	63
5.3.1	Celkové sesychání dřeva ze všech stanovišť	63
5.3.2	Sesychání dřeva dle stanovišť.....	64
5.3.3	Srovnání celkového sesychání juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť	65
5.4	Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken.....	67
5.4.1	Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken ze všech stanovišť.....	67
5.4.2	Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken dle stanovišť.....	68
5.4.3	Srovnání meze pevnosti v tlaku juvenilního a zralého dřeva dle SLT	69
5.5	Mez pevnosti v ohybu	71
5.5.1	Mez pevnosti v ohybu ze všech stanovišť	71
5.5.2	Mez pevnosti v ohybu dle stanovišť	72
5.5.3	Srovnání meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle SLT ...	73
5.6	Modul pružnosti v ohybu	75
5.6.1	Modul pružnosti v ohybu ze všech stanovišť	75
5.6.2	Modul pružnosti v ohybu dle stanovišť	76
5.6.3	Srovnání modulu pružnosti v ohybu juven. a zralého dřeva dle SLT.....	77

5.7	Závislost vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva dle stanovišť na jeho makroskopické stavbě	79
5.7.1	Hustota dřeva	80
5.7.2	Sesychání	81
5.7.3	Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken.....	82
5.7.4	Mez pevnosti v ohybu.....	84
5.8	Závislost vybraných fyzikálních a mechanických vlastností juvenilního a zralého dřeva na jeho makroskopické stavbě a hustotě	85
5.8.1	Hustota dřeva	85
5.8.2	Sesychání	87
5.8.3	Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken.....	88
5.8.4	Mez pevnosti v ohybu.....	88
6	Diskuse.....	90
6.1	Makroskopická stavba – letokruhová analýza	90
6.2	Hustota	92
6.3	Celkové sesychání dřeva	95
6.4	Mez pevnosti v tlaku podél vláken.....	96
6.5	Mez pevnosti v ohybu	98
6.6	Modul pružnosti v ohybu	99
6.7	Závislosti jednotlivých vlastností a srovnání stavby a vybraných vlastností juvenilního a zralého dřeva dle SLT	100
7	Závěr	101
8	Summary.....	103
9	Použitá literatura	104
10	Seznam obrázků.....	115
11	Seznam tabulek.....	118

1 Úvod

Dřevo je jedním z nejstarších materiálů, které se lidstvo naučilo využívat ke stavbě obydlí, výrobě pracovních nástrojů i jako zdroje energie. Zatímco většina v současnosti užívaných stavebních materiálů je vyráběna z neobnovitelných zdrojů a jejich výroba je energeticky vysoce náročná, dřevo roste a spotřebovává oxid uhličitý, čímž přispívá ke zpomalování nárůstu jeho obsahu v ovzduší. Dřevo z dobře obhospodařovaných lesů patří k obnovitelným surovinám a jeho používání je šetrné k životnímu prostředí.

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) se stala předmětem zájmu lesního hospodářství především s ohledem na značnou produkci biomasy, která ve vhodných podmínkách předčí produkci domácích dřevin. V současnosti je douglaska tisolistá v podmínkách západní a střední Evropy nejrozšířenější cizokrajnou jehličnatou dřevinou. V některých zemích, především ve Francii, Velké Británii a Německu, její další pěstování není výrazněji omezeno a výrazně se podílí na zvyšování konkurenceschopnosti lesního hospodářství. Věk nejstarších porostů, které jsou v ČR registrovány, dnes přesahuje 120 let.

Jedním z jevů, které ovlivňují výsledné vlastnosti výrobků je poloha suroviny v kmeni. V raném období života stromu je kambiem tvořeno dřevo s odlišnou strukturou. Centrální část kmene je nazývána juvenilním dřevem. Toto dřevo má na základě odlišné stavby jiné fyzikální a mechanické vlastnosti ve vztahu ke dřevu zralému. Snahou hospodaření v lesích a touhou zpracovatelů dřeva by bylo získat dřevo, jehož vlastnosti by se po poloměru kmene neměnily, jedná se však jen o nesplnitelné přání, které není dnešní lesnictví schopno splnit a je tedy nutné s juvenilním dřevem i nadále do budoucna při zpracování počítat.

Jednou z největších nevýhod dřeva je bezesporu variabilita jeho vlastností, která se projevuje v rámci druhů dřevin, kmenů stejného druhu dřeviny, či dokonce jednotlivých částí jednoho kmene. Největší příčinou takového chování je jednoznačně fakt, že dřevo je rostoucím přírodním materiálem a právě stanovištní růstové podmínky velmi ovlivňují vlastnosti tohoto materiálu a jejich variabilitu. Důležité je tedy znát, jaké vlastnosti vykazuje dřevo z různých oblastí a tyto vlastnosti porovnávat mezi sebou.

Cílem této práce je ozřejmit, zda a do jaké míry se liší stavba a vybrané vlastnosti dřeva douglasky tisolisté ze tří odlišných souborů lesních typů s důrazem na porovnání juvenilního a zralého dřeva a do jaké míry jsou vybrané vlastnosti korelovány s hustotou, průměrnou šířkou letokruhů a podílem letního dřeva v letokruhu.

2 Cíl práce

Cílem předkládané diplomové práce je zjistit a porovnat makroskopickou stavbu a hodnoty vybraných fyzikálních a mechanických vlastností juvenilního a zralého dřeva douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) z vybraných souborů lesních typů (3K, 3B, 3A). Výsledky práce budou porovnány s různými literárními zdroji. Práce je rozdělena do několika dílčích částí:

- Změřit a porovnat průměrné hodnoty šířek letokruhů dřeva juvenilního a zralého z vybraných souborů lesních typů.
- Zjistit a porovnat průměrný podíl letního dřeva v letokruzích v zóně juvenilního dřeva a v zóně zralého dřeva z vybraných souborů lesních typů.
- Zjistit a porovnat hustotu při vlhkosti 12%, konvenční hustotu a hustotu absolutně suchého dřeva juvenilního a zralého dřeva z vybraných souborů lesních typů.
- Zjistit celkové radiální, tangenciální, podélné a celkové objemové sesychání juvenilního a zralého dřeva z vybraných souborů lesních typů.
- Změřit a porovnat pevnost dřeva v tlaku podél vláken v zóně juvenilního a v zóně zralého dřeva z vybraných souborů lesních typů
- Změřit a porovnat mez pevnosti a modul pružnosti v ohybu dřeva juvenilního a zralého dřeva z vybraných souborů lesních typů.
- Popsat závislosti vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva douglasky tisolisté na průměrné šířce letokruhů, na podílu letního dřeva v letokruhu a na hustotě dle stanovišť rozdílných v souborech lesních typů a dle zón juvenilního a zralého dřeva.

3 Literární přehled

3.1 Charakteristika a potenciál využití douglasky tisolisté

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) patří mezi introdukované jehličnaté dřeviny, které jsou zastoupeny i v našich lesních porostech. Laickou veřejností je tato dřevina často nesprávně považována za druh jedle, možná na základě nesprávných doslovných překladů anglického názvu „Douglasova jedle“. Ve skutečnosti se však jedná o druh patřící do zcela jiného rodu. Také dřevo douglasky je podobnější spíše dřevu borovému než jedlovému. Jedná se o jehličnatou dřevinu, jejíž dřevo má vylišeno běl a jádro. Běl je nažloutlá až narůžovělá, jádro je zbarveno do světlehnědé až červenohnědé (na vzduchu tmavne). Pro jedince pěstované v našich klimatických podmínkách je často charakteristické, že letokruhy jsou hlavně v prvních letech značně široké a navíc pro jehličnan s netypicky vysokým zastoupením letního dřeva. Přejít z jarního dřeva do letního v rámci letokruhu je ostrý. Pryskeřičné kanálky jsou zřetelné. Dřevo douglasky je lehké a měkké. Z hlediska přirozené trvanlivosti patří jádrové dřevo douglasky ke středně trvanlivým, asi jako borovice lesní. V dřevařské praxi bývá často zpracována douglaska na řezivo společně s borovicí, případně modřínem, protože je těmito dřevinám z hlediska makroskopické struktury dřeva vzhledově velmi podobná. Použití dřeva je pak obdobné jako u borovice lesní (Horáček a Timko 2014).

Douglaska tisolistá je úspěšně introdukovanou dřevinou do mnoha lesních oblastí mírného pásu celého světa. V lesích střední a západní Evropy, včetně ČR, je nejčastěji pěstovanou jehličnatou introdukovanou dřevinou, která produkuje jedno z nejlepších užitkových dříví, zejména v územích laděných více oceánicky (Musil 2002; Vidakovič 1991). Jedná se o vysoký až velmi vysoký strom 50–70 m (v domovině až 100 m) s průměrem až 4 metry. Úradníček a Illková (2006) udávají, že se jedná o jednu z nejmohutnějších dřevin světa. Dožívá se velmi vysokého stáří, v pralesích obecně 500–700–1000 i více let.

Růst je poměrně rychlý, v 10 letech dosahuje výšky 3,6–4,6 m. Výškový přírůst kulminuje ve věku 20–30 roků, může však být zachován asi až do 200 let. Z hlediska proměnlivosti je taxon v rámci poměrně velkého areálu proměnlivý jak ve směru

horizontálním, tak ve směru vertikálním. Vysloveně přímořské provenience rostou sice lépe, jsou však u nás příliš choulostivé, trpí v zimě vysycháním a vytranspirováním jehlic. Rostliny pobřežních proveniencí nedovedou omezit výdej vody v době, kdy je půda promrzlá a trpí fyziologickým suchem – pletiva jehlic transpirují i za slunných zimních dnů. Extrémní teploty v našich podmínkách většinou douglasku neohrožují. Vysoké letní teploty mohou být příčinou stresu, důležitá je však volba vhodného termínu výsadby s ohledem na riziko jarních mrazů a zároveň špatného ujímání sazenic při podzimních výsadbách (Musil 2002; Dolejský 2000).

Při hodnocení produkčních možností douglasky je třeba odlišit informace založené na odhadech z přirozených původních porostů a informace získané v intenzivních obhospodařovaných porostech v oblastech, kde byla douglaska vysázena jako nepůvodní dřevina. Jestliže porovnáme produkci dřeva, rozdíl mezi nejlepším a nejchudším stanovištěm činí někdy víc než 250 %. V závislosti na kvalitě stanoviště se produkce pohybuje od 3,7 do 13,4 m³/ha, přičemž jde o přirozené lesy s minimální hospodářskou činností (Cafourek 2006). Pod původní rozšíření taxonu spadají pobřežní oblasti západní části Severní Ameriky, západní okraj USA a jihozápadní část Kanady. Při bližším sledování areálu se hranice promítá z Kalifornie (z oblasti Yosemitekého národního parku) na sever podél pacifického pobřeží v délce asi 2200 km do střední části Britské Kolumbie, kde dosahují severního limitu na ostrově Vancouver (34° až 52° s.š.). Na východ jde po nejvyšší hřebeny pohoří Kaskád a Sierry Nevady. Proto jsou v Severní Americe rozlišovány dvě variety douglasky, a to *P. menziesii* (Mirb.) Franco var. *Menziesii* (pobřeží) a *P. menziesii* var. *glauca* (Biessn.) Franco (vnitrozemí). Obě variety se liší svými vlastnostmi dřeva; douglasce rostoucí v Evropě se nejvíce blíží vlastnosti vnitrozemní variety *P. menziesii* var. *glauca* (Biessn.) Franco (Horáček a Timko 2014).

Současná porostní plocha douglasky tisolisté v České republice činí 5 818 ha, což odpovídá zastoupení 0,23 %. Zásoba tvoří 0,3 % celkové zásoby všech dřevin a je udávána 1 436 tis. m³ (Vašíček 2014). Střední věk dřeviny činí 37 let s průměrným přírůstem 10 m³·ha⁻¹·rok⁻¹ (Podrázský et. al 2013). Tauchman et al. (2010) ve své práci poukazují, že douglaska tisolistá má produkční potenciál, který předčí domácí hospodářské dřeviny. Ve srovnání se smrkem ztepilým, který byl o 22 let starší, prokázala douglaska o 18 % vyšší hektarovou zásobu a při srovnání se smíšeným porostem byla hektarová zásoba douglasky vyšší dokonce o 136 %. Perspektiva pěstování douglasky v budoucnu spočívá spíše ve vhodném začleňování příměsí této

dřeviny do porostů domácích dřevin než v jejím monokulturním pěstování. Poněkud jiná je situace ve Francii a Německu. Výměra douglasky ve Francii činí zhruba 400 000 ha. Udávaná zásoba představuje 90 mil. m³ s běžným ročním přírůstem 6,7 mil. m³ (16,7 m³·ha⁻¹·rok⁻¹). Střední věk se pohybuje mezi 30–40 lety. Roční produkce řeziva dosahuje 800–900 tis. m³ (Ferron a Douglas 2010). Stejní autoři uvádějí, že vzhledem ke svým vlastnostem může být douglaska považována za strategicky nejvhodnější konstrukční dříví ve Francii. V Německu podle Sautera (2008) dosahuje výměra douglasky zhruba 180 000 ha. Zásoba dříví představuje 50 mil. m³ s běžným ročním přírůstem 19,4 m³·ha⁻¹·rok⁻¹. Střední věk činí 21–40 let (Horáček a Timko 2014).

3.2 Stavba dřeva

U douglasky, stejně jako u většiny jehličnatých dřev, vykazuje anatomická stavba letokruhu výraznou odlišnost v jarním a letním dřevě. Obecně u těchto dřev platí, že podíl letního dřeva roste se šířkou letokruhu. Dřeviny, které rostou rychleji, mají větší šířku letokruhu a větší podíl letního dřeva. Takové dřeva má lepší fyzikální a mechanické vlastnosti, umožňuje tedy vyrobit kvalitnější výrobky. Příkladem nejuniverzálnější vlastnosti dřeva dokonale vypovídající o jeho potenciálním využití je objemová hmotnost, tedy hustota dřeva (kg·m⁻³). Zpravidla platí, že čím je větší hustota dřeva, tím je dřevo kvalitnější (Horáček a Timko 2014).

Dřevo douglasky tisolisté reprezentuje dřevo jehličnaté, jádrové. Na příčném řezu je běl středně široká (3–7 cm) a narůžovělá; jádro červenorůžové až červenohnědé (na vzduchu tmavne); často se vyskytují široké letokruhy, v rámci letokruhu ostrý přechod mezi jarním a letním dřevem – široká zřetelná zóna letního dřeva, podíl letního dřeva v letokruhu často více jak 50 %, pryskyřičné kanálky zřetelné a na příčném řezu tvoří světlé nebo tmavé tečky; dřevo je lesklé s hustotou $\rho_0 = 470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na radiálním a tangenciální řezu tvoří pryskyřičné kanálky svislé tmavší pásy. Pro jedince pěstované v našich klimatických podmínkách je často charakteristické, že letokruhy jsou hlavně v prvních letech značně široké a navíc pro jehličnan s netypicky vysokým zastoupením letního dřeva. Z hlediska přirozené trvanlivosti patří jádrové dřevo douglasky ke středně trvanlivým, asi jako borovice lesní (Vavřík et al. 2012).

Vzhledem k malému zastoupení na našem území je využití dřeva douglasky tisolisté okrajové. Remeš a Zeidler (2014) uvádí, že u nás je poptávka po tomto dřevě nízká,

ale v Německu je douglaskové dřevo ceněno více než dřevo smrku a jedle. Při prodeji v ČR není douglaskové dřevo z velké většiny případů vylišeno jako samostatný druh, ale je řazeno do skupiny ostatní jehličnany nebo se cena odvíjí od smrku. V dřevařské praxi bývá často zpracována douglaska na řezivo společně s borovicí, případně modřínem, protože je těmto dřevům z hlediska makroskopické struktury vzhledově velmi podobná. Použití dřeva je obdobné jako u borovice lesní, tzn. pro výrobu nábytku, na výrobu překližek, jako stavební a konstrukční materiál pro stavbu domů, v dolech na výdřevu, na výrobu železničních pražců, na stavbu lodí, na výrobu dřevovláknitých a dřevotřískových desek (Vavřík et al. 2012). Hofman (1964) upozorňuje na skutečnost, že douglaskové dřevo, hlavně z porostů špatně pěstovaných anebo dřevo některých proveniencí, je velmi sukaté. Mezi hlavní výhody dřeva douglasky tisolisté patří tvarová a rozměrová stálost, dekorativní vzhled, dlouhá přirozená trvanlivost, vysoká pevnost, dobrá zpracovatelnost a menší četnost vzniku trhlin (Horáček a Timko 2014).

3.3 Charakteristika souborů lesních typů (SLT)

Soubor lesních typů spojuje lesní typy (lesní typ je soubor lesních biocenóz původních i změněných a jejich vývojových stadií včetně prostředí, tedy geobiocenóz vývojově k sobě patřících) podle ekologické příbuznosti, vyjádřené hospodářsky významnými vlastnostmi stanoviště. Soubory lesních typů jsou vymezeny půdními (edafickými) kategoriemi a lesními vegetačními stupni (LVS). Kombinací čísla lesního vegetačního stupně a písmene označujícího půdní kategorii dostáváme řádově 170 souborů lesních typů. Např. soubor lesních typů 6K označuje kyselou smrkovou bučinu (Plíva 1971).

Vašíček (2014) uvádí rozložení zásob podle souborů lesních typů: douglaska se vyskytuje převážně ve 3–5. lesním vegetačním stupni v edafických kategoriích S (3S, 4S, 5S) a K (3K, 4K, 5K).

Kategorie "bohatá" (B) je charakterizována jako základní kategorie živné řady, odpovídá jejím charakteristickým vlastnostem. K nim patří minerálně bohaté nebo středně bohaté podloží, málo exponovaná poloha (bez příkrých svahů a výrazných terénů) a normálně vyvinutá půda. Mírně šterkovitá půda typu mezotrofní až eutrické kambizemě. Porosty smrku ztepilého jsou silně ohroženy větrem (vývraty), od 5. lesního vegetačního stupně trpí sněhem (zlomy i vývraty), v nižších polohách pak

hnilobou. Ohrožení bušení vzniká již při slabém prosvětlení. Funkce lesa je výrazně hospodářská. Ekologické působení porostů je infiltrační. Produkce je většinou nadprůměrná. Únosná je složitější porostní výstavba. Přirozená obnova buku lesního (i cenných listnáčů) je dobrá, v 3.–5. LVS pak bohatá. V 2.–5. LVS lze uplatnit douglasku tisolistou (*Pseudotsuga menziesii*) – 10 % (Viewegh 1999).

Kategorie "kyselá" (K) je základní kategorií kyselé řady (K) a nejrozšířenější kategorií lesních stanovišť v ČR. Vzhledem k tomu je rozpětí stanovištních vlastností poněkud širší, ovšem převažují průměrné vlastnosti charakterizující kyselou řadu, a to: neexponovaná průměrná poloha, převážně kyselá podloží (hornin), oligotrofní až dystrická kambizem (KMo - KMd), v 6. a 7. LVS kryptopodzol (KP), v horských polohách (8. LVS a částečně jít 7. LVS) - humusotelezitý podzol (PZh). Půdy jsou někdy jen částečně vyvinuté, humusovou formou je surový moder až surový humus. Funkce lesa je produkční; bonita dřevin je průměrná až podprůměrná. Ekologické účinky porostů jsou infiltrační. Hospodářsky významná je velmi dobrá přirozená obnova smrku ztepilého ve 4.–7. LVS a velmi dobrá přirozená obnova borovice lesní v 1.–3. LVS. Uplatnění douglasky tisolisté je ve 3.–5. LVS na 5–10 % plochy (Viewegh 1999).

Kategorie "kamenitá" (A) je přechodem k živné řadě na zahliněných sutích a kamenitých půdách, většinou již méně extrémních poloh a proto zde lesy patří již k hospodářským (výjimečně k ochranným). Kategorie je typická na svazích, častá na hřebenech, méně častá v roklinách a stržích. Půdním typem je rankerová kambizem mezotrofní nebo eutrická kambizem (KMyb, KMye), kambický ranker (RNk) nebo rendzina (RA), jak uvedl Viewegh (1999).

3.4 Definice juvenilního a zralého dřeva

Juvenilní dřevo se nachází v blízkosti středu kmene a zralé dřevo v blízkosti kůry. Zóna juvenilního dřeva je oblastí rapidní změny ve vlastnostech poblíž dřeně, dřevo zralé je z hlediska stavby a vlastností jednotnější. Termín pro juvenilní dřevo je poněkud nešťastný, protože to vedlo mnoho lesníků a většinu laiků k závěru, že juvenilní dřevo se nachází pouze v mladých stromech. Nejsou si však vědomi, že juvenilní dřevo se také nachází v blízkosti vrcholů starších stromů a že to je termín vztahující se k počtu letokruhů od dřeně, spolu s blízkostí ke koruně, a není závislý na věku stromu (Zobel a Sprague 1998).

Corson (1991) vymezil juvenilní dřevo jako 15 letokruhů v centrální partii stromu, zatímco Cown (1992) definoval juvenilní dřevo borovice montereyské (*Pinus radiata* D. Don), a to jako dřevo 10 letokruhů u dřeně. Harris (1981) říká, že juvenilní dřevo nelze nikdy přesně definovat, protože jeho vlastnosti závisí na mnoha proměnných. V zóně, kde jeden typ dřeva začíná a druhý končí, lze nazývat zónou přechodového dřeva. To je místo, kde jsou změny ve vlastnostech dřeva. Vzhledem k postupnému přechodu mezi oběma kategoriemi dřeva není možné určit exaktně dělicí čáru. Nastavení hranice juvenilního dřeva je tedy rozhodnutí, které se často liší mezi pozorovateli. Paul (1960) uvádí, že pojem juvenilní dřevo je někdy aplikován technology a lesníky na dřevo s poměrně širokými letokruhy a nízkou hustotou, které je vytvořeno v blízkosti dřeně kmene. Termín popisu dřeva spíše svědčí o určitém počtu let růstu. Juvenilní dřevo je následováno zónou dřeva s výrazně se snižujícími šířkami letokruhů, které již odpovídá pojmu zralé dřevo. Počty letokruhů podílející se na změnách se mohou lišit v jednotlivých stromech. Změny, které se vyskytují buď v šířce letokruhu, nebo v hustotě dřeva mohou být velké nebo malé. Juvenilní dřevo se obvykle nachází v plantážích vzrostlých stromů nebo stromů, které rostou na příznivém prostředí, tudíž je růst v průměru rychlý od začátku.

Zobel a Sprague (1998) uvádí, že výzkumníci používají různé vlastnosti dřeva, aby mohli být schopni definovat zónu juvenilního dřeva. Cown (1992) uvádí, že změna v kvalitě dřeva a jeho dopady na využití a její ekonomickou důležitost by mohly být použity k definování juvenilního dřeva. On, i jako ostatní, poukázali na obtíže plynoucí z této definice a zmatky, který vyplynuly z těchto pokusů. Doporučil, že pro borovici montereyskou (*Pinus radiata* D. Don) by spíše než běžně používaných prvních 10 letokruhů od dřeně mělo být juvenilní dřevo definováno jako dřevo s hustotou menší než $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jiní, jako například Zobel (1961), určili pro definici juvenilního dřeva ve většině jehličnanů vizuální odhad, kdy ve srovnání s přesnějšími metodami hodnocení buněk byly výsledky shledány jako podobné. Bethel (1940) říká, že 10–15 letokruhů od dřeně stromu tvoří juvenilní dřevo v borovici kadidlové (*Pinus taeda* L.).

V dnešní době je běžné nazývat dřevo vytvořené v blízkosti centrální části stromu juvenilní dřevo (Zobel et al. 1959). Někteří používají termín jádrové dřevo místo termínu dřevo juvenilní (Perry a Wang 1958; Paul 1960; Brazier 1985, Yang et al. 1994). Termín jádrové dřevo se zdá být zvláště výhodné na Novém Zélandu a v Evropě (Cown et al. 1991). Tuto definici popisuje i Zobel et al. (1959), a to že juvenilní dřevo přesně popisuje jeho fyziologický vývoj. Tento termín je

poněkud zavádějící v tom smyslu, že slovo juvenilní silně naznačuje dřevo vytvořené pouze tehdy, když jsou stromy mladé. Termín jádrové dřevo je pro některé autory termínem vhodnějším, neboť výstižně popisuje jeho pozici ve stromu (Zobel a Sprague 1998). V této práci budou termíny juvenilní dřevo či zóna juvenilního dřeva preferovány.

Na základě fyziologického vývoje v rámci stromu Rumball (1963) definoval juvenilní dřevo a související změny dle dvou typů. Stromy heteroblastické, v nichž se nachází juvenilní dřevo a poté následuje dřevo zralé a stromy homoblastické, kde je jen velmi málo změn ve dřevě. Rumbal (1963) pak uvedl, že na základě jeho definice je možné používat termín juvenilní dřevo pro některé druhy stromů, ale ne pro všechny.

U douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a jedlovce západního (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) Wellwood a Smith (1962) uvádějí, že juvenilní dřevo lze nazývat dřevo rostlé v živé koruně z důvodu maximální kulminace zásob auxinu v blízkosti spodní části živé koruny.

Někdy je juvenilní dřevo tvrdých dřev definováno poněkud odlišně od jehličnanů, i když je to v podstatě to samé. Jako příklad lze uvést Lewarka a Hamzu (1992), kteří definují juvenilní dřevo z blahovičnicku (*Eucalyptus sp.*) jako dřevo vytvořené v blízkosti dřeně vyznačující se postupným nárůstem délky vláken, tloušťky stěn vláken a hustoty. Pracovali v rámci čtyř druhů a zjistili, že u 17 let starých stromů ještě nebylo dosaženo jejich maximálních délek vláken, takže všechna dřeva byla klasifikována jako juvenilní (Zobel a Sprague 1998).

Loo et al. (1985) uvádí, že zóna juvenilního dřeva závisí na stanovišti, zdroji semen, lokálním podnebí a také na genetické výbavě každého stromu.

3.5 Obecné charakteristiky juvenilního dřeva

K rozdílům mezi juvenilním a zralým dřevem dochází v hustotě stejně jako v mnoha jiných vlastnostech, včetně mechanické vlastnosti (Yamamoto et al. 1976, Bendtsen a Senft 1986) a délce buněk (Shiokura 1982, Yang et al. 1986, Hong a Wong 1988). Obecné znaky charakterizující zónu juvenilního dřeva jehličnanů uvádí Zobel a Sprague (1998):

- Nižší hustota dřeva.
- Tenčí buněčné stěny.
- Kratší tracheidy s širšími lumeny.

- Dřevo má matnější syrovější vzhled.
- U mladých stromů vysoká vlhkost, než dojde k vytvoření jádrového dřeva.
- Dřevo náchylné k poškození škůdci před vytvořením jádrového dřeva.
- Nízký podíl letního dřeva a velké množství reakčního dřeva.
- Nízký obsah celulózy.
- Vysoký obsah ligninu, často až o 9 % více než u dřeva zralého.
- Větší mikrofibrilární úhly.

Změnu vlastností dřeva douglasky od dřene ke kambiu uvádějí různí autoři takto:

- Hustota zralého dřeva roste se vzdáleností od dřene (McKimmy 1959).
- Vzorky z části do 15. letokruhu od dřene mají menší hustotu a pevnost než vzorky odebrané z části od 15. do 30. letokruhu od dřene, kvalita výrobků konstantní od 15. letokruhu (Littleford 1961).
- Juvenilní dřevo se tvoří do 15. letokruhu. Stromy s vyšší hustotou dřeva poblíž dřene měly hustotu vyšší po celém poloměru. Délka cévic kontrovaná vzdáleností letokruhů od dřene, což platilo ve 65 % případů (Wellwood a Smith 1962).
- 77 % změny délky tracheid se vztahuje ke vzdálenosti letokruhu od dřene. Stromy s delšími buňkami blízko dřene mají delší tracheidy v celém zbytku stromu (Smith et al. 1961).
- Vzdálenost letokruhů od dřene ovlivňuje vlastnosti dřeva více než přírůst zapříčiněný klimatickými faktory (Smith et al. 1966).
- Úhel mikrofibril klesal od 30° blízko dřene do 7° u 30. letokruhu, obsah ligninu byl nejvyšší u dřene, obsah celulózy vyšší ve zralém dřevě (Erickson a Arima 1974).
- Hustota dřeva po 10. letokruh byla v silné korelaci s hustotou ze zóny zralého dřeva (Keller a Thoby 1977).

Délku tvorby juvenilního dřeva douglasky uvádějí různí autoři takto:

Doba vývoje (počet letokruhů)	Autor	Rok
2,5	McKimmy	1966
15 (20)	Larson	1973
15 (20)	Gonzales a Richards	1988
17 (29)	Di Lucca	1989
20	Wasniewski	1989
20	Maguire et al.	1991
12	Abdel-Gadir a Krahmer	1993
10 (15)	Lausberg et al.	1995
10 (30)	Jozsa a Middleton	1995

Tab. 1 Délka tvorby juvenilního dřeva douglasky tisolisté dle různých autorů

3.6 Stavba a vybrané vlastnosti dřeva

3.6.1 Makroskopická stavba dřeva

Šířka letokruhů jsou u juvenilního dřeva většinou vyšší než u zralého dřeva. Jedná se o letokruhy blízké středu kmene, ty jsou vždy širší. S rostoucím průměrem kmene je šířka letokruhu menší, aby se zachoval obdobný objemový přírůst (Šlezingerová et al. 2004).

Letní dřevo v blízkosti dřeně je vyvinuto jen velmi málo a jeho podíl v letokruhu se vzdáleností od dřeně roste. U letokruhů nejbližší dření nemusí být přítomno vůbec (Atmer a Thörnqvist, 1982). Podíl juvenilního dřeva roste s výškou na kmeni. Ve spodních částech je velký podíl zralého dřeva, zato ve vrcholových částech nemusí být přítomno vůbec (Zobel et al., 1959). Jestliže Gandelová et al. (2008) tvrdí, že se stoupajícím podílem letního dřeva v letokruhu (procento letního dřeva) se hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností zvyšují, dá se předpokládat, že zóna juvenilního dřeva bude vykazovat horší výše uvedené vlastnosti. Jozsa a Middleton (1994) uvádí hodnotu šířek letokruhů juvenilní zóny 6,35 mm a zóny zralého dřeva 3,16 mm.

Fahey a Cahill (1988) uvádí, že u douglasek odebraných ve věku 29 let byl podíl juvenilního dřeva v kmeni 90 %. Na dalších vzornících odebraných ve věku 44 let byl podíl juvenilního dřeva v kmeni 44 % a odebrané vzorníky s podílem juvenilního dřeva 20 % byly ve věku 85 let. Z tohoto vyplývá, že podíl zralého dřeva v kmeni během života stromu roste.

Vinš et al. (1996) uvádí, že např. domácí smrk (*Picea abies* (L.) Karst) se vyznačuje závislostí tloušťkového přírůstu na srážkách oproti introdukované *douglasce tisolisté*, kde byla zjištěna větší závislost hodnot přírůstu na výkyvech počasí.

3.6.2 Hustota dřeva

Hustota juvenilního dřeva se značně liší strom od stromu v rámci druhu, z místa na místo, mezi proveniencí a mezi jednotlivými druhy. Chceme-li přesně posoudit rozdíly ve dřevě, je třeba vzít v úvahu věk stromu a tím i podíl juvenilního dřeva dřeva (Zobel a Sprague 1998).

Obecně pro jehličnany platí, že hustota dřeva je nejnižší v oblasti juvenilního dřeva nejbližší ke dřeni. Následně hustota roste, nejdříve rychle, poté pomaleji a v oblasti zralého dřeva je téměř konstantní. Když jehličnany přejdou do stádia stáří, hustota začne opět klesat. Děje se tak ve věku od 100 let výše. Tato tendence ve stáří klesající hustoty byla prokázána u mnoha druhů dřevin (Horn 2009; Atmer a Thörnqvist 1982; Kraemer 1986; Pearson a Ross 1984). Avšak v 50 let staré douglasce našli Abdel-Gadir a Kraemer (1993) vyšší hodnoty hustoty v letokruzích jeden až pět, v porovnání s letokruhy šest až deset a poukázali na to, že tento model je podobný ostatním pracím o douglasce (Kennedy a Warren 1969; Zobel a Van Buijtenen 1989). Tento rozdíl od obvyklého modelu nízké hustoty poblíž dřenež byl také zaznamenán Megrawem (1986), který uvedl, že zóna juvenilního dřeva douglasky je složitá, a ne tak dobře definovatelná jako např. u borovice kadidlové (*Pinus taeda* L.).

Dle Horáčka (2008) a Jírů (1960) dosahuje douglaska tisolistá hodnot hustoty při vlhkosti 0 % 470 kg·m⁻³, dle Matoviče (1993) a Balabána (1955) 510 kg·m⁻³ a dle Požgaje et al. (1997) je uváděn interval v rozmezí 500–600 kg·m⁻³. Kollmann (1951) uvádí hustotu při vlhkosti 15 % 545 kg·m⁻³. Wagenführ (2000) uvádí pro vlhkost 0 % interval 320–730 kg·m⁻³ se střední hodnotou 470 kg·m⁻³, pro vlhkost 12 % interval 350–750 kg·m⁻³ se střední hodnotou 510 kg·m⁻³. Při porovnání hustoty douglasek pěstovaných v českých podmínkách s douglaskami pěstovanými v Severní Americe lze uvést Simpsona a TenWoldeho (1999), kteří uvádějí u proveniencí Coast hodnotu 510 kg·m⁻³, u Interior north 500 kg·m⁻³ a u Interior west 520 kg·m⁻³.

Jozsa a Middleton (1995) uvádějí průměrnou hodnotu hustoty v zóně juvenilního dřeva douglasky tisolisté 395–460 kg·m⁻³ a v zóně zralého dřeva 450–500 kg·m⁻³, Bendtsen (1978) uvádí v zóně juvenilního dřeva 390 kg·m⁻³ a v zóně zralého dřeva 450 kg·m⁻³.

3.6.3 Sesychání dřeva

Sesychání a bobtnání dřeva je vlastnost způsobující změny nejen v objemu, ale i změny ve fyzikálních, zejména pevnostních vlastnostech (LEXA et al. 1952). Sesychání vyjadřujeme pomocí tzv. lineárního a objemového sesychání. Lineární sesychání se vyznačuje zmenšováním rozměrů ve třech základních směrech tangenciálním, radiálním a podélným. Při objemovém sesychání dojde ke zmenšení objemu. Pro vědecké účely i pro praxi je stěžejní tzv. celkové sesychání (lineární i objemové), které odpovídá změně vlhkosti od meze nasycení buněčných stěn do 0 %. Hodnoty celkového sesychání v základních směrech jsou velmi odlišné a liší se také u jednotlivých dřevin. Nejvýraznější je sesychání ve směru tangenciálním (3–6 %), nejmenší ve směru podélném (je téměř zanedbatelné, průměrně asi 0,3 %). Objemové sesychání je asi 12–15 % (Pecina 2006).

V oblasti juvenilního dřeva je radiální a tangenciální sesychání nižší, zato délkové sesychání je vyšší, a to až desetinásobně (Shelly et al., 1979). Ve výřezech obsahujících juvenilní i zralé dřevo díky různým hodnotám sesychání vzniká pnutí, které má za následek velké riziko vzniku trhlin a pokroucení výřezů (Voorhies 1971).

Simpson a TenWolde (1999) uvádí objemové sesychání pro douglasky ze Severní Ameriky, a to u provenience Coast hodnotu 12,4 %, u Interior north 10,7 % a u Interior west 11,8 %. Dle Wagenführa (2000) je podélné sesychání 0,3 %, sesychání v radiálním směru 4,0 % až 4,8 %, v tangenciálním směru 7,0 % až 7,7 % a sesychání objemové 11,5 % až 12,5 %.

3.6.4 Pevnost a pružnost dřeva

Pevnost dřeva charakterizuje odpor (odolnost) dřeva proti jeho trvalému porušení. Tlaková pevnost dřeva ve směru vláken je z praktického hlediska velmi důležitou vlastností dřeva. Působením tlaku na těleso podél vláken dojde k deformaci projevující se zkrácením délky tělesa. Charakter deformace závisí na jakosti a stavbě dřeva. Důležitými činiteli jsou hustota a vlhkost dřeva (Šlezingerová et al. 2004). U dřeva suchého s vysokou hustotou, a tedy i s vysokou pevností, vzniká zatížením porušení dřeva ve formě smyku jedné části tělesa vzhledem k druhé po linii, která na tangenciální ploše probíhá pod úhlem 60° vzhledem k podélné ose tělesa. U dřeva vlhkého s nízkou hustotou a malou pevností dochází k otlacení vláken na čelních plochách a k vybočení stěn zatěžovaných těles. V zóně porušení dřeva dochází ke změnám mikroskopické stavby jednotlivých elementů. Určité porušení dřeva tlakem podél vláken lze vidět již

při počátečním zatížení tělesa tvorbou příčných rysek na tracheidách jehličnanů – tzv. skluzových čar, které s osou tracheid svírají úhel 70°. Skluzové čáry se dále mění na čáry porušení, přičemž ještě nedochází k zakřivení vláken. V další fázi, již pouhým okem viditelné, se deformují buněčné stěny a celá vlákna. Průměrná hodnota meze pevnosti v tlaku ve směru vláken u dřev s vlhkostí 12 % je cca 50 MPa (Šlezingerová et al. 2004).

Pružnost dřeva všeobecně definujeme jako schopnost dosáhnout původní tvar po uvolnění vnějších sil. Z fyzikálního hlediska je to takový stav, že změny mezi atomovými vzdálenostmi jsou vratné. To znamená, že po odstranění vnějších sil se atomy vrátí do svých rovnovážných vzdáleností tak, aby dosáhly nejnižší potenciální energii. Pružnost vyjadřujeme charakteristikami, jako jsou například moduly pružnosti. Moduly pružnosti vyjadřují vnitřní odpor materiálu proti pružné deformaci. Čím je modul pružnosti větší, tím větší napětí je potřeba na vyvolání deformace (Požgaj et al. 1997). Čím poddajnější je látka, tím menší je modul pružnosti. Modul pružnosti je tedy měřítkem tuhosti (Lexa et al. 1952).

Mechanické vlastnosti dřeva se mohou v rámci kmene velmi lišit. Modul pružnosti a mez pevnosti jsou u zralého dřeva 2–5× vyšší než u dřeva juvenilního (Bendtsen a Senft 1986). Gerhards a Link (1987) říká, že dřevo douglasky obsahující dřeň mělo o 50% nižší mez pevnosti v tlaku podél vláken než dřevo zralé a modul pružnosti dřeva se dření bylo nižší o 35 %.

Engler (1999) uvádí hodnotu meze pevnosti podél vláken 49,85 MPa, Jirů (1960) hodnotu 47 MPa, Wagenführ (2000) hodnotu 43 až 68 MPa a Kollmann (1951) hodnotu meze pevnosti v tlaku 55 MPa.

Wagenführ (2000) uvádí hodnotu meze pevnosti dřeva douglasky v ohybu 68 až 89 MPa, Kollmann (1951) uvádí hodnotu 93,5 MPa.

3.7 Podíl juvenilního dřeva a lesnické hospodaření

Proběhlo a bude probíhat mnoho diskusí, jestli jde podíl juvenilního dřeva ovlivnit lesnickým hospodařením, pěstebními postupy a dalšími zásahy. Jeden z postojů byl vyjádřen Kellisonem (1981), že pěstební činnosti vedoucí ke snížení podílu juvenilního dřeva jsou nepraktické. Naproti tomu Lindstrom (1996) uvedl, že hustota je závislá na vývoji koruny, tedy že při ovlivňování koruny pěstebními zásahy lze ovlivnit i hustotu dřeva v kmeni. Téměř všichni budou souhlasit, že s postupem doby se stále

lepší přípravou stanoviště, lesnickými zásahy, technikou a podobně se stávají mladé stromy čím dál více obchodovatelným artiklem, což má za následek vyšší procento juvenilního dřeva. Jednou z alternativ je uváděno zakládání porostů v optimálních podmínkách pro jejich růst, avšak tvorba juvenilního dřeva je stále patrná (Zobel a Sprague 1998).

Dalším příkladem je studie na smrku ztepilém (*Picea abies* (L.) Karst.) prováděna Lindstromem (1997). Z výsledků uvádí, že některé vlastnosti dřeva jsou pod silným genetickým vlivem a je obtížné předpovědět jejich změnu na základě růstových podmínek. Jakákoliv lesnická praxe, která mění vývoj koruny, bude také měnit vlastnosti produkce dřeva. Dále také uvedl, že změny v podmínkách růstu v průběhu času působící přes vývoj koruny může značně ovlivnit strukturu dřeva. Saucier a Clark (1992) zjistili, že stromy pěstované ve stejném prostředí měly podobný věk přechodu z juvenilního do zralého dřeva a tudíž došli k závěru, že doba změny hustoty juvenilního dřeva je více ovlivňována prostředím než vlastními rozdíly mezi jednotlivými stromy. To je však opak tvrzení Zobela et al. (1978), kteří pochybují o vlivu stanoviště.

Z hlediska zakládání porostů a prořazávek byl uveden jeden společný návrh pro změnu množství juvenilního dřeva, a to snížit spon či zvýšit počet jedinců na jednotku plochy. Toto shrnul Harding (1990), který vidí obecný trend snižování obmýtí, zvětšování sponu a neekonomické prořazávky jako příčinu zvýšeného podílu juvenilního dřeva. Briggs (1996) zdůraznil, že zásahy musejí být provedeny v mládí, neboť již poté to nebude mít vliv na produkované juvenilní dřevo. Nicméně největší příležitost ovlivnit kvalitu je v době zakládání porostu. Bez ohledu na druh dřeviny nebo metodu zakládání, rozhodujícím faktorem ovlivňujícím podíl juvenilního dřeva ve kmenech, hustotu dřeva, vývoj větví a tvar kmene je počet jedinců na hektar (Horn 2009). Podle Perssona (1987) se v řídkých kulturách tvoří dřevo se širokými letokruhy, tlustými větvemi a se zvýšeným podílem juvenilního dřeva. Podíl juvenilního dřeva je tedy možno odhadnout podle síly větví. Podle Thörnqvista (1993) je pro kvalitu dříví důležitější počet sazenic na hektar než způsob obnovy porostu. Přirozeně obnovené porosty často mají dostatečný počet jedinců jako předpoklad kvalitní produkce. Nejvyšší kvalita dříví obsahuje letokruhy široké 1–2 mm. V takto širokých letokruzích se nacházejí nejvyšší dřevní vlákna. Stejně široké letokruhy snižují napětí vznikající ve dřevě a tím i riziko trhlin. Ponecháním mladých porostů v hustém zápoji, který bude

postupně uvolňován řadou prořezávek a probírek, lze udržovat šířku letokruhů mezi 1–2 mm (Horn 2009).

Dalším ze způsobů, jak snížit podíl juvenilního dřeva, lze uvést vyvětňování. Romell (1937) uvádí, že odstraňování suchých větví nemá vliv na rychlost růstu ani tvar kmene, pouze zkrátí dobu zárostu suku. Když se však provede zelené vyvětňování, klesá produkce auxinu z důvodu zmenšování koruny a to způsobuje zpomalení tloušťkového přírůstu na úkor omezení sbíhavosti, tudíž se zlepšuje tvar kmene.

Šířku letokruhů lze ovlivnit také probírkami. Lepší je vždy větší počet mírnějších zásahů (produkované dřevo má malé suky a vyšší podíl zralého dřeva) než méně razantnějších. V dnešní době je z finančních důvodů preferován druhý způsob. Přednostně se odstraňují nemocné a poškozené stromy. Je také třeba odstranit jedince se silnými větvemi a velkou korunou (obrostlíky). Méně kvalitní stromy, které nepřekážejí jádru pěstební péče, se ponechají. Probírka se provádí ve všech korunových vrstvách. Je třeba odstranit předrostlíky, kteří mají v nejhornější vrstvě nejsilnější větev. Tato metoda lehce prodlužuje obmýtí, produkované dřevo má ale vyšší podíl zralého dřeva, menší suky, více jádrového dřeva a stejnoměrnější šířky letokruhů. Cílem pěstebních opatření ke snížení podílu juvenilního dřeva je tedy docílit snížení šířky letokruhu oblasti juvenilního dřeva na 1–2 milimetry, což s sebou nese snížení sbíhavosti kmene, zvýšení hustoty dřeva a zjemnění ovětvení (Horn 2009).

3.8 Využití juvenilního dřeva

Využití juvenilního dřeva se rychle zvyšuje v důsledku kratšího obmýtí, většího využívání těžené hmoty z prořezávek a lepšího využití dřeva z vrcholových partií stromu. Kvalita výrobků z dřevního vlákna a řeziva je ovlivněna juvenilním dřevem, ale mnohem vážnějším problémem je pro výrobky z masivního dřeva. Juvenilní dřevo je od více zastoupeného zralého dřeva jiné, ale ne vždy nutně nepříznivé. Pro některé výrobky z papíru a technologie je dokonce vhodnější a upřednostňováno. Rozšiřuje se využití na nové technologie, jako jsou OSB (oriented strand board) a MDF (media density fibreboard) desky, které poskytují odbytiště pro neustále rostoucí množství juvenilního dřeva. U výrobků z masivu je juvenilní dřevo nežádoucí, pro použití jako buničina je účinek nerozpoznatelný. Juvenilní dřevo tvoří asi 20% dodávek do papíren. Hlavní potřebou zpracovatelů dřeva je jednotvárnost, avšak juvenilní dřevo je hlavní příčinou nedodržení jednotvárnosti a existuje mnoho úsilí regulovat buď množství, nebo

změnit kvalitu juvenilního dřeva. Nejlepší způsob, jak regulovat množství juvenilního dřeva v dodávkách je uvědomit si, že v dodávce je více než 80 % juvenilního dřeva ve věku 15 let, 50 % ve věku 25 let, 30 % ve věku 35 let a 20 % ve věku 40 (Zobel a Sprague 1998).

Juvenilní dřevo z kmene z korunové části a mladých jehličnanů má vysokou vlhkost, což je důležité, pokud je dřevo zakoupeno v syrovém stavu. Juvenilní dřevo v centrální části starých stromů obsahuje chemické látky jako dřevo jádrové a vlastnosti jsou ovlivněny souvisejícími reakcemi dřeva. U výrobků z masivu je stabilita juvenilního dřeva velice špatná, a to zejména z důvodu nadměrného podélného sesychání v důsledku nepříznivého tvaru vláken, nízká hustota dřeva spojená s reakčním dřevem a velké mikrofibrilární úhly, z nichž všechny mají nepříznivý vliv na kvalitu řeziva. Dodatečné náklady na výrobu daného množství papíru mohou být značné, dle zpráv se mohou náklady navýšit o 10 %, nebo jak bylo vypočteno Kirkem et al. (1972), juvenilní dřevo borovice kadidlové (*Pinus taeda L.*) bude stát o 65% více za tunu celulózy ve srovnání s použitím zralého dřeva. Někteří dokonce zpochybňují ekonomické vhodnosti rozsáhlé využívání juvenilního dřeva (Zobel a Sprague 1998).

Vhodnost a problémy využití juvenilního dřeva byly seřazeny podle Zobela a Blaira (1976), hlavními body jsou:

- Zvýšený objem juvenilního dřeva ve vláknině pro změny kvality tisku a pro změny výsledků pevnosti v tahu.
- Náklady na rozvláknování juvenilního dřeva a dřeva z korunových partií budou vysoké.
- Ze stejného množství sušiny bude výtěžek buničiny z deseti až patnáctiletých tvrdých borovic včetně douglasky o 5 až 10 % nižší než z dospělých stromů; na hmotnosti nebo objemu v čerstvém stavu bude o 10 až 15 % nižší výnos z juvenilního dřeva oproti dřevu zralému.
- Výtěžnost olejů a terpentýnu jsou asi třikrát až pětkrát vyšší z obvyklé kulatiny ze starších stromů než z juvenilního dřeva.
- Juvenilní dřevo tvrdých dřev je obecně užitečné, ale má několik nepříznivých účinků, může být zpracováno na některé typy papírů a v současné době široce využíváno.

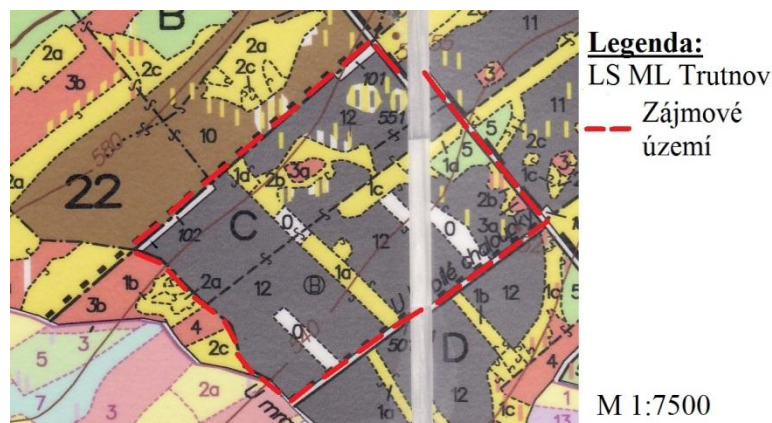
4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika odběrových lokalit

Materiál potřebný k přípravě vzorků byl odebrán ze tří lokalit předem vytipovaných dle odlišných souborů lesních typů (SLT) a podobnosti věku lesních porostů.

Z lokality 1 na SLT 3K byly výřezy odvezeny od společnosti Lesy a parky Trutnov s.r.o. v porostu na odvozním místě. Vybráno bylo 5 oddenkových kusů délky 5 metrů vyrobených sortimentní metodou na lokalitě pařez. Odběrová lokalita spadá do přírodní lesní oblasti č. 24 Sudetské mezihoří, LHC Městské lesy Trutnov, katastrální území Markoušovice, revír Čížkovy kameny, porost 22 C 12, stáří dle LHP 117 let (obr. 1).

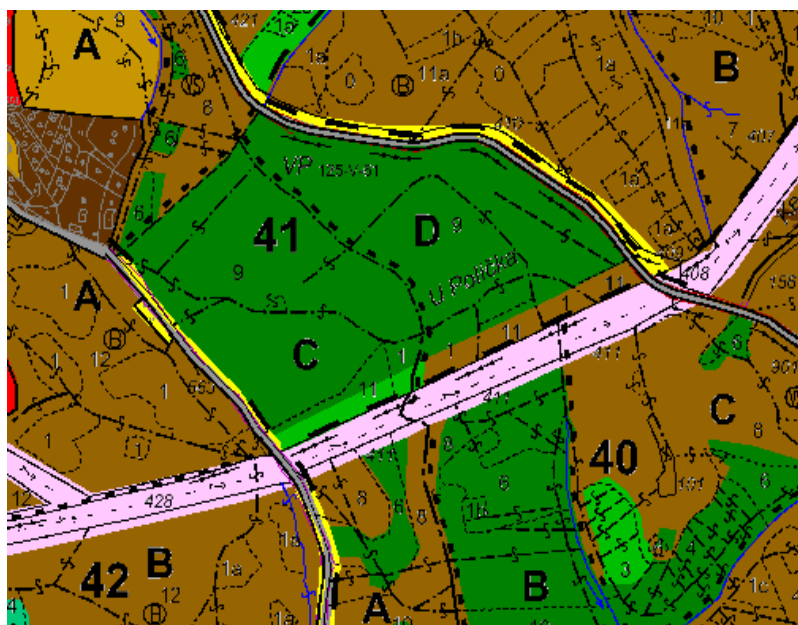
Porost se nachází ve svahu s jihovýchodní expozicí, v severní části značně balvanitý terén. Plocha porostní skupiny činí 8,79 hektarů. Zásoba dřevní hmoty činila 3 723 m³ hroubí bez kůry. Jedná se o les vysoký, hospodářský, cílový hospodářský soubor 53 (hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh), lesní typ 3K1 (kyselá dubová bučina metlicová). Druhovou porostní skladbu tvoří hlavní dřevina smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) – 64 %, vedlejší přimíšená dřevina modřín (*Larix decidua* Mill.) – 23 % a dále vedlejší vtroušené dřeviny borovice (*Pinus sylvestris* (L.) – 8 %, douglaska (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) – 3 %, jedle (*Abies alba* Mill.) – 1 % a bříza (*Betula pendula* Roth) – 1 %. Z hlediska fenotypové klasifikace náleží všechny dřeviny do fenotypové třídy C s výjimkou právě douglasky, která byla uznaným porostem B, pásmo imisního ohrožení C. Výřezy byly vybrány bez hniloby, vad tvaru kmene, nepravidelnosti struktury kmene a ostatních poškození.



Obr. 1 Výřez porostní mapy se zájmovým územím (Lokalita 1, 22C 12, SLT 3K)

Z lokality 2 na SLT 3B byly vyštípané středové prizmy a odvezeny ze Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny z porostu na odvozním místě. Vybráno bylo 5 kusů délky 0,8 metru (ve výšce od 0,9 metru do 1,7 metru od země pro největší vypovídající hodnotu ve výšce $d_{1,3}$) vyrobených sortimentní metodou na lokalitě pařez. Odběrová lokalita spadá do přírodní lesní oblasti č. 30 Dražanská vrchovina, LHC ŠLP Křtiny, katastrální území Útěchov u Brna, revír Vranov, porost 41D 9, stáří dle platného hospodářského plánu 84 let (obr. 2).

Porost se nachází na nakloněné rovině s jihovýchodní expozicí. Plocha porostní skupiny činí 5,79 hektarů. Zásoba dřevní hmoty činila 2 628 m³ hrubí bez kůry. Jedná se o les vysoký, hospodářský, cílový hospodářský soubor 44 (účelové hospodářství živných stanovišť středních poloh), lesní typ 3B2 (bohatá dubová bučina mářinková). Druhovou porostní skladbu tvoří dřeviny: smrk (*Picea abies* (L.) Karst.) – 6 %, modřín (*Larix decidua* Mill.) – 29 %, borovice (*Pinus sylvestris* L.) – 6 %, douglaska (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) – 22 %, buk (*Fagus sylvatica* L.) – 19 %, lípa (*Tilia cordata* Mill.) – 14 %, dub (*Quercus petraea* Matt., Liebl.) – 3 % a habr (*Carpinus betulus* L.) – 1 %. Z hlediska fenotypové klasifikace náleží všechny dřeviny do fenotypové třídy C. Výřezy byly vybrány bez hniloby, vad tvaru kmene, nepravidelnosti struktury kmene a ostatních poškození (obr. 3).



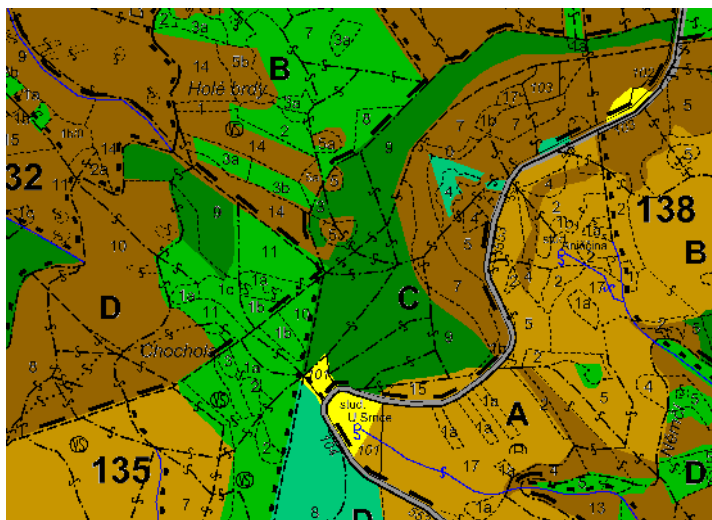
Obr. 2 Porostní mapa se zájmovým územím, M 1:10 000 (Lokalita 2, 41D 9, SLT 3B)



Obr. 3 Těžba za účelem odebrání materiálu na zkušební vzorky (41D 9, SLT 3B)

Z lokality 3 na SLT 3A byly také vyštípané středové prizmy a odvezeny ze Školního lesního podniku Masarykův les Křtiny z porostu na odvozním místě. Vybráno bylo 5 kusů délky 0,8 metru (ve výšce od 0,9 metru do 1,7 metru od země pro největší vypovídající hodnotu ve výšce $d_{1,3}$) vyrobených sortimentní metodou na lokalitě pařez. Odběrová lokalita spadá do přírodní lesní oblasti č. 30 Dražanská vrchovina, LHC ŠLP Křtiny, katastrální území Olomučany, revír Habrůvka, porost 135C 9, stáří dle platného hospodářského plánu 81 let (obr. 4).

Porost se nachází na svahu s jihovýchodní expozicí. Plocha porostní skupiny činí 8,58 hektarů. Zásoba dřevní hmoty činila 3 642 m³ hroubí bez kůry. Jedná se o les vysoký, hospodářský, cílový hospodářský soubor 40 (účelové hospodářství exponovaných stanovišť středních poloh), lesní typ 3A2 (lipodubová bučina strdivková). Druhovou skladbu tvoří dřeviny: jasan (*Fraxinus excelsior* L.) – 1 %, modřín (*Larix decidua* Mill.) – 30 %, borovice (*Pinus sylvestris* L.) – 6 %, douglaska (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) – 18 %, buk (*Fagus sylvatica* L.) – 26 %, lípa (*Tilia cordata* Mill.) – 14 %, dub (*Quercus petraea* Matt., Liebl.) – 10 % a habr (*Carpinus betulus* L.) – 15 %. Z hlediska fenotypové klasifikace náleží všechny dřeviny do fenotypové třídy C. Výřezy byly vybrány bez hniloby, vad tvaru kmene, nepravidelnosti struktury kmene a ostatních poškození (obr. 5).



Obr. 4 Porostní mapa se zájmovým územím, M 1:10 000 (Lokalita 3, 135C 9, SLT 3A)

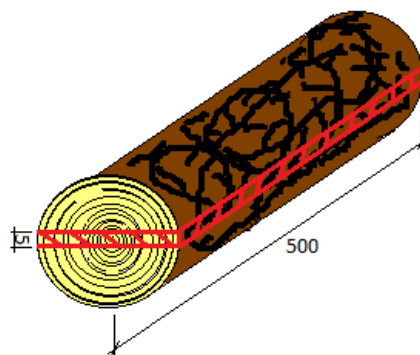


Obr. 5 Vyštipané středové prizmy za účelem odebrání materiálu na zkušební vzorky (Lokalita 3, 135C 9, SLT 3A)

4.2 Výroba zkušebních vzorků

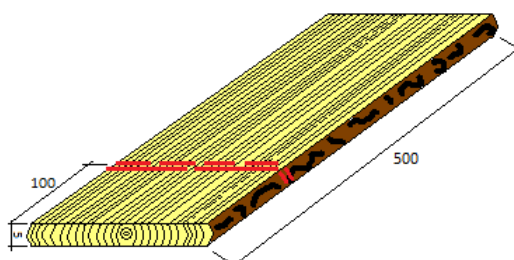
Materiál získaný z porostu na lokalitě 1 (SLT 3K) byl přepraven odvozní soupravou do pilařské společnosti v Lázních Bělohradě, kde byly na kmenové pásové pile Lignotech KPP 880 vyříznuty z každého z 5 výřezů prizmy o tloušťce 5 centimetrů (obr. 6), vyštipané prizmy z porostu na lokalitě 2 a 3 (SLT 3B, 3A) byly přímo přepraveny do dílen Ústavu základního zpracování dřeva. Snahou bylo vyříznout (vyštipnout) prizmy středové s dření situovanou minimálně 2 centimetry od dolního

i horního okraje (v ose přítomna dřeň) pro odpovídající směr letokruhů při výrobě zkušebních tělísek. V této fázi výroby proběhlo první označení prizem podle pořadí.

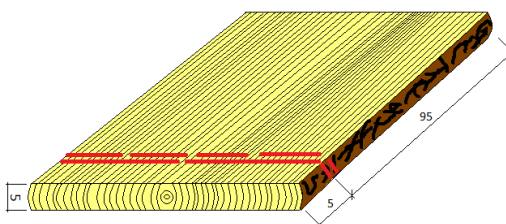


Obr. 6 Umístění středového řeziva ve výřezu

Následně byly prizmy z lokality 1 (SLT 3K) zkráceny elektrickou motorovou pilou Dolmar z délky 5 metrů na 1 metr pro další snadnější manipulaci (dřívější zkrácení nebylo akceptovatelné pro nemožnost stabilizovat výřez do upevňovacích zarážek stolu kmenové pásové pily, obr. 7). Ze všech patnácti prizem byly také odebrány a označeny vzorky pro letokruhovou analýzu o výšce 5 centimetrů a uvedených šířkách (obr. 8). Šířky jednotlivých prizem z lokality 1 (SLT 3K) činily u výřezu č. I 55 cm, č. II 50 cm, č. III 57 cm, č. IV 55 cm a č. V 53 cm (obr. X a x). Z lokality 2 (SLT 3B) šířky jednotlivých prizem činily u výřezu č. VI 53 cm, č. VII 53 cm, č. VIII 43 cm, č. XI 40 cm a č. X 62 cm. Z lokality 3 (SLT 3A) šířky jednotlivých prizem činily u výřezu č. XI 49 cm, č. XII 32 cm, č. XIII 38 cm, č. XIV 34 cm a č. XV 40 cm.

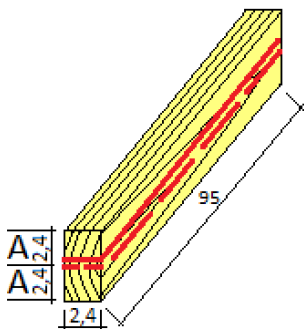


Obr. 7 Zkrácení středového řeziva

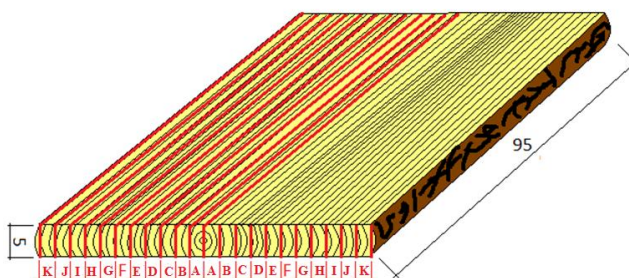


Obr. 8 Odebrání vzorku pro letokruhovou analýzu ze středového řeziva

Další zpracování středových prizem následně probíhalo v dílnách na Ústavu základního zpracování dřeva. U vyštípaných prizem bylo nutno nejdříve standardizovat tloušťku, a to postupným hoblováním z obou stran na konečných 5 cm (nutnost zachování dřenež po celé délce). Na formátovací pile byla prizma osámována a směrem od obvodu ke středu postupně uřezávána prkna o tloušťce 24 mm – rozměr 2,4 × 5 × 95 cm (obr. 9). Nezbytnou činností bylo označování jednotlivých sekcí velkými písmeny řecké abecedy. Tato prkna se dále na formátovací pile podélně nařezala („rozpúlila“) na hranolky o rozměru 2,4 × 2,4 × 95 cm (obr. 10), tloušťka řezu činila cca 2 mm. Všechny vzniklé hranolky byly ohoblovány ze všech čtyř stran, aby se docílilo nejbližší technologicky dostupné hodnotě šířky a výšky 20,0 mm.

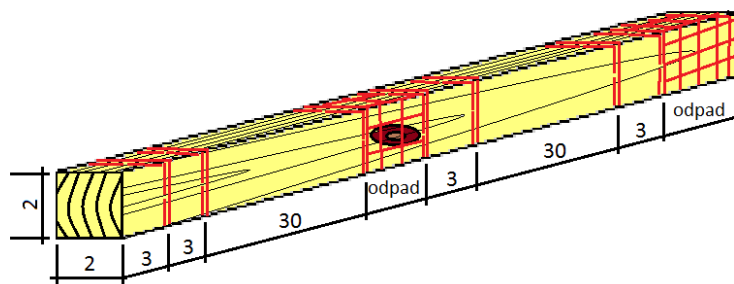


Obr. 9 Rozříznutí sekce A na hranolky



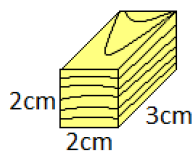
Obr. 10 Oddělení jednotlivých sekcí

Po ohoblování následovalo na kotoučové formátovací pile příčné řezání hranolků na ohybová tělesa o délce 30 cm (vždy dvě z jednoho hranolku) a tlaková tělíska o délce 3 cm (vždy čtyři z jednoho hranolku), (obr. 11). Již při řezání bylo nutností vyřezávat deformace, suky, trhliny a jiné vady. Po uříznutí se hned tlakovému i ohybovému tělísku přiřazovalo další číselně označení.

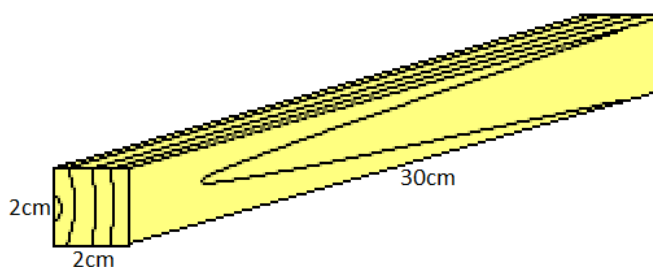


Obr. 11 Rozříznutí hranolku na zkušební vzorky

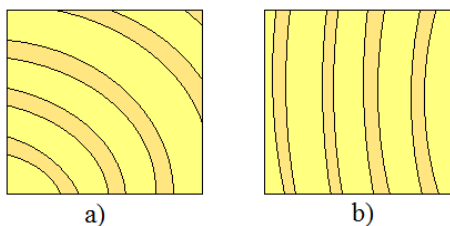
Získané zkušební tělesa mají konečné rozměry 20 × 20 × 30 mm (dle normy ČSN 49 0012 Drevo – fyzikální a mechanické skúšky) na zjištění hustoty, sesychání dřeva a meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken podél vláken (obr. 12) a na zkoušky namáhání dřeva v ohybu rozměry 20 × 20 × 300 mm (obr. 13). Pro zjištění vybraných vlastností byly vzorky přetříděny do skupiny vyhovující a do skupiny nevyhovující z hlediska trhlin, suků a jiných vad dřeva, z hlediska speciálně ortotropního tvaru (obr. 14) nebo nevyhovující z hlediska limitu odklonu dřevních vláken do 10° na podélných řezech a limitu odklonu tečny letokruhu od hrany tělíska do 10° na příčném řezu. Tělesa použita ke zjišťování vybraných vlastností musela obecně splňovat ČSN 49 0012 (Drevo, fyzikální a mechanické skúšky, názvy a definície). Skupina vyhovujících těles byla podle výřezů a sekcí uskladněna v rašlových pytlicích. Počet těles na tlakové zkoušky, zjišťování hustoty, sesychání apod. činil 1358 ks, na ohybové zkoušky 464 ks.



Obr. 12 Tlakové těleso



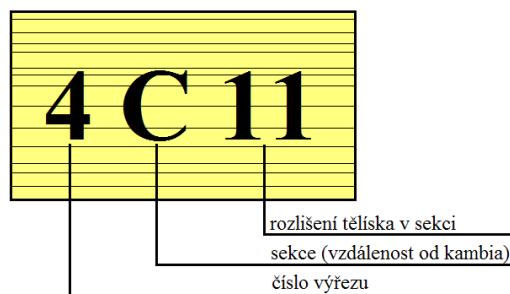
Obr. 13 Ohybové těleso



Obr. 14 Orientace letokruhů vzorku a) nesprávná, b) správná

4.3 Označení vzorků

Všechna zkušební tělesa byla pro správnou identifikaci a zařazení označena v průběhu výroby číselným kódem obsahující tři údaje tak, aby se po naměření všech vybraných vlastností dalo zpětně určit pořadí výřezu a přesnou polohu v kmeni z hlediska vzdálenosti od středové části (obr. 15). Označení tlakových a ohybových těles se nelišilo. Při označení se akceptoval postup řezání, tudíž vzorkům nejbližší při kambiu byla přiřazena sekce J (K) v závislosti na šířce prizmy až po vzorky nejvzdálenější od kambia (juvenilní dřevo) označené sekci A.



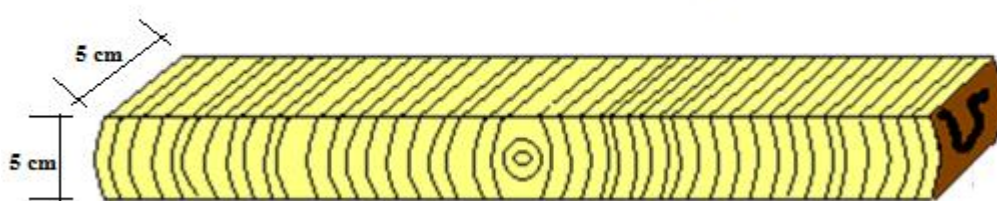
Obr. 15 Ukázka označení zkušebního tělíska

4.4 Makroskopická stavba – letokruhová analýza

Letokruhová analýza spočívá ve zjišťování šířek letokruhů se zjištěním šířek jarního a letního dřeva v rámci letokruhu. Pro toto měření byl vyhotoven speciální vzorek odebraný z každého z pěti výřezů z čela prizmy odpovídající výšce nadzemní části stromu 1,3 metru (obr. 16). Před samotným měřením byly vzorky na příčném řezu opracovány ruční vrtačkou opatřenou brusným papírem na dřevo. Snahou bylo dosáhnout co nejhladší plochy pro dosažení maximální přesnosti měření.

Samotné měření bylo provedeno na standartním měřicím stole s inkrementálním snímačem. Vzorek umístěný pod stereolupu Nikon se na speciální posuvné podložce zaostřuje podle potřeby. Vzorek je ovládacím šroubem podložky posouván v radiálním

směru vždy od středu směrem k okraji, přičemž se zaznamenávají hranice jarního i letního dřeva pomocí programu PAST 32 v PC. Pro odpovídající přesnost byla měřena pouze kolmá vzdálenost mezi tečnami hranic zóny jarního a letního dřeva. Rozlišovací schopnost měřicího stolu byla 0,01 mm. Po skončení měření byl soubor s naměřenými hodnotami exportován do programu Microsoft Excel, kde byl podroben statistické analýze.

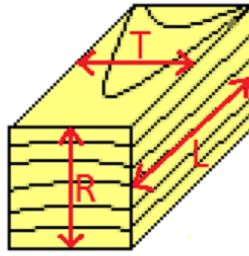


Obr. 16 Vzorek pro letokruhovou analýzu

4.5 Hustota dřeva

Vlhkost vzorků byla zjišťována podle normy ČSN 49 0103 Drevo - Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach. Měření hustoty dřeva bylo prováděno v souladu s normou ČSN 49 0108 Drevo - Zisťovanie hustoty.

Pro zjištění variability hustoty dřeva byla použita tlaková tělíska, která byla uskladněna v temperované místnosti s konstantní vlhkostí a teplotou ($t = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$) po dobu šesti měsíců z důvodu dosažení vlhkosti dřeva 12 %. Pak následovalo samotné měření digitálním posuvným měřidlem Jiangsu S. Ltd ve všech třech směrech a to ve směru radiálním (R), tangenciálním (T) a podélném (L) s přesností 0,01 mm (obr. 17). Při zjišťování délky byla na příčném řezu vyznačena čára, která byla vedena po jedné z úhlopříček z důvodu zjišťování stejného rozměru při dalších měření. Při určení rozměrů ve směru R a T byly čelisti měřidla přiložena do středu kolmo na průběh vláken. Na tuto čáru byla vždy umístěna čelist posuvného měřidla ve stejném směru. Pro zjištění potřebné hmotnosti byla následně všechna tělíska zvážena na digitální laboratorní váze Scaltec SBC 41 s přesností 0,001 g. Všechna data byla zaznamenána do editoru Microsoft Excel a následně zpracována a analyzována.



Obr. 17 Ukázka rozmístění měřených směr

Pro výpočet hustoty při vlhkosti 12 % byl použit vzorec:

$$\rho_{12} = \frac{m}{R \cdot T \cdot L} \quad [kg \cdot m^{-3}]$$

m = hmotnost tělíska [kg]

R = radiální rozměr tělíska při [m]

T = tangenciální rozměr [m]

L = délka tělíska [m]

Pro výpočet konvenční hustoty byl použit vzorec:

$$\rho_k = \frac{m_0}{V_{max}} \quad [kg \cdot m^{-3}]$$

m_0 = hmotnost tělíska [kg]

V_{max} = objem tělíska maximálně nasyceného vlhkostí [m³]

Pro zjištění hustoty při vlhkosti 0 % byla všechna tělíska umístěna do horkovzdušné laboratorní sušárny Sanyo MOV 112 při teplotě 103 °C ± 2 °C. V tomto případě posloužilo jako předsušení předchozí skladování v temperované místnosti pro omezení až vyloučení nežádoucího rozpraskání vzorků. Měření, vážení a výpočet hustoty dřeva proběhlo totožně jako v předchozím případě.

4.6 Sesychání dřeva

Měření celkového sesychání dřeva bylo prováděno v souladu s normou **ČSN 49 0128** Skúšky vlastností rostlého dreva – Metóda zisťovania zosýchavosti. Pro určení hodnot celkového sesychání dřeva byla tlaková tělíska v rašlových pytlích ponořena do věder naplněných vodou, zatížena a takto ponechána po dobu 12 dní. Docílit bylo třeba vlhkosti tělísek nad mezí hygroskopicity. Poté byla změřena standartním způsobem popsaným výše (rozměry R, T, L) a vypočítán objem každého z nich. Pro úplnost hodnot potřebných k výpočtu byly použity výsledky z měření rozměrů hustoty při vlhkosti 0%.

Pro výpočet hodnot sesychání v různých směrech (R, T, L) byl použit vzorec:

$$\beta_i = \frac{a_{iw_1} - a_{iw_2}}{a_{iw_1}} \cdot 100 = \frac{da_{iw}}{a_{iw_1}} \cdot 100 \quad [\%]$$

a = rozměr tělíska v určitém směru [m]

i = index udávající určitý směr

w_1 = počáteční vlhkost [%]

w_2 = konečná vlhkost [%]

Pro výpočet hodnot objemového sesychání byl použit vzorec:

$$\beta_V = \frac{a_i - a_0}{a_i} \cdot 100 \quad [\%]$$

a_i = objem tělíska při počáteční vlhkosti [m³]

a_0 = objem tělíska při konečné vlhkosti [m³]

4.7 Pevnost dřeva v tlaku podél vláken

Měření meze pevnosti při zatížení v tlaku podél vláken bylo prováděno v souladu s normami **ČSN 49 0110** Drevo – Medza pevnosti v tlaku v smere vlákien. Vlhkost zkušebních těles v době zkoušky byla zjištěna dle normy **ČSN 49 0103** Drevo - Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach. S ohledem na směr působící síly k orientaci vláken je hned zpočátku nutno uvést, že v této části je popisována pevnost v tlaku ve směru vláken. Měření bylo provedeno na universálním trhacím stroji ZWICK Z 050 dle předem realizovaného skriptu. Data z měření byly automaticky ukládány

do software ZWICK TestXpert V 11.02 a po dokončení vyexportována do editoru Microsoft Excel, kde byla dále analyzována a vyhodnocována. Zkušební stroj, skript i program podléhaly odpovídajícím normám. Zkušební stroj v rámci jednoho tělíska zhodnotil jeho pevnost, deformaci při maximální síle a Youngův model pružnosti.

Rozměry byly měřeny s přesností 0,01 mm postupem popsaným výše s rozdílem napojení digitálního posuvného měřidla datovým kabelem do PC bez nutnosti přepisovat hodnoty do editoru a bez nutnosti rozlišovat radiální a tangenciální směr. Hmotnost měřena s přesností 0,001 g dle postupu také popsaným výše. Vzorky pro zjištění pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken byly před měřením skladovány v temperované místnosti pro docílení hustoty o vlhkosti 12 %.

Zjištěné hodnoty byly automaticky vyplněny nebo ručně zadány do dialogového okna softwaru společně s označením vzorku. Následně byl vzorek umístěn na podstavec, vycentrován a po potvrzení předzatížen. Po vyzvání softwarem byly přiloženy ke vzorku extensometry otočným šroubovým mechanismem pro zjištění deformace. Po dalším potvrzení započala zkouška, v průběhu byla zařízením postupně zakreslována křivka závislosti tlaku (MPa) na aktuální procentuální délkové deformaci (%). Tato křivka je označována jako pracovní diagram. V průběhu zkoušky byl vzorek zatěžován zvyšující se silou (obr.18), kdy křivka měla stoupající charakter až po překročení meze pevnosti. Poté křivka v diagramu klesala a zkouška byla automaticky nebo manuálně ukončena (ve většině případů z důvodu dlouhého časového intervalu provádění zkoušky). Po ukončení software vyzval k odejmutí extensometrů, čelist trhacího stroje se vrátila do předdefinované původní polohy, následovalo vyjmutí vzorku z podstavce a stroj byl připraven k dalšímu měření.

Pro výpočet hodnot meze pevnosti dřeva v tlaku podél vláken byl použit vzorec:

$$\sigma_p = \frac{F_{max}}{a \cdot b} \text{ [MPa]}$$

σ_p = mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken

F_{max} = síla na mezi pevnosti [N]

a, b = příčné rozměry tělíska [mm]



Obr. 18 Zkušební tlakové tělísko mezi deskami univerzálního zkušebního stroje Zwick Z 050

4.8 Pevnost a modul pružnosti dřeva ve statickém ohybu

Měření meze pevnosti při zatížení ve statickém ohybu bylo prováděno v souladu s normami ČSN 49 0116 Měření pevnosti dřeva v ohybu a ČSN 49 0103 Drevo - Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach. Měření bylo provedeno na univerzálním trhacím stroji ZWICK Z 050. Tělísko bylo umístěno na 2 podpěry univerzálního zkušebního stroje, vzdálenost středů oblých konců podpěr činila 240 mm (obr. 19). Zpočátku je třeba spustit předzatížení, které slouží k zajištění stability tělesa, aby se extenzometry daly správně nastavit po následném přiložení. Zatěžovací trn shora tlačil na těleso ve vzdálenosti 120 mm od oblých konců podpěr. Poté byl spuštěn samotný test. Program TestXpert V 11.02 v průběhu zkoušky zobrazoval pracovní diagram v reálném čase a zaznamenával dosažené hodnoty. Data z měření byla automaticky ukládána do software ZWICK TestXpert V 11.02 a po dokončení vyexportována do editoru Microsoft Excel, kde byla dále analyzována a vyhodnocována.

Pro výpočet hodnot meze pevnosti dřeva v ohybu byl použit vzorec:

$$\sigma = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot B \cdot h^2} \text{ [MPa]}$$

σ = mez pevnosti dřeva v ohybu

F = působící síla [N]

l = vzdálenost mezi podpěrami [m]

h = výška nosníku [m]

b = šířka nosníku [m]

Pro výpočet hodnot modulu pružnosti dřeva v ohybu byl použit vzorec:

$$E_L = \frac{F \cdot l_0^3}{4 \cdot b \cdot h \cdot \Delta_y} \text{ [MPa]}$$

E_L = modul pružnosti dřeva v ohybu

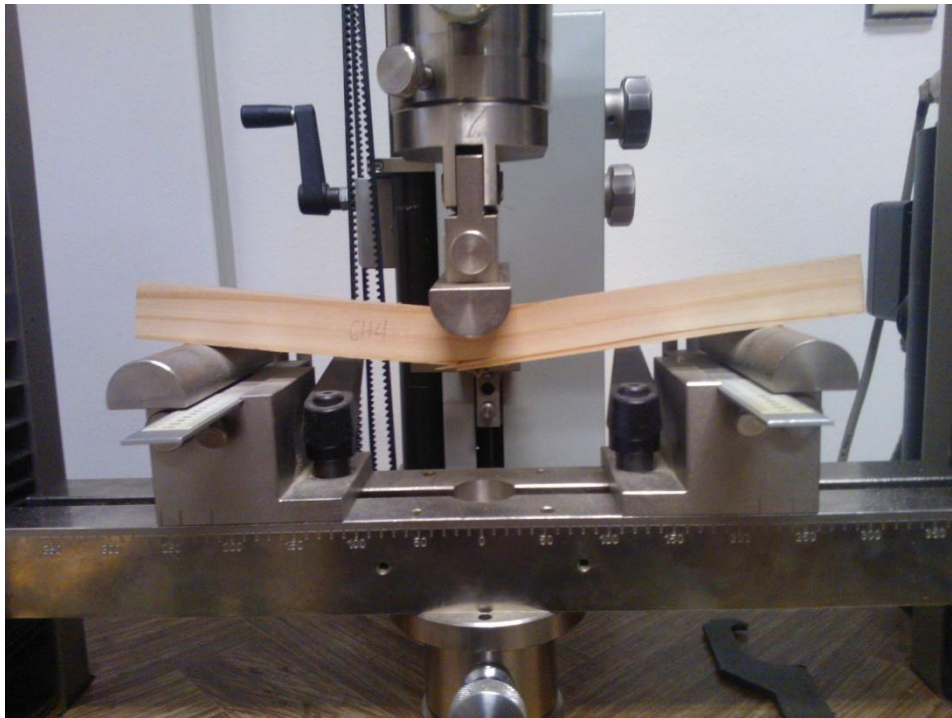
F = působící síla [N]

l = vzdálenost podpěr [m]

b = šířka zkušební tělesa [mm]

h = výška zkušební tělesa [mm]

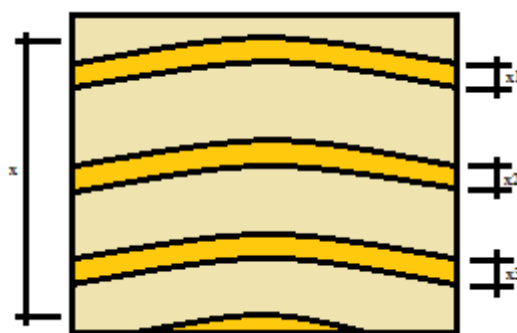
Δ_y = průhyb tělesa [mm]



Obr. 19 Zkušební ohybové těleso mezi dvěma podpěrami a trnem univerzálního zkušebního stroje
Zwick Z 050

4.9 Analýza makroskopických charakteristik zkušebních vzorků

Pro odpovídající přesnost závislosti mezi jednotlivými fyzikálními i mechanickými vlastnostmi a makroskopickou stavbou (šířka a počet letokruhů, podíl letního dřeva) bylo třeba provést měření, které se právě vztahovalo na šířky letokruhů a podíl letního dřeva na jednotlivých zkušebních těliscích. Při praktickém měření byla nejdříve změřena celková šíře všech celých letokruhů (x) na příčném řezu digitálním posuvným měřidlem Jiangsu S. Ltd s určením počtu těchto letokruhů. Poté v každém z celých letokruhů byla změřena šířka vrstvy letního dřeva (x^1, x^2, x^n) spočítána suma a přepočítána na podíl (obr. 20).



Obr. 20 Měřené rozměry na zkušebních vzorcích

Pro výpočet hodnot průměrné šířky letokruhu ve zkušebním vzorku byl použit vzorec:

$$\check{S}L = \frac{x}{n} \text{ [mm]}$$

$\check{S}L$ = průměrná šířka letokruhu [mm]

x = celková šířka všech celých letokruhů [mm]

n = počet letokruhů [ks]

Pro výpočet hodnot podílu letního dřeva ve zkušebním vzorku byl použit vzorec:

$$PLD = \frac{\sum(x_{1,2,3,\dots,n})}{x} \cdot 100 \text{ [%]}$$

PLD = podíl letního dřeva [%]

$X_{1,2,3,\dots,n}$ = šířky letního dřeva v jednotlivých letokruzích [mm]

x = celková šířka všech celých letokruhů [mm]

5 Výsledky

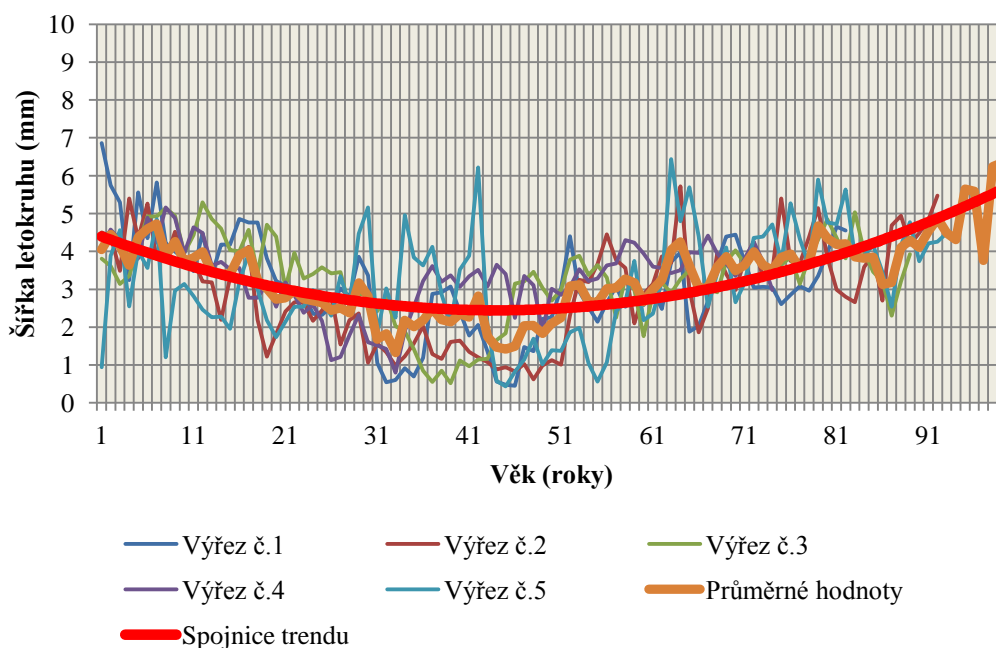
Zóna juvenilního dřeva byla zvolena dle Corsona (1991), a to prvních 15 letokruhů.

5.1 Makroskopická stavba – letokruhovú analýza

Výsledná křivka průměrných hodnot šířek letokruhů je propojena polynomicou spojnicí trendů. Poslední letokruh nacházející se u kambia nebyl měřen.

5.1.1 SLT 3K

Letokruhovú analýza je znázorněna na grafu na obr. 21. Průměrná šířka letokruhu juvenilní části je 4,00 mm a zralého dřeva 3,01 mm. Z grafu je patrné, že v části juvenilního dřeva se nacházejí letokruhy širší, kdy lze brát v potaz zvláště prvních 15 letokruhů. Zóna zralého dřeva je prezentována klesající tendencí až do zhruba 45. roku života stromů, kdy se trend mění na rostoucí, který vytrvá až do roku smýcení stromů. Největší šířky letokruhů tedy má dřevo juvenilní a dřevo zralé vytvořené v pozdním věku. Je důležité uvést, že při hodnocení každého z výřezu jednotlivě se výřez č. 5 výrazně liší od spojitého trendu podprůměrnou šířkou letokruhů v zóně juvenilního dřeva, nadprůměrnou v zóně zralého dřeva od 30. do 45. roku života a stoupající trend je zahájen až v 55. roce života. Výřez č. 5 prezentuje nadprůměrné šířky letokruhů od 35. do 50. roku života.



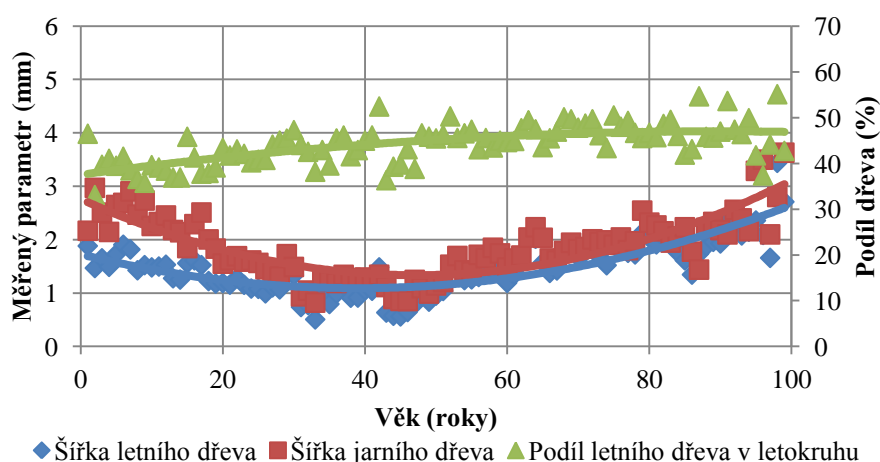
Obr. 21 Šířky letokruhů na stanovišti 1 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu

Tab. 2 zobrazuje šířky letokruhů pomocí popisné statistiky pro všech pět výřezů zařazených do intervalů po patnácti letech směrem od dřeně. Jak již bylo zmíněno a vychází z grafu výše, šířky letokruhů v zóně juvenilního dřeva, které spadají do intervalu 0 až 15 let, mají v průměru 4,01 mm. V ostatních intervalech spadajících do zóny zralého dřeva lze rozdělit šířky letokruhů v průměru na 2,46–2,85 mm od 15. do 60. roku, a následně 3,50–5,15 mm od 60. roku života. Dle relativně malého variačního koeficientu lze konstatovat, že odchylky mezi jednotlivými šířkami letokruhů byly nízké. Naopak vysoká hodnota rozptylu u intervalu 91+ je způsobena tím, že zde spadaly šířky letokruhů pouze z jednoho výřezu s velkými rozdíly hodnot.

		Šířka letokruhů (mm)						
		Interval letokruhů						
		1–15	16–30	31–45	46–60	61–75	76–90	91+
Průměrná šířka letokruhu	Aritm. průměr (mm)	4,01	2,85	2,07	2,46	3,5	4,1	5,15
	Směr. odch. (mm)	0,47	0,48	0,37	0,55	0,38	0,44	0,88
	Var. koef. (%)	11,73	16,68	17,97	22,32	10,87	10,83	17,13
	Rozptyl	22,17	22,62	13,84	30,15	14,49	19,76	77,73

Tab. 2 Šířky letokruhů na stanovišti 1 v rámci intervalů

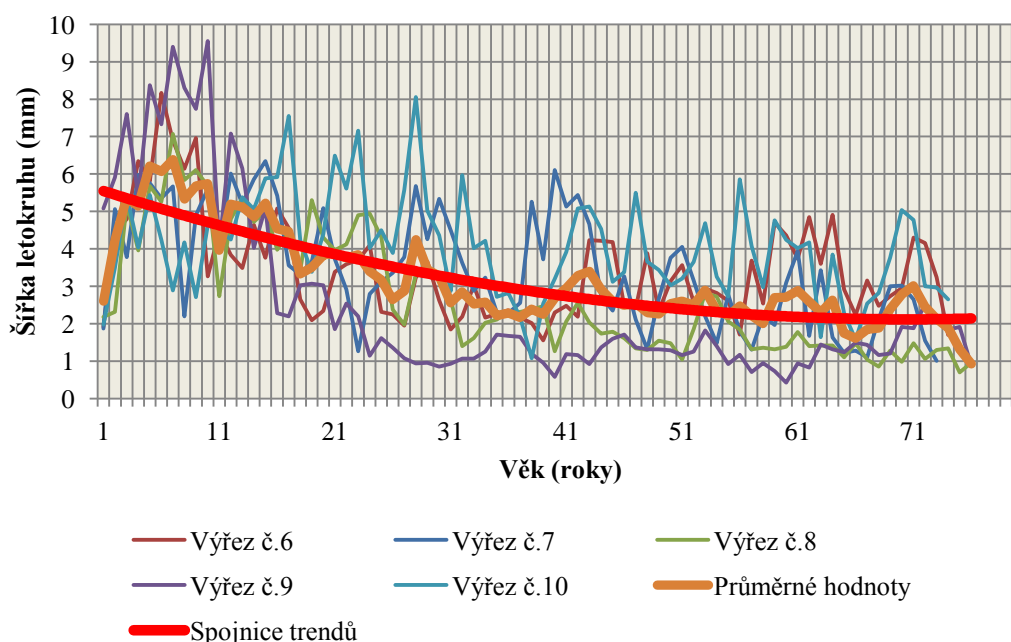
Letokruhy zóny juvenilního dřeva se vyznačují převažujícím množstvím jarního dřeva oproti dřevu letnímu. U dřeva zralého se zvýšil podíl dřeva letního, kdy na stavbě letokruhu se podílí až 55 %. Při porovnání různých šířek letokruhů bez ohledu na polohu v kmeni lze konstatovat, že u letokruhu úzkého tvoří dřevo jarní i letní přibližně stejný podíl a u letokruhu, jehož šířka se zvětšuje, se zároveň zvyšuje i podíl jarního dřeva (obr. 22).



Obr. 22 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 1

5.1.2 SLT 3B

Letokruhov analýza je znázorněna na grafu na obr. 23. Prmrn šířka letokruhu juvenilní části je 5,14 mm a zralého dřeva 2,74 mm. Z grafu je patrn, že v části juvenilního dřeva se nacházejí letokruhy širší, kdy lze brát v potaz zvlst prvních 15 letokruhů. Cely průběh života stromu je prezentován klesající tendencí až do roku smcen stromů. Největší šířky letokruhů tedy m dřevo juvenilní. Z křivek jednotlivých výřezů lze konstatovat, že výřez . 9 je charakterizován nadprmrnm prrstem v mládí v juvenilní části a naopak velice podprmrnm prrstem zralého dřeva v dalších letech, naopak výřez . 10 měl v zóně juvenilního dřeva pomal růst a v zóně zralého dřeva se šířky jednotlivých letokruhů nadprmrn zvyšíly, tudíž lze konstatovat vysokou diferenciaci jednotlivých výřezů.



Obr. 23 Šířky letokruhů na stanovišti 2 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu

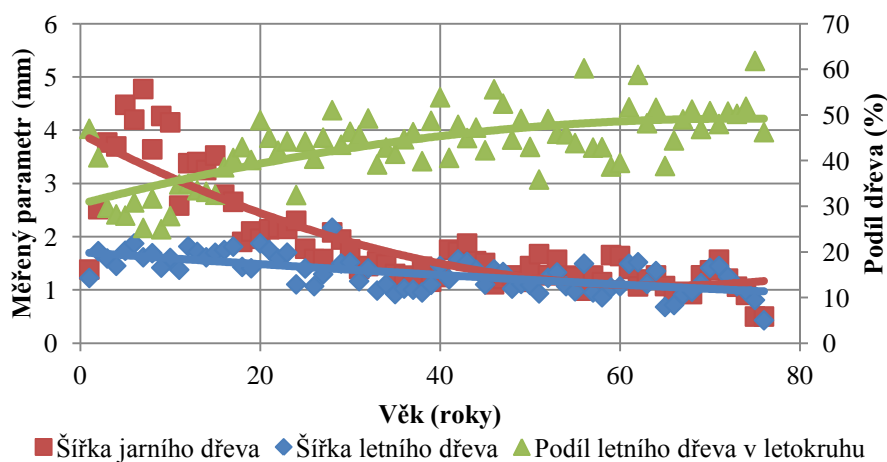
Tabulka 3 zobrazuje šířky letokruhů pomocí popisn statistiky pro všech pět výřezů zařazených do intervalů po patnácti letech směrem od dřene. Jak jíž bylo zmíněno a vychází z grafu výše, šířky letokruhů v zóně juvenilního dřeva, které spadj do intervalu 0 až 15 let, mj v průměru 5,14 mm. Šířky letokruhů v první zóně zralého dřeva od 16 do 30 let jsou v porovnání se zónou juvenilního dřeva výrazně nižší, avšak oproti dalších zónám zralého dřeva se liší stále relativn vysokou šíří, které jsou charakterizovány téměř totoznmi šířkami s nepatrnm klesáním s postupujícím věkem.

Interval od 76 do 90 let prezentují pouze 2 letokruhy ze dvou výřezů. Vysoký variační koeficient je způsoben velkými odchylkami v rámci jednotlivých letokruhů.

		Šířka letokruhů (mm)						
		Interval letokruhů						
		1–15	16–30	31–45	46–60	61–75	76–90	91+
Průměrná šířka letokruhu	Aritm. průměr (mm)	5,14	3,61	2,65	2,45	2,27	0,93	-
	Směr. odch. (mm)	1,68	1,55	1,32	1,21	1,17	0,04	-
	Var. koef. (%)	28,26	42,78	50,03	49,37	51,35	4,56	-
	Rozptyl	32,69	23,92	17,53	14,68	13,66	0,01	-

Tab. 3 Šířky letokruhů na stanovišti 2 v rámci intervalů

Letokruhy zóny juvenilního dřeva se vyznačují vysokým podíl jarního dřeva, kdy se u některých hodnot dosahuje výše až 75 %. Šíře jarního dřeva v juvenilní části dosahuje u některých vzorků až hranici 5 mm. U dřeva zralého se s narůstajícím věkem podíl jarního dřeva snižuje až na hranici 40 %. Lze také konstatovat, že platí všeobecný trend, kdy se s narůstající šíří jednotlivých letokruhů bez závislosti na polohu v kmeni snižuje podíl letního dřeva (obr. 24).

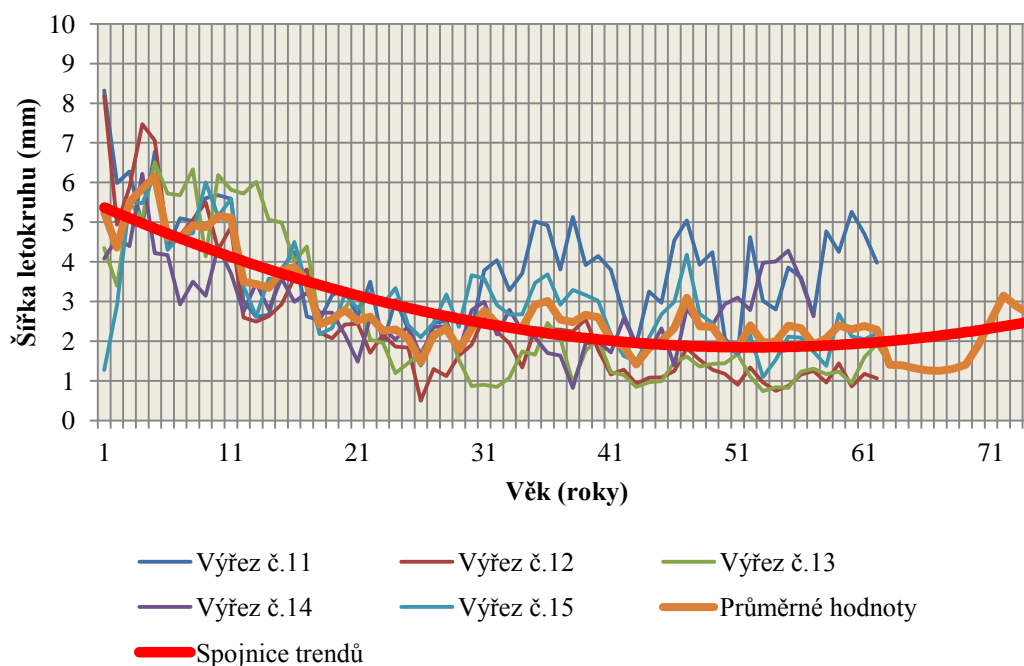


Obr. 24 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 2

5.1.3 SLT 3A

Letokruhová analýza je znázorněna na grafu na obr. 25. Průměrná šířka letokruhu juvenilní části je 4,70 mm a zralého dřeva 2,33 mm. Z grafu je patrné, že v části juvenilního dřeva se nacházejí letokruhy širší, kdy lze brát v potaz zvláště prvních 15 letokruhů. Celkový trend života stromu je prezentován klesající tendencí až do roku smýcení stromů. U výřezů č. 11 a č. 14 se však oproti celkovému trendu od 30. roku života stromu šířky letokruhů výrazně zvýšily. Od 60. roku je celkový trend i spojnice

trendů určena pouze hodnotami šířek letokruhů výřezu č. 13. Ostatní čtyři výřezy byly charakterizovány věkem pouze do 63 let, i když hospodářská kniha uváděla věk 81 let, což je rozdíl 18 let.



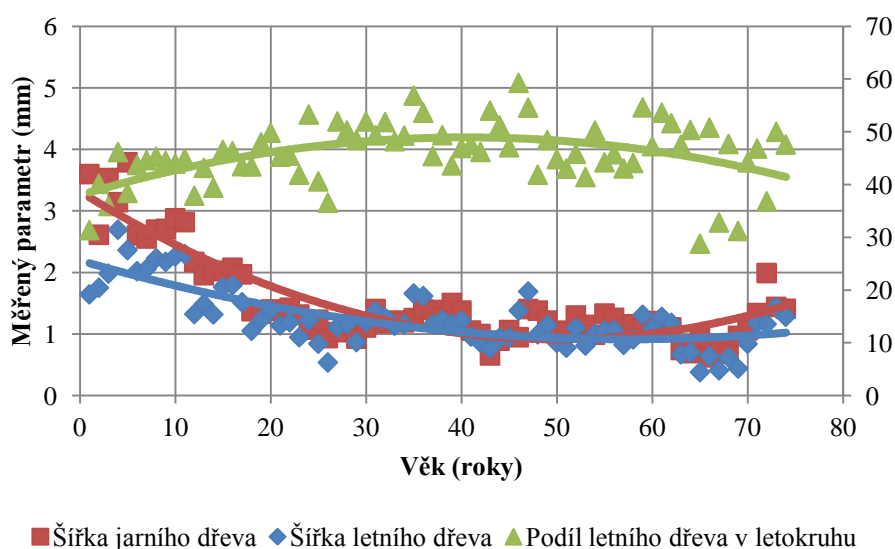
Obr. 25 Šířky letokruhů na stanovišti 3 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu

Tab. 4 zobrazuje šířky letokruhů pomocí popisné statistiky pro všech pět výřezů zařazených do intervalů po patnácti letech směrem od dřeně. Jak již bylo zmíněno a vychází z grafu výše, šířky letokruhů v zóně juvenilního dřeva, které spadají do intervalu 0 až 15 let, mají v průměru 4,70 mm. Ve všech intervalech zóny zralého dřeva se nacházejí hodnoty výrazně nižší od zóny juvenilního dřeva. S postupným zvyšováním věku stromu se průměrné šířky letokruhů nepatrně snižují. Vysoký variační koeficient je způsoben velkými odchylkami v rámci jednotlivých letokruhů.

		Šířka letokruhů (mm)						
		Interval letokruhů						
		1–15	16–30	31–45	46–60	61–75	76–90	91+
Průměrná šířka letokruhu	Aritm. průměr (mm)	4,70	2,46	2,35	2,24	2,06	-	-
	Směr. odch. (mm)	1,42	0,80	1,05	1,24	1,00	-	-
	Var. koef. (%)	30,32	32,6	44,81	55,31	48,43	-	-
	Rozptyl	20,28	6,44	11,09	15,35	9,94	-	-

Tab. 4 Šířky letokruhů na stanovišti 3 v rámci intervalů

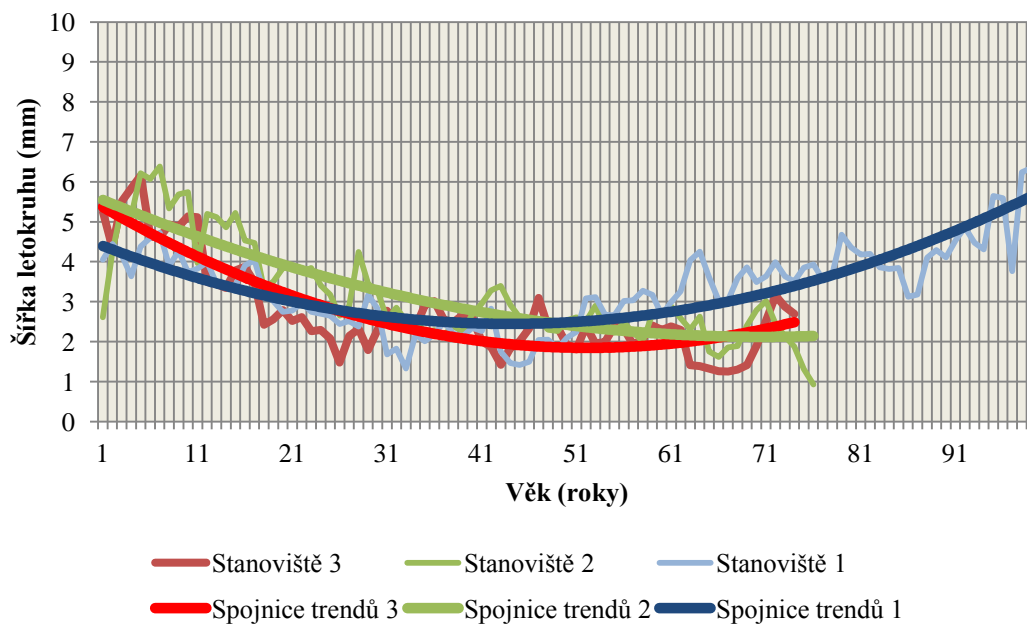
Letokruhy zóny juvenilního dřeva mají největší šíři jarního dřeva, a to u některých vzorků až 4 mm, dále v zóně zralého dřeva do 60 let věku je šíře téměř konstantní pohybující se okolo 1 mm, poté kolem 70 roku života se šíře zvětšuje až na 1,5 mm. Podíl letního dřeva se postupně s věkem zvyšuje až k věku 40 let, kdy poté postupně klesá až k hodnotě 40 %. Některé vzorky kolem 70 roku života se vyznačují na zralé dřevo extrémně nízkým podílem letního dřeva, které je v některých případech nižší než hodnoty v zóně juvenilního dřeva (obr. 26).



Obr. 26 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 3

5.1.4 Srovnání jednotlivých vlastností juvenilního a zralého dřeva dle SLT

Závěry letokruhové analýzy jsou znázorněny na grafu na obr. 27. V prvních 20 letech mají největší hodnoty šířek letokruhů vzorky na lokalitě 2 (SLT 3B) pohybující se od 5,5 do 4 mm, hodnoty na lokalitě 3 (SLT 3A) nejvíce klesají a to od 5,5 do 3 mm. Lokalita 1 (SLT 3K) má v prvních 20 letech nejmenší hodnoty šířek letokruhů a to od 4,5 do 3 mm. Od 20. do 45. roku života jsou stále nejvíce přirůstavé vzorky na SLT 3B, avšak již v tomto intervalu na SLT 3K se klesající trend mírní a mění postupně na rostoucí, kdy na konci tohoto intervalu jsou již hodnoty trendu šířek letokruhů stejné a to 2,5 mm. Na SLT 3A jsou od 25. roku života hodnoty šířek letokruhů nejnižší. V 45. roku života se hodnoty šířek letokruhů na SLT 3K zvyšují, dále rostou a předčí ostatní dvě lokality, zatímco trvající klesající trend na SLT 3B je důsledkem toho, že rostoucí trend hodnot od 51. roku života na SLT 3A předčí právě hodnoty na SLT 3B.



Obr. 27 Šířka letokruhů dřeva douglasky dle různých stanovišť v závislosti na věku stromů

Hodnoty šířek letokruhů juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 5. Největší šířky v zóně juvenilního dřeva jsou na SLT 3B, a to 5,14 mm. Naopak nejmenší hodnoty šířek jsou na SLT 3K, a to 4,00 mm. Největší šířky v zóně zralého dřeva jsou na SLT 3K a to 3,01 mm. Naopak nejmenší hodnoty šířek jsou na SLT 3A, a to 2,33 mm. Vysoké variační koeficienty jsou způsobeny velkými odchylkami jednotlivých letokruhů v rámci vylišených typů dřeva. Rozložení hodnot je poměrně rovnoměrné, tomu odpovídá i podobná hodnota mediánu a aritmetického průměru.

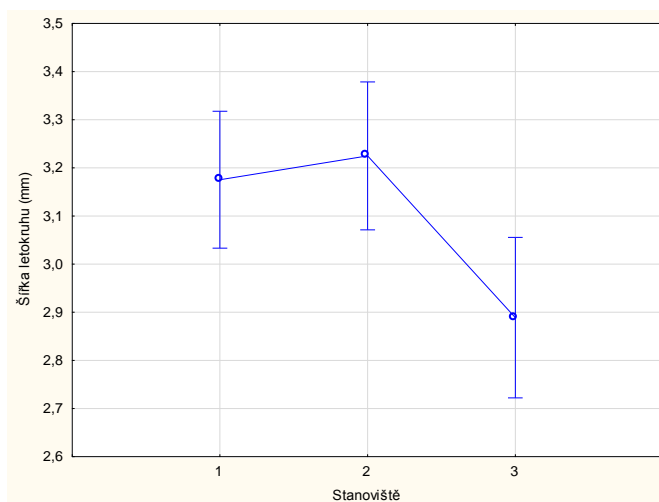
Šířka letokruhů (mm)			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (mm)	3,997	3,005
	Směr. odch. (mm)	1,04	1,23
	Var. koef. (%)	25,91	41,01
	Rozptyl	10,73	15,18
	Medián (mm)	4,02	3,06
Stanoviště 2	Aritm. průměr (mm)	5,143	2,742
	Směr. odch. (mm)	1,68	1,42
	Var. koef. (%)	32,69	51,71
	Rozptyl	28,26	20,10
	Medián (mm)	5,20	2,53
Stanoviště 3	Aritm. průměr (mm)	4,698	2,328
	Směr. odch. (mm)	1,42	1,04
	Var. koef. (%)	30,32	44,70
	Rozptyl	20,29	10,83
	Medián (mm)	4,72	2,18

Tab. 5 Tabulka šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 28) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v šířce letokruhů. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 6) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné u stanoviště 1 (SLT 3K) a stanoviště 2 (SLT 3B), naopak stanoviště 3 (SLT 3A) se významně liší od obou předchozích uvedených stanovišť.

	1	2	3
1		0,895720	0,045133
2	0,895720		0,014338
3	0,045133	0,014338	

Tab. 6 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot šířky letokruhů mezi jednotlivými stanovišti

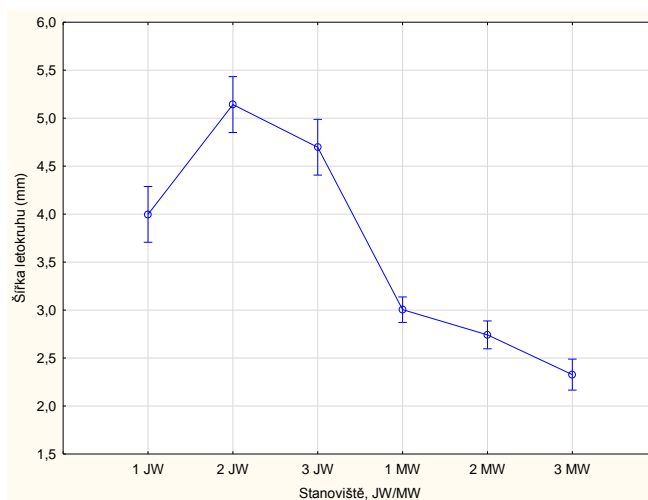


Obr. 28 ANOVA - Intervaly šířky letokruhů z jednotlivých stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 29) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v šířce letokruhů. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 7) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné pouze u juvenilního dřeva stanoviště 2 (SLT 3B) a stanoviště 3 (SLT 3A), u zralého dřeva mezi stanovišti 1 (SLT 3K) a stanovišti 2 (SLT 3B) významně liší od obou předchozích uvedených stanovišť.

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,000021	0,010709	0,000050	0,000020	0,000020
2 JW	0,000021		0,275769	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,010709	0,275769		0,000020	0,000020	0,000020
1 MW	0,000050	0,000020	0,000020		0,125217	0,000020
2 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,125217		0,005172
3 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,005172	

Tab. 7 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti



Obr. 29 ANOVA - Intervaly šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

Podíly letního dřeva juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 8. Nejvyšší podíly letního dřeva v zóně juvenilního dřeva jsou na SLT 3A, a to 41,47 %. Naopak nejmenší hodnoty jsou na SLT 3B, a to 32,20 %. Největší šířky v zóně zralého dřeva jsou na SLT 3A a to 46,87 %. Naopak nejmenší hodnoty šířek jsou na SLT 3K, a to 45,05 %. Relativně malé variační koeficienty jsou způsobeny malými odchylkami jednotlivých podílů letního dřeva v rámci vylišených typů dřeva. Rozložení hodnot je poměrně rovnoměrné, tomu odpovídá i podobná hodnota mediánu a aritmetického průměru.

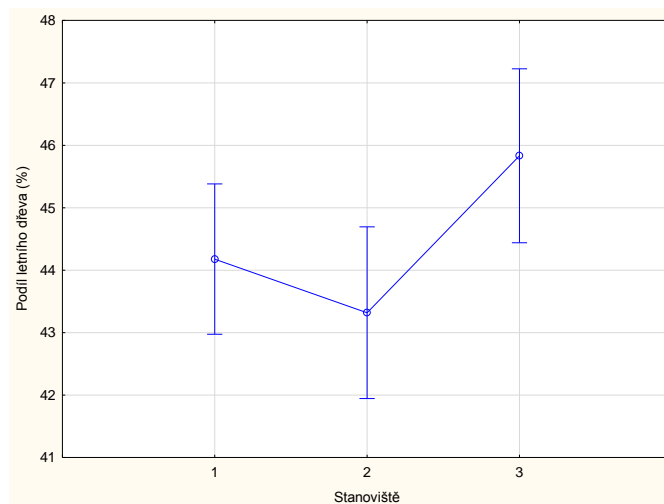
Podíl letního dřeva (%)			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (%)	39,27	45,05
	Směr. odch. (%)	3,51	3,88
	Var. koef. (%)	8,94	8,62
	Rozptyl	12,35	15,08
	Medián (%)	39,11	45,49
Stanoviště 2	Aritm. průměr (%)	32,20	46,05
	Směr. odch. (%)	5,79	5,65
	Var. koef. (%)	17,99	12,27
	Rozptyl	33,56	31,93
	Medián (%)	31,71	45,50
Stanoviště 3	Aritm. průměr (%)	41,74	46,87
	Směr. odch. (%)	4,37	5,82
	Var. koef. (%)	10,48	12,43
	Rozptyl	19,12	33,92
	Medián (%)	43,7	47,52

Tab. 8 Tabulka podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 30) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v podílu letního dřeva. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 9) bylo zjištěno, že střední hodnoty se liší pouze mezi stanovištěm 2 (SLT 3B) a stanovištěm 3 (SLT 3A).

	1	2	3
1		0,658938	0,222774
2	0,658938		0,032021
3	0,222774	0,032021	

Tab. 9 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot podílu letního dřeva mezi jednotlivými stanovišti

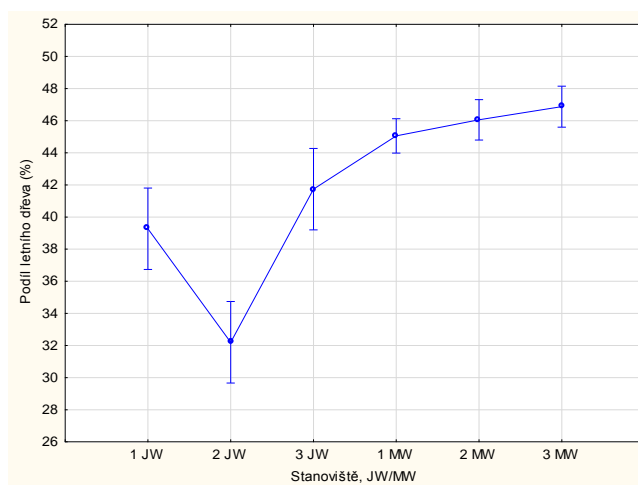


Obr. 30 ANOVA - Intervals podílu letního dřeva z jednotlivých stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 31) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v podílu letního dřeva. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 10) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné pouze u juvenilního dřeva stanoviště 1 (SLT 3K) a stanoviště 3 (SLT 3A), u zralého dřeva se střední hodnoty shodují ve všech případech. Statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn ani mezi juvenilním dřevem ze stanoviště 3 (SLT 3A) a zralým dřevem na všech stanovištích.

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,001456	0,754423	0,018730	0,002705	0,000441
2 JW	0,001456		0,000022	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,754423	0,000022		0,452112	0,167010	0,054367
1 MW	0,018730	0,000020	0,452112		0,879009	0,353124
2 MW	0,002705	0,000020	0,167010	0,879009		0,948277
3 MW	0,000441	0,000020	0,054367	0,353124	0,948277	

Tab. 10 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti



Obr. 31 ANOVA - Intervals podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

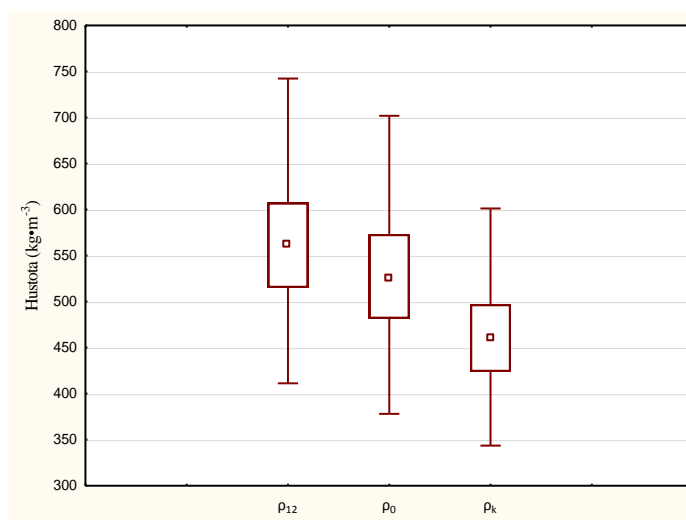
5.2 Hustota dřeva

5.2.1 Hustota dřeva ze všech stanovišť

Průměrné hodnoty hustoty jsou $528,69 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ při 0% vlhkosti (ρ_0) a $565,21 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ při 12% vlhkosti (ρ_{12}). Konvenční hustota je $463,12 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (ρ_k). Průměr se neshoduje s mediánem, data mají mírné levostranné rozdělení (obr. 32 a tab. 11).

Všechna stanoviště	
Střední hodnota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	528,69
Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	525,92
Směr. odchylka ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	61,56
Rozptyl výběru ($\text{kg}^2\cdot\text{m}^{-6}$)	3790,68
Variační koeficient (%)	11,64
Rozdíl max-min ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	323,74
Minimum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	378,11
Maximum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	701,85
Počet (ks)	1358

Tab. 11 Popisná statistika průměrné hustoty při vlhkosti 0 % ze všech stanovišť

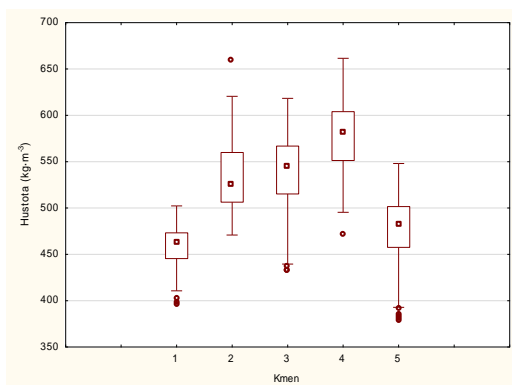


Obr. 32 Průměrné hustoty dřeva douglasky ze všech stanovišť

5.2.2 Hustoty jednotlivých kmenů dle stanovišť

Popisná statistika hustoty jednotlivých kmenů z jednotlivých stanovišť je uvedena v tab. 12, tab. 13 a tab. 14. Z obr. 33, obr. 34 a obr. 35 je patrné, že hodnota mediánu většiny kmenů se pohybuje okolo hodnoty $550 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na stanovišti 1 (SLT 3K) vykazoval nejvyšší hodnotu mediánu výřez č. 4 s hodnotou $581,06 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, naopak nejnižší hodnotu vykazoval kmen č. 1 s hodnotou $463,37 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na stanovišti 2 (SLT

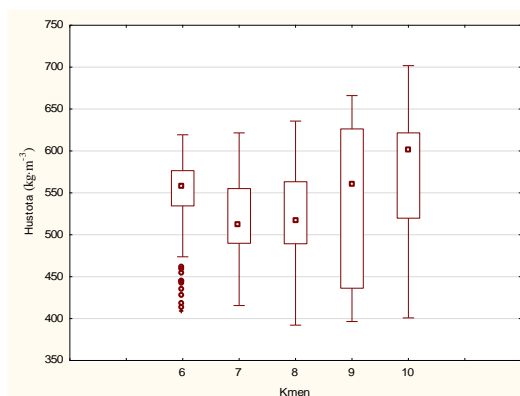
3B) vykazoval nejvyšší hodnotu mediánu výřez č. 10 s hodnotou $601,90 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, naopak nejnižší hodnotu vykazoval kmen č. 7 s hodnotou $512,28 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na stanovišti 3 (SLT 3A) vykazoval nejvyšší hodnotu mediánu výřez č. 12 s hodnotou $606,36 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, naopak nejnižší hodnotu vykazoval kmen č. 13 s hodnotou $548,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nízké variační koeficienty jsou způsobeny malými odchylkami jednotlivých hodnot hustot v kmenech.



Obr. 33 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 1

	1	2	3	4	5
Střední hodnota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	459,11	533,03	536,76	577,69	477,70
Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	463,37	525,65	545,21	581,06	481,76
Směr. odchylka ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	23,00	36,09	44,64	41,77	36,09
Rozptyl výběru ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	528,84	1302,42	1992,74	1745,09	1302,81
Variač. koeficient ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	5,01	6,77	8,32	7,23	7,56
Rozdíl max-min ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	106,04	187,57	185,51	189,86	169,86
Minimum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	396,24	470,90	432,89	471,76	378,11
Maximum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	502,28	658,47	618,40	661,62	547,97
Počet (ks)	144	168	145	163	164

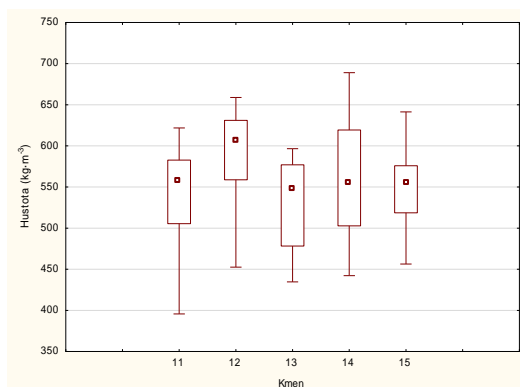
Tab. 12 Popis. statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 1



Obr. 34 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 2

	1	2	3	4	5
Střední hodnota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	541,55	517,02	522,03	537,39	596,36
Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	556,83	512,28	516,64	558,67	601,89
Směr. odchylka ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	53,91	49,5	49,87	99,43	78,65
Rozptyl výběru ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	2906	2450	2486	9887	6186
Variač. koeficient ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	9,95	9,57	9,55	18,5	13,81
Rozdíl max-min ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	211,45	205,94	243,52	269,51	300,98
Minimum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	407,88	415,66	392,23	396,61	400,88
Maximum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	619,33	621,60	635,75	666,12	701,86
Počet (ks)	64	75	62	41	74

Tab. 13 Popis. statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 2



Obr. 35 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 3

	1	2	3	4	5
Střední hodnota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	539,34	590,87	528,38	557,54	546,58
Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	557,12	606,36	548,17	556,01	555,31
Směr. odchylka ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	57,12	55,73	53,39	70,69	44,29
Rozptyl výběru ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	3262	3105	2850	4996	1961
Variač. koeficient ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	9,95	9,43	10,10	12,68	8,10
Rozdíl max-min ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	241,30	206,24	161,99	246,88	302,01
Minimum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	380,51	452,58	434,66	442,18	399,88
Maximum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	621,81	658,83	596,65	689,06	701,89
Počet (ks)	62	40	48	49	59

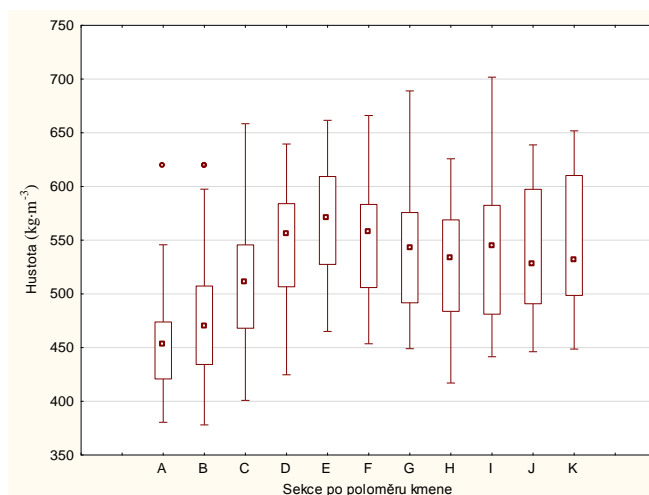
Tab. 14 Popis. statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 3

5.2.3 Variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene ze všech stanovišť

Z obr. 36 je zřejmé, že se průměrná hustota zóny juvenilního dřeva (sekce A, B) odlišuje nižší hustotou od zóny zralého dřeva. Střední hodnoty hustoty dřeva jednotlivých sekcí vykazují rostoucí trend až po sekci E, kde dosahují maxima ($569,06 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Následně trend klesá po sekci H, poté mírně roste v sekci I a opět klesá v sekci J a K.

Popisná statistika pro jednotlivé sekce je uvedena v tab. 15. Variabilita souborů (jednotlivé sekce) je velice podobná a poměrně nízká (variační koeficient 8–11 %), rozložení hodnot je ve většině případů rovnoměrné s výjimkou sekce J, která vykazuje výrazně nesouměrné rozdělení.

Statistickým šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 37) bylo prokázáno, že alespoň mezi dvěma sekcemi existuje významný rozdíl v hustotě dřeva. Aplikací Tukeyho metody mnohonásobného porovnávání (tab. 16) byly zjištěny následující rozdíly: staticky významné rozdíly nebyly zjištěny mezi sekcemi A a B (zóna juvenilního dřeva), sekce C se liší se všemi ostatními sekcemi, sekce D se liší od sekcí A až E, sekce E se neliší pouze od sekce F a K, sekce F až K se mezi sebou neliší, neliší se od sekce D, naopak se liší od sekce A až C a sekce G až K se liší od sekce E.



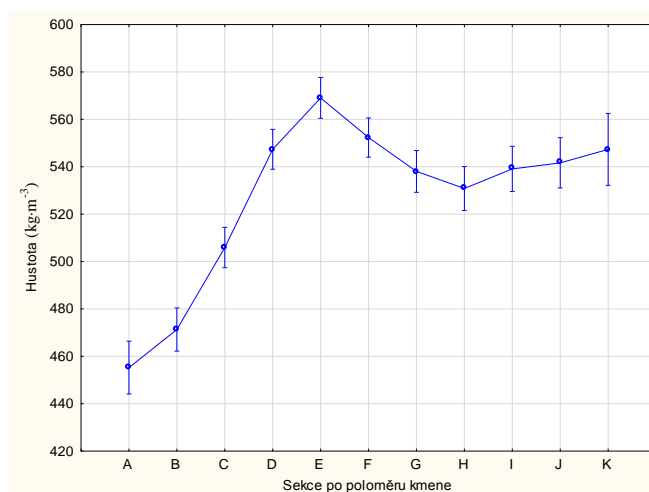
Obr. 36 Hustota dřeva douglasky po poloměru kmene – všechna stanoviště

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Střední hodnota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	455,25	471,32	505,92	547,36	569,06	552,33	538,03	530,85	539,09	541,66	547,35
Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	452,58	470,47	510,48	555,31	571,41	557,3	542,94	533,55	544,5	528,37	531,58
Směr. odchylka ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	452,58	470,47	510,48	555,31	571,41	557,3	542,94	533,55	544,5	528,37	531,58
Rozptyl výběru ($\text{kg}^2\cdot\text{m}^{-6}$)	2008,45	2257,7	2692,09	2382,54	2709,04	2721,09	2945,37	3173,02	3722,52	3228,69	3660,99
Variační koeficient (%)	9,84	10,08	10,26	8,92	9,15	9,44	10,09	10,61	11,32	10,49	11,05
Rozdíl max-min ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	238,44	240,84	257,6	214,91	196,53	212,51	240,02	208,79	260,28	192,51	203,17
Minimum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	380,51	378,11	400,88	424,68	465,09	453,61	449,04	417,06	441,57	446,19	448,68
Maximum ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	618,95	618,95	658,47	639,59	661,62	666,12	689,06	625,85	701,86	638,7	651,85
Počet (ks)	87	130	149	153	145	158	139	126	119	96	47

Tab. 15 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – všechna stanoviště

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A		0,649253	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015
B	0,649253		0,000022	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015
C	0,000015	0,000022		0,000015	0,000015	0,000015	0,000037	0,00874	0,000085	0,000167	0,007077
D	0,000015	0,000015	0,000015		0,021138	0,999214	0,930753	0,320725	0,982337	0,999669	1
E	0,000015	0,000015	0,000015	0,021138		0,206043	0,000069	0,000015	0,000671	0,015203	0,659417
F	0,000015	0,000015	0,000015	0,999214	0,206043		0,469535	0,050179	0,699531	0,95004	0,999997
G	0,000015	0,000015	0,000037	0,930753	0,000069	0,469535		0,992475	1	0,999995	0,998916
H	0,000015	0,000015	0,00874	0,320725	0,000015	0,050179	0,992475		0,982682	0,945342	0,91729
I	0,000015	0,000015	0,000085	0,982337	0,000671	0,699531	1	0,982682		1	0,999624
J	0,000015	0,000015	0,000167	0,999669	0,015203	0,95004	0,999995	0,945342	1		0,999988
K	0,000015	0,000015	0,007077	1	0,659417	0,999997	0,998916	0,91729	0,999624	0,999988	

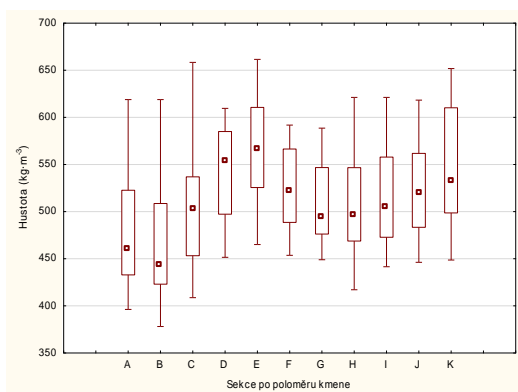
Tab. 16 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi



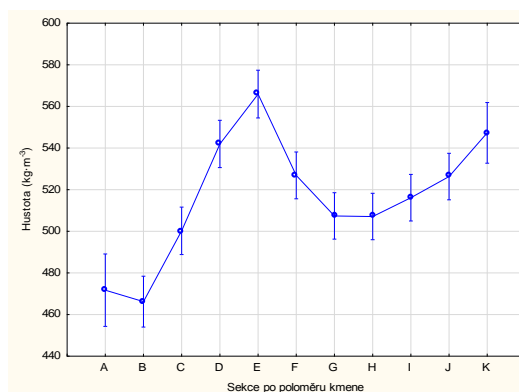
Obr. 37 Grafické vyjádření analýzy rozptylu (ANOVA) – všechna stanoviště

5.2.4 Variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene dle stanovišť

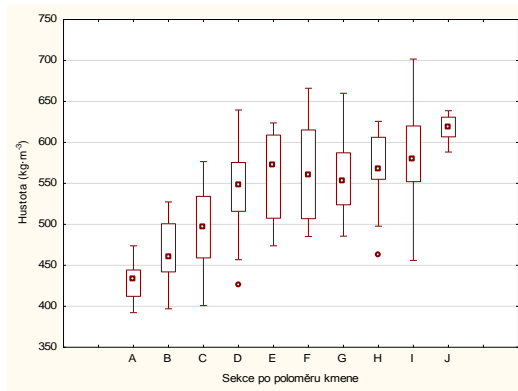
Jednotlivé stanoviště vykazují odlišnosti od obecného trendu zobrazeného na obr. 36. Na stanovišti 1 (SLT 3K) sekce A vykazuje vyšší hodnotu než sekce B a od sekce H po předchozím klesajícím průběhu trend opět roste a to až do poslední sekce u kambia K (obr. 38). Na stanovišti 2 (SLT 3B) od sekce H následuje rostoucí trend až do poslední sekce u kambia J (obr. 39). Na stanovišti 3 (SLT 3A) lze vysledovat rostoucí trend od zóny juvenilního dřeva (sekce A, B) až po sekcí G, následně sekce H klesá a poté sekce I opět roste (obr. 40). ANOVY jsou zobrazeny na obr. 41, obr. 42 a obr. 43.



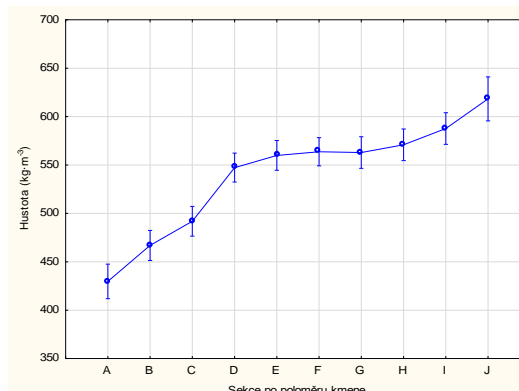
Obr. 38 Hustota dřeva po poloměru – lok. 1



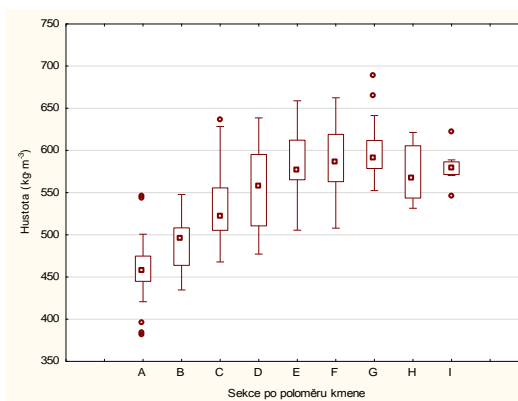
Obr. 41 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 1



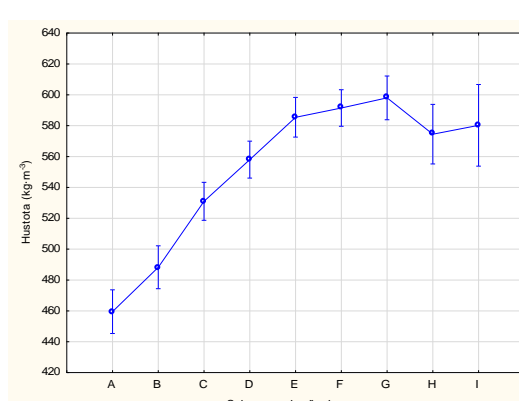
Obr. 39 Hustota dřeva po poloměru - lok. 2



Obr. 42 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 2



Obr. 40 Hustota dřeva po poloměru - lok. 3



Obr. 43 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 3

Jednotlivé stanoviště vykazují odlišnosti ve statisticky významných rozdílech mezi sekcemi od obecného trendu zobrazeného v tab. 16. Na stanovišti 1 (SLT 3K) se sekce A neliší od sekce C, sekce D se liší od sekcí G a H, sekce E se neliší od D a K, sekce G a H se liší od sekce B, D a E, sekce I a J se neliší navíc od sekce E. Tyto velké rozdíly od obecného trendu jsou způsobeny vysokou hodnotou sekcí E a K a naopak poměrně nízkými hodnotami sekcí G a H (tab. 20). Popisná statistika je uvedena v tab. 17, kde nejnižší hodnoty mají sekce A a B v zóně juvenilního dřeva, naopak nejvyšší sekce E. Na stanovišti 2 (SLT 3B) se sekce B neliší od sekce C a sekce K se neliší pouze od sekcí H a I. Trend má od dřene až po zónu nejbliže kambiu stále rostoucí charakter (tab. 21). Popisná statistika je uvedena v tab. 18, kde nejnižší hodnoty mají sekce A a B v zóně juvenilního dřeva, naopak nejvyšší sekce J. Na stanovišti 3 (SLT 3A) se sekce C neliší od sekce D a I, další sekce zóny zralé dřeva se již dále neliší. Trend má od dřene až po sekci G rostoucí charakter, pouze sekce H má v celkovém trendu klesající charakter (tab. 22). Popisná statistika je uvedena v tab. 19, kde nejnižší hodnoty mají sekce A a B v zóně juvenilního dřeva, naopak nejvyšší sekce G.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Střední hodnota (kg·m ⁻³)	471,73	466,23	500,25	542	565,94	526,88	507,42	507,13	516,16	526,33	547,35
Medián (kg·m ⁻³)	461,09	442,75	502,22	554,37	565,88	522,11	494,08	496,02	505,59	519,48	531,58
Směr. odchylka (kg·m ⁻³)	54,39	57,28	53,91	48,45	56,71	41,71	38,4	52,44	50,67	49,1	60,51
Rozptyl výběru (kg ² ·m ⁻⁶)	2957,82	3280,67	2906,25	2347,81	3216,56	1739,38	1474,65	2749,67	2567,8	2411,29	3660,99
Variační koeficient (%)	11,53	12,29	10,78	8,94	10,02	7,92	7,57	10,34	9,82	9,33	11,05
Rozdíl max-min (kg·m ⁻³)	222,71	240,84	249,72	158,06	196,53	138,3	139,56	204,16	179,64	172,21	203,17
Minimum (kg·m ⁻³)	396,24	378,11	408,75	451,53	465,09	453,61	449,04	417,06	441,57	446,19	448,68
Maximum (kg·m ⁻³)	618,95	618,95	658,47	609,59	661,62	591,9	588,6	621,22	621,22	618,4	651,85
Počet (ks)	33	67	77	77	76	79	80	80	80	80	47

Tab. 17 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 1 (SLT 3K)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Střední hodnota (kg·m ⁻³)	429,74	466,9	491,88	547,29	559,89	563,74	562,86	570,93	587,65	618,31
Medián (kg·m ⁻³)	432,01	459,65	496,21	547,45	572,18	560,59	552,85	566,45	578,38	618,57
Směr. odchylka (kg·m ⁻³)	23,21	35,5	48,29	49,01	51,06	56,79	47,7	37,6	59,02	15,12
Rozptyl výběru (kg ² ·m ⁻⁶)	538,92	1260,29	2331,69	2402,35	2606,98	3225,03	2275,39	1413,76	3483,6	228,71
Variační koeficient (%)	5,4	7,6	9,82	8,96	9,12	10,07	8,47	6,59	10,04	2,45
Rozdíl max-min (kg·m ⁻³)	81,53	130,45	175,78	214,91	150,03	181,04	174,37	163,3	245,8	50,38
Minimum (kg·m ⁻³)	392,23	396,97	400,88	424,68	473,82	485,08	485,64	462,55	456,06	588,32
Maximum (kg·m ⁻³)	473,76	527,43	576,65	639,59	623,85	666,12	660,01	625,85	701,86	638,7
Počet (ks)	26	34	35	37	35	39	31	31	31	16

Tab. 18 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 2 (SLT 3B)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Střední hodnota (kg·m ⁻³)	459,51	488,27	530,99	558	585,45	591,48	598,02	574,51	580,24
Medián (kg·m ⁻³)	457,13	495,47	520,79	557,94	576,46	585,43	591,73	566,29	579,31
Směr. odchylka (kg·m ⁻³)	37,62	28,28	42,7	48,83	37,9	36,32	31,54	31,15	21,4
Rozptyl výběru (kg ² ·m ⁻⁶)	1415,29	800,03	1823,53	2384,25	1436,57	1318,87	994,77	970,38	458,14
Variační koeficient (%)	8,19	5,79	8,04	8,75	6,47	6,14	5,27	5,42	3,69
Rozdíl max-min (kg·m ⁻³)	165,28	113,23	167,41	161,36	153,28	154,53	136,57	89,8	76,39
Minimum (kg·m ⁻³)	380,51	434,66	467,97	477,23	505,55	507,91	552,49	531,54	545,41
Maximum (kg·m ⁻³)	545,79	547,88	635,38	638,59	658,83	662,44	689,06	621,35	621,81
Počet (ks)	28	29	37	39	34	40	28	15	8

Tab. 19 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 3 (SLT 3A)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A		0,999998	0,45074	0,000016	0,000015	0,000563	0,140405	0,148728	0,017197	0,000683	0,000015
B	0,999998		0,005218	0,000015	0,000015	0,000015	0,000159	0,000184	0,000016	0,000015	0,000015
C	0,45074	0,005218		0,000033	0,000015	0,046078	0,998657	0,99906	0,691429	0,056447	0,000387
D	0,000016	0,000015	0,000033		0,123338	0,754329	0,00128	0,001104	0,061584	0,711141	0,99999
E	0,000015	0,000015	0,000015	0,123338		0,000129	0,000015	0,000015	0,000015	0,000097	0,79783
F	0,000563	0,000015	0,046078	0,754329	0,000129		0,364697	0,341805	0,96503	1	0,684749
G	0,140405	0,000159	0,998657	0,00128	0,000015	0,364697		1	0,991903	0,399695	0,006731
H	0,148728	0,000184	0,99906	0,001104	0,000015	0,341805	1		0,989558	0,375669	0,006056
I	0,017197	0,000016	0,691429	0,061584	0,000015	0,96503	0,991903	0,989558		0,974747	0,102302
J	0,000683	0,000015	0,056447	0,711141	0,000097	1	0,399695	0,375669	0,974747		0,648429
K	0,000015	0,000015	0,000387	0,99999	0,79783	0,684749	0,006731	0,006056	0,102302	0,648429	

Tab. 20 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 1 (SLT 3K)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		0,105242	0,000063	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012
B	0,105242		0,435547	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012
C	0,000063	0,435547		0,000034	0,000012	0,000012	0,000013	0,000012	0,000012	0,000012
D	0,000012	0,000012	0,000034		0,980418	0,879494	0,947647	0,588176	0,020647	0,000601
E	0,000012	0,000012	0,000012	0,980418		0,999999	1	0,995118	0,346581	0,012815
F	0,000012	0,000012	0,000012	0,879494	0,999999		1	0,99984	0,572085	0,028588
G	0,000012	0,000012	0,000013	0,947647	1	1		0,999583	0,518083	0,023924
H	0,000012	0,000012	0,000012	0,588176	0,995118	0,99984	0,999583		0,91977	0,104932
I	0,000012	0,000012	0,000012	0,020647	0,346581	0,572085	0,518083	0,91977		0,684104
J	0,000012	0,000012	0,000012	0,000601	0,012815	0,028588	0,023924	0,104932	0,684104	

Tab. 21 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 2 (SLT 3B)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		0,105985	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
B	0,105985		0,000644	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,000053
C	0,00001	0,000644		0,056907	0,00001	0,00001	0,00001	0,044987	0,189446
D	0,00001	0,00001	0,056907		0,071282	0,003207	0,002629	0,958829	0,962607
E	0,00001	0,00001	0,00001	0,071282		0,999265	0,94811	0,997192	0,999999
F	0,00001	0,00001	0,00001	0,003207	0,999265		0,999345	0,951567	0,999651
G	0,00001	0,00001	0,00001	0,002629	0,94811	0,999345		0,749859	0,990927
H	0,00001	0,00001	0,044987	0,958829	0,997192	0,951567	0,749859		0,999998
I	0,00001	0,000053	0,189446	0,962607	0,999999	0,999651	0,990927	0,999998	

Tab. 22 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 3 (SLT 3A)

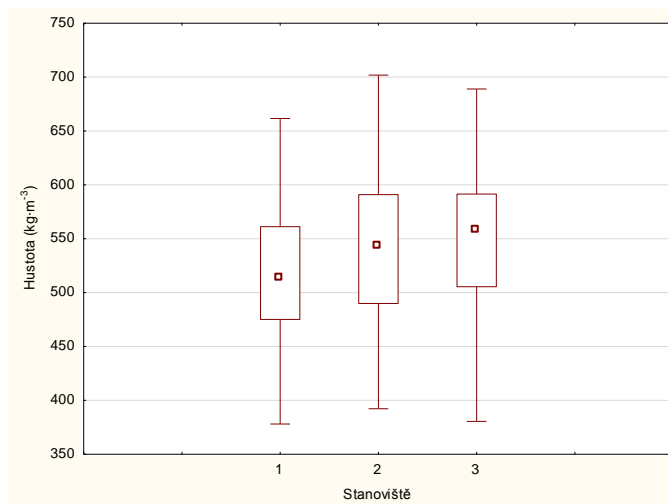
5.2.5 Srovnání hustoty juvenilního a zralého dřeva dle SLT

Hodnoty hustoty juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 23. Nejvyšší hustota v zóně juvenilního dřeva je na SLT 3A, a to $474,14 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Naopak nejmenší hodnota hustoty je na SLT 3B, a to $450,80 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Největší hustota v zóně zralého dřeva je na SLT 3A a to $572,03 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Naopak nejmenší hodnota hustoty je na SLT 3K, a to $525,41 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nízké variační koeficienty jsou způsobeny relativně malými odchylkami jednotlivých hustot v rámci vylišených typů dřeva. Rozložení hodnot je poměrně rovnoměrné, tomu odpovídá i podobná hodnota mediánu a aritmetického průměru s výjimkou juvenilního dřeva na stanovišti na SLT 3K.

Hustota ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	468,05	525,41
	Směr. odch. ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	56,12	53,73
	Var. koef. (%)	11,99	10,23
	Rozptyl	3149,94	2887,12
	Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	444,94	519,43
Stanoviště 2	Aritm. průměr ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	450,80	558,06
	Směr. odch. ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	35,75	57,70
	Var. koef. (%)	7,93	10,34
	Rozptyl	1278,03	3329,05
	Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	443,77	559,45
Stanoviště 3	Aritm. průměr ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	474,14	572,03
	Směr. odch. ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	35,95	45,25
	Var. koef. (%)	7,58	7,91
	Rozptyl	1292,76	2047,66
	Medián ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	473,84	574,67

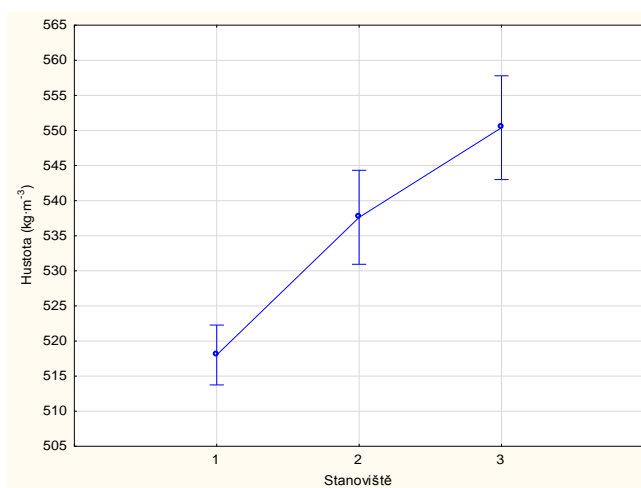
Tab. 23 Tabulka hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % dle stanovišť

Hodnoty hustoty dle stanovišť uvádí obr. 44. Nejvyšší hodnota mediánu je na stanovišti 3 na SLT 3A a to $558,30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Následuje hodnota mediánu na stanovišti 2 na SLT 3B a to $542,94 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejnižší hodnota mediánu je na stanovišti 1 na SLT 3K a to $513,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr. 44 Hustota dřeva v závislosti na stanovišti při vlhkosti 0 %

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 45) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v hustotě. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 24) bylo zjištěno, že mezi středními hodnotami hustoty všech 3 stanovišť existuje statisticky významný rozdíl.

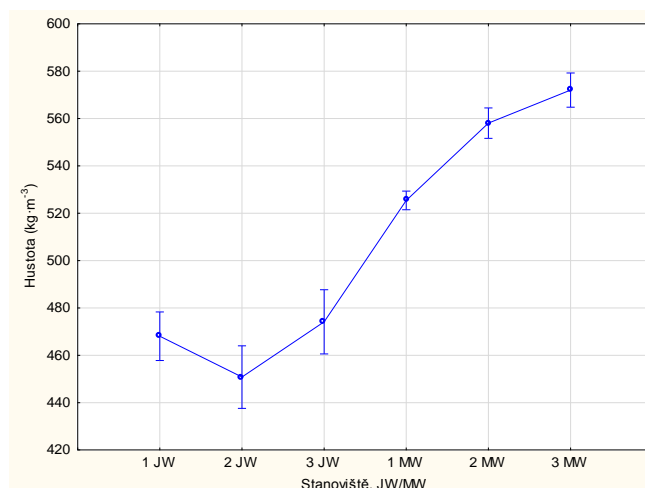


Obr. 45 Intervaly hustoty při vlhkosti 0 % z jednotlivých stanovišť

	1	2	3
1		0,000160	0,000022
2	0,000160		0,043737
3	0,000022	0,043737	

Tab. 24 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými stanovišti

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 46) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v hustotě. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 25) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné mezi juvenilním dřevem ze všech stanovišť. V zóně zralého dřeva se neliší pouze hodnoty hustot ze stanoviště 2 (SLT 3B) a ze stanoviště 3 (SLT 3A). Statistické nevýznamné rozdíly mezi juvenilním a zralým dřevem nebyly zjištěny.



Obr. 46 ANOVA - Intervaly hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % z jednotlivých stanovišť

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,459919	0,989381	0,000020	0,000020	0,000020
2 JW	0,459919		0,161034	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,989381	0,161034		0,000022	0,000020	0,000020
1 MW	0,000020	0,000020	0,000022		0,000020	0,000020
2 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020		0,078981
3 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,078981	

Tab. 25 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými stanovišti

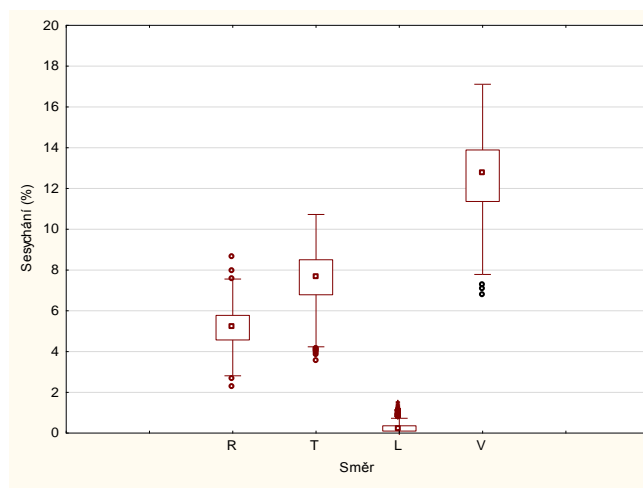
5.3 Sesychání dřeva

5.3.1 Celkové sesychání dřeva ze všech stanovišť

Průměrná hodnota celkového objemového sesychání je 12,63 %, hodnota celkového sesychání v radiálním směru je 5,18 %, hodnota celkového sesychání v tangenciálním směru je 7,63 % a hodnota celkového sesychání v podélném směru je 0,25 % (tab. 26). Medián se příliš neliší od střední hodnoty, data se blíží normálnímu rozdělení. Extrémně vysoký variační koeficient u celkového podélného sesychání svědčí o vysoké nepřesnosti vyrovnanosti hodnot sesychání. Krabicový graf (obr. 47) znázorňuje rozdíl mezi celkovým sesycháním v radiálním, tangenciálním, podélném směru a celkové objemové sesychání.

	R	T	L	V
Střední hodnota (%)	5,18	7,63	0,25	12,63
Medián (%)	5,18	7,70	0,20	12,72
Směr. odchylka (%)	0,99	1,31	0,23	1,81
Rozptyl výběru (%)	0,98	1,72	0,05	3,28
Variační koeficient (%)	19,06	17,17	93,43	14,34
Rozdíl max-min (%)	16,92	7,16	2,11	17,10
Minimum (%)	2,24	3,56	-0,67	6,76
Maximum (%)	19,16	10,73	1,44	23,86
Počet (ks)	1358	1358	1358	1358

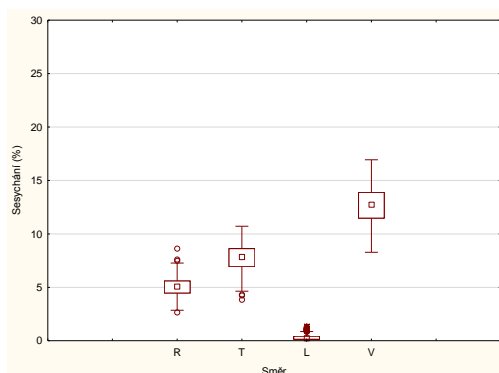
Tab. 26 Celkové sesychání v radiálním, tangenciálním, podélném směru a celkové objemové sesychání – všechna stanoviště



Obr. 47 Krabicový graf celkového radiálního, tangenciálního, podélného a celkového objemového sesychání – všechna stanoviště

5.3.2 Sesychání dřeva dle stanovišť

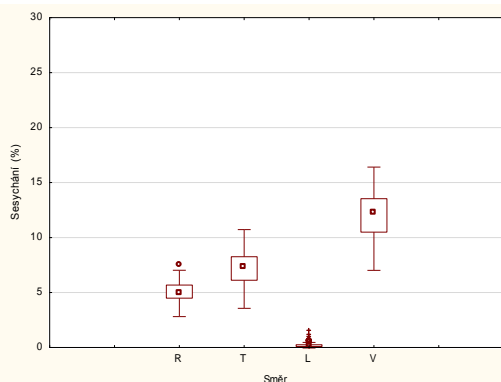
Popisná statistika hustoty kmenů z jednotlivých stanovišť je uvedena v tab. 27, tab. 28 a tab. 29. Z obr. 48, obr. 49 a obr. 50 je patrné, že na všech stanovištích jsou z hlediska směrového sesychání nejvyšší hodnoty u sesychání tangenciálního. Nejvyšší hodnota radiálního sesychání a objemového sesychání je na stanovišti 3 na SLT 3A. Nejvyšší hodnota tangenciálního a podélného sesychání je na stanovišti 1 na SLT 3K.



Obr. 48 Krab. graf celk. radiál., tangenciál., podélného a celk. objem. sesych. – stan. 1

	R	T	L	V
Střední hodnota (%)	5,06	7,80	0,29	12,71
Medián (%)	5,09	7,85	0,23	12,74
Směr. odchylka (%)	0,85	1,19	0,27	1,65
Rozptyl výběru (%)	0,72	1,41	0,07	2,71
Variač. koeficient (%)	16,74	15,22	92,66	12,95
Rozdíl max-min (%)	5,98	6,87	2,00	8,66
Minimum (%)	2,64	3,86	-0,67	8,28
Maximum (%)	8,63	10,72	1,34	16,94
Počet (ks)	784	784	784	784

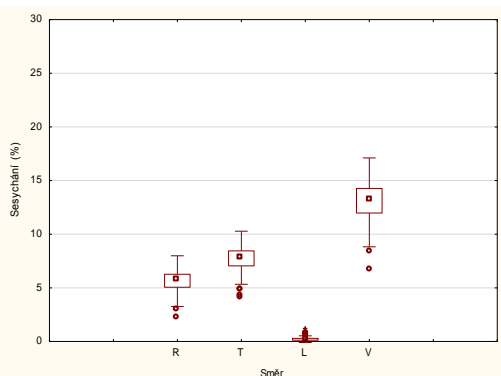
Tab. 27 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 1



Obr. 49 Krab. graf celk. radiál., tangenciál., podélného a celk. objem. sesych. – stan. 2

	R	T	L	V
Střední hodnota (%)	5,12	7,20	0,19	12,10
Medián (%)	5,04	7,35	0,17	12,22
Směr. odchylka (%)	1,15	1,31	0,16	1,96
Rozptyl výběru (%)	1,33	1,71	0,03	3,84
Variač. koeficient (%)	22,55	18,15	87,17	16,18
Rozdíl max-min (%)	6,00	7,16	1,58	4,56
Minimum (%)	2,81	3,56	-0,13	7,02
Maximum (%)	8,81	10,73	1,44	11,58
Počet (ks)	316	316	316	316

Tab. 28 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 2



Obr. 50 Krab. graf celk. radiál., tangenciál., podélného a celk. objem. sesych. – stan. 3

	R	T	L	V
Střední hodnota (%)	5,66	7,71	0,21	13,11
Medián (%)	5,70	7,75	0,20	1,23
Směr. odchylka (%)	1,03	1,08	0,17	1,72
Rozptyl výběru (%)	1,06	1,16	0,03	2,96
Variač. koeficient (%)	18,24	13,94	79,22	13,12
Rozdíl max-min (%)	5,88	6,15	1,43	9,24
Minimum (%)	2,24	4,14	-0,23	8,28
Maximum (%)	8,12	10,28	1,20	17,52
Počet (ks)	258	258	258	258

Tab. 29 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 3

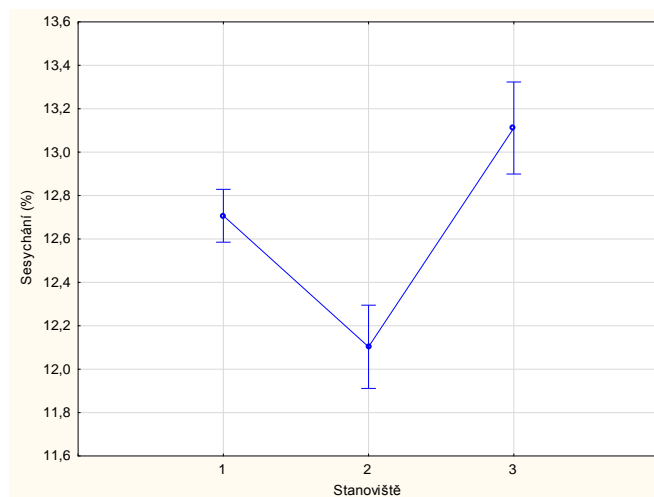
5.3.3 Srovnání celkového sesychání juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Hodnoty celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 30. Nejvyšší hodnota celkového objemového sesychání v zóně juvenilního dřeva je na SLT 3K, a to 11,71 %. Naopak nejmenší hodnota celkového objemového sesychání je na SLT 3B, a to 10,55 %. Největší hodnota celkového objemového sesychání v zóně zralého dřeva je na SLT 3A a to 13,63 %. Naopak nejmenší hodnota celkového objemového sesychání je na SLT 3A, a to 12,48 %. Relativně nízké variační koeficienty jsou způsobeny relativně malými odchylkami jednotlivých hodnot celkového objemového sesychání v rámci vylišených typů dřeva. Rozložení hodnot je poměrně rovnoměrné, tomu odpovídá i podobná hodnota mediánu a aritmetického průměru.

Celkové objemové sesychání (%)			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (%)	11,71	12,86
	Směr. odch. (%)	1,19	1,65
	Var. koef. (%)	10,13	12,85
	Rozptyl	1,41	2,73
	Medián (%)	11,84	12,90
Stanoviště 2	Aritm. průměr (%)	10,55	12,48
	Směr. odch. (%)	1,73	1,83
	Var. koef. (%)	16,41	14,69
	Rozptyl	3,00	3,36
	Medián (%)	10,20	12,49
Stanoviště 3	Aritm. průměr (%)	11,29	13,63
	Směr. odch. (%)	1,37	1,44
	Var. koef. (%)	12,15	10,53
	Rozptyl	1,88	2,06
	Medián (%)	11,44	13,61

Tab. 30 Tabulka celk. objem. sesychání juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 51) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v celkovém objemovém sesychání. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 31) bylo zjištěno, že mezi středními hodnotami celkového objemového sesychání všech 3 stanovišť existuje statisticky významný rozdíl.



Obr. 51 ANOVA - Intervaly celkového objemového sesychání z jednotlivých stanovišť

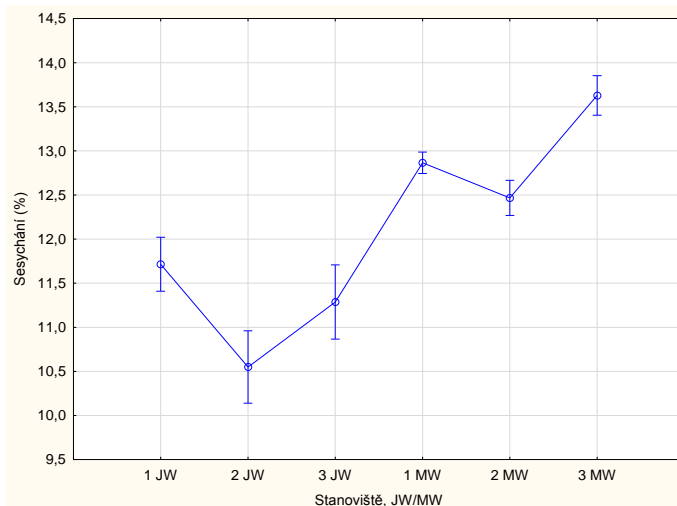
	1	2	3
1		0,000057	0,022458
2	0,000057		0,000022
3	0,022458	0,000022	

Tab. 31 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot celkového objemového sesychání mezi jednotlivými stanovišti

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 52) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v hodnotách celkového objemového sesychání. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 32) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné pouze u juvenilního dřeva stanoviště 3 (SLT 3A) se stanovišti 1 a 2 (SLT 3K, 3B), u zralého dřeva se střední hodnoty neshodují ve všech případech s výjimkou stanoviště 1 (SLT 3K) se stanovištěm 2 (SLT 3B). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn i mezi juvenilním dřevem a zralým dřevem na všech stanovištích.

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,001152	0,719593	0,000023	0,008428	0,000020
2 JW	0,001152		0,146336	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,719593	0,146336		0,000023	0,001399	0,000020
1 MW	0,000023	0,000020	0,000023		0,060166	0,000052
2 MW	0,008428	0,000020	0,001399	0,060166		0,000020
3 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,000052	0,000020	

Tab. 32 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti



Obr. 52 Intervaly celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

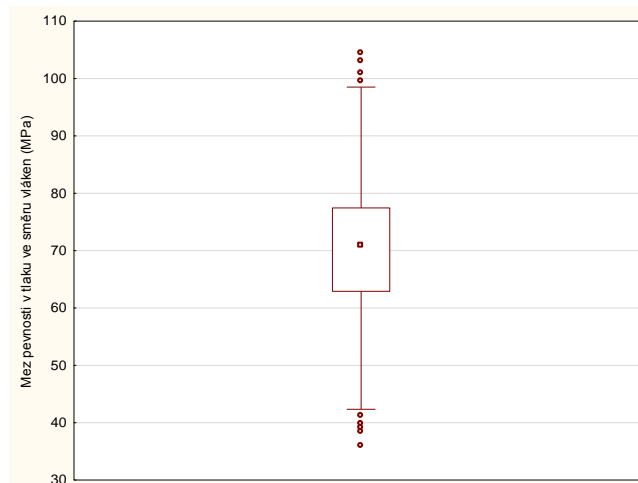
5.4 Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken

5.4.1 Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken ze všech stanovišť

Průměrná hodnota meze pevnosti dřeva v tlaku podél vláken ze všech stanovišť je 70,33 MPa. Průměr se neshoduje s mediánem, data mají mírné pravostranné rozdělení (tab. 33 a obr. 53).

	Mez pevnosti
	σ_p II
Střední hodnota (MPa)	70,33
Medián (MPa)	70,80
Směr. odchylka (MPa)	10,87
Rozptyl výběru	118,22
Variační koeficient (%)	15,46
Rozdíl max-min (MPa)	68,46
Minimum (MPa)	35,89
Maximum (MPa)	104,35
Počet (ks)	718

Tab. 33 Popisná statistika meze pevnosti v tlaku podél vláken – všechna stanoviště



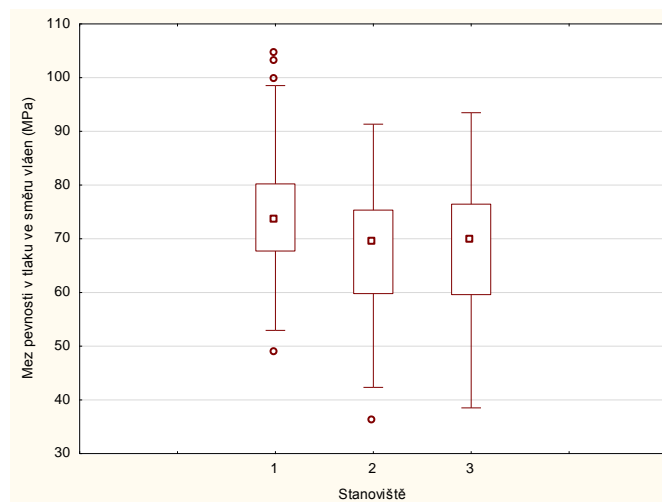
Obr. 53 Krabicový graf meze pevnosti v tlaku podél vláken – všechna stanoviště

5.4.2 Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken dle stanovišť

Hodnoty meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť uvádí obr. 54 a popisnou statistiku tab. 34. Nejvyšší hodnota mediánu je na stanovišti 1 na SLT 3K a to 73,48 MPa s mírně levostranným rozdělením. Následuje hodnota mediánu na stanovišti 3 na SLT 3A a to 69,51 MPa s mírně pravostranným rozdělením. Nejnižší hodnota mediánu je na stanovišti 2 na SLT 3B a to 69,21 MPa s mírně pravostranným rozdělením.

	Mez pevnosti		
	σ _p II - Stanoviště		
	1	2	3
Střední hodnota (MPa)	74,21	67,62	67,98
Medián (MPa)	73,48	69,21	69,51
Směr. odchylka (MPa)	9,73	10,89	10,96
Rozptyl výběru	94,66	118,63	120,13
Variační koeficient (%)	94,66	118,63	120,13
Rozdíl max-min (MPa)	55,61	55,45	54,95
Minimum (MPa)	48,74	35,89	38,52
Maximum (MPa)	104,35	91,34	93,47
Počet (ks)	264	250	216

Tab. 34 Popisná statistika meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť



Obr. 54 Krabicový graf meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť

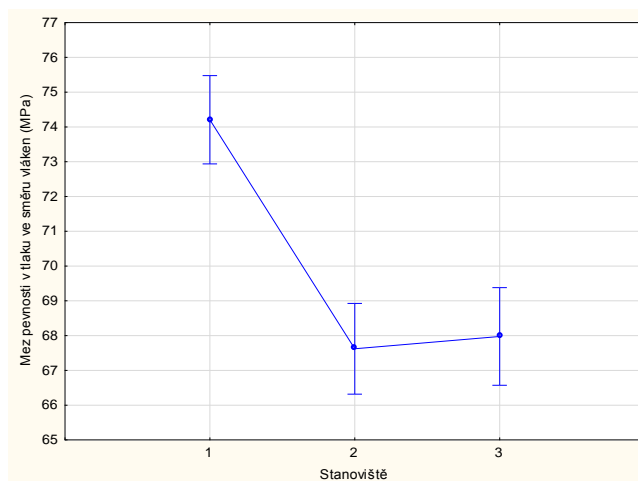
5.4.3 Srovnání meze pevnosti v tlaku juvenilního a zralého dřeva dle SLT

Hodnoty meze pevnosti v tlaku podél vláken juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 35. Nejvyšší hodnota meze pevnosti v zóně juvenilního dřeva je na SLT 3K, a to 65,42 MPa, nejmenší hodnota je na SLT 3B, a to 54,69 MPa. Největší hodnota meze pevnosti v zóně zralého dřeva je na SLT 3K a to 75,87 MPa. Naopak nejmenší hodnota meze pevnosti je na SLT 3B, a to 71,02 MPa.

Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (MPa)	65,42	75,87
	Směr. odch. (MPa)	8,48	9,21
	Var. koef. (%)	12,97	12,14
	Rozptyl	71,96	84,85
	Medián (MPa)	62,60	74,09
Stanoviště 2	Aritm. průměr (MPa)	54,69	71,02
	Směr. odch. (MPa)	7,79	8,86
	Var. koef. (%)	14,24	12,48
	Rozptyl	60,70	78,53
	Medián (MPa)	54,87	71,23
Stanoviště 3	Aritm. průměr (MPa)	54,97	73,92
	Směr. odch. (MPa)	7,83	8,01
	Var. koef. (%)	14,24	10,83
	Rozptyl	61,29	64,12
	Medián (MPa)	55,08	74,95

Tab. 35 Tabulka meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 55) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v mezích pevností v tlaku ve směru vláken. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 36) bylo zjištěno, že mezi středními hodnotami meze pevnosti se neliší stanoviště 2 (SLT 3B) od stanoviště 3 (SLT 3A).

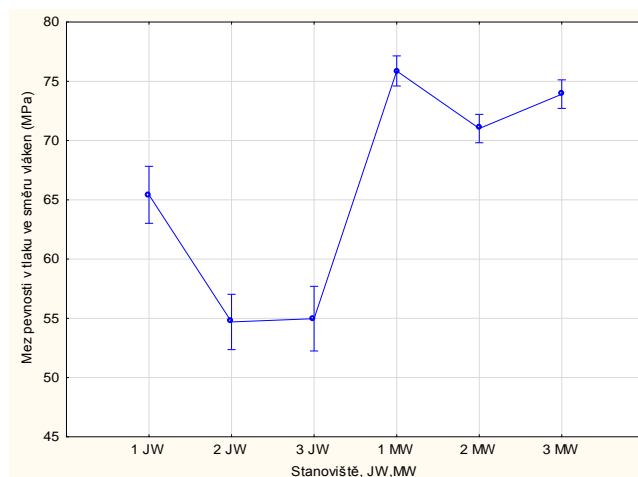


Obr. 55 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v tlaku ve směru vláken z jednotlivých stanovišť

	1	2	3
1		0,000022	0,000022
2	0,000022		0,935196
3	0,000022	0,935196	

Tab. 36 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v tlaku ve směru vláken mezi jednotlivými stanovišti

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 56) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v hodnotách meze pevnosti v tlaku podél vláken. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 37) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné pouze u juvenilního dřeva stanoviště 3 (SLT 3A) se stanovištěm 2 (SLT 3B), u zralého dřeva se střední hodnoty neshodují ve všech případech s výjimkou stanoviště 1 (SLT 3K) se stanovištěm 3 (SLT 3A). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn i mezi juvenilním dřevem a zralým dřevem na všech stanovištích.



Obr. 56 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,000020	0,000022	0,000020	0,015539	0,000033
2 JW	0,000020		0,999993	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,000022	0,999993		0,000020	0,000020	0,000020
1 MW	0,000020	0,000020	0,000020		0,000022	0,269801
2 MW	0,015539	0,000020	0,000020	0,000022		0,011063
3 MW	0,000033	0,000020	0,000020	0,269801	0,011063	

Tab. 37 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

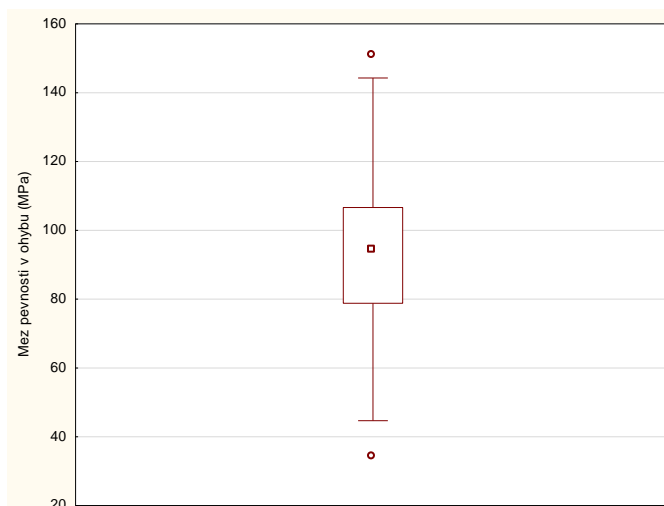
5.5 Mez pevnosti v ohybu

5.5.1 Mez pevnosti v ohybu ze všech stanovišť

Hodnota meze pevnosti v ohybu ze všech stanovišť je 93,12 MPa (tab. 38 a obr. 57).

	Mez pev. v ohybu
Střední hodnota (MPa)	93,12
Medián (MPa)	94,19
Směr. odchylka (MPa)	19,09
Rozptyl výběru	364,40
Variační koeficient (%)	20,50
Rozdíl max-min (MPa)	116,64
Minimum (MPa)	34,17
Maximum (MPa)	150,81
Počet (ks)	464

Tab. 38 Popisná statistika meze pevnosti v ohybu – všechna stanoviště



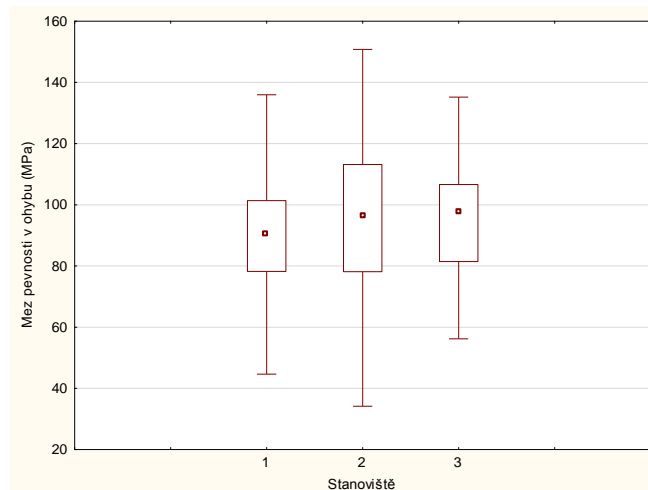
Obr. 57 Krabicový graf meze pevnosti v ohybu – všechna stanoviště

5.5.2 Mez pevnosti v ohybu dle stanovišť

Dle popisné analýzy (tab. 39) a krabicového grafu (obr. 58) se největší mezi v ohybu charakterizuje stanoviště 2 na SLT 3B 95,22 MPa, nejmenší pevnost v ohybu má soubor na stanovišti na SLT 3K 90,53 MPa. Hodnoty u všech souborů jsou symetricky rozloženy, což vyplývá z malých rozdílů mezi hodnotami aritmetických průměrů a mediánů. Variační koeficienty v rozmezí 19,04 % až 23,03 % poukazují na nízkou variabilitu dat.

	Mez pevnosti v ohybu - stanoviště		
	1	2	3
Střední hodnota (MPa)	90,53	95,22	95,04
Medián (MPa)	90,60	96,58	97,29
Směr. odchylka (MPa)	17,24	21,92	17,87
Rozptyl výběru	297,21	480,70	319,37
Variační koeficient (%)	19,04	23,03	18,80
Rozdíl max-min (MPa)	91,30	116,64	79,03
Minimum (MPa)	44,66	34,17	56,19
Maximum (MPa)	135,96	150,81	135,22
Počet (ks)	204	147	113

Tab. 39 Popisná statistika meze pevnosti v ohybu dle stanovišť



Obr. 58 Krabicový graf meze pevnosti v ohybu dle stanovišť

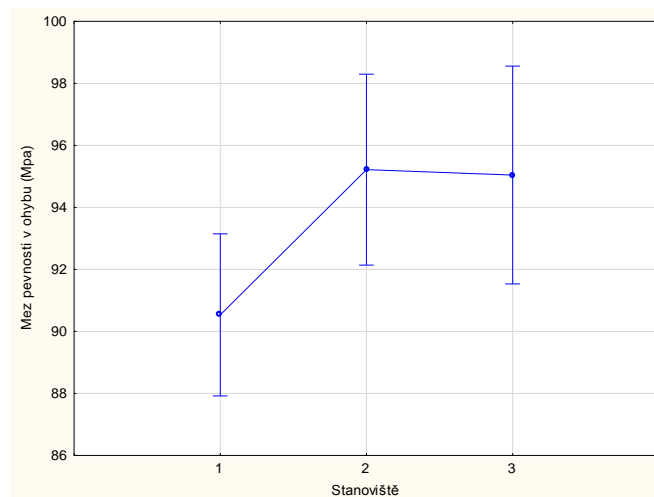
5.5.3 Srovnání meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle SLT

Hodnoty meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 40. Nejvyšší hodnota meze pevnosti v zóně juvenilního dřeva je na SLT 3K, a to 77,45 MPa, nejmenší hodnota je na SLT 3B, a to 65,75 MPa. Největší hodnota meze pevnosti v zóně zralého dřeva je na SLT 3B a to 100,68 MPa. Naopak nejmenší hodnota meze pevnosti je na SLT 3K, a to 93,53 MPa.

Mez pevnosti v ohybu			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (MPa)	77,45	93,53
	Směr. odch. (MPa)	17,34	15,80
	Var. koef. (%)	22,39	16,90
	Rozptyl	300,76	249,75
	Medián (MPa)	74,31	93,77
Stanoviště 2	Aritm. průměr (MPa)	65,75	100,68
	Směr. odch. (MPa)	13,17	18,63
	Var. koef. (%)	20,04	18,50
	Rozptyl	173,55	347,10
	Medián (MPa)	65,12	101,98
Stanoviště 3	Aritm. průměr (MPa)	75,13	100,13
	Směr. odch. (MPa)	10,06	15,76
	Var. koef. (%)	13,40	15,73
	Rozptyl	101,30	248,24
	Medián (MPa)	72,84	101,51

Tab. 40 Tabulka meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 59) bylo zjištěno, že mezi zkoumanými stanovišti neexistuje statisticky významný rozdíl v mezích pevností v ohybu. Pro podrobnější charakteristiku byla provedena Tukeyho metoda mnohonásobného porovnání (tab. 41).

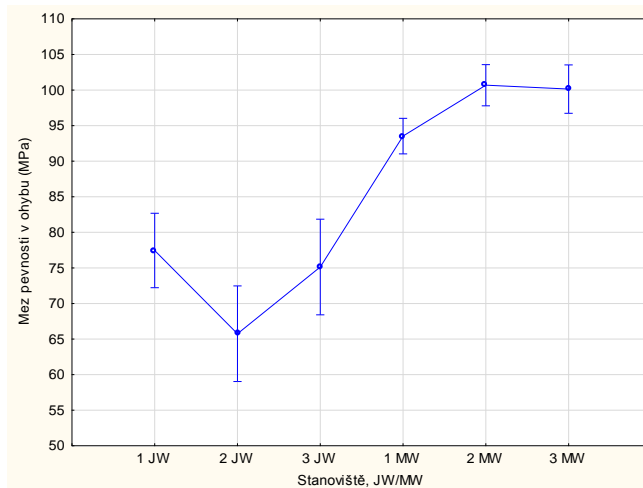


Obr. 59 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v ohybu z jednotlivých stanovišť

	1	2	3
1		0,087017	0,174610
2	0,087017		0,997425
3	0,174610	0,997425	

Tab. 41 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v ohybu mezi jednotlivými stanovišti

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 60) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v hodnotách meze pevnosti v ohybu. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 42) bylo zjištěno, že střední hodnoty jsou ze statistického hlediska shodné mezi všemi zkoumanými stanovišti u juvenilního dřeva, u zralého dřeva se střední hodnoty shodují u stanoviště 3 (SLT 3A) se stanovišti 1 a 2 (SLT 3K, 3A). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn i mezi juvenilním dřevem a zralým dřevem na všech stanovištích.



Obr. 60 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,149660	0,996893	0,000290	0,000020	0,000020
2 JW	0,149660		0,377660	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,996893	0,377660		0,001981	0,000022	0,000023
1 MW	0,000290	0,000020	0,001981		0,007836	0,074989
2 MW	0,000020	0,000020	0,000022	0,007836		0,999922
3 MW	0,000020	0,000020	0,000023	0,074989	0,999922	

Tab. 42 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

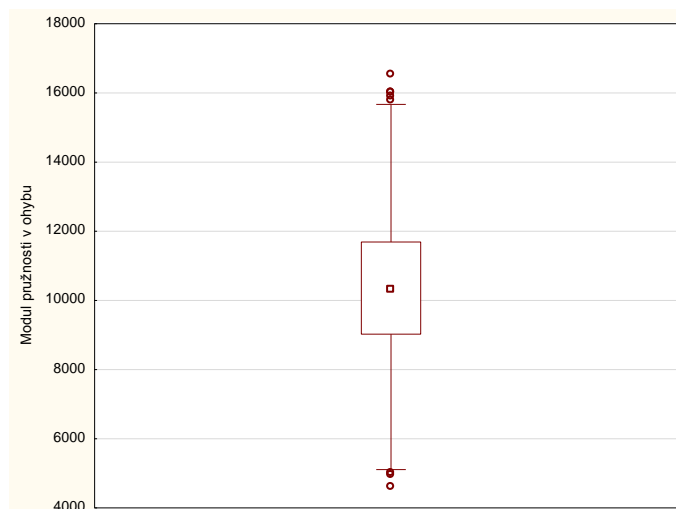
5.6 Modul pružnosti v ohybu

5.6.1 Modul pružnosti v ohybu ze všech stanovišť

Modul pružnosti v ohybu ze všech stanovišť je 10 313,21 MPa (tab. 43 a obr. 61).

	Modul pruž. v ohybu
Střední hodnota (MPa)	10313,21
Medián (MPa)	10294,13
Směr. odchylka (MPa)	2118,50
Variační koeficient (%)	20,54
Rozdíl max-min (MPa)	11948,66
Minimum (MPa)	4565,42
Maximum (MPa)	16514,08
Počet (ks)	464

Tab. 43 Popisná statistika modulu pružnosti v ohybu – všechna stanoviště



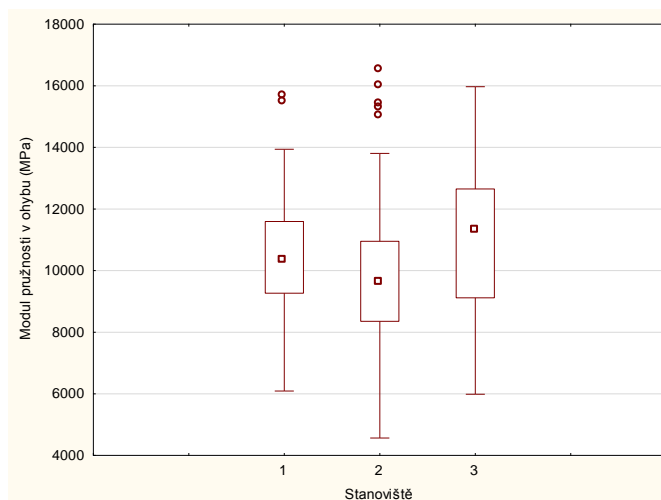
Obr. 61 Krabicový graf modulu pružnosti v ohybu – všechna stanoviště

5.6.2 Modul pružnosti v ohybu dle stanovišť

Největším modulem pružnosti v ohybu se vyznačuje soubor na stanovišti 3 na SLT 3A a to 11 018,77 MPa. Následuje stanoviště 1 na SLT 3K s hodnotou 10 350,06 MPa. Nejmenším modulem pružnosti v ohybu se vyznačuje soubor na stanovišti 2 na SLT 3B a to 9 719,70 MPa. Hodnoty na stanovišti 1 jsou symetricky rozloženy, což vyplývá z malých rozdílů mezi hodnotami aritmetického průměru a mediánu. Hodnoty na stanovišti 2 jsou mírně levostranné a na stanovišti 3 naopak mírně pravostranné. Variační koeficienty v rozmezí 17,17 % až 22,56 % poukazují na nízkou variabilitu dat (obr. 62 a tab. 44).

	Modul pružnosti v ohybu		
	1	2	3
Střední hodnota (MPa)	10350,06	9719,70	11018,77
Medián (MPa)	10325,89	9576,71	11317,27
Směr. odchylka (MPa)	1777,17	2193,08	2364,75
Rozptyl výběru	3158335,23	4809596,58	5592051,48
Variační koeficient (%)	17,17	22,56	21,46
Rozdíl max-min (MPa)	9577,02	11948,66	9983,23
Minimum (MPa)	6091,49	4565,42	5986,44
Maximum (MPa)	15668,51	16514,08	15969,67
Počet (ks)	204	147	113

Tab. 44 Popisná statistika modulu pružnosti v ohybu dle stanovišť



Obr. 62 Krabicový graf modulu pružnosti v ohybu dle stanovišť

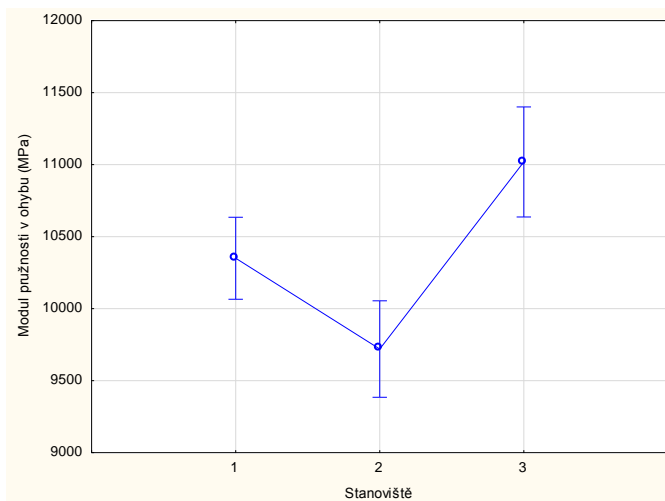
5.6.3 Srovnání modulu pružnosti v ohybu juven. a zralého dřeva dle SLT

Hodnoty modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť zobrazuje tab. 45. Nejvyšší hodnota modulu pružnosti v zóně juvenilního dřeva je na SLT 3K, a to 8 751,60 MPa, nejmenší hodnota je na SLT 3B, a to 6 991,70 MPa. Největší hodnota modulu pružnosti v zóně zralého dřeva je na SLT 3A, a to 11 793,92 MPa. Naopak nejmenší hodnotabje na SLT 3B, a to 10 225,70 MPa.

Modul pružnosti v ohybu			
		Typ dřeva	
		Juvenilní dřevo	Zralé dřevo
Stanoviště 1	Aritm. průměr (MPa)	8751,60	10715,97
	Směr. odch. (MPa)	1939,80	1522,75
	Var. koef. (%)	22,17	14,21
	Rozptyl	3762817,26	2318782,62
	Medián (MPa)	8365,66	10507,98
Stanoviště 2	Aritm. průměr (MPa)	6991,70	10225,70
	Směr. odch. (MPa)	1377,32	1928,72
	Var. koef. (%)	19,70	18,86
	Rozptyl	1897001,44	3719942,30
	Medián (MPa)	7229,24	10121,81
Stanoviště 3	Aritm. průměr (MPa)	7985,58	11793,92
	Směr. odch. (MPa)	1414,54	1886,10
	Var. koef. (%)	17,71	15,99
	Rozptyl	2000929,60	3557376,56
	Medián (MPa)	7836,90	11729,88

Tab. 45 Tabulka modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 63) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma stanovišti existuje statisticky významný rozdíl v modulu pružnosti v ohybu. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 46) bylo zjištěno, že mezi středními hodnotami modulu pružnosti v ohybu je statisticky významný rozdíl mezi všemi stanovišti.

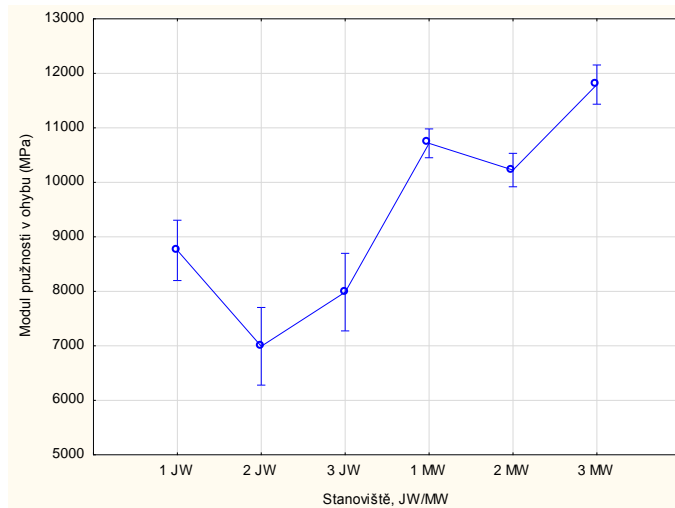


Obr. 63 Intervaly modulu pružnosti v ohybu z jednotlivých stanovišť

	1	2	3
1		0,024269	0,039859
2	0,024269		0,000028
3	0,039859	0,000028	

Tab. 46 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot modulu pružnosti v ohybu mezi jednotlivými stanovišti

Šetřením pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 64) bylo zjištěno, že alespoň mezi dvěma typy (JW – juvenilní dřevo, MW – zralé dřevo) dřev z jednotlivých stanovišť existuje statisticky významný rozdíl v hodnotách modulu pružnosti v ohybu. Pomocí Tukeyho metody mnohonásobného porovnání (tab. 47) bylo zjištěno, že střední hodnoty v juvenilní části jsou ze statistického hlediska odlišné pouze u stanoviště 1 (SLT 3K) a stanoviště 2 (SLT 3B), u zralého dřeva se střední hodnoty shodují u stanoviště 1 (SLT 3K) se stanovišti 2 (SLT 3A). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn i mezi juvenilním dřevem a zralým dřevem na všech stanovištích.



Obr. 64 Intervaly modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť

	1 JW	2 JW	3 JW	1 MW	2 MW	3 MW
1 JW		0,007791	0,667155	0,000031	0,002968	0,000020
2 JW	0,007791		0,377305	0,000020	0,000020	0,000020
3 JW	0,667155	0,377305		0,000021	0,000192	0,000020
1 MW	0,000031	0,000020	0,000021		0,227228	0,000461
2 MW	0,002968	0,000020	0,000192	0,227228		0,000020
3 MW	0,000020	0,000020	0,000020	0,000461	0,000020	

Tab. 47 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

5.7 Závislost vybraných fyzikálních a mechanických vlastností dřeva dle stanovišť na jeho makroskopické stavbě

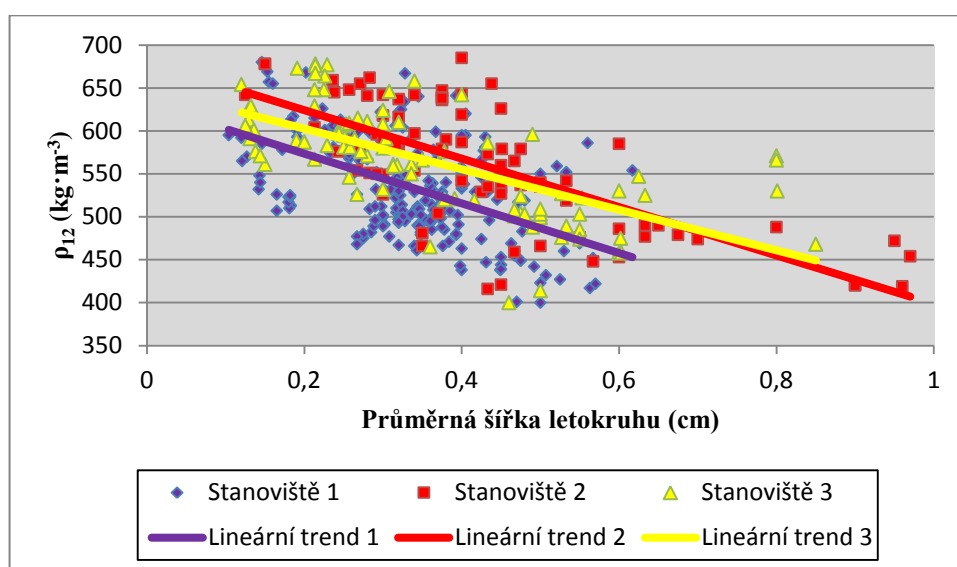
U zkušebních vzorků byly změřeny průměrné šířky letokruhů a podíl letního dřeva (tělíska 2×2×3 cm). Toto měření bylo provedeno za účelem zjištění vlivu těchto faktorů na ostatní vlastnosti dřev (tab. 48).

		SLT 3K		SLT 3B		SLT 3A	
		JW	MW	JW	MW	JW	MW
Podíl letního dřeva v letokruhu (%)	Arit. prům. (%)	39,27	45,05	32,2	46,05	41,74	46,87
	Směr. odch. (%)	3,51	3,88	5,79	5,65	4,37	5,82
	Var. koef. (%)	8,94	8,62	17,99	12,27	10,48	12,43
Průměrná šířka letokruhu (mm)	Arit. prům. (%)	3,997	3,005	5,143	2,742	4,698	2,328
	Směr. odch. (%)	1,04	1,23	1,68	1,42	1,42	1,04
	Var. koef. (%)	25,91	41,01	32,69	51,71	30,32	44,7

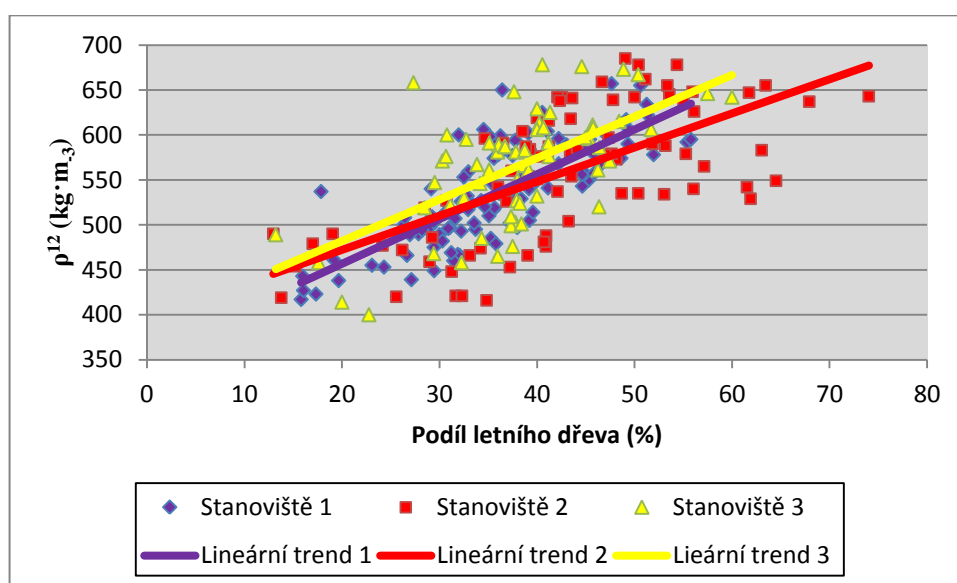
Tab. 48 Průměrné hodnoty podílu letního dřeva a šířky letokruhu

5.7.1 Hustota dřeva

Vliv stavby dřeva na jeho hustotu zobrazuje obr. 65 a obr. 66. Grafy obsahují soubory dat pro všechny tři stanoviště i hodnoty juvenilního dřeva a dřeva zralého. Tab. 49 a 50 dále zobrazují rovnici regrese a koeficient determinace R^2 . Z grafů je patrné, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá hustota a naopak. S rostoucím podílem letního dřeva roste i hustota a naopak. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti hustoty na průměrné šířce letokruhu na SLT 3K je malá, na SLT 3B a 3A je střední. Míra závislosti hustoty je na podílu letního dřeva na všech stanovištích střední.



Obr. 65 Závislost hustoty na průměrné šířce letokruhu při $w = 12\%$ dle stanovišť



Obr. 66 Závislost hustoty na podílu letního dřeva při $w = 12\%$ dle stanovišť dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = -288,74x + 631,17$	$R^2 = 0,2473$
2	$y = -281,91x + 680,54$	$R^2 = 0,5087$
3	$y = -236,07x + 649,79$	$R^2 = 0,4315$

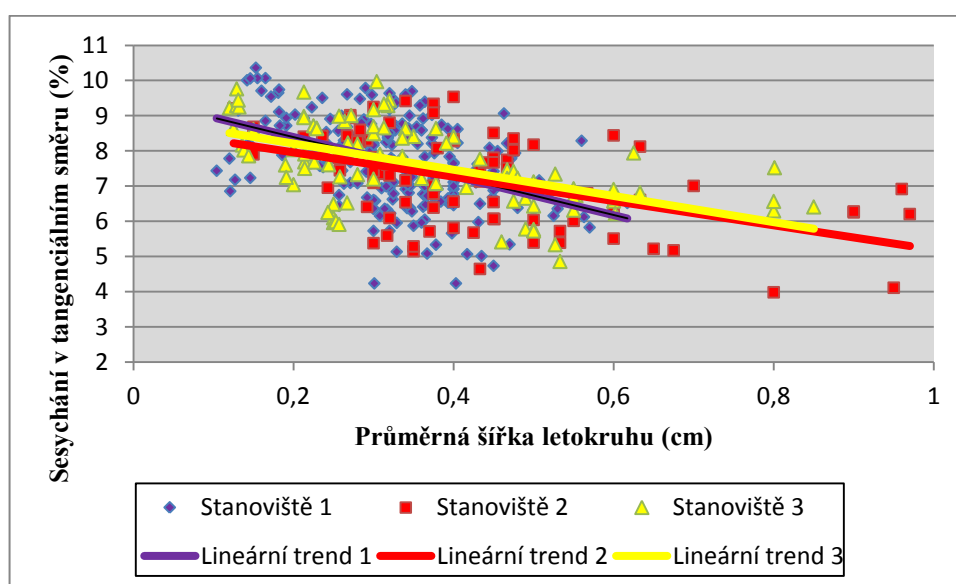
Tab. 49 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty na průměrné šířce letokruhu při $w = 12\%$ dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = 4,9818x + 356,99$	$R^2 = 0,6082$
2	$y = 3,798x + 396,23$	$R^2 = 0,4229$
3	$y = 4,6131x + 389,91$	$R^2 = 0,3794$

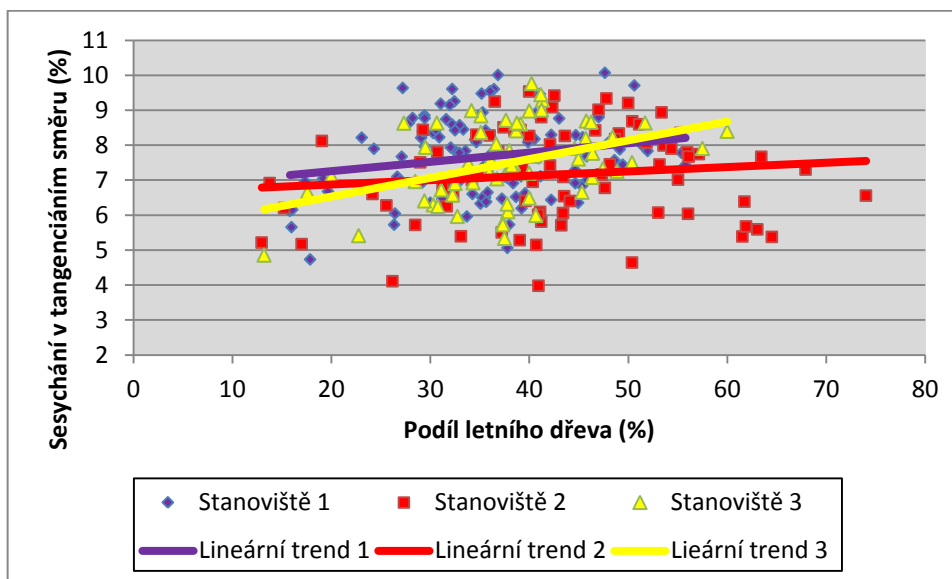
Tab. 50 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty na podílu letního dřeva při $w = 12\%$ dle stanovišť

5.7.2 Sesychání

Závislosti sesychání v tangenciálním směru na podílu letního dřeva a průměrné šířce letokruhů zobrazuje obr. 67 a obr. 68. Grafy obsahují soubory dat pro všechny tři stanoviště i hodnoty juvenilního dřeva a dřeva zralého. Tab. 51 a 52 dále zobrazují rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafů je patrné, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá sesychání a naopak. S rostoucím podílem letního dřeva roste i sesychání a naopak. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti tangenciálního sesychání je na průměrné šířce letokruhu na všech stanovištích nízká. Míra závislosti sesychání je na podílu letního dřeva na všech stanovištích slabá čili nepoužitelná.



Obr. 67 Závislost tangenciálního sesychání na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť



Obr. 68 Závislost tangenciálního sesychání na podílu letního dřeva dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = -5,5414x + 9,5004$	$R^2 = 0,2041$
2	$y = -3,4652x + 8,6513$	$R^2 = 0,2317$
3	$y = -3,7322x + 8,9554$	$R^2 = 0,2993$

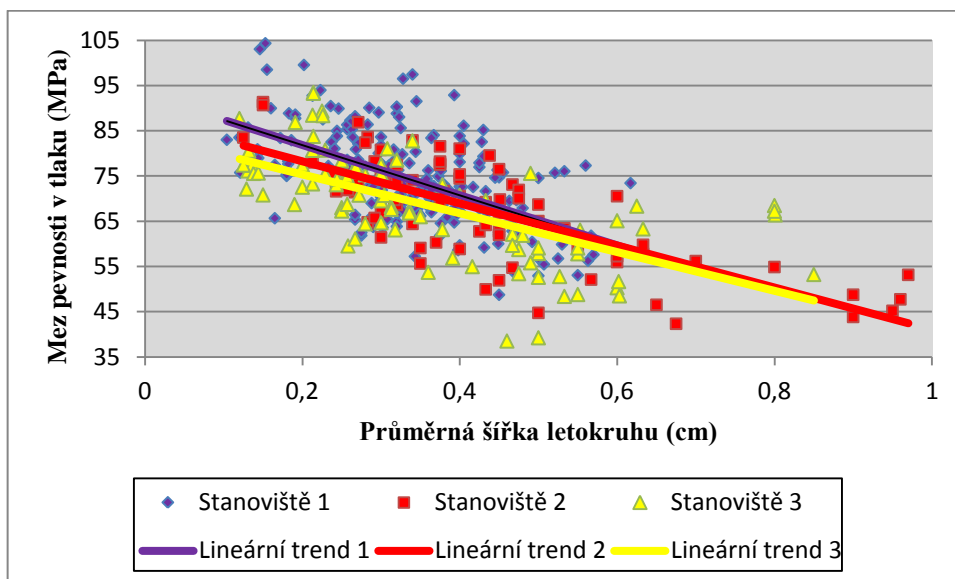
Tab. 51 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro tangenciálního sesychání na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = 0,0267x + 6,7215$	$R^2 = 0,0423$
2	$y = 0,0124x + 6,6288$	$R^2 = 0,0135$
3	$y = 0,0535x + 5,4616$	$R^2 = 0,1656$

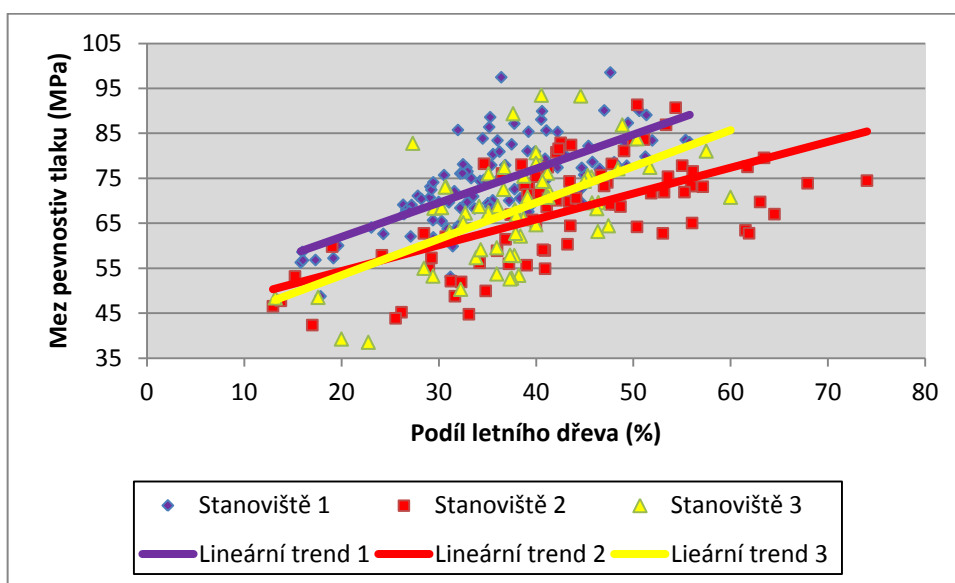
Tab. 52 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost tangenciálního sesychání na podílu letního dřeva dle stanovišť

5.7.3 Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken

Závislosti meze pevnosti na podílu letního dřeva a průměrné šířce letokruhů zobrazuje obr. 69 a obr. 70. Grafy obsahují soubory dat pro všechny tři stanoviště i hodnoty juvenilního dřeva a dřeva zralého. Tab. 53 a 54 dále zobrazují rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafů je patrné, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá mez pevnosti a naopak. S rostoucím podílem letního dřeva roste i mez pevnosti a naopak. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti meze pevnosti je na průměrné šířce letokruhu na SLT 3K nízká, na SLT 3B a 3A střední. Míra závislosti meze pevnosti je na podílu letního dřeva na SLT 3K střední, na ostatních dvou nízká.



Obr. 69 Závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken dřeva na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť



Obr. 70 Závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na podílu letního dřeva dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = -55,441x + 92,901$	$R^2 = 0,3118$
2	$y = -46,475x + 87,508$	$R^2 = 0,5622$
3	$y = -42,916x + 83,912$	$R^2 = 0,4123$

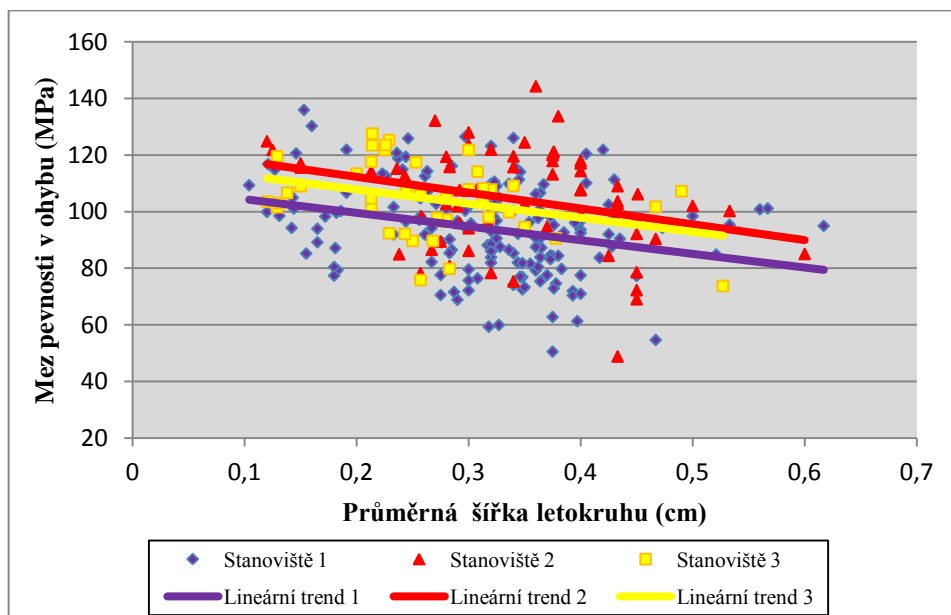
Tab. 53 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = 0,7584x + 46,827$	$R^2 = 0,4871$
2	$y = 0,575x + 42,831$	$R^2 = 0,3942$
3	$y = 0,8057x + 37,341$	$R^2 = 0,333$

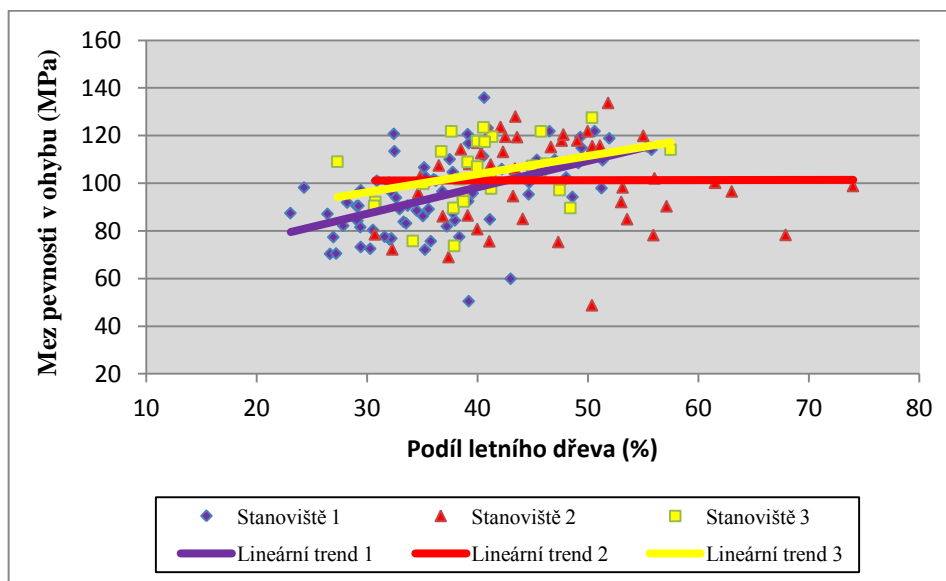
Tab. 54 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na podílu letního dřeva dle stanovišť

5.7.4 Mez pevnosti v ohybu

Závislosti meze pevnosti na podílu letního dřeva a průměrné šířce letokruhů zobrazuje obr. 71 a obr. 72. Grafy obsahují soubory dat pro všechny tři stanoviště i hodnoty juvenilního dřeva a dřeva zralého. Tab. 55 a 56 dále zobrazují rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafů je patrné, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá mez pevnosti a naopak. S rostoucím podílem letního dřeva roste i mez pevnosti a naopak s výjimkou SLT 3B, kde je hodnota meze pevnosti téměř konstantní. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti meze pevnosti je na průměrné šířce letokruhu na SLT 3K nízká, na SLT 3B a 3A střední. Míra závislosti meze pevnosti je na podílu letního dřeva na všech stanovištích nízká.



Obr. 71 Závislost meze pevnosti dřeva v ohybu na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť



Obr. 72 Závislost meze pevnosti dřeva v ohybu na podílu letního dřeva dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = -74,812x + 116,01$	$R^2 = 0,1958$
2	$y = -98,147x + 135,67$	$R^2 = 0,4438$
3	$y = -62,199x + 117,34$	$R^2 = 0,3755$

Tab. 55 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro meze pevnosti dřeva v ohybu na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
1	$y = 1,1084x + 52,002$	$R^2 = 0,2956$
2	$y = 0,7572x + 61,477$	$R^2 = 0,1481$
3	$y = 1,3102x + 44,805$	$R^2 = 0,2914$

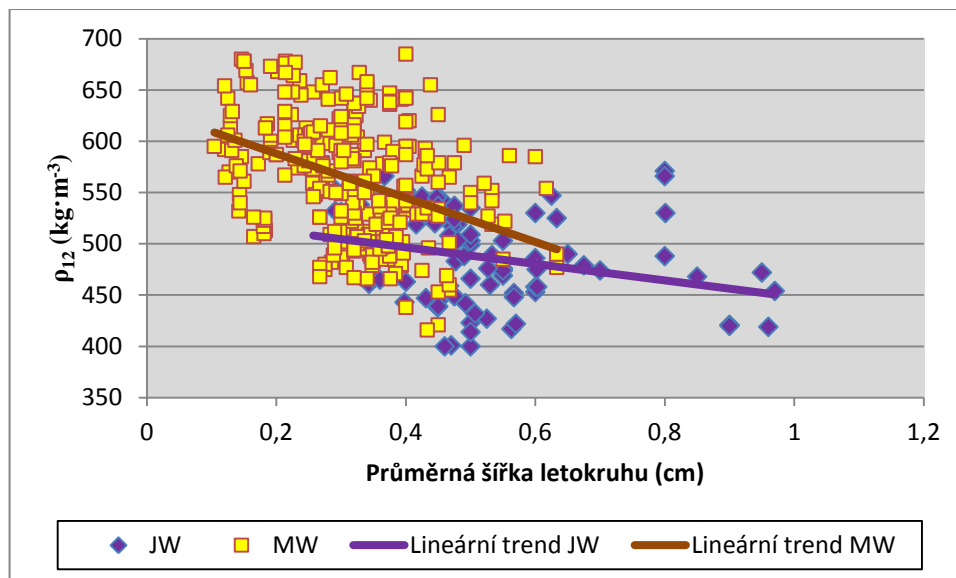
Tab. 56 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro meze pevnosti dřeva v ohybu na podílu letního dřeva dle stanovišť

5.8 Závislost vybraných fyzikálních a mechanických vlastností juvenilního a zralého dřeva na jeho makroskopické stavbě a hustotě

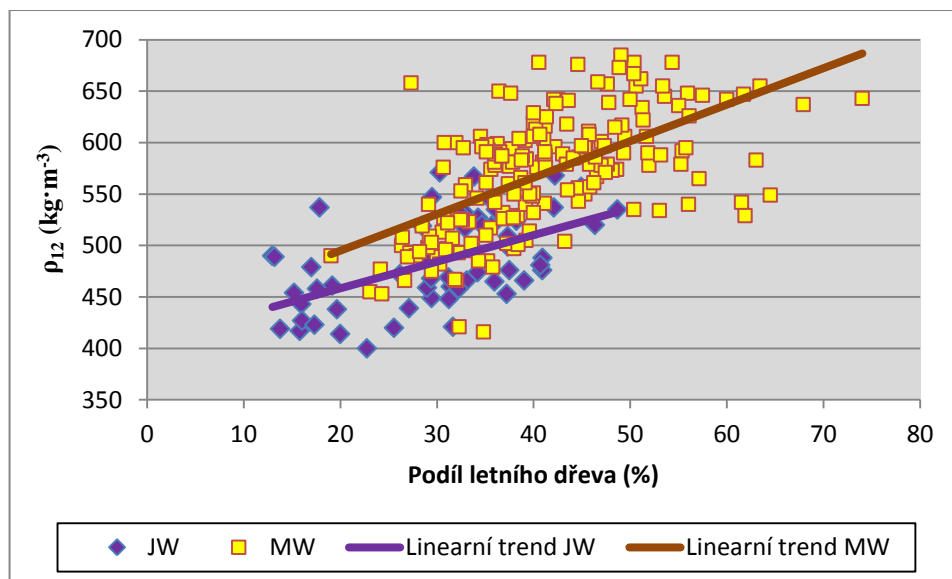
5.8.1 Hustota dřeva

Závislosti hustoty při vlhkosti 12 % na podílu letního dřeva a průměrné šířce letokruhů zobrazuje obr. 73 a obr. 74. Grafy obsahují soubory dat pro všechny tři stanoviště. Tab. 57 a 58 dále zobrazují rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafů je patrné, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá hustota a naopak. S rostoucím podílem letního dřeva roste i hustota a naopak. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti hustoty na průměrné šířce letokruhu obou

typů dřev je slabá. Míra závislosti hustoty je na podílu letního dřeva obou typů dřev nízká. Juvenilní dřevo více koreluje s průměrnou šířkou letokruhu, zatímco zralé dřevo je více závislé na podílu letního dřeva.



Obr. 73 Závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na průměrné šířce letokruhu při $w = 12\%$



Obr. 74 Závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12\%$

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
JW	$y = -215,56x + 631,12$	$R^2 = 0,1411$
MW	$y = -80,513x + 528,86$	$R^2 = 0,0787$

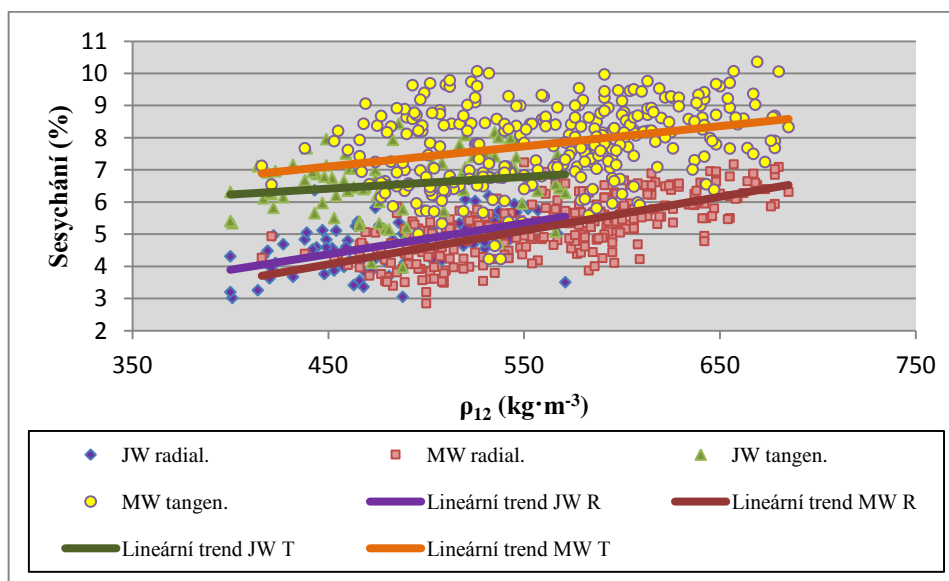
Tab. 57 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na průměrné šířce letokruhu při $w = 12\%$

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
JW	$y = 2,5829x + 406,74$	$R^2 = 0,2908$
MW	$y = 3,5513x + 423,84$	$R^2 = 0,3527$

Tab. 58 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$

5.8.2 Sesychání

Závislosti sesychání v radiálním a tangenciálním směru na hustotě při vlhkosti 12 % zobrazuje obr. 75. Graf obsahuje soubory dat pro všechny tři stanoviště. Tab. 59 dále zobrazuje rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafu je patrné, že se zvyšující se hustotou rostou i hodnoty sesychání. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti radiálního sesychání na hustotě obou typů dřev je nízká. Míra závislosti tangenciálního sesychání je na hustotě obou typů dřev slabá. Také je patrné, že juvenilní dřevo v závislosti na hustotě více sesychá v radiálním směru než dřevo zralé, které ale více sesychá ve směru tangenciálním.



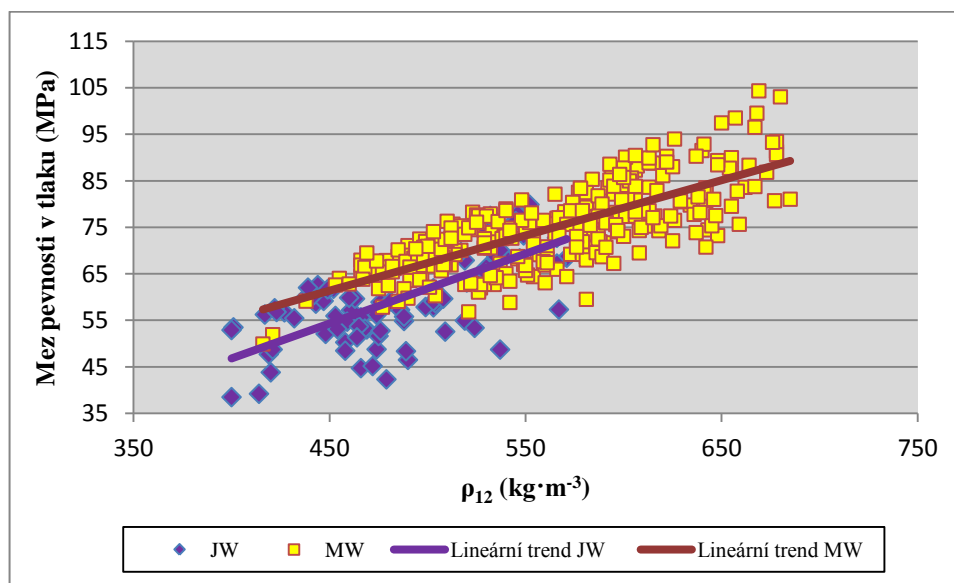
Obr. 75 Závislost radiálního a tangenciálního sesychání juvenilního a zralého dřeva na hustotě při $w = 12 \%$

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
JW radial.	$y = 0,0097x + 0,0282$	$R^2 = 0,3165$
MW radial.	$y = 0,0105x - 0,6752$	$R^2 = 0,461$
JW tangen.	$y = 0,0036x + 4,7814$	$R^2 = 0,0327$
MW tangen.	$y = 0,0063x + 4,2801$	$R^2 = 0,0943$

Tab. 59 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$

5.8.3 Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken

Závislosti meze pevnosti na hustotě při vlhkosti 12 % juvenilního a zralého dřeva zobrazuje obr. 76. Graf obsahuje soubory dat pro všechny tři stanoviště. Tab. 60 dále zobrazuje rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafu je patrné, že s rostoucí hustotou roste i mez pevnosti. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti meze pevnosti je na hustotě střední s vyšší korelací u dřeva zralého.



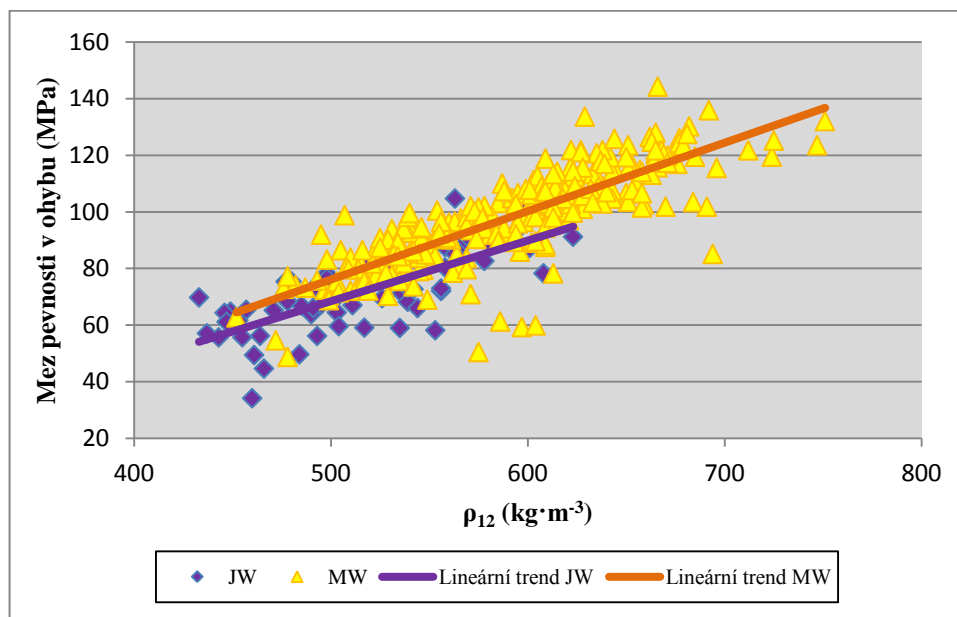
Obr. 76 Závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12\%$

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
JW	$y = 0,1501x - 13,233$	$R^2 = 0,4872$
MW	$y = 0,1187x + 7,9466$	$R^2 = 0,5821$

Tab. 60 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12\%$

5.8.4 Mez pevnosti v ohybu

Závislosti meze pevnosti na hustotě při vlhkosti 12 % zobrazuje obr. 77. Graf obsahuje soubory dat pro všechny tři stanoviště. Tab. 61 dále zobrazuje rovnici regrese a koeficient determinace R. Z grafu je patrné, že s rostoucí hustotou roste i mez pevnosti. Z hlediska velikosti koeficientů determinace R^2 je patrné, že míra závislosti meze pevnosti je na hustotě u obou typů dřev střední s tím, že u dřeva zralého tato hodnota téměř korelaci vysokou.



Obr. 77 Závislost meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12\%$

	Rovnice regrese	Koeficient determinace R
JW	$y = 0,2143x - 38,669$	$R^2 = 0,5793$
MW	$y = 0,2415x - 44,65$	$R^2 = 0,6755$

Tab. 61 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12\%$

6 Diskuse

Dřevo je přírodní materiál rostlinného původu s mnoha výhodami, ale i nevýhodami. Technické vlastnosti dřeva závisí přímo na jeho anatomické stavbě a jsou ovlivňovány faktory stanoviště, na němž dřevo vyrostlo a na němž se vytvářelo. Tyto okolnosti způsobují, že technické vlastnosti jsou v mnohem větší míře proměnlivé než u látek anorganických s homogennější strukturou jako jsou umělé materiály vyrobené lidstvem.

6.1 Makroskopická stavba – letokruhová analýza

Vzorníky byly odebrány ze tří stanovišť dle údajů z hospodářských knih, jedním z faktorů výběru konkrétních porostních skupin byl mimo jiné zvolen věk. Dle údajů z knih byl porost na SLT 3K charakterizován věkem 117 let, na SLT 3B 84 let a na SLT 3A 81 let. Z výsledků ale vyplývá, že údaje nekorespondují se skutečností, jelikož na SLT 3B byl zjištěn věk vzorníků od 75 do 100 let, na SLT 3B byl věk od 72 do 76 let a na SLT 3A od 62 do 74 let. Dále je nutno uvést, že odběrové místo na kmeni je ve výšce 1,3 metru a tudíž vzorky na letokruhovou analýzu nepokryly všechny letokruhy za celý život stromu. Tuto podmínku by splnily vzorky odebrané těsně u země, což by ale výrazně zkreslilo hodnoty dalších vlastností. Nicméně tyto významné rozdíly lze přičíst buď nekvalitním a nevypovídajícím zpracováním hospodářských knih, anebo tvrzením, že zkoumané stromy pocházejí z postupné přirozené obnovy, čemuž by odpovídal i různý věk stromů na jednotlivých stanovištích. Původ se nepodařilo prokázat.

Letokruhy stromu se obecně vyznačují postupným snižováním šířek letokruhů v důsledku stárnutí. Tento obecný trend byl v této práci zjištěn pouze na SLT 3B. Na SLT 3K vzorníky zvětšují šířky letokruhů od 45. roku života, na SLT 3A od 51. roku života. Vinš et al. (1996) uvádí, že např. domácí *Picea abies* se vyznačuje závislostí tloušťkového přírůstu na srážkách oproti introdukované *Pseudotsuga menziesii*, kde byla zjištěna větší závislost hodnot přírůstu na výkyvech počasí. Dle dostupných meteorologických měření lze konstatovat, že zvyšující se průměrná teplota od roku 1980 mohla mimo jiné přispět k vysokým přírůstům dřeva v pozdějším věku, dalším důvodem mohl být výchovný zásah podporující přístup světla, např. ponechání jako výstavky, clonná seč a její další fáze nebo obyčejný výchovný zásah snižující konkurenci s korelujícím zvýšeným světelným požitkem. Uvedené

průměrné teploty ale nevysvětlují snížený přírůst ve středním věku. Tento nízký přírůst lze vysvětlit zanedbanými výchovnými zásahy v porostu, kdy jednotlivé stromy douglasky čelily vysoké konkurenci stromů ostatních o světlo, živiny v půdě atd. Stanoviště nejvíce bohaté na živiny a s nadprůměrnou produkcí z uvedených je dle Viewegha (1999) na SLT 3B, čemuž odpovídá i intenzita tloušťkového přírůstu zjištěná v této práci, dostatek živin se projevuje dostatečným přírůstem i na SLT 3A. Tento trend se však potvrzuje pouze do 45. roku života, poté překvapivě největší přírůst charakterizuje stromy na SLT 3K. Tento velice neobvyklý trend může být způsoben uhelnou elektrárnou Poříčí nacházející se necelé 4 kilometry od zkoumané lokality, kdy negativní vliv síry, emisí dalších látek je jeden z nejrozebíranějších problémů v našem oboru. Analýza rozptylu šířek letokruhů poté uvádí, že při porovnání šířek po celém poloměru dřeva se liší pouze SLT 3A. Jestliže se ale diferencují zóny juvenilního a zralého dřeva, juvenilní dřevo se neliší na SLT 3B a 3A, u zralého dřeva se neliší SLT 3B od 3K. Jestliže Šlezingerová et al. (1996) tvrdí, že šířka letokruhu je u juvenilního dřeva většinou vyšší než u zralého dřeva, tento trend byl potvrzen. Další tvrzení však na všech stanovištích potvrzen nebyl a to, že s rostoucím průměrem kmene je šířka letokruhu menší, aby se zachoval obdobný objemový přírůst

Při porovnání procentického zastoupení jarního a letního dřeva v letokruzích vyplývá, že zóna juvenilního dřeva má procento jarního dřeva vyšší, což potvrzuje tvrzení Atmera a Thörnqvista (1982), že letní dřevo v blízkosti dřeně je vyvinuto jen velmi málo a jeho podíl v letokruhu se vzdáleností od dřeně roste. Jestliže Gandelová et al. (2008) uvádí, že se stoupajícím podílem letního dřeva v letokruhu (% letního dřeva) se hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností zvyšují, dá se předpokládat, že zóna juvenilního dřeva bude vykazovat horší výše uvedené vlastnosti. Největšími podíly letního dřeva v juvenilním i zralém dřevě se vyznačuje SLT 3A, kdy tento trend lze přičíst hlavně u zralého dřeva nízkou průměrnou šířkou letokruhů vzhledem k ostatním stanovištím, po analýze rozptylu mezi jednotlivými stanovišti ale bylo zjištěno, že se SLT 3K statisticky neliší. Při porovnání juvenilního a zralého dřeva bylo zjištěno, že juvenilní dřevo na SLT 3A se neliší od žádného ze zralých dřev na všech stanovištích a liší se pouze od juvenilního dřeva na SLT 3B, které mělo nejnížší podíl letního dřeva, ale nejvyšší průměrné šířky letního dřeva.

Obecně lze tedy konstatovat, že rozdíl v průměrně šířce letokruhů po poloměru kmene mezi juvenilním a zralým dřevem je u douglasky markantnější než v podílu letního dřeva. Vzorníky ze stanoviště na SLT 3B a 3K nevykazují v šířkách letokruhů

statisticky významné rozdíly, významně se však liší SLT 3A. Juvenilní a zralé dřevo se statisticky významně liší mezi sebou i mezi jednotlivými stanovišti, z hlediska podílu letního dřeva je zralé dřevo relativně homogenní, výjimku tvoří juvenilní dřevo na SLT 3B s velice nízkým podílem a vysokou průměrnou šířkou letokruhů způsobenou nejspíše ideálními podmínkami pro růst. Míru vlivu založení porostu, proveniencí, způsoby výchovy a dalších faktorů na uvedených vlastnostech nelze v této práci posoudit. Na všech stanovištích také platí tvrzení Zobela a Spragueho (1998), že juvenilní dřevo má nízký podíl letního dřeva.

Jozsa a Middleton (1994) uvádí hodnotu šířek letokruhů juvenilní zóny 6,35 mm a zóny zralého dřeva 3,16 mm. Šířky letokruhů juvenilního dřeva na všech stanovištích jsou v této práci uváděny nižší a to až o více než 20 milimetrů, šířky letokruhů zralého dřeva jsou také nižší, ale rozdíl již není tak vysoký. Z uvedeného je patrné, že juvenilní dřevo má vždy vyšší hodnoty šířek letokruhů než dřevo zralé. Toto tvrzení potvrzuje také Horn (2009), který hodnotil juvenilní a zralé dřevo u dalších jehličnatých dřevin, a to u modřínu, borovice a smrku. Zóna juvenilního dřeva vždy vykazovala vyšší hodnoty průměrné šířky letokruhů a nižší hodnoty podílu letního dřeva.

Dle uvedených šířek letokruhů vyplývá, že podle očekávání byla potvrzena vysoká hodnota přírůstu introdukované douglasky, a to v juvenilním stádiu i v mytní době. Jak uvádí Kantor (2006), douglasky ve věku sedmdesát až devadesát let přirůstají ± 4 mm za rok, což v objemových jednotkách představuje $0,1$ až $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$. Každých deset let tak může činit objemový přírůst nejhmotnějších douglasek až $1,5 \text{ m}^3$. V porovnání se dřevinou nejvíce pěstovanou v ČR *Picea abies* dosahují přírůsty dvojnásobné hodnoty na většině stanovišť (Timko 2013).

6.2 Hustota

Změny hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene uvedl McKimmy (1959) a to, že hustota zralého dřeva roste se vzdáleností od dřeně. Tento trend nebyl potvrzen ani na jednom ze zkoumaných stanovišť. Vzhledem k tomu, že dle uvedených závislostí existuje korelace mezi hustotou a průměrnou šířkou letokruhů, je patrné, že jestliže nebyl potvrzen trend snižování průměrné šířky letokruhů po poloměru, nemůže být potvrzen ani trend snižování hustoty. K odlišnosti dochází u všech stanovišť především v druhé půli života, kde dochází k mírnému poklesu, ale poté růst hodnot pokračuje. Další z tvrzení týkající se variability hustoty uvádí Littleford (1961) a to, že vzorky

z části do 15. letokruhu od dřeně mají menší hustotu než vzorky odebrané z části od 15. do 30. letokruhu od dřeně. Toto tvrzení se potvrdilo bez výjimky.

Nejvyšší hodnota hustoty absolutně suchého dřeva byla zjištěna na souboru lesních typů (SLT) 3A a to $558,30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dle Průši (2001), který uvádí u jednotlivých SLT hodnoty relativního produkčního potenciálu, má produkční potenciál SLT 3A srovnatelný s SLT 3K, přesto je hustota vyšší téměř o $60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Důvody můžeme hledat v mikroskopické a submikroskopické stavbě dřeva, kde na SLT 3A mohly mít vybrané vzorníky silnější buněčnou stěnu či menší radiální průměr lumenu.

Rozdíly mezi hustotami jednotlivých vzorníků na stanovišti 1 (SLT 3K) byly vysoké, rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou průměrnou hustotou činil $122 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Tento rozdíl se mohl projevit jako důsledek diferenciací podmínek po celou dobu růstu, hlavně faktory jako světelný požitok, dostupnost vody a vliv přilehlé tepelné elektrárny na vodní, vzdušný a půdní režim. Jako další nezanedbatelný vliv lze uvést výchovu porostu, která výrazně ovlivňuje uvedené faktory, spojenou s prostorovou konkurencí kořenových systémů a korun vzorníků. Stromy, které jsou utlačované, mají menší objemový přírůstek a tvoří menší letokruhy s nižším podílem jarního dřeva, což má za důsledek vyšší hustotu dřeva.

Více autorů uvádí, že pro jehličnany obecně platí, že hustota dřeva je nejnižší v oblasti juvenilního dřeva (Horn 2009; Atmer a Thörnqvist 1982; Krahmer, 1986; Pearson a Ross 1984). Tento trend potvrzují sledované vzorníky na všech stanovištích. Avšak v padesát let staré douglasce našli Abdel-Gadir a Krahmer (1993) vyšší hodnoty hustoty v letokruzích jeden až pět, v porovnání s letokruhy šest až deset a poukázali na to, že tento model je podobný ostatním pracím o douglasce (Kennedy a Warren 1969, Zobel a Van Buijtenen 1989). V této práci se toto tvrzení ukázalo u vzorníků na SLT 3K, kdy zkoumané vzorníky z tohoto stanoviště měly jako jediné přítomny v 1. pěti letokruzích reakční dřevo. Další příčinu lze spatřit v rozdílných růstových podmínkách, při předpokladu přirozené obnovy hlavně v konkurenci mezi jedinci.

Juvenilní dřevo u všech stanovišť má nižší hustotu než dřevo zralé. Při porovnání mezi jednotlivými stanovišti je patrné, že mezi všemi třemi SLT je statisticky významný rozdíl. Vliv stanoviště na hustotu je tedy v tomto případě neoddiskutovatelný. U dalšího porovnání, a to juvenilního a zralého dřeva z různých stanovišť lze určit, že statisticky významný rozdíl juvenilního dřeva nebyl zjištěn mezi žádnými stanovišti. Zralé dřevo se však statisticky významně liší jak od všech zón juvenilního dřeva, tak mezi sebou až na jednu výjimku. Jestliže bylo výše uvedeno, že v hustotě dřeva po celém poloměru

kmenu je statisticky významný rozdíl, je to způsobeno rozdílností právě zónou zralého dřeva. Podle tohoto lze říci, že kdybychom odebrali vzorníky z různých stanovišť v patnácti letech obsahující pouze juvenilní dřevo, rozdíly mezi jednotlivými stanovišti by neexistovaly.

Zjištěná hustota při vlhkosti 0 % činí $529 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Oproti Horáčkovi (2008), Jířu (1960), Matoviče (1993) a Balabána (1955) je to hodnota vyšší. Do definovaných intervalů hustoty dle Požgaje et al. (1997) a Wagenführa (2000) se hodnota bez problémů zařadí. Při porovnání s Kolmanem (1951) při vlhkosti 12 % je hodnota $565 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ o $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší, ale tento autor uvádí hodnota při vlhkosti 15 %. Wagenführ (2000) uvádí pro vlhkost 12 % interval $350\text{--}750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ se střední hodnotou $510 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, hodnota $565 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ se do intervalu zařadí, avšak je vyšší než uváděná střední hodnota. Při porovnání hustoty douglasky pěstované v českých podmínkách s douglaskami pěstované v Severní Americe jsou hodnoty podobné. Simpson a TenWolde (1999) uvádí u provenience Coast hodnotu $510 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, u Interior north $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a u Interior west $520 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Měřené vzorky dřev jsou tedy nejbližší provenienci Interior west pěstované v západní části vnitrozemí areálu rozšíření v USA (Timko 2013).

Jozsa a Middleton (1995) uvádějí průměrnou hodnotu hustoty v zóně juvenilního dřeva douglasky tisolisté $395\text{--}460 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a v zóně zralého dřeva $450\text{--}500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, Bendtsen (1978) uvádí v zóně juvenilního dřeva $390 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a v zóně zralého dřeva $450 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrné hodnoty zralého dřeva ze všech stanovišť jsou vyšší než uváděné, a to v některých případech o více než $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, u juvenilního dřeva jsou průměrné hodnoty ze všech stanovišť nad hodnotou $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, do intervalu od Jozsy a Middletona nelze včlenit pouze hodnotu z SLT 3K a to $468 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Uvedené hodnoty potvrzují výrok Harrise (1981), že juvenilní dřevo má zhoršené technologické vlastnosti. Jako nejdůležitější příčinu lze konstatovat vyšší šířky letokruhů juvenilního dřeva. Tímto se tedy potvrzuje výrok Gandelové et al. (2008), že u jehličnatých dřevin se se zvyšující se šířkou letokruhů hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností snižují.

Při porovnání hodnot hustoty douglasky s ostatními jehličnatými dřevinami dle Horna (2009) má zóna juvenilního dřeva i zóna zralého dřeva vyšší hodnoty než smrk a borovice, avšak nižší než modřín, z hlediska hustoty při vlhkosti 0% s dalšími introdukovanými jehličnatými dřevinami vychází douglaska tisolistá hůře pouze s borovicí černou $530 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zeidler 2007). Naopak nižší hodnoty vykazuje

smrk pichlavý $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Gryc et al. 2010) a jedle obrovská $405 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Lukášek et al. 2010).

Závislost hustoty na průměrné šířce letokruhů a podílu letního dřeva existuje a to na všech stanovištích. S rostoucí šířkou letokruhů klesá hustota a s rostoucím podílem letního dřeva roste i hustota. Zjištěné trendy v závislosti na jednotlivých SLT se liší minimálně. U zóny juvenilního a zralého dřeva je velmi slabá závislost na šířce letokruhů, spíše se dá hovořit o závislosti na podílu letního dřeva. Při stejné hodnotě průměrné šířky letokruhu nebo podílu letního dřeva je u zóny juvenilního dřeva zpravidla nižší hodnota hustoty než u zóny dřeva zralého. Jedním z důvodů mohou být kratší tracheidy s širšími lumeny nebo tenčí buněčné stěny, jak uvádějí Zobel a Sprague (1998).

6.3 Celkové sesychání dřeva

Zjištěné průměrné hodnoty celkového sesychání dřeva byly pro směr radiální 5,18 %, pro směr tangenciální 7,63 %, pro podélný směr 0,25 % a celkové objemové sesychání bylo 12,63 %. Největší vliv na rozdílnost sesychání v jednotlivých směrech má stavba buněčné stěny, tvořená jednotlivými vrstvami. Nejdůležitější z nich je střední vrstva sekundární stěny (S_2 vrstva), která tvoří 75-85 % celé buněčné stěny. Rozdíl mezi radiálním a tangenciálním směrem je způsoben nestejným sesycháním anatomických elementů dřeva a také tím, že v radiálních stěnách dřevních vláken je úhel sklonu fibril od podélné osy buňky větší než ve stěnách tangenciálních (Požgaj et al. 1997). Malé rozměrové změny v podélném směru se vysvětlují tím, že molekuly vody nemohou vnikat mezi fibrily do valenčního řetězce v podélném spojení, takže nenastává jejich rozestupování v tomto směru (Šlezingerová et al. 2004). Mezi jednotlivými stanovišti je patrný rozdíl ve všech směrech, a to v řádu půl procenta, maximálně 0,6 procenta. Výrazný rozdíl v podélném sesychání zjištěn nebyl. Největší důraz v této práci byl kladen na srovnání celkového objemového sesychání dřeva.

Po provedení analýzy rozptylu je patrné, že mezi všemi třemi stanovišti existuje statisticky významný rozdíl, přičemž hodnota nejnižšího objemového sesychání je na SLT 3B a to 12,10 %, zatímco nejvyšší na SLT 3A a to 13,11 %. Dle zjištěných závislostí plyne, že s rostoucí šířkou letokruhů klesá tangenciální sesychání s velice podobnými rovnicemi regrese. S rostoucím podílem letního dřeva roste i sesychání, ale v tomto případě je koeficient determinace tak malý, že se o závislost téměř nejedná.

Při porovnání juvenilního a zralého dřeva je patrné, že dřevo v zóně juvenilního dřeva objemově sesychá méně oproti dřevu v zóně zralého dřeva na všech stanovištích. Toto tvrzení potvrzují i Shelly et al. (1979), kteří uvádějí, že v oblasti juvenilního dřeva je radiální a tangenciální sesychání nižší. Po provedení analýzy rozptylu je patrné, že existují statisticky významné rozdíly pouze mezi SLT 3K a 3B v zóně juvenilního dřeva, naopak v zóně zralého dřeva byl zjištěn pouze jeden statisticky nevýznamný rozdíl a to také na SLT 3K a 3B. Tuto skutečnost lze dát do korelace s průměrnou šířkou letokruhu, kdy SLT 3K a 3B měli v juvenilní části největší rozdíl mezi šířkami letokruhů, naopak ve zralé části byly rozdíly nejmenší. Podobnost mezi zónou juvenilního a zralého dřeva nebyla zjištěna. Závislost radiálního sesychání na hustotě byla zjištěna, závislost tangenciálního sesychání téměř neexistuje. Dle zjištěné závislosti také vyplývá, že při stejné hodnotě hustoty sesychá daleko méně dřevo juvenilní než dřevo zralé v tangenciálním směru.

Simpson a TenWolde (1999) uvádí celkové objemové sesychání pro douglasky ze Severní Ameriky, a to u provenience Coast hodnotu 12,4 %, u Interior north 10,7 % a u Interior west 11,8 %. Měřené vzorky dřev jsou tedy nejbližší provenienci Coast pěstované v pobřežních oblastech severozápadní Severní Ameriky. Dle Wagenführa (2000) je celkové podélné sesychání 0,3 %, celkové sesychání v radiálním směru 4,0 % až 4,8 %, celkové sesychání v tangenciálním směru 7,0 % až 7,7 % a celkové sesychání objemové 11,5 % až 12,5 %. Z toho plyne, že hodnoty intervalů překračuje celkové sesychání radiální a objemové. Celkové radiální sesychání o 0,38 % a celkové objemové sesychání o 0,13 %.

Při porovnání hodnot objemového sesychání douglasky s ostatními jehličnatými dřevinami dle Horna (2009) má zóna juvenilního dřeva nižší hodnoty než smrk, zóna zralého dřeva má také nižší hodnoty s výjimkou SLT 3A. Při porovnání s borovicí lesní má douglaska objemové sesychání nižší na všech stanovištích u všech typů dřeva. Při porovnání s modřínem sesychá méně pouze juvenilní dřevo z SLT 3B, u zralého dřeva sesychá dřeva douglasky více na všech stanovištích.

6.4 Mez pevnosti v tlaku podél vláken

Jedno ze základních tvrzení uvedl u dřeva douglasky Littleford (1961) a to, že vzorky z části do 15. letokruhu od dřeně mají menší hustotu a pevnost než vzorky odebrané z části od 15. do 30. letokruhu od dřeně. U juvenilního i zralého

dřeva ze všech stanovišť toto tvrzení souhlasí. Další tvrzení uvádějí Yamamoto et al. 1976, Bendtsen a Senft 1986 a to, že k rozdílům mezi juvenilním a zralým dřevem dochází v hustotě stejně jako v mnoha jiných vlastnostech, včetně mechanické vlastnosti. Pevnost dřeva v tlaku jako mechanická vlastnost tyto výroky také potvrzují.

Pevnost dřeva v tlaku podél vláken v zóně juvenilního dřeva činila na SLT 3K 65,42 MPa a v zóně zralého dřeva 75,58 MPa, na SLT 3B 54,69 MPa a v zóně zralého dřeva 71,02 MPa, na SLT 3A 54,97 MPa a v zóně zralého dřeva 73,97 MPa, průměrná hodnota ze všech stanovišť u obou typů dřev byla 70,33 MPa. Jak prokázaly uvedené závislosti, se zvyšující se šířkou letokruhů se snižuje mez pevnosti v tlaku podél vláken, u všech stanovišť jsou si však rovnice regrese velice podobné. Větší rozdíly mezi stanovišti se dá přičítat podílu letního dřeva, kdy významně nejvyšší pevností je charakterizováno stanoviště na SLT 3K. Dále se prokázalo, že důležitým faktorem na pevnost dřeva je hustota. Jestliže do zóny juvenilního dřeva náleží dřevo s nižší hustotou, není překvapující, že právě dřevo juvenilní má menší pevnost než dřevo zralé. Jestliže ale bude vzorek s totožnou hustotou ze zóny juvenilního dřeva a ze zóny zralého dřeva, zpravidla bude mít větší mez pevnosti dřevo zralé.

Mechanické vlastnosti dřeva se mohou v rámci kmene velmi lišit, jak uvádí Bendtsen a Senft (1986). Mez pevnosti je u zralého dřeva 2–5× vyšší než u dřeva juvenilního Gerhards a Link (1987) říká, že dřevo douglasky obsahující dřeň mělo o 50% nižší mez pevnosti v tlaku podél vláken než dřevo zralé. Takto dramatické rozdíly zjištěny nebyly, avšak dřevo zralé opravdu vyniká vyššími hodnotami této veličiny.

Po provedené analýze rozptylu lze tvrdit, že statisticky významný rozdíl zjištěn byl, a to hlavně na SLT 3K, kde hodnoty byly výrazně vyšší než u ostatních dvou stanovišť, které měly téměř totožnou mez pevnosti. Při porovnání juvenilního a zralého dřeva ze zkoumaných tří stanovišť dle hodnot meze pevnosti je patrné, že juvenilní dřevo na SLT 3B a 3A je velice podobné. Statisticky významný rozdíl u zralého dřeva nebyl prokázán mezi SLT 3K a 3A. Mezi juvenilním dřevem a zralým dřevem ze všech SLT neexistuje statisticky nevýznamný rozdíl. Dle výsledků podílu letního dřeva, šířky letokruhů ani hustoty nelze říci, že právě tyto veličiny stojí za tak vysokou mezí pevnosti na SLT 3K. Jako oprávněný argument lze ale uvést vyšší podíl reakčního dřeva ve vzornících.

Engler (1999) uvádí hodnotu meze pevnosti podél vláken 49,85 MPa, Jirů (1960) hodnotu 47 MPa, Wagenführ (2000) hodnotu 43 až 68 MPa a Kollmann (1951) hodnotu meze pevnosti v tlaku 55 MPa. Avšak zjištěná hodnota je výrazně vyšší a předčí i horní

hranici Wagenführova intervalu. Jednu z příčin můžeme najít v konstatování Požgaje et al. (1997), že pevnost dřeva ve směru vláken závisí především na vzájemném spojení tracheid a pevnost samotných elementů, především letních tracheid. Avšak hlavní příčinu můžeme hledat v podílu letního dřeva v letokruhu, kde by se podíl letního dřeva měl pohybovat kolem 30% u jehličnatých dřevin (Gandelová et al. 2008). U uvedených vzorníkových stromů se ve většině případů podíl letního dřeva blíží 50 % (Timko 2013). Jestliže Požgaj et al. (1997) udávají, že hustota při vlhkosti 0 % jarního dřeva činí $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a letního dřeva $790 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a připomeneme střední korelaci mezi hustotou a pevností, je nasnadě, že právě vysoký podíl letního dřeva způsobil vysoké hodnoty pevnosti.

Při porovnání hodnot meze pevnosti v tlaku podél vláken douglasky s ostatními jehličnatými dřevinami dle Horna (2009) má zóna zralého dřeva ze všech stanovišť vyšší hodnoty se všemi porovnávanými dřevinami, a to smrkem, borovicí a modřínem. V zóně juvenilního dřeva jsou hodnoty také vyšší s výjimkou porovnání s modřínem, kde je mez pevnosti dřeva podél vláken nižší na SLT 3B a 3K.

6.5 Mez pevnosti v ohybu

Jak již bylo uvedeno v kapitole meze pevnosti v tlaku podél vláken, základní tvrzení uvedl u dřeva douglasky Littleford (1961) a to, že vzorky z části do 15. letokruhu od dřeně mají menší hustotu a pevnost než vzorky odebrané z části od 15. do 30. letokruhu od dřeně. Další tvrzení uvádějí Yamamoto et al. 1976, Bendtsen a Senft 1986 a to, že k rozdílům mezi juvenilním a zralým dřevem dochází v hustotě stejně jako v mnoha jiných vlastnostech, včetně mechanické vlastnosti. Oba tyto výroky lze bez pochyb odsouhlasit dle zjištěných hodnot meze pevnosti v ohybu.

Po provedení analýzy rozptylu je zřejmé, že mez pevnosti v ohybu dle tří zkoumaných stanovišť se statisticky významně neliší. Při porovnání juvenilního a zralého dřeva je zřejmé, že se mez pevnosti v ohybu juvenilního dřeva neliší ani na jednom ze tří stanovišť. U zralého dřeva se liší pouze SLT 3K od SLT 3B. Statisticky významné rozdíly existují i mezi juvenilním a zralým dřevem na všech stanovištích. Lze tedy konstatovat, že není radno zaměňovat mez pevnosti v tlaku a v ohybu, jelikož výsledné hodnoty a hlavně porovnání z různých stanovišť se významně liší. Na testování nebo hodnocení kvality řeziva se využívá především ohybová metoda, která je s ohledem na použití řeziva v konstrukcích nejvhodnější

a z hlediska dimenzování dřevěných konstrukcí podle mezního stavu únosnosti a použitelnosti nejreálnější. Z výsledků tedy plyne, že pro dimenzování konstrukcí má juvenilní dřevo s nižší pevností v ohybu nezanedbatelný vliv a jeho podíl pro použitelnost dřeva by měl být co nejnižší.

Ze zjištěných závislostí plyne, že zvyšující se šířka letokruhu snižuje mez pevnosti v ohybu. Tento jasný trend se však již nedá určit u podílu letního dřeva. Na SLT 3K a 3A se mez zvyšuje s rostoucím podílem, avšak u SLT 3B je konstantní nebo mírně klesá. Koeficient determinace však značí, že je jenom nízká korelace mezi uvedenými veličinami, zvláště u podílu letního dřeva. Naproti tomu je zjištěna vysoká korelace hustoty s mezí pevnosti v ohybu. Dále je zřejmé, že u vzorků ze zóny juvenilního dřeva a ze zóny zralého dřeva se stejnou hustotou bude mít vždy vyšší mez pevnosti vzorek dřeva zralého.

Wagenführ (2000) uvádí hodnotu meze pevnosti v ohybu 68 až 89 MPa, Kollmann (1951) uvádí hodnotu 93,5 MPa. Zjištěná průměrná hodnota ze všech stanovišť činila 93 MPa, tudíž je sice nad intervalem uváděným Wagenführem, ale koresponduje s Kollmannem.

Při porovnání hodnot meze pevnosti v ohybu douglasky s ostatními jehličnatými dřevinami dle Kollmanna (1951) má smrk výrazně nižší hodnotu a to 71 MPa, borovice se blíží s 89,5 MPa a mírně vyšší hodnotu má modřín s 94 MPa.

6.6 Modul pružnosti v ohybu

Modul pružnosti v ohybu u douglasky tisolisté je charakterizován průměrnou hodnotou 10 313 MPa. Nejnižší hodnotu lze nalézt na SLT 3B. Juvenilní dřevo má vždy nižší modul než dřevo zralé. Po provedení analýzy rozptylu byl zjištěn významný statistický rozdíl mezi všemi stanovišti. V zóně juvenilního dřeva mezi stanovišti existuje jeden významný rozdíl, a to mezi SLT 3K a 3B, naopak u zralého dřeva je pouze jeden nevýznamný rozdíl, a to právě mezi uvedenými SLT. Statisticky významný rozdíl mezi juvenilním a zralým dřevem byl ve všech případech.

Při porovnání modulu pružnosti v ohybu vybraných dřevin dle Požgaje et al. (1997) lze uvést hodnotu smrku s 8210 MPa, buk s 12900 MPa a dub s 13100 MPa. Výše této hodnoty nemůže reálně dosáhnout těchto listnatých dřevin, ale smrk má hodnotu výrazně nižší.

6.7 Závislosti jednotlivých vlastností a srovnání stavby a vybraných vlastností juvenilního a zralého dřeva dle SLT

Vliv stavby letokruhu a podílu letního dřeva na vybrané vlastnosti jako je hustota, celkové tangenciální sesychání, mez pevnosti v tlaku podél vláken a mez pevnosti v ohybu byl potvrzen, avšak míra korelace je ve většině případů nízká až střední. Zjištěná závislost hustoty na šířce letokruhů a na podílu letního dřeva je dle SLT malá až střední (obr. 64). Důvodem nižších hodnot koeficientů determinace mohou být nestejně hodnoty podílu letního dřeva v letokruzích nebo rozdílné vlastnosti na mikroskopické úrovni. Dále je patrné, že se snižující se šířkou letokruhů a zvyšujícím se podílem letního dřeva hustota roste. Na SLT 3K jako na jediném stanovišti je hustota více v závislosti na podílu letního dřeva než na průměrné šířce letokruhů. Důvodem může být nízký variační koeficient šířek letokruhů, kde rozdíly hodnot šířek letokruhů jsou malé, a proto je rozhodujícím faktorem právě podíl letního dřeva.

Při zhodnocení závislosti mechanických vlastností na hustotě je patrné, že juvenilní dřevo bude mít zpravidla nižší hodnoty meze pevnosti v tlaku podél vláken a v ohybu než dřevo zralé při stejné hodnotě hustoty a mechanické vlastnosti jsou korelovány na hustotě více než vybrané fyzikální vlastnosti. Hustota dřeva juvenilního dřeva bude zpravidla nižší než hustota zralého dřeva při stejné šířce letokruhu nebo při stejném podílu letního dřeva dle zjištěných trendů. Dle koeficientů determinace je dále patrné, že hustota juvenilního i zralého dřeva je více závislá na podílu letního dřeva.

Mezi juvenilním a zralým dřevem existují statisticky významné rozdíly téměř ve všech případech, a to i mezi všemi třemi stanovišti. Rozdíly mezi SLT jsou komplikované a nelze posoudit podobnost vzhledem ke všem vlastnostem. Jestliže se však hustota zdůrazní jako nejdůležitější charakteristika dřeva, která významně ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti, hodnoty juvenilního dřeva nejsou závislé na stanovišti, u dřeva zralého lze najít podobnost u SLT 3B a 3A, dřevo z SLT 3K je při porovnání z hlediska této vlastnosti odlišné.

Jestliže je nutné uvést podobnost douglasky k některému z našich jehličnanů, v mnoha ohledech je podobný vlastnostem modřínu.

7 Závěr

V této práci byla zjišťována a vyhodnocována makroskopická stavba a vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti juvenilního, to je prvních 15 letokruhů od dřene, a zralého dřeva douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) z vybraných souborů lesních typů (3K, 3B, 3A) s následným porovnáním zjištěných hodnot mezi uvedenými zónami a mezi jednotlivými soubory lesních typů. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tab. 62.

Douglaska tisolistá	SLT 3K		SLT 3B		SLT 3A	
Typ dřeva	Juvenilní	Zralé	Juvenilní	Zralé	Juvenilní	Zralé
Šířka letokruhů (mm)	4,00	3,01	5,14	2,74	4,70	2,33
Podíl letního dřeva (%)	39,27	45,05	32,2	46,05	41,74	46,87
Hustota 0 % ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	468,05	525,41	450,8	558,06	474,14	572,03
Objemové sesychání (%)	11,71	12,86	10,55	12,48	11,29	13,63
Mez pevnosti v tlaku podél vláken (Mpa)	65,42	75,87	54,69	71,02	54,97	73,92
Mez pevnosti v ohybu (MPa)	77,45	93,53	74,31	93,77	75,13	100,13
Modul pružnosti (MPa)	8751,60	10715,97	6991,70	10225,70	7985,58	11793,92

Tab. 62 Srovnání stavby a vybraných vlastností dle SLT

Juvenilní dřevo se vyznačuje na všech stanovištích ve všech vybraných vlastnostech odlišnou strukturou (vyšší hodnoty průměrné šířky letokruhu, nižší hodnota podílu letního dřeva) a horšími vlastnostmi (nižší hustota, nižší mez pevnosti v tlaku podél vláken, nižší mez pevnosti v ohybu, nižší modul pružnosti v ohybu) než dřevo zralé.

Dále bylo zjištěno, že ve většině případů existuje statisticky významný rozdíl mezi stavbou a vlastnostmi dřeva mezi jednotlivými lokalitami odlišné ve stanovištních podmínkách dle souborů lesních typů. Tyto výsledky jsou důkazem, že stanoviště ovlivňuje konečné materiálové charakteristiky dřeva.

Na základě zjištěných výsledků bylo zjištěno, že většina vybraných mechanických a fyzikálních vlastností dřeva je v závislosti s průměrnou šířkou letokruhů, podílem letního dřeva a hustotou.

Z lesnického hlediska lze tedy konstatovat, že výsledné materiálové charakteristiky dřeva douglasky jsou značně závislé na stanovišti, avšak výraznější vliv na vlastnosti dřeva má poloha suroviny v kmene (centrální nebo obvodová část kmene).

Respektování odlišných vlastností dřeva douglasky tisolisté z různých stanovišť, ale zejména existence juvenilního a zralého dřeva a jejich vlastností jako neoddělitelnou složku struktury dřeva je nutné zejména v dřevozpracujícím průmyslu, při volbě dřeva pro konkrétní použití. Juvenilní dřevo bude i do budoucna neoddělitelnou součástí struktury dřeva, jeho přítomnost lze speciálně upravenými pěstebními postupy omezit, ale nelze ho potlačit úplně. Při respektování znalostí stavby a vlastností juvenilního dřeva je možné toto dřevo v praxi úspěšně používat.

8 Summary

The aim of this thesis was to determine and compare the structure and selected properties of juvenile and mature wood of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) from sites differing by the group of forest types (GFT). The work was conducted in a form of an experiment.

Five sample trees were sampled in each of the three preselected sites. Their rootstock parts were then worked into test specimens with dimensions of 20 × 20 × 30 mm and 20 × 20 × 300 mm. We used a Nikon stereo-magnifier, Sanyo MOV 112 drying chamber and universal testing machine Zwick Z 050.

The results confirm that juvenile wood has a different structure (lower values of the latewood proportion in the range of 5–14% and higher values of the average tree-ring width in the range of 1–2.5 mm) and worse selected physical and mechanical properties (the difference in density of almost 110 kg·m⁻³, the difference in compression strength parallel to the grain of almost 20 MPa, the difference in bending strength of 25 MPa, and the difference of modulus of elasticity in bending of almost 4 000 MPa) than the mature wood, even when comparing the results from all three sites. Statistically significant differences between the wood properties from different GFTs are different in each of the investigated properties. However, emphasizing density as the most important wood property which significantly affects other physical and mechanical properties of wood, the values of the juvenile wood do not depend on the site; as regards mature wood we can find resemblances between GFT 3B (558.06 kg·m⁻³) and 3A (572.03 kg·m⁻³); wood from GFT 3K (525.03 kg·m⁻³) is different when comparing this property. These results evidence that the site affects the final material characteristics of wood.

Further, correlations between selected mechanical and physical properties of wood of Douglas fir and density, the average tree-ring width and the latewood proportion were calculated. The detected dependencies were mostly of medium strength.

The values of the selected properties were compared with literature and they were not found to be significantly different from the cited authors.

From the forestry perspective, the resulting material characteristics of wood of Douglas fir are greatly dependent on the site; however, the precise location of the material within the stem (centre or periphery) has a more pronounced effect on the properties.

9 Použitá literatura

ABDEL-GADIR A. Y., KRAHMER R. L. 1993: *Estimating the age of demarcation of juvenile and matur wood on Douglas-fir.* Wood and fiber science 25: s. 242–249

ATMER B., THÖRNQVIST T. 1982: *Fiberegenskaper i gran (Picea abies (L.) Karst.) och tall (Pinus sylvestris L.).* Uppsala, Swedish university of Agricultural sciences, Department of wood technology, zpráva č. 134

BALABÁN K. 1955: *Nauka o dřevě.* Vydání 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 216 s., obr. příloha Lesnická knihovna, Svazek 16.

BENDTSEN B. A. 1978: *Properties of wood from improved and intensivelx managed trees.* Forest products journal 28: s. 61–72

BENDTSEN B. A., SENFT J. 1986: *Mechanical and anatomic properties in individual growth ring sof plantation grown eastern cottonwood and loblloly pine.* Wood and fiber science 18: s. 23–38

BETHEL J. S. 1940: *Loblloly pine pulping qualities.* Paper industry, paper word 7: s. 358–359

BRAZIER J. D. 1985: *Juvenile wood.* Xylorama, Birkhauser, Busal, s. 25–32

BRIGGS D. 1996: *Modeling crown development and wood quality,* Journal forest 94: s. 24–25

CAFOUREK J. 2006: *Provenienční pokusy douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii/Mirbel/ Franko) v oblasti středozápadní Moravy.* In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Kostelec n. Č.l. 12. – 13.10.2006. Kostelec n. Č.l. ČZU. s. 7 – 16.

CORSON S. R. 1991: *Wood charactesistics influence pine TMP quality.* Tappi, č. 74 (11). s. 135–146

COWN D. J., McCONCHIE D.L., YOUNG G. D. 1991: *Radiata pine-wood properties survey*, FRI Bull No 50 Rotorua, New Zealand, 50 s.

COWN D. J. 1992: *Corewood (juvenile wood) in Pinus radiata – should we be concerned?* New Zealand journal forest science, č. 22. s. 87–95

DI LUCCA C. M. 1989: *Juvenile-mature wood transitiv.* In: Kellog RM s. 23–38. Second growth Douglas-fir: Its management and conversion for value. Publ. SP–32 Forintek Canada corporation, Vancouver, British Columbia

DOLEJSKÝ V. 2000: *Najde douglaska větší uplatnění v našich lesích?* Lesnická práce. roč. 79, č. 11. s. 492–494.

DRÁPELA K., ZACH J. 1999.: *Statistické metody I (Pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství)*, Brno: MZLU, 160 s.

DRÁPELA K. 2000: *Statistické metody II (Pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství)*, Brno: MZLU, 152 s

ENGLER N. 1999: *Nick Engler's woodworking wisdom.* Special edition for the Handyman Clubs of America. Pleasantville, NY: Reader's Digest, 392 s. ISBN 07-621-0179-2

ERICKSON H. D., ARIMA T. 1974: *Douglas-fir wood quality studies. Part II. Effects of age and stimulated growth on fibril angle and chemici constituents,* Wood science technology 8: s. 255–265

FAHEY T. D., CAHILL J. M. 1988: *Lumber and venner recovery from prund douglas-fir.* Forest products Journal. 38(9): s. 27–32

FERRON J.L., DOUGLAS F. 2010: *Douglas-fir in France: history, recent economic development, overviews for the future*. In: Spiecker H. (ed.): Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. Berichte freiburger forstliche forschung, Heft 85: s. 11–14

GERHARDS C. C., LINK C. L. 1987: *The effect of loading rate on bending strenht og Douglas-fir, 2-by4s.*, Forest products journal 33(2): s. 63–66

GONZALEZ J. S., RICHARDS J. E. 1988: *Early selection for wood density in young coastal Douglas-fir trees*. Canadien journal forest research 18: s. 1182–1185

GRYC, V.; VAVRČIK, H.; KOTALIK, O. 2010 : *Vybrané vlastnosti dřeva smrku pichlavého z nelesních půd (Picea pungens E.)*. Acta Universitatis agriculturae et silviculturae mendeliana Brunensis: Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, 100 s.

HARDING K. J. 1990: *Queensland wood properties research during the 1980s*, Appita magazine 43: s. 155–157

HARRIS J. M. 1981: *Effect of rapid growth on wood processing*. Proceedings, 17th IUFRO world congress, Japan, division 5. s. 117–125

HOFMAN J. 1964: *Pěstování douglasky*. Praha, Státní zeměděl. nakladatelství. 254 s.

HONG K. J., WANG S. Y. 1988: *Variation in fundamental wood properties of Taiwan cyprem (Chamaecyparis formosensis)*, I. Variation in tracheid lenit. Forests products industries 7(1): s. 23–40

HORÁČEK P. 2008: *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. 2.*, přeprac. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 124 s. ISBN 978-80-7375-169-2.

HORÁČEK P. a TIMKO L.: *Stavba a vlastnosti douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii (MIRB.) FRANCO)*. In: *Douglaska: dřevina roku 2014 : sborník z konference : [Zámek Křtiny, 2.-3.9.2014]*. 1. vyd. Praha: Česká lesnická společnost, c2014, 173 s. ISBN 978-80-02-02537-5.

HORN K. 2009: *Stavba a vybrané vlastnosti juvenilního a vyzrálého dřeva vybraných jehličnatých dřevin*, diplomová práce, MENDELU, 130 s.

JÍRŮ P. 1960: *Dřevo, jeho vlastnosti a použití*. 1. vyd. Praha: SNTL, 219 s.

JOZSA L. A., MIDDLETON G. R. 1995: *A discussion of wood quality attributes and their practical implication*. Forintek Canada corporation, SP-34, 42 s. ISSN 0824-2119

KELLER R., THOBY M. 1977: *Relationships between juvenile and adult stages for some technological and growth characteristics of Douglas-fir*, *Annals of science forest* 34: s. 175-03

KELLISON R. C. 1981: *Characteristics affecting quality of timber from plantations, their determinativ and scope for modification*, *Proceedings, Divisoins: 5, 17th IUFRO world congress, Kyoto, Japan*, s. 77-88

KENNEDY R. W., WARREN W. G. 1969: *Within-tree variation in physical and chemici properties of Douglas-fir*. 2nd world consultation for tree breeding IUFRO, Washington DC, 19 s.

KIRK D. B., BREEMAN L. G., ZOBEL B. J. 1972: *A pulping evalution of loblolly pine wood*, *Tappi* 55: s. 1600-1604

KOLLMANN F. 1951: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1050 s.

KRAHMER R. L.: 1986: *Fundamental anatomy of juvenile and mature wood*. Proc Tech Workshop: Juvenile wood – what does it mean to forest management and forest products. Forest products research socirty Madison, Wisconsin, s. 12-16

LARSON P. R. 1973: *Evaluating the quality of fast-grown coniferous wood.* Proc 63rd Western forest Conference, Seattle, Washington, s. 1-7

LAUSBER M. J., COWN D. J., McCONCHIE D. L., SKIPWITH J. H. 1995: *Variation in some wood properties of Pseudotsuga menziesii provenances grown in New Zealand.* New Zealand journal of forest science 25(2): s. 133–146

LEWARK S., HAMZA K. F. 1992: *Juvenile wood of four Eucalyptus species grown in Ruvu, Tanzania,* proceedings, Divisions 5. IUFRO conference forest production Vol. I Nancy, France, s. 196

LEXA, J., NEČESANÝ, V., PACLT, J., TESAŘOVÁ, M., ŠTOFKO, J.: *Technologia dreva I. Mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva.* Bratislava, Práca 1952. 436 s.

LINDSTROM H. 1996: *Basic density in Norway spruce Part III. Development from the pith outwards,* Wood and fiber science 28: s. 391–405

LINDSTROM H. 1997: *Fiber length, tracheid diameter and latewood percentage in Norway spruce: development from the pith outwards.* Wood and fiber science 29: s. 21–34

LITTLEFORD T. W. 1961: *Variation of strength properties within trees and between trees in a stand of rapid-grown Douglas-fir.* Canada, for forest products laboratory Vancouver, Canada, 20 s.

LOO J. A., TAUER C. G., McNEW R. W. 1985: *Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in loblolly pine (Pinus taeda),* Silvae genetica 34: 14–19

LUKAŠEK, J., ZEIDLER A., BOHM M. 2010: *Within-Stem variation of Grand Fir (Abies grandis LINDL.) Wood Density from Czech Republic sites.* In Wood structure and Properties '10 : 6th International Symposium. Zvolen: The technical university in Zvolen, s. 213. ISBN 978-80-968868-5-2.

MAGUIRE A. M., KERSHAW J. A., HANN D. W. 1991: *Predicting the effects of silvicultural regime on branch size and crown wood core in Douglas-fir,* Forest science 37: s. 1409–1428

MATOVIČ A. 1993: *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva.* Učební text LDF VŠZ Brno, 212 s.

McKIMMY M. D. 1959: *Factors related to variation in specific gravity in young-growth Douglas-fir, Oregon,* Forest products research centre bull 8, 52 s.

McKIMMY M. D. 1966: *A variation and herability study of wood specific gravity in 46-year-old Douglas-fir from known seed sources,* Tappi 49: s. 542–549

MEGRAW R. A., NEARN W. T. 1972: *Detailed DBH density profiles of several trees from Douglas-fir fertilizer/thinning plots, Effect of growth acceleration on the wood properties of wood* US forest products laboratory Madison, Wisconsin, s. 24

MEGRAW R. A. 1986: *Effect of silvicultural practices on wood quality.* TAPPI, Conferention raleigh, North Carolina, s. 27–34

MUSIL I. 2002: *Lesnická dendrologie.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 177 s. ISBN 80-213-0992-X.

PAUL B. H. 1960: *The juvenile core in conifers.* TAPPI Journal. 43: s. 1–2

PEARSON R. G., ROSS B. E. 1984: *Growth rate and bending properties of selected Loblolly pine,* Wood and fiber science, č. 16:1. s. 37–47

PECINA P., PECINA J. 2006: *Materiály a technologie - dřevo* .: Brno: Masarykova univerzita, 132 s. ISBN 80-210-4013-0.

PERRY T. O., WANG C. W. 1958: *Variation in the specific gravity of slash pine wood and its genetic and silviculture implications*, Tappi 41(4): s. 178–180

PERSSON A., 1987: *Kvalitetsutveckling, forskning*. Kvalitetskog 87. Sagverkens ravaruförening

PLÍVA K. 1971: *Typologický systém ÚHUL. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů* Brandýs nad Labem, 90 s. 44

PODRÁZSKÝ V., ČERMÁK R., ZAHRADNÍK D., KOUBA J. 2013: *Production of Douglas-Fir in the Czech Republic based on national forest inventory data*. Journal of forest science 59 (10): s. 398–404

POŽGAJ A. et al. 1997: *Štruktura a vlastnosti dreva*. Druhé vydání. Bratislava: Příroda a.s., 485 s.

PRŮŠA E., 2001: *Pěstování lesů na typologických základech*. Vydání. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 593 s. ISBN 80-86386-10-4.

REMEŠ J., ZEIDLER A. 2014: *Production potential and wood duality of Douglas Fir from selected sites in Czech Republic*. Wood research 59 (3): s. 509–520

ROMELL E. G., 1937: *Kvisdensning oen overvanning nos okvistad och tonkvistad tall*. Svenska Skogsvarvdsföreningens tidskrift, č. 33:22. s. 299–324

RUMBALL W. 1963: *Wood structure in relation to heteroblastims*. Phytomorphology 13(2): s. 206–214

SAUCIER J. R., CLARK A. 1992: *New evidence on the role of environmental factors associated with the length of juvenile wood formative in loblolly pine*, 5. IUFRO Conference forest production Vol I Nancy, France, s. 158–159

SAUTER U.H. 2008: *Douglas Fir (Pseudotsuga menziesii (Mirč.) Franco) – characteristics and potential.* In: Evaluating and classifying timber for the wood processing industry. Exeter U.K., 29.4. 2008, s. 1–35

SHELLY J. R., ARGANBRIGHT D. G., BIRNBACH M. 1979: *Severe warp development in young-growth ponderosa pine studs,* Wood and fiber, č. 11:1. s. 50–56

SHIOKURA T. 1984: *The classification of juvenile wood and its perimeter in coniferous tree trunks.* Japanese Wood research society 28: 85–90

SIMPSON W., TENWOLDE A. 1999: Forest Products Laboratory. *Wood handbook—Wood as an engineering material.* Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 s.

SMITH J. H., KER J. W., CSIZMAZLA J. 1961: *Economics of reforestation of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar in the Vancouver Forest District.* University British Columbia Forest Bull 3 Vancouver, British Columbia, 144 s.

SMITH J. H., HEGER L., HEJJAS J. 1966: *Patterns in growth of earlywood, latewood and percentage latewood determined by complete analysis of 18 Douglas-fir trees.* Canadian journal botany 44: s 453–466

ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L., HORÁČEK P. 2004: *Nauka o dřevě.* Dotisk 2. vydání. Brno: MZLU Brno, 184 s.

TAUCHMAN P., HART V., REMEŠ, J. 2010: *Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii /MIRBEL/Franco) s porostem smrku ztepilého (Picea abies L Karst.) a stanovištně původním smíšeným porostem středního věku na území šlp v Kostelci nad Černými lesy.* Zprávy lesnického výzkumu, roč. 55, č. 3, s. 187 - 194. ISSN: 0322-9688

THÖRNQVIST T., 1993: *Juvenile wood in coniferous trees.* Swedish council for building research, Stockholm, 110 s.

TIMKO L., 2013: *Srovnání stavby a vybraných vlastností juvenilního a vyzrálého dřeva douglasky tisolisté*, bakalářská práce, MENDELU, 58 s.

ÚRADNÍČEK L., ILLKOVÁ A. 2006: *Hodnocení růstu douglasky v Arboretu Habruvka. In: Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti*. Kostelec n. Č.l. 12. – 13.10.2006. Kostelec n. Č.l. ČZU. s. 101–104.

VAŠÍČEK J.: *Douglaska tisolistá v číslech. In: Douglaska: dřevina roku 2014 : sborník z konference : [Zámek Křtiny, 2.-3.9.2014]*. 1. vyd. Praha: Česká lesnická společnost, c2014, 173 s. ISBN 978-80-02-02537-5.

VAVRČÍK H., GRYC V., ZEIDLER A. 2012: *Dřevo douglasky tisolisté*. Lesnická práce. Roč. 9, s. 16–17

VIDAKOVIĆ M. 1991: *Conifers, morphology and variation*. Rev. and expanded ed. Zagreb: Grafički zavod Hrvatske, 754 s. ISBN 86-399-0279-8.

VIEWEGH J. 2003: *Klasifikace lesních rostlinných společenstev: se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 208 s. ISBN 80-213-1061-8.

VINŠ B. et al., 1996: *Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice. Územní studie změny klimatu pro ČR*. Element 2. Národní klimatický program ČR sv.19. Praha, ČHMÚ 134 s.

VOORHIES G. 1971: *The cause of warp in young-growth ponderosa pine lumber*. Northern Arizona university, School of forestry, Arizona forestry notes, č. 6

WAGENFÜHR R. 2000: *Holzatlas*, 5. Vyd. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 707 s., ISBN 3-446-21390-2

WASNIEWSKI J. L. 1989: *Evaluation of juvenile wood and its effect on Douglas-fir structural composite panels*. Composite materials symposium pullman., Washington, 161–175 s.

WELLWOOD R. W., SMITH J. G. 1962: *Variation in some important qualities of wood from young Douglas-fir and hemlock trees*, 50. University British Columbia Vancouver, Canada, 15 s.

YAMAMOTO H., TAKAHASHI M., KAWAGUCHI N. 1976: *The strength properties of plantation-grown todomatsu*. Hokkaido Forest products 7: s. 6–10

YANG K. C., BENSON C., WONG J. K. 1986: *Distribution of juvenile wood in two stems of Larix laricina*. Canadian journal forest research 16: s. 1041–1049

YANG K. C., CHEN Y. S., CHIU C. 1994: *Formation and vertical distribution of juvenile and mature wood in single stem of Cryptomeria Japonica*. Canadian journal forest research 24: s. 969–975

ZEIDLER, A. 2007: *Zhodnocení vybraných vlastností dřeva borovice černé (Pinus nigra ARNOLD.)*. Zprávy lesnického výzkumu, 52, Speciál, s. 14–20.

ZOBEL B. J., WEBB C., HENSON F. 1959: *Core or juvenile wood of loblolly and slash pine*. Tappi, č. 42(5). s. 345–355

ZOBEL B. 1961: *Juvenility in wood production*. Recent advances in botany, vol II. University Toronto Press, s. 1663–1666

ZOBEL B. J., BLAIR R. 1976: *Wood and pulp properties of juvenile wood and topwood of the southern pines*, Applied polymer symposium 28: s. 421–433

ZOBEL B. J., JETT J. B., HUTTO R. 1978: *Improving wood density of short rotation southern pine*, Tappi 61(3): s. 41–44

ZOBEL B. J., VAN BUIJTENEN J. P. 1989: *Wood variation, its causes and control*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 363 s.

ZOBEL B., SPRAGUE J. 1998: *Juvenile wood in forest trees*. New York: Springer, xv, 300 s., ISBN 3540640320

NORMY

ČSN 49 0012 Drevo – fyzikálne a mechanické skúšky

ČSN 49 0103 Drevo – Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach

ČSN 49 0108 Drevo – Zisťovanie hustoty

ČSN 49 0110 Drevo – Medza pevnosti v tlaku v smere vlákien

ČSN 49 0116 Měření pevnosti dřeva v ohybu

ČSN 49 0128 Skúšky vlastností rastlého dreva – Metóda zisťovania zosýchavosti

10 Seznam obrázků

- Obr. 1 Výřez porostní mapy se zájmovým územím (Lokalita 1, 22C 12, SLT 3K)
- Obr. 2 Porostní mapa se zájmovým územím, M 1:10 000 (Lokalita 2, 41D 9, SLT 3B)
- Obr. 3 Těžba za účelem odebrání materiálu na zkušební vzorky (41D 9, SLT 3B)
- Obr. 4 Porostní mapa se zájmovým územím, M 1:10 000 (Lokalita 3, 135C 9, SLT 3A)
- Obr. 5 Vyštipané středové prizmy za účelem odebrání materiálu na zkušební vzorky (Lokalita 3, 135C 9, SLT 3A)
- Obr. 6 Umístění středového řeziva ve výřezu
- Obr. 7 Zkrácení středového řeziva
- Obr. 8 Odebrání vzorku pro letokruhovou analýzu ze středového řeziva
- Obr. 9 Rozříznutí sekce A na hranolky
- Obr. 10 Oddělení jednotlivých sekcí
- Obr. 11 Rozříznutí hranolku na zkušební vzorky
- Obr. 12 Tlakové těleso
- Obr. 13 Ohybové těleso
- Obr. 14 Orientace letokruhů vzorku a, nesprávná, b, správná
- Obr. 15 Ukázka označení zkušebního tělíska
- Obr. 16 Vzorek pro letokruhovou analýzu
- Obr. 17 Ukázka rozmístění měřených směrů
- Obr. 18 Zkušební tlakové tělísko mezi deskami univerzálního zkušebního stroje Zwick Z 050
- Obr. 19 Zkušební ohybové těleso mezi dvěma podpěrami a trnem univerzálního zkušebního stroje Zwick Z 050
- Obr. 20 Měřené rozměry na zkušebních vzorcích
- Obr. 21 Šířky letokruhů na stanovišti 1 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu
- Obr. 22 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 1
- Obr. 23 Šířky letokruhů na stanovišti 2 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu
- Obr. 24 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 2
- Obr. 25 Šířky letokruhů na stanovišti 3 u dřeva douglasky v závislosti na věku stromu
- Obr. 26 Makroskopické charakteristiky u stanoviště 3
- Obr. 27 Šířka letokruhů dřeva douglasky dle různých stanovišť v závislosti na věku stromů

- Obr. 28 ANOVA - Intervaly šířky letokruhů z jednotlivých stanovišť
- Obr. 29 ANOVA - Intervaly šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť
- Obr. 30 ANOVA - Intervaly podílu letního dřeva z jednotlivých stanovišť
- Obr. 31 ANOVA - Intervaly podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť
- Obr. 32 Průměrné hustoty dřeva douglasky ze všech stanovišť
- Obr. 33 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 1
- Obr. 34 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 2
- Obr. 35 Průměrné hustoty jednotlivých kmenů při vlhkosti 0 % ze stanoviště 3
- Obr. 36 Hustota dřeva douglasky po poloměru kmene – všechna stanoviště
- Obr. 37 Grafické vyjádření analýzy rozptylu (ANOVA) – všechna stanoviště
- Obr. 38 Hustota dřeva po poloměru – lok. 1
- Obr. 39 Hustota dřeva po poloměru - lok. 2
- Obr. 40 Hustota dřeva po poloměru - lok. 3
- Obr. 41 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 1
- Obr. 42 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 2
- Obr. 43 Grafické vyjádření ANOVY– lok. 3
- Obr. 44 Hustota dřeva v závislosti na stanovišti při vlhkosti 0 %
- Obr. 45 Intervaly hustoty při vlhkosti 0 % z jednotlivých stanovišť
- Obr. 46 ANOVA - Intervaly hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % z jednotlivých stanovišť
- Obr. 47 Krabicový graf celkového radiálního, tangenciálního, podélného a celkového objemového sesychání – všechna stanoviště
- Obr. 48 Krab. graf celk. radiál., tangenciál, podélného a celk. objem. sesych. – stan. 1
- Obr. 49 Krab. graf celk. radiál., tangenciál, podélného a celk. objem. sesych. – stan. 2
- Obr. 50 Krab. graf celk. radiál., tangenciál, podélného a celk. objem. sesych. – stan. 3
- Obr. 51 ANOVA - Intervaly celkového objemového sesychání z jednotlivých stanovišť
- Obr. 52 Intervaly celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť
- Obr. 53 Krabicový graf meze pevnosti v tlaku podél vláken – všechna stanoviště
- Obr. 54 Krabicový graf meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť

- Obr. 55 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v tlaku ve směru vláken z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 56 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 57 Krabicový graf meze pevnosti v ohybu – všechna stanoviště**
- Obr. 58 Krabicový graf meze pevnosti v ohybu dle stanovišť**
- Obr. 59 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v ohybu z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 60 ANOVA - Intervaly meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 61 Krabicový graf modulu pružnosti v ohybu – všechna stanoviště**
- Obr. 62 Krabicový graf modulu pružnosti v ohybu dle stanovišť**
- Obr. 63 Intervaly modulu pružnosti v ohybu z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 64 Intervaly modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva z jednotlivých stanovišť**
- Obr. 65 Závislost hustoty na průměrné šířce letokruhu při $w = 12 \%$ dle stanovišť**
- Obr. 66 Závislost hustoty na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$ dle stanovišť**
- Obr. 67 Závislost tangenciálního sesychání na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť**
- Obr. 68 Závislost tangenciálního sesychání na podílu letního dřeva dle stanovišť**
- Obr. 69 Závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken dřeva na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť**
- Obr. 70 Závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na podílu letního dřeva dle stanovišť**
- Obr. 71 Závislost meze pevnosti dřeva v ohybu na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť**
- Obr. 72 Závislost meze pevnosti dřeva v ohybu na podílu letního dřeva dle stanovišť**
- Obr. 73 Závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na průměrné šířce letokruhu při $w = 12 \%$**
- Obr. 74 Závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$**
- Obr. 75 Závislost radiálního a tangenciálního sesychání juvenilního a zralého dřeva na hustotě při $w = 12 \%$**
- Obr. 76 Závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12 \%$**
- Obr. 77 Závislost meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12 \%$**

11 Seznam tabulek

Tab. 1 Délka tvorby juvenilního dřeva douglasky tisolisté dle různých autorů

Tab. 2 Šířky letokruhů na stanovišti 1 v rámci intervalů

Tab. 3 Šířky letokruhů na stanovišti 2 v rámci intervalů

Tab. 4 Šířky letokruhů na stanovišti 3 v rámci intervalů

Tab. 5 Tabulka šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Tab. 6 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot šířky letokruhů mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 7 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot šířky letokruhů juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 8 Tabulka podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Tab. 9 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot podílu letního dřeva mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 10 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot podílu letního dřeva juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 11 Popisná statistika průměrné hustoty při vlhkosti 0 % ze všech stanovišť

Tab. 12 Popisná statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 1

Tab. 13 Popisná statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 2

Tab. 14 Popisná statistika hustoty při vlhkosti 0 % jednotlivých kmenů – stanoviště 3

Tab. 15 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – všechna stanoviště

Tab. 16 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi

Tab. 17 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 1 (SLT 3K)

Tab. 18 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 2 (SLT 3B)

Tab. 19 Popisná statistika hustoty dřeva douglasky po poloměru kmene – stanoviště 3 (SLT 3A)

Tab. 20 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 1 (SLT 3K)

Tab. 21 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 2 (SLT 3B)

Tab. 22 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými sekcemi – stanoviště 3 (SLT 3A)

- Tab. 23 Tabulka hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % dle stanovišť
- Tab. 24 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 25 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot hustoty juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 26 Celkové sesychání v radiálním, tangenciálním, podélném směru a celkové objemové sesychání – všechna stanoviště
- Tab. 27 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 1
- Tab. 28 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 2
- Tab. 29 Celkové radiál., tangenciál., podélné a celk. objem. sesych. – stan. 3
- Tab. 30 Tabulka celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva při vlhkosti 0 % dle stanovišť
- Tab. 31 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot celkového objemového sesychání mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 32 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot celkového objemového sesychání juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 33 Popisná statistika meze pevnosti v tlaku podél vláken – všechna stanoviště
- Tab. 34 Popisná statistika meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť
- Tab. 34 Popisná statistika meze pevnosti v tlaku podél vláken dle stanovišť
- Tab. 35 Tabulka meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť
- Tab. 36 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v tlaku ve směru vláken mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 37 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 38 Popisná statistika meze pevnosti v ohybu – všechna stanoviště
- Tab. 39 Popisná statistika meze pevnosti v ohybu dle stanovišť
- Tab. 40 Tabulka meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť
- Tab. 41 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v ohybu mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 42 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti
- Tab. 43 Popisná statistika modulu pružnosti v ohybu – všechna stanoviště
- Tab. 44 Popisná statistika modulu pružnosti v ohybu dle stanovišť

Tab. 45 Tabulka modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva dle stanovišť

Tab. 46 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot modulu pružnosti v ohybu mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 47 Výsledky Tukeyho metody mnohonásobného porovnání středních hodnot modulu pružnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva mezi jednotlivými stanovišti

Tab. 48 Průměrné hodnoty podílu letního dřeva a šířky letokruhu

Tab. 49 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty na průměrné šířce letokruhu při $w = 12 \%$ dle stanovišť

Tab. 50 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$ dle stanovišť

Tab. 51 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro tangenciálního sesychání na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

Tab. 52 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro Závislost tangenciálního sesychání na podílu letního dřeva dle stanovišť

Tab. 53 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro Závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

Tab. 54 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro Závislost meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken na podílu letního dřeva dle stanovišť

Tab. 55 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro meze pevnosti dřeva v ohybu na průměrné šířce letokruhu dle stanovišť

Tab. 56 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro meze pevnosti dřeva v ohybu na podílu letního dřeva dle stanovišť

Tab. 57 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na průměrné šířce letokruhu při $w = 12 \%$

Tab. 58 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$

Tab. 59 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost hustoty juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$

Tab. 60 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti v tlaku ve směru vláken juvenilního a zralého dřeva na podílu letního dřeva při $w = 12 \%$

Tab. 61 Rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R pro závislost meze pevnosti v ohybu juvenilního a zralého dřeva na hustotě dřeva při $w = 12 \%$

Tab. 62 Srovnání stavby a vybraných vlastností dle SLT