

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2016

Bc. LUBOMÍR BECHA

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

**Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva vybraných dřevin po výšce
kmene na Dražanské vrchovině**

Diplomová práce

2016

Bc. Lubomír Becha

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva vybraných dřevin po výšce kmene na Drahanské vrchovině zpracoval sám a uvedl jsem všechny použité prameny. Souhlasím, aby má diplomová práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna ke studijním účelům ve shodě Vyhláškou rektora MZLU o archivaci elektronické podoby závěrečných prací. Autor kvalifikační práce se dále zavazuje, že před sepsáním licenční smlouvy o využití autorských práv díla s jinou osobou (subjektem) si vyžádá písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuje se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla dle řádné kalkulace.

V Brně, dne:.....

Podpis studenta:

Poděkování

Touto cestou si dovoluji poděkovat Ing. Tomáši Kolářovi Ph.D. za obětovaný čas při konzultacích, velkou ochotu, mnoho trpělivosti, poskytování odborných a cenných rad a potřebných materiálových podkladů, věcné a podnětné připomínky a návrhy při řešení problémů, které doprovázely zpracování této diplomové práce. Velmi rád bych poděkoval dendrochronologické laboratoři pod vedením Ing. Michala Rybníčka Ph.D., bez které by tato diplomová práce nemohla vzniknout. Zároveň chci vyslovit poděkování celé své rodině za neustálou podporu při studiu, obětavou pomoc a velkou trpělivost.

Abstrakt

Autor: Bc. Lubomír Becha

Název práce: Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva vybraných dřevin po výšce kmene na Drahanské vrchovině

Cílem práce bylo stanovení podílu jarního a letního dřeva, šířky letokruhů a konvenční hustoty u vybraných druhů dřevin v závislosti na výšce kmene. Pro tento účel bylo na Drahanské vrchovině odebráno 9 stromů.

Z těchto stromů bylo vymanipulováno deset výřezových kotoučů po výšce kmene. Dendrochronologická analýza a měření jarního a letního dřeva bylo provedeno pomocí programu WinDendro. Pro výpočet konvenční hustoty byl využit výpočet podle Olsona, který k výpočtu využívá maximálního objemu dřeva. Výsledky dávají reálnou představu o změně konvenční hustoty a změně tvaru letokruhů jak v podélném, tak i v příčném směru.

Klíčová slova: Drahanská vrchovina, dendrochronologie, konvenční hustota, šířka a tvar letokruhu, WinDendro

Abstract

Author: Bc. Lubomír Becha

Thesis title: Variability of the annual ring's width and the conventional density of the chosen woody plant in chosen levels of the trunk in the area Dražanská vrchovina.

The aim of the thesis is the determination of the spring and summer wood percentage, annual ring's width and conventional density of the chosen woody plants and its dependence on the trunk's level. For these purposes were researched 9 different trees.

It was taken 10 wooden segments from the each chosen level of the trunk. It was chosen program WinDendro and it was made dendrochronological analyses and measurement of the spring and summer wood. It was used Olson's mathematics figure for the conventional density calculation. In this calculation it is always used maximum level of the wood volume. The outcome is the number which is almost realistic figure of the conventional density change and structure change of the annual's rings. These outcomes are measured in the transection and cross section.

Keywords: Dražanská vrchovina, dendrochronology, conventional density, width and structure annual's ring, WinDendro

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1	Popis dřevin.....	12
3.1.1	Buk lesní – <i>Fagus sylvatica</i> L.....	12
3.1.1.1	Popis a vlastnosti.....	12
3.1.1.2	Rozšíření a nároky na půdu a klima	12
3.1.1.3	Makroskopická stavba dřeva.....	13
3.1.1.4	Mikroskopická stavba dřeva	13
3.1.1.5	Využití dřeva.....	13
3.1.1.6	Využití buku v dendrochronologii	13
3.1.2	Smrk ztepilý – <i>Picea abies</i> /L./Karst.	14
3.1.2.1	Rozšíření a nároky na půdu a klima	14
3.1.2.2	Makroskopická stavba dřeva.....	15
3.1.2.3	Mikroskopická stavba dřeva	15
3.1.2.4	Využití dřeva.....	15
3.1.2.5	Využití smrku v dendrochronologii	15
3.1.3	Jedle bělokorá – <i>Abies alba</i> Mill.....	16
3.1.3.1	Popis a vlastnosti.....	16
3.1.3.2	Rozšíření a nároky na půdu a klima	16
3.1.3.3	Makroskopická stavba dřeva.....	17
3.1.3.4	Mikroskopická stavba dřeva	17
3.1.3.5	Využití dřeva.....	17
3.1.3.6	Využití jedle v dendrochronologii.....	18
3.2	Radiální přírůst dřeva - Letokruhy	18
3.2.1	Tvorba letokruhů.....	18
3.2.2	Charakteristika a struktura letokruhů	18
3.2.3	Šířka a tvar letokruhů.....	19
3.2.4	Faktory ovlivňující tloušťkový přírůst	19
3.2.4.1	Vliv teploty na přírůst	20
3.2.4.2	Vliv srážek na přírůst	20
3.3	Dendrochronologie.....	20
3.3.1	Historie dendrochronologie.....	21

3.3.2	Princip dendrochronologie	22
3.3.3	Metody měření šířek letokruhů	23
3.3.3.1	WinDendro.....	23
3.3.4	Odběr vzorků.....	25
3.4	Konvenční hustota.....	26
3.4.1	Variabilita a rozložení hustoty po výšce kmene.....	26
3.4.2	Variabilita a rozložení hustoty po poloměru kmene	26
3.4.3	Metody určení konvenční hustoty	27
4	METODIKA.....	29
4.1	Odběr vzorků.....	29
4.2	Metodika stanovení variability šířky letokruhů po výšce kmene.....	30
4.2.1	Příprava vzorků	30
4.2.2	Měření šířky letokruhů.....	31
4.2.3	Příprava vzorků	32
4.2.4	Stanovení objemu.....	33
4.2.5	Sušení a stanovení hmotnosti vzorků	34
4.2.6	Výpočet konvenční hustoty.....	36
5	MATERIÁL	37
5.1	Drahanská vrchovina.....	37
5.1.1	Lokalizace a popis Drahanské vrchoviny.....	37
5.1.2	Výzkumná plocha.....	38
5.1.3	Geologické zařazení	38
5.1.4	Klimatické zařazení.....	38
6	VÝSLEDKY.....	40
6.1	Analýza konvenční hustoty	40
6.2	Letokruhová analýza (Dendrochronologie)	47
6.3	Podíl jarního a letního dřeva	52
7	DISKUZE.....	63
7.1	Letokruhová analýza (Dendrochronologie)	63
7.1.1	Podíl jarního a letního dřeva	63
7.2	Konvenční hustota.....	64
8	ZÁVĚR.....	65
9	SUMMARY	66
10	SEZNAM LITERATURY.....	67

11	PŘÍLOHY	70
----	---------------	----

1 ÚVOD

Dřeviny rostoucí v mírném pásmu se vyznačují tím, že každý rok i během období vegetačního klidu vytváří novou vrstvu dřeva, která se označuje jako letokruh. Ten je svou šířkou, tvarem a hustotou zcela unikátní. Z těchto důvodů lze z letokruhů vyčíst podmínky růstu dřeviny nebo působení vnějších vlivů po celý život daného stromu. Těmito vlivy se již v historii zabýval Leonardo da Vinci, který zjistil, jaký vztah má šířka letokruhů a úhrn srážek v průběhu roku. Zabývání se touto problematikou nazýváme dendrochronologie.

V dendrochronologické praxi se setkáváme s mnoha možnostmi, jak měřit šířku, nebo jak měřit podíl jarní a letní části letokruhu jednotlivých dřevin. Na rozdíl od minulosti, kdy se používaly jednoduché metrické nástroje k měření šířky letokruhů, v dnešní době se používají poměrně jednoduché programy, které jsou schopny zcela přesně změřit a vyhodnotit jednotlivé hranice letokruhů a jejich změnu tvaru. Pro potřeby této diplomové práce byl využíván program WinDendro.

Růstové vlivy mají vliv jak na změnu šířky letokruhů dřevin, tak i na konvenční hustotu. Změna konvenční hustoty je závislá jak na poloměru kmene, tak i na výšce stromu.

Tato diplomová práce je proto zaměřena na zjištění změny konvenční hustoty po poloměru a výšce kmene. Dále se bude zabývat na zjištěním podílu jarního a letního dřeva a zjištěním variability šířky letokruhů po poloměru a výšce kmene.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit variabilitu šířky letokruhů, podílu jarního a letního dřeva, konvenční hustoty po poloměru a výšce kmene. K tomuto účelu byly využity výřezy ze 3 druhů dřevin, buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), smrk ztepilý (*Picea abies*/L./Karst.).

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Popis dřevin

3.1.1 Buk lesní – *Fagus sylvatica* L.

3.1.1.1 Popis a vlastnosti

Buky jsou opadavé listnaté dřeviny s jednoduchými, střídavě postavenými listy. Významným znakem je hladká, světle šedá borka, jen velmi vzácně na kmenech rozpuštěná. Asi deset druhů buku roste přirozeně v mírném pásu severní polokoule. Vymřelých druhů známe asi dvacet, rostly převážně v třetihorách (Větvíčka, 2008).

Opadem listů udržuje buk půdu v dobrém stavu a je málo ohrožen škůdci, je v lesním hospodářství ceněnou dřevinou. Buk lesní dorůstá výšek 30 – 35 m. Samčí a samičí květy rozkvétají v květnu, plody dozrávají v říjnu (Hrabák, 2014).

3.1.1.2 Rozšíření a nároky na půdu a klima

Buk je dřevina snášející i silný zástin. Pro tuto schopnost mohou mít i čisté bučiny několik pater, protože potlačení jedinci vydrží dlouho v podrostu. Na příznivých stanovištích vytlačuje buk většinu ostatních dřevin, což vede ke vzniku čistých bučin. Buk má střední nároky na vláhu v půdě a vyžaduje dostatek srážek a zvláště v letním období musí mít dostatečnou relativní vlhkost vzduchu. V oblasti optimálního rozšíření je buk celkem indiferentní ke geologickému podkladu. Roste skoro na všech druzích hornin, vynechává jen suché písky, těžké nepropustné jíly, půdy bažinaté a rašelinné. Nejlepší bučiny jsou ovšem na dobrých humózních půdách bohatých vápníkem. Tam, kde klima a jiné faktory nejsou již optimální, stoupají výrazně nároky buku na půdu. Buk svým odpadem listů silně ovlivňuje půdu. Je citlivý na pozdní mrazy a vyhovuje mu mírné oceánické klima. Buk je dřevina evropského areálu s těžištěm rozšíření v západní, střední a jihovýchodní části kontinentu. Celé naše území leží uvnitř areálu buku, a proto tuto dřevinu nalezneme ve všech středohořích a horských oblastech hercynské i karpatské části státu. Buk vytváří v našich podmínkách v nadmořských výškách cca od 400 – 800 m často nesmíšené porosty, na spodní hranici rozšíření se mísí s dubem a na horní se smrkem a jedlí (Úradníček, 2009).

3.1.1.3 Makroskopická stavba dřeva

Světlé, bělavé, nahnědlé či narůžovělé dřevo. Jemná a stejnorodá textura, rovné žilky, drobné dřeňové paprsky (Vigué Jorgi, kol. 2013). U starých stromů jsou častá nepravá jádra (Lysý, 1961). Dřevo buku je typické roztroušeně pórovité listnaté dřevo. Má poměrně zřetelné letokruhy a dřeňové paprsky jsou zřetelné na všech řezech. Bukové dřevo je středně těžké (ρ_0 685kg.m⁻³) a středně tvrdé (61 MPa) (Šlezingerová, 2008).

3.1.1.4 Mikroskopická stavba dřeva

V mikroskopické stavbě dřeva buku lze pozorovat v tangenciálním směru dřeňové paprsky 1- mnohvrstevné (až 25). Na příčném řezu pozorujeme jednotlivé cévy, které mohou být v radiálních skupinách. V nepravém jádru v cévách thyly a jádrové látky. Dřeňové paprsky jsou na hranicích letokruhů rozšířené. Žebříčkovou nebo jednoduchou perforaci cév lze najít na radiálním řezu (Šlezingerová, Gandelová, 2008).

3.1.1.5 Využití dřeva

Buk je naší nejdůležitější hospodářskou listnatou dřevinou, která poskytuje tvrdé dřevo (Hrabák, 2014). Cenné sortimenty dává obvykle jen hladká část kmene, ostatek se zpracovává na palivo nebo celulózu. Bukové dřevo má všestranné použití. Z bukvic se dříve lisoval olej. V okrasném zahradnictví má buk již dávno pevné postavení (Úradníček, 2009).

3.1.1.6 Využití buku v dendrochronologii

Bukové dřevo je vhodné pro všechny dendroekologické studie. Má zejména ve střední Evropě ekologické uplatnění, je charakteristické střední délkou života a jeho rozšířenost je závislá na environmentálních podmínkách, které způsobují buď jeho náhlý růst, nebo úhyn, který je způsoben rozšiřováním, nebo uzavíráním cév. Bukové dřevo řadíme k méně vhodným dřevinám používaným k denzitometrickým studiím, protože provádění analýzy struktury tohoto dřeva považujeme za velmi obtížné (Schweingruber, 1993).

3.1.2 Smrk ztepilý – *Picea abies*/L./Karst.

Smrk ztepilý je statný strom dorůstající výšky 40 až 50 m a vytvářející zašpičatělou kuželovitou korunu, sahající při solitérním postavení hluboko k zemi. Jeho červeno hnědá kůra se mění ve stáří v šupinovitě odlupčivou hnědou borku. Pro svou plochou talířovitou kořenovou soustavu, sahajícím za obvod koruny, trpí dosti větrnými vývraty (Hrabák, 2014).

3.1.2.1 Rozšíření a nároky na půdu a klima

Smrk je světlomilná dřevina, snášejíci v mládí zástin, takže snadno vniká do porostů jiných dřevin a postupně zaujímá jejich místo. Smrkové porosty bývají značně semknuté a silně zastíňují půdní povrch. Poněvadž má povrchovou kořenovou soustavu, je smrk značně náročný na půdní vlhkost. Snese dobře nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagnující vodu bažin a rašelinišť. Nedostatek vláhy se však stává limitujícím faktorem dobrého růstu smrku. Na půdu a geologické podloží nemá smrk velké nároky, na vápencových horninách ustupuje zřetelně buku. Při dostatečné vlhkosti osídluje docela mělké půdy, kryté trochou humusu, např. horní hranice lesa. Smrk není náročný na klima. Citlivější je vysokým teplotám, nesnáší nízkou relativní vlhkost vzduchu. Je málo odolný vůči působení větru, následkem bývají vývraty, poškozován bývá i sněhem a námrazou, která působí vrcholové zlomy. Smrk je citlivý na znečištěné ovzduší a nehodí se do parků větších měst. Je velmi choulostivý vůči imisím, zejména SO₂, což se projevilo rozsáhlým hynutím porostů, u nás např. v pohraničních horách. Souvislý výskyt je v severní a severovýchodní Evropě, ostrůvkovitý v horách střední a jižní Evropy. Na celém našem území je zastoupen horský smrk hecynsko-karpatské oblasti. Vykytuje se téměř ve všech nižších i vyšších pohořích (300 – 1350 m n.m.). Těžištěm rozšíření jsou okrajová příhraniční horstva. Řidší je přirozené zastoupení smrku ve vnitrozemských horských skupinách, např. na Českomoravské a Dražanské vrchovině, v Brdech, Slavkovském lese a Oderských vrších. Bez smrku jsou teplé úvaly velkých řek. V posledních 200 letech byl druhotně rozšířen všude ve stěžení Evropy. Smrk tak vytlačil většinu původních dřevin. Na nevhodných stanovištích došlo k velkému rozvoji chorob a škůdců s následnými kalamitami značného rozsahu (kůrovec, mniška) (Úradníček, 2009).

3.1.2.2 Makroskopická stavba dřeva

Dřevo smrku má smetanově bílou až nahnědlou barvu, s výraznými letokruhy. Na všech třech řezech (tečný, podélný, příčný) snadno zaznamenáme zřetelné barevné odlišení jarní a letní přírůstkové vrstvy dřeva. Jádru není barevně odlišeno, a pokud se místy (od oddenku) vyskytuje tmavší zahnědnutí, jedná se o vadu, počátek hniloby. Dřevo slabě voní, na podélných řezech je mírně lesklé. Dřevo smrku se řadí mezi měkké (26 Mpa) a lehké (ρ_0 420kg.m⁻³) (Šlezingerová a Gandělová, 2004).

3.1.2.3 Mikroskopická stavba dřeva

Smrk má piceoidní typ teček v křížovém poli a heterocelulární dřevné paprsky, které se projevují na radiálním řezu. Tangenciální řez lze poznat podle drobné tlustostěnné epitelové buňky na obvodu horizontálních pryskyřičných kanálků (Šlezingerová, Gandělová, 2008).

3.1.2.4 Využití dřeva

Pro rychlý růst a technické přednosti dřeva se stal smrk hlavní hospodářskou dřevinou. Poskytuje bezjaderné stejnorodé dřevo stavební, truhlářské, nástrojařské, ale i rezonanční dřevo pro hudební nástroje, dále se dřevo zpracovává na papír i palivo. Dříve se těžila i pryskyřice jako surovina pro výrobu bednářské smůly, kalafuny a terpentýnu a kůra jako zdroj tříslovin. Oblíbené jsou i vánoční stromky. Mladé letorosty a pupeny jsou bohaté na vitamín C, odvar se používal v léčitelství jako prostředek proti kurdějím (Úradníček, 2009).

3.1.2.5 Využití smrku v dendrochronologii

Vedle borovice je smrkové dřevo nejpoužívanější v dendrochronologické praxi v oblasti celé Euroasie. Smrk je dřevina, která je schopná růst i několik století. V horských oblastech jsou zcela běžně stromy staré i přes 300 let. Dřevina je schopna růst ve všech klimatických pásmech a i přesto si zachovává pravidelnou strukturu letokruhu. Z tohoto důvodu je vhodná i pro radiodensitometrické studie (Schweingruber, 1993).

3.1.3 Jedle bělokorá – *Abies alba* Mill.

3.1.3.1 Popis a vlastnosti

Jedle bělokorá je nejvyšší evropský strom. V pralesovitých porostech dorůstá výšky až přes 60 m. Dožívá se stáří 500 až 600 let a dosahuje průměru kmene přes 2 m. Hustá kuželovitá koruna se ve stáří nahoře zaobljuje a větve vytvářejí tzv. čapí hnízdo (Pokorný, 1998).

Kmen jedle je kryt hladkou, bělošedou kůrou, koruna je válcovitá a sahá hluboko k zemi. Jehlice jsou ploché, 2 až 3cm dlouhé, na konci vykrojené a na rubu s dvěma bělavými proužky (Hrabák, 2014).

3.1.3.2 Rozšíření a nároky na půdu a klima

Jedle snese dlouhotrvající hluboký stín, aniž by ztratila na vitalitě. V zástínu potlačené jedle mohou při výšce 1,5 - 2 m a průměru kmínku 5 – 8 cm dosahovat věku až 100 let. Jedle má značné nároky na vláhu a její rozložení během roku. Neroste na suchých stanovištích. Vyžaduje stejnoměrnou, přiměřenou půdní vlhkost po celou vegetační dobu, snese i podmáčené půdy. Má vyšší nároky na obsah živin v půdě, než smrk a vyžaduje také půdy hlubší. Mnohde je její optimum na vápencích a naproti tomu chybí na hlubokých rašelinných půdách. Nejlépe se jí daří na hlubokých čerstvých půdách. Jedle je dřevina oceánického klimatu s mírnými zimami. V oblastech s teplejším klimatem je vázána na hory. Špatně snáší silné zimní mrazy. Po dlouhotrvajících nízkých teplotách dochází k tvorbě nepravého jádra a vznikají praskliny v dřevním válci. V tuhé zimě v letech 1928 - 29 zmrzly v jižním Polsku stromy ve stoletých jedlových porostech. Jedle bělokorá je evropská dřevina s poměrně malým rozšířením. V Českých zemích roste ve všech okrajových i vnitrozemských pohořích. Bez jedle jsou jen teplé pahorkatiny a úvaly Labe, Vltavy, Ohře, Moravy, Odry a Dyje. Z podhorských a horských poloh v Čechách místy sestupuje až do oblastí pahorkatin, na Křivoklátsku např. až do 300 m. Na druhé straně nikde nedosahuje horní hranice lesa a přesahuje málokdy výšku 1100 m n. m. Na Moravě se vyskytuje také v Moravském krasu a roste ve Chřibech, ve Ždánickém lese však již zastoupena není. V oblasti Moravy její spodní hranice rozšíření leží v rozmezí 400 – 500 m. V Karpatech je rozšířena počínaje Bílými Karpaty přes Beskydy do centrální oblasti masivu (Úradníček, 2009).

3.1.3.3 Makroskopická stavba dřeva

Barva jedlového dřeva se pohybuje od krémově bílé až po okrovou s charakteristickou takřka neznatelnou texturu. Jedlové dřevo má malé póry a vlnitá uzavřená vlákna načervenalé hnědé barvy se světle růžovým až hnědým odstínem. Jedná se o snadno opracovatelné, lehké, porézní a pružné dřevo. Provází je slabá vůně, podobně jako u jiných dřev bohatých na pryskyřici (Gibbs, 2009). Letokruhy jsou dobře zřetelné se středně ostrým přechodem od jarního k letnímu dřevu v rámci letokruhu; pryskyřičné kanálky chybí. Dřevo je bez lesku, lehké (ρ_0 405 kg.m⁻³), měkké (28 MPa) (Šlezingerová, 2008).

3.1.3.4 Mikroskopická stavba dřeva

Na radiálním řezu se projevují dřeňové paprsky složeny z parenchymatických buněk – homocelulární, v rámci letokruhů středně ostrý přechod od jarního k letnímu dřevu. Taxodiodní typ teček v křížovém poli (obvykle 2 - 4). V parenchymatických buňkách dřeňových paprsků častý výskyt krystalů.

Na příčném a tangenciálním řezu lze vidět dřevo bez pryskyřičných kanálků s jednovrstevnými dřeňovými paprsky. Stěny tracheid mohou být hladké nebo výraznými spirálními ztluštěninami. Průměr parenchymatických buněk je 15 - 25 μ m. (Šlezingerová, Gandelová, 2008).

3.1.3.5 Využití dřeva

Jedlové dřevo má široké upotřebení, dříve se mu dávala přednost jako dřevu stavebnímu, zatímco smrkové se více cenilo na prkna. Jedlové důlní dříví se přednostně používalo pro schopnost „varovat“ havíře před zborcením výdřevy. Dřevo jedle se dobře štípe, což bývala výhoda při výrobě šindelů. Pravidelně rostlé dřevo se používá také jako ozvučné pro výrobu hudebních nástrojů. Jedle jsou velmi ceněny jako vánoční stromky. Okrasný klest po těžbě nalézá ještě dnes dobré uplatnění (Úradníček, 2009).

3.1.3.6 Využití jedle v dendrochronologii

Pro svůj častý výskyt v historických stavbách byla jedle ve všech středoevropských zemích většinou první dřevinou, pro níž byla zpracována nějaká souvislá chronologie (Kyncl, 1998).

3.2 Radiální přírůst dřeva - Letokruhy

3.2.1 Tvorba letokruhů

Letokruh je přírůstek dřeva vytvořený kambiem v průběhu jednoho vegetačního období. V našich podmínkách odpovídá jeden letokruh jednomu vegetačnímu období. Proto počet letokruhů na radiálním řezu (příčný řez) odpovídá stáří stromu (Šlezingerová, Gandelová, 2008).

Dřevo vzniká činností kambia, což jsou vrstvičky živých buněk, které jsou uloženy mezi dřevem a kůrou. V procesu růstu se kambiální buňky dělí a vytvářejí na vnitřní straně kambia buňky dřeva a na vnější straně kambia vytvářejí kůru. Ve směru dřeva se dělí buňky mnohem rychleji, a proto přirůstá dřevo mnohem rychleji než kůra. V našem podnebném pásu pracuje kambium tak, že se jeho činnost zastaví před zimním obdobím a začne pracovat opět na jaře. Důsledkem této činnosti je tvorba letokruhů (Balabán, 1995).

3.2.2 Charakteristika a struktura letokruhů

Letokruhy kmene lze popsat jako soustavu kuželovitých pláštíků postupně na sebe nasedajících. Nový letokruh navazuje na předcházející soustavu letokruhů. Tímto způsobem strom každoročně zvětšuje svůj průměr kmene tloušťkovým přírůstem (Gandelová, 2012).

Letokruhy na příčném řezu dřevem kmene (větve, kořenu) tvoří převážně koncentrické vrstvy (roční přírůst dřeva) navazující na sebe a obklopující dřeň. Skládají se ze dvou barevně, někdy také strukturálně, rozdílných vrstev jarního a letního dřeva. Na radiálním řezu se jeví jako svíslé rovnoběžné pásy a na tangenciálním řezu vytvářejí rozmanitě zvlněné elipsy (parabolické útvary ve střední části řezu (Gandelová, 2012).

3.2.3 Šířka a tvar letokruhů

Struktura letokruhu a jeho šířka závisí nejen na stáří a druhu dřeviny, ale zejména na stanovištních podmínkách, sociálním postavení dřeviny v porostu, pěstebních opatřeních. Struktura letokruhu je výsledkem komplexu vlivů působících na daném stanovišti. Šířku letokruhů ovlivňují klimatické sezónní změny, s nimiž koreluje periodicitu růstu (radiální – tloušťkový růst) (Požgaj, 1997).

U většiny hospodářsky významných dřevin se šířka letokruhu pohybuje v rozmezí 1 až 5 mm. Stromy s malými korunami za nepříznivých podmínek růstu mají šířku i pod 1 mm. Naopak stromy s velkými korunami při normálních podmínkách během svého růstu mohou dosahovat šířky letokruhu 5 až 10 mm (např. u topolů je širší letokruhů 5 až 15 mm). V důsledku stárnutí dochází k postupnému snižování šířek letokruhů. Průběh šířky letokruhů po poloměru stromu odpovídá stejné tendenci jako průběh šířky letokruhů s věkem (pokles od dřeně k obvodu kmene) (Šlezingerová a kol., 2002).

S výškou kmene šířka letokruhů vzrůstá od báze vrcholu, čímž se kmen stává plnodřevnější. Šířka letokruhů se mění také v závislosti na zeměpisné šířce a nadmořské výšce. Se vzrůstající zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou se průměrná šířka letokruhu snižuje. Pro jemnou strukturu s úzkými, hustými letokruhy je ceněno dřevo severských jehličnatých dřevin s krátkým vegetačním obdobím v této oblasti (Požgaj, 1997).

Nejširší letokruhy dřeviny vytvářejí v optimálních stanovištních podmínkách vyžadovaných příslušným druhem. Letokruhy nemusí být po obvodu kmene stejně široké, zejména v případě narušení normálního vývinu koruny (kořenů) vlivem sněhu, svážného terénu apod. dochází k excentrické stavbě kmene (Šlezingerová a kol., 2002).

3.2.4 Faktory ovlivňující tloušťkový přírůst

Faktory, které ovlivňují tloušťkový přírůst stromu, rozdělujeme na vnitřní a vnější. Vnitřní faktory se skládají z biotických a genetických činitelů. Vnější faktory ovlivňují abiotičtí činitelé (Schweingruber, 1996).

3.2.4.1 Vliv teploty na přírůst

Teplota je hlavním limitujícím faktorem růstu stromů. Na radiální růst mají vliv jak nadprůměrné teploty, tak teploty podnormální (Fritts, 1976). Z teplotních charakteristik je rozhodující období, ve kterém nastanou (sezónní cyklus, denní cyklus) a jejich amplituda (periodické teplotní deprese trvající týdny nebo hodiny apod.) (Schweingruber, 1996). Přímý vliv teploty na růst je nejvíce častý na začátku vegetačního období, když nízké teploty mohou způsobit opoždění začátku kambiální aktivity. Stromy směřující na sever mají úzké letokruhy oproti stromům, které jsou v teplých, vlhkých a subtropických regionech. Nejvíce ničující jsou extrémní teplotní změny nebo například pozdní mrazy (Fritts, 1976).

3.2.4.2 Vliv srážek na přírůst

Zásoba vody v regionu má stejný dopad na rostliny a vegetaci jako teplota. To je zřejmé porovnáním hojné, zelené krajiny ve střední Evropě se zlatou savanou, nebo vysokým stromem rostoucím v hluboké půdě a stromem rostoucím v kotlině skály. Srážky se na zemi vyskytují v různých formách (déšť, mlhy, kroupy, sníh), kde jsou dále absorbovány rostlinami. Stejně tak jako u teploty se zde vyskytuje úzká závislost na geografické lokalitě (rovník - teplo, tropy - sucho). Na výskytu srážek v určité lokalitě může mít vliv nadmořská výška, oblasti podél mořských proudů, anebo hory (Fritts, 1976). Voda ovlivňuje aktivitu kambia přímo, i když v některých obdobích vývoje je kambium citlivé na její nedostatek více než v obdobích jiných (Čermák, 2007).

3.3 Dendrochronologie

Název dendrochronologie vznikl z řeckých slov dendron (strom) a chronos (čas). Je to vědní obor zabývající se datováním a studiem letokruhů. Letokruh je prsteneček dřeva, ve kterém se na ploše příčného řezu kmenem projevuje plášť vytvořený činností kambia za příslušné období (Fritts, 1976).

3.3.1 Historie dendrochronologie

Zkoumání letokruhů má v Evropě dlouholetou tradici. První písemné zmínky o dendrochronologii pocházejí od Leonarda da Vinciho. Leonardo da Vinci byl první, kdo pochopil, že existuje vztah mezi každoročním kolísáním šířek letokruhů a dešťovými srážkami v průběhu vegetačního období (Stallings, 1937).

Díky pozdějšímu vynálezu mikroskopu byly vytvořeny anatomické základy dosledování letokruhů Angličanem Nehemiadem Grewem a Italem Marcellem Malpighiem. Roku 1937 se podařilo identifikovat letokruh pro rok 1709 Francouzům H. L. Duhamelovi a Buffonovi (Historie české dendrochronologie, 2016). Až do konce 19. století však možnost datování touto metodou nebyla jasně uznávána.

Jeden z největších zásahů do dendrochronologie udělal astronom Andrew Ellicott Douglass (1896 – 1962), který je považován za zakladatele dendrochronologie a který zkoumal sluneční aktivitu a byl přesvědčen, že na změnu tvaru letokruhu mají vliv klimatické podmínky minulých let. Poněvadž neměl Douglass přístup k meteorologickým záznamům, soudil, že šířka letokruhu vytváří druh záznamu klimatických změn a snažil se v nich nalézt důkazy slunečních cyklů (Douglass, 1919).

V laboratoři, kterou založil v roce 1976 Douglass a Fritts v Tusconu (Arizona), byla dendrochronologie značně rozvinuta a aplikována i v jiných vědních disciplínách, jako je dendroklimatologie a dendroekologie (Rybníček, 2007).

Prvním člověkem v tehdejší Československu, který začal datovat historické dřevo, byl Bohuslav Vinš. V laboratoři na Zbraslavi spolupracoval s J. Mukem, J. Škabradou a V. Vařekou. V roce 1985 vzniklo v botanickém ústavu v Průhonicích dendrochronologické pracoviště, které vedli Josef Kyncl, Jaroslav Dobrý. Od roku 1999 se k nim přidali i Tomáš Kyncl, Marcela Mácová a Tomáš Tichý. Významné pracoviště, dendrochronologická laboratoř při Archeologickém ústavu AV ČR v Brně, lokalizovaná v Mikulčicích, vzniklo koncem roku 1996. Jejimi zakladateli byli Jitka Dvorská a Lumír Poláček, spolupracovníky resp. konzultanty Karl-Uwe Heußner a Thorsten Westpha (Historie české dendrochronologie, 2016).

Na aktivitu mikulčické laboratoře bezprostředně navázala dendrochronologická laboratoř na lesnické a dřevařské fakultě MENDELU v Brně, která byla založena roku 2000 opět Jitkou Dvorskou a později vedená Michalem Rybníčkem. Pracoviště si ukládá za cíl pokračování v sestavování dubové standardní chronologie v České

republiky a datování archeologického materiálu dřeva (Historie české dendrochronologie, 2016).

3.3.2 Princip dendrochronologie

Pomocí dendrochronologie je možné měřit téměř všechny dřeviny, rostoucí v mírném nebo chladném klimatickém pásmu (Cook a Kairiukstis, 1990).

Dřevo (xylém) je vytvářeno dělivou činností sekundárního meristému – kambia (Hoadley 1990). Během vegetačního období stromy rostoucí v oblasti mírného pásma vytvářejí nový tloušťkový (radiální) přírůst dřeva – letokruh (Wagenführ, 1999). Činnost kambia je ovlivňována mnohými vnějšími a vnitřními faktory. Mezi vnější faktory řadíme klimatické podmínky a biotické činitele. Vnitřními faktory jsou geneticky podmíněné činitele a zdravotní stav jedince (Rybníček, 2007).

Stromy rostoucí na stejném území a tedy i ve stejných klimatických podmínkách vykazují stejnou reakci vyjádřenou šířkou letokruhu. Existuje tedy podobnost ve změnách šířky letokruhů v rámci porostu, zejména pokud se jedná o maximální a minimální hodnoty (Douglass 1937). Omezujícím faktorem při datování dřeva je stav jeho zachování, respektive ukončení vzorku. Pokud není zachováno dřevo až po poslední letokruh, nemůžeme s jistotou odhadnout kolik letokruhů chybí. Z uvedených charakteristik vyplývá, že dendrochronologie je metodou exaktní, neexistuje u ní žádná tolerance. To znamená, buď se vzorek datovat podaří a zjistíme přesně roky, ve kterých bylo měřené dřevo ještě součástí živého stromu, nebo se jej nepodaří datovat vůbec (Schweingruber, 1983). Výběr dřevin, které je možno dendrochronologicky vyhodnotit, je velký. V podstatě je omezen jen požadavkem, aby příslušná dřevina každoročně vytvářela jeden letokruh. Teoreticky je datování aplikovatelné na veškeré jehličnaté a listnaté dřeviny mírného pásma.

Omezujícím faktorem při dendrochronologickém datování je počet letokruhů datovaného vzorku dřeva. Aby bylo vůbec možné použít statistické výpočty, musí mít datované vzorky minimálně 40 letokruhů v závislosti na četnosti vzorků v souboru. Pro datování určitého objektu nebo lokality je vždy lepší změřit větší množství vzorků. Osamocené vzorky dřeva se většinou datují jen těžko, mohou být výrazně ovlivněny lokálními podmínkami růstu stromu. Při zpracování většího souboru dřev je prvním krokem po jejich změření vzájemné srovnání jednotlivých naměřených křivek. Snahou je najít takovou pozici křivek, v níž spolu výborně korelují, tzn. že jsou současné.

Zprůměrováním letokruhových křivek vznikne průměrná letokruhová křivka, která zvýrazní společné výkyvy související s klimatickými změnami a potlačí všechny ostatní oscilace způsobené jinými vlivy (Rybníček, 2007).

3.3.3 Metody měření šířek letokruhů

Odebráním vzorků dřeva (kmenových kotoučů nebo vývrtů) končí terénní část letokruhové analýzy.

V současné době se v dendrochronologii používá několik metod měření letokruhů s tím, že každá z nich je založena na jiném principu měření (Drápela, Zach 2000).

První nejstarší metodou a možná i nejjednodušší z hlediska technického vybavení je přímé měření šířek letokruhů. Tato metoda využívá manuálně nastavitelný nitkový kříž mikroskopu, nebo světelnou lupu. Přístroje měří pozici nitkového kříže od stanoveného počátku a z dvou po sobě následujících čtení vypočítávají šířku letokruhu jako jejich rozdíl. Na tomto principu měření pracuje například program PAST4.

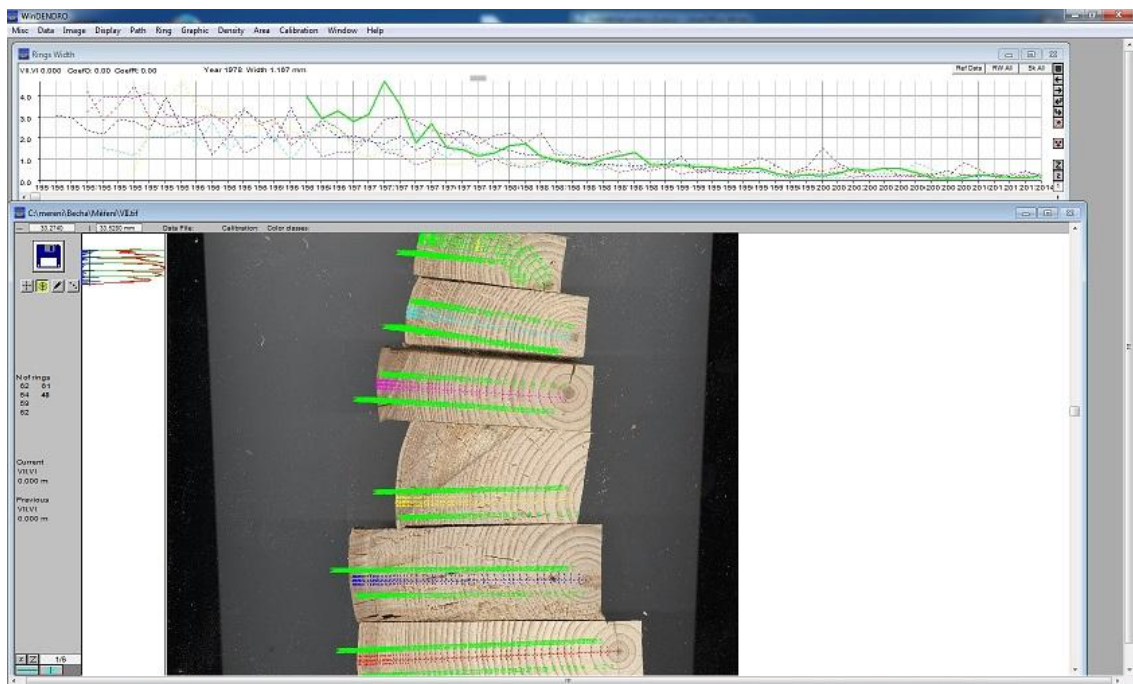
Další metoda spočívá v analýze počítačového obrazu. Tato metoda patří mezi nejmodernější a nejpokrokovější. Programy jsou navrženy tak, aby byly schopny vyhodnocovat barvy letokruhů. Dále se zabývají schopností propouštění světla a dalšími výpočty různých speciálních charakteristik. Podle syntézy těchto údajů je program schopen vyhodnotit hranice letokruhů a tím i změřit jejich šířku. Takovýmto programem je WinDendro, který využívá k měření naskenované vývrty dřevin (Becha, 2013).

3.3.3.1 WinDendro

WinDendro (Obr. 1) byl navržen a je optimalizován pro optické skenery, ale může také analyzovat obrázky z kamer a digitálních filmless x-ray systémů (WinDendro™ extra manual, 2009).

Prvním krokem analýzy letokruhů je získání vzorků dřeviny a jejího obrazu pomocí skeneru. Pro skenování se používají speciálně uzpůsobené skenery, které nemají vyvýšené okraje (Obr. 2) a které mohou skenovat i celé kruhové výřezy. Vzorky je možné skenovat i na běžném papírenském skeneru. Bohužel tento přístroj mívá velmi často vyvýšené okraje (Obr. 3) a je velmi obtížné do přístroje vložit vzorky větších

rozměrů. V takovém případě je vhodné vzorky, pokud je to možné, rozdělit na více částí a skenovat postupně. Pokud vzorky nebudou přiléhat ke sklu skeneru, dojde k nepřesnému ofocení. Tím dojde i k následnému špatnému vyhodnocení. Minimální doporučené rozlišení pro skenování je 1200 dpi optimální rozlišení je 1800 dpi. Následně naskenované snímky, které jsou převedeny do počítačové podoby, můžeme vyhodnotit pomocí nainstalovaného programu WinDendro (WinDendro™ extra manual, 2009).



Obr. 1: Prostředí programu WinDendro



Obr. 2: Vhodný skener s nevyvýšenými okraji (Image Analysis for Plant Science, 2016)



Obr. 3: Nevhodný papírenský skener s vyvýšenými okraji (Image Analysis for Plant Science, 2016)

3.3.4 Odběr vzorků

Řádný odběr vzorku pro dendrochronologické měření je hlavním předpokladem pro datování vzorku. Každý typ materiálu, ať už se jedná o živé stromy, historické stavby, archeologická dřeva či subfosilní kmeny, vyžaduje specifický přístup a techniku odběru (Rybníček, 2005).

Aby mohl být vzorek přesně změřen a správně datován, musí být ve vzorku zaznamenáno minimálně 40 letokruhů (Rybníček, 2003).

Vzorky se obecně odebírají v podobě výřezových kotoučů nebo jako vývrty. Z hlediska měření je optimální provádět měření šířek letokruhů na příčném řezu, neboť jsou na něm snadněji posouditelné možné vady růstu stromu (zdvojené nebo chybějící letokruhy atd.). Vzorky s příčným řezem budou odebrány ruční nebo motorovou pilou. Nebude-li možno odřezat výřezové kotouče, budou vzorky odebrány odvrtáním pomocí Presslerova přírůstového nebozezu (Obr. 4). V případě odbírání vzorků pomocí nebozezu z rostoucího stromu odebíráme vzorek ve výšce 1,5 metrů. Odebrané vzorky se následně označí a uloží k přepravě do laboratoře (Becha, 2013).



Obr. 4: Presslerův přírůstový nebozez

3.4 Konvenční hustota

Konvenční hustota dřeva je definovaná podílem hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu m_0 a jeho objemu při určité vlhkosti V_w (Požgaj a kol., 1993). Z tohoto vztahu lze zjistit, kolik suché dřevní hmoty je obsaženo v maximálně nabobtnalém dřevě.

$$\rho_{rw} = m_0 / V_w \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Konvenční hustota je veličinou velmi vhodnou pro technologické výpočty v lesním a dřevozpracujícím průmyslu. Pomocí této veličiny lze např. přepočítat zásobu mokrého dřeva (s vlhkostí nad mezí hygroskopicity) v objemových jednotkách na hmotnost sušiny a naopak, což nalézá uplatnění zejména při váhové přejímce dříví. V anglické literatuře odpovídá konvenční hustotě pojem *basic specific gravity* (Horáček, 1998).

Hustota dřeva se liší nejen mezi kmeny v rámci jedné dřeviny, ale mění se i v kmeni samotném. Změna hustoty v kmeni se projevuje v důsledku odlišných fyziologických a mechanických funkcí jeho jednotlivých částí (Požgaj a kol., 1993).

3.4.1 Variabilita a rozložení hustoty po výšce kmene

Hustota dřeva po výšce kmene se u jehličnatých a listnatých dřevin vyznačuje značnou variabilitou. S výškou kmene při stejné šířce ročních kruhů se nachází menší podíl letního dřeva než v jeho nižších polohách, tento stav se projeví nižší hustotou ve vyšších částech kmene (Požgaj a kol., 1998).

3.4.2 Variabilita a rozložení hustoty po poloměru kmene

Změna hustoty po průměru kmene převážně zapříčiňují nepravidelné šířky ročních přírůstků. Vysoká hustota se může vyskytnout v libovolné části po průřezu kmene. Hustota dřeva kmene buku vzrůstá od středu směrem k obvodu po určitou hranici, od které dále směrem k obvodu opět klesá. Hustota smrkového dřeva má celkově vzrůstající tendenci od středu k okrajovým částem kmene (Požgaj a kol., 1998).

3.4.3 Metody určení konvenční hustoty

K určení konvenční hustoty lze u dřeva využít různé typy vzorků.

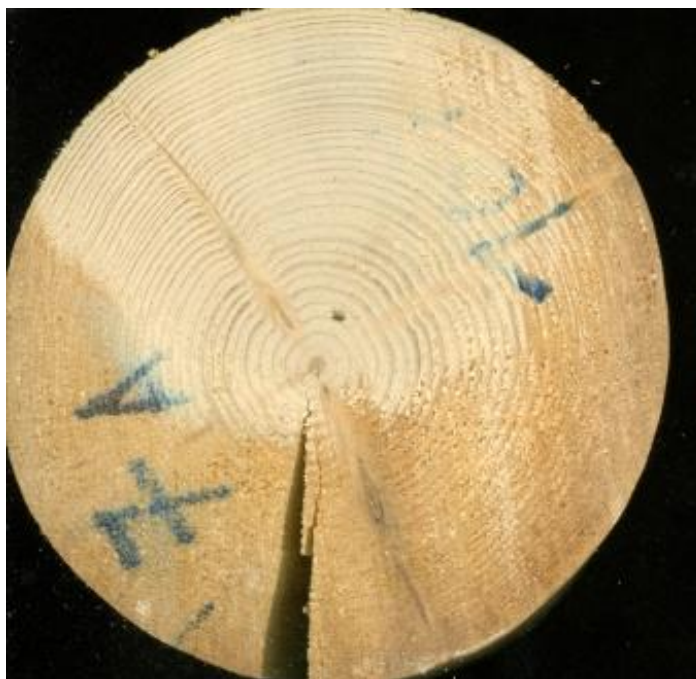
Některé z nich jsou:

Odběr vzorků ze stromu se provádí pomocí Presslerova přírůstového nebozezu. Tato metoda se využívá při odběru velkého množství vzorků například při plošných pracích. Vzorky mají válcovitý profil o malém průměru (Obr. 5). Vývrty se nejčastěji vlepují do dřevěných lišt, aby nedošlo k jejich poškození. Stromy při tomto odběru nejsou nijak vážněji poškozeny. Kruhový otvor ve stromu po odběru bývá velmi rychle zhojen (www.dendrochronologie.cz).



Obr. 5: Vývrty vlepené do lišt a připravené k měření

Další metoda stanovení konvenční hustoty je z příčných kotoučů (Obr. 6). Odběru vzorků se nejčastěji provádí pomocí motorové pily. U takto vymanipulovaného vzorku je výhodou získání vhodných vzorků a z nich kvalitních výsledků konvenční hustoty, které velice dobře reprezentují danou část kmene. Na takových vzorcích si můžeme vybrat ideální část pro měření. Tato metoda se řadí mezi destruktivní metody. Pokácení a vymanipulování vzorků bývá finančně a časově nákladné. Vzorky je nutno dále opracovat, aby došlo k zahlazení stop po řetězu řetězové pily. Jelikož kotouče mohou mít libovolný tvar a velikost, hůře se s nimi manipuluje.



Obr. 6: Částečně obroušený příčný kotouč připravený k měření

Stanovení konvenční hustoty ze zkušebních vzorků ČSN 49 0108. Norma stanoví metodu zjišťování hustoty dřeva (poměr hmotnosti dřeva k jeho objemu) při fyzikálních a mechanických zkouškách, a to pro případ určité vlhkosti dřeva v době zkoušky, pro případ úplně suchého dřeva, jakož i pro případ konvenční hustoty (poměr hmotnosti zkušebního tělesa v úplně suchém stavu k jeho objemu při dané vlhkosti nebo při vlhkosti stejné nebo vyšší než je mez nasycení buněčných stěn dřeva). Tato metoda je velice náročná na přípravu a opracování vzorků, navíc si zachovává všechny nevýhody předešlé metody. Tato metoda se nejčastěji využívá při určování ostatních fyzikálních mechanických vlastností dřeva.

4 METODIKA

4.1 Odběr vzorků

Odběr a pozdější zpracování vzorků bylo provedeno podle standardní dendrochronologické metodiky (Cook a Kairiukstis, 1990). Ke skácení stromů buku, smrku a jedle a následnému odběru měřených kotoučů byla použita motorová pila. Tloušťka kotoučů byla přibližně 5 cm. V ideálním případě se kotouče odebírali v deseti výškách stromu.

Kotouč č.1 - na patě stromu

Kotouč č.2 - 1,3 m výšky stromu

Kotouč č.3 - 10 % výšky stromu

Kotouč č.4 - 25 % výšky stromu

Kotouč č.5 - 40 % výšky stromu

Kotouč č.6 - 55 % výšky stromu

Kotouč č.7 - 70 % výšky stromu

Kotouč č.8 - těsně pod korunou

Kotouč č.9 - 85 % výšky stromu

Kotouč č.10 - 1 metr od vrcholu

Po vymanipulování jednotlivých částí byly měrné kotouče řádně označeny a popsány. Pro odběr vzorků byly vybrány úrovňové stromy z hlavního porostu lesa. Růst stromu nebyl nijak ovlivňován lidským faktorem, zastíněním, vadami anebo zjevným poškozením biotickými škůdci. Tyto vlivy by se jinak mohly projevit na šířce přírůstků dřeva. Odebrané kotouče byly uloženy do archívu, kde proběhlo jejich přirozené vysušení pro další zpracování.

4.2 Metodika stanovení variability šířky letokruhů po výšce kmene

Výřezové kotouče z jednotlivých výšek byly mechanicky upraveny. Po naskenování jednotlivých kotoučů a vložení do počítačového programu byla vyhodnocena šířka letokruhů jednotlivých druhů dřevin. Na základě naměřených dat bylo možné určit jednotlivé přírůstky v jednotlivých letech a po grafickém znázornění byla určena změna tvaru letokruhů v podélném směru stromu.

4.2.1 Příprava vzorků

Pro přesnější měření a výsledky musel být povrch výřezů upraven. Nařezané výřezy byly po vysušení obroušeny na čelní stojanové kotoučové brusce. Při broušení se začalo s hrubým brusným papírem o zrnitosti 80 zrn na 1 cm², tím se dosáhlo odstranění hrubých nepřesností (Obr. 7), které vznikly při řezání motorovou pilou. Po této úpravě byly vzorky upraveny brusným papírem číslo 400, aby se docílilo lepšího rozlišení letokruhů pro skenování vzorků.

Po naskenování výřezů byly výřezové kotouče procentuálně rozděleny na 7 částí a následně rozřezány pásovou pilou (Obr. 8) na jednotlivé vzorky.



Obr. 7: Stojanová kotoučová bruska, pro opracování vzorků

4.2.2 Měření šířky letokruhů

K měření bylo použito moderní a pokrokové programové metody využívající analýzu obrazu. Speciální programy jsou navrženy tak, aby byly schopny vyhodnocovat hranice letokruhů na základě změny jejich barvy. Podle syntézy těchto údajů je program schopen vyhodnotit hranice letokruhů a tím i změřit jejich šířku. Takovýmto programem je WinDendro, který využívá k měření naskenované kotouče dřevin. Skenování probíhá doporučeným rozlišením 1200 dpi (Becha, 2013). Opracované a obroušené vzorky jsou uloženy na skenovací plochu, z níž jsou naskenovány do počítače, ve kterém jsou následně otevřeny v programu WinDendro. V programu začínáme měřit od nejstarší části kmene (jádro dřeva), od které začneme nanášet referenční přímkou, kterou ukončíme u kůry kmene. Referenční přímkou je v případě potřeby možné rozdělit nebo zalomit pomocí klávesnicového tlačítka „shift“. Vynášení dokončíme dvojklikem levého tlačítka myši. Po zobrazení tabulky, do které vyplníme údaje o dřevině a roku odběru vzorků, nám program automaticky vyhodnotí hranice letokruhů. Program vyhodnocuje hranice letokruhů podle kontrastu mezi jarním a letním dřevem. Čím je kontrast větší, tím je vyhodnocení přesnější. Po vyhodnocení je nutné, aby se automaticky vyhodnocené hranice letokruhů zkontrolovaly a popřípadě pomocí klávesy „shift“ upravily. Při změření více vzorků naráz se v horní části programu zobrazují datové křivky, které tak můžeme okamžitě srovnávat s ostatními vzorky. Ukládání v programu probíhá přes horní nástrojovou lištu.

V horní části klikneme na ikonu Image-Save image, čímž uložíme obrázek, který jsme vytvořili. Následně je nutné, abychom naměřená data uložili. Tuto operaci provedeme přes Data-New file, čímž vytvoříme nový datový soubor a uložíme jej ve formátu „.txt“. V poslední fázi musíme naměřená data spojit s obrázkem, který se vytvořil. Spojení provedeme přes ikonu diskety v levé horní části pracovní plochy, kdy načteme uložený obrázek. Nakonec zvolíme funkci Data-Close data, kterou ukončíme ukládání vzorků. Touto cestou jsme vytvořili datový soubor, ve kterém jsou zaznamenány veškerá data i s náhledem. Přes aplikaci konvektor můžeme získat data pro aplikaci excel, ve které lze data dále upravovat (Becha, 2013).

4.2.3 Příprava vzorků

Pro zjištění konvenční hustoty byly z výřezových kotoučů pomocí pásové pily (Obr. 8) vymanipulovány dva vzorky. První klínový vzorek byl uchován pro archivaci. Druhý obdélníkový vzorek, který obsahoval nejstarší část kmene (dřeň) a zároveň i nejmladší (poslední podkorní letokruh) byl určen pro měření. Výřez pro měření byl následně délkově změřen a procentuálně pomocí kalkulačky rozdělen na sedm jednotlivých vzorků.



Obr. 8: Pásová pila pro vymanipulování vzorků z příčných kotoučů

Vzorek 1 od středu -	5%
Vzorek 2 -	5%
Vzorek 3 -	10%
Vzorek 4 -	20%
Vzorek 5 -	20%
Vzorek 6 -	20%
Vzorek 7 -	20%

Jednotlivé vymanipulované vzorky byly důkladně označeny a vloženy do nádoby s vodou tak, aby byl celý vzorek pod hladinou (Obr. 9). Vzorky byly ve vodní lázni ponechány po takovou dobu, dokud změna hmotnosti mezi dvěma váženími prováděnými po dvou hodinách nepřekročí 0,01 g (ČSN 49 0103).



Obr. 9: Vzorky nasycené vodou nad mez hygroscopicity

4.2.4 Stanovení objemu

Pro stanovení objemu (V_{\max}) bylo použito metody podle Olsena (1971). Princip metody spočíval v ponoření vzorku do kádinky s destilovanou vodou, umístěné na laboratorní váze Scarlet SBC 41 (Obr. 10) s maximálním zatížením 410 g a s přesností 0,001g. Objem se zjišťoval vážením, kdy objem vytlačené vody se rovnal objemu ponořeného vzorku, jelikož bylo možné říci, že při teplotě 10°C se 1g vytlačené vody rovnal 1 cm³ objemu tělesa, bylo možné objem tělesa určovat přímo. Pro správnost a přesnost měření bylo nutné vzorky ponořit do vody za pomoci speciálního zařízení, skládajícího se z jehly na napíchnutí vzorku, která měla na druhé straně protizávaží, které bránilo vyplavání vzorků.



Obr. 10: Laboratorní váha Scartek SBC 41 a speciální stojan pro určení objemu vzorku

4.2.5 Sušení a stanovení hmotnosti vzorků

Aby bylo možné vypočítat konvenční hustotu bylo nutné mokré vzorky vysušit, a vážením zjistit hmotnost absolutně suchého dřeva m_0 . Všechny vzorky byly proto vloženy do sušičky SANYO (Obr. 10), kde byly sušeny při teplotě $103 \pm 2^\circ\text{C}$ po takovou dobu, dokud se jejich hmotnost nezměnila maximálně o 1%. Hmotnost jednotlivých vzorků byla vážena na stejných vahách, které byly použity při určování objemu vzorků (Obr. 9).



Obr. 11: Vyjímání vzorků ze sušárny SANYO



Obr. 12: Pracoviště pro vážení absolutně suchých vzorků a následný výpočet konvenční hustoty

4.2.6 Výpočet konvenční hustoty

Konvenční hustota vzorků byla vypočítána podle vzorce uvedeného v kapitole 3.4.

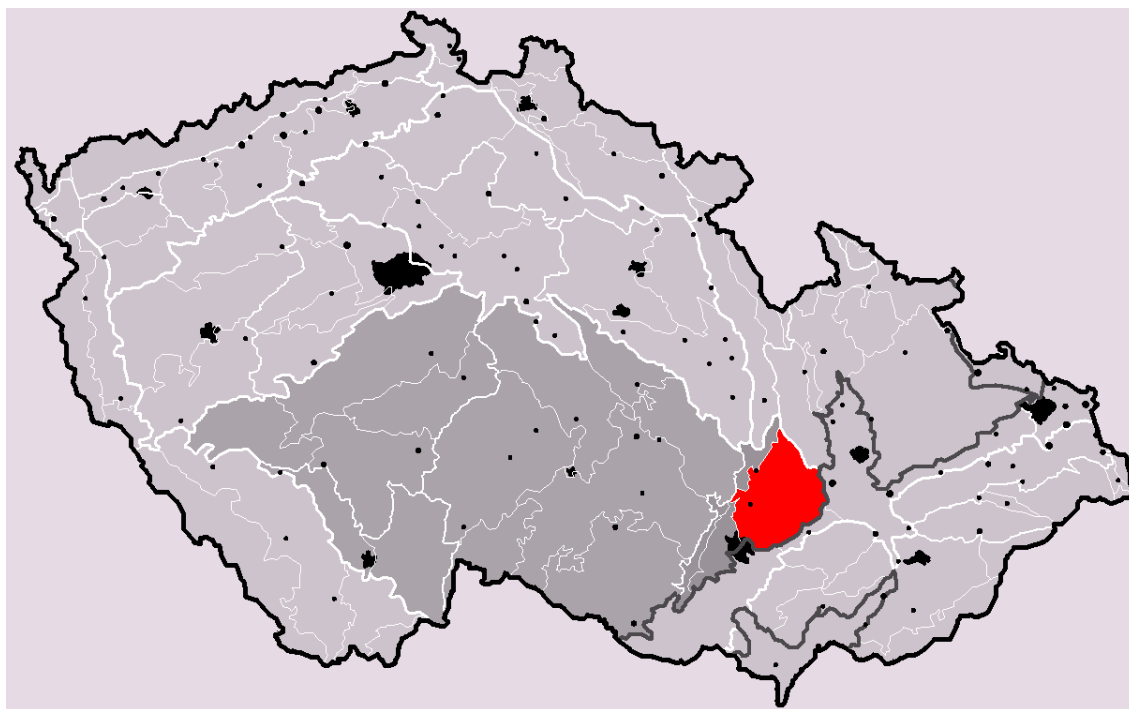
Váženým průměrem konvenčních hustot byla určena konvenční hustota jednotlivých stromů v určitých částech kmene. Zjištěné výsledky byly statisticky vyhodnoceny a pro lepší srozumitelnost graficky vyjádřeny různými typy grafů.

5 MATERIÁL

5.1 Drahanská vrchovina

5.1.1 Lokalizace a popis Drahanské vrchoviny

Drahanská vrchovina je geomorfologický celek, spadající pod Brněnskou vrchovinu. Na západě sousedí s Boskovickou brázdou a Bobravskou vrchovinou, na jihu s Dyjsko-Svrateckým úvalem a Vyškovskou bránou, na východě s Hornomoravským úvalem a na severu se Zábřežskou vrchovinou. Je nazvána podle obce Drahaný, které leží na Prostějovsku. Nejvyšší bod Skalky, který leží 735 m.n.m., se nachází ve východní části, označované jako Konická vrchovina (droby, slepence, břidlice, ostrůvky prvohorních devonských vápenců u Javoříčka a Mladče). Součástí Drahanské vrchoviny je Moravský kras, v němž prvohorní devonské vápence vystupují na ploše téměř 100 km čtverečních. Adamovská vrchovina (hlavně žula a granodiorit) byla rozrušena třetihorními tektonickými pohyby a činností řek (Křetínský, 1998).



Obr. 13: Lokalizace Drahanské vrchoviny v rámci ČR (cs.wikipedia.org)

5.1.2 Výzkumná plocha

Kruhové výřezy stromů byly odebírány v areálu Ústavu ekologie lesa LDF MENDELU v Brně (N 49°23.78845', E 16°48.36798'). Odebíraný porost se nacházel v nadmořské výšce od 600 do 660 m.n.m. V současné době se zde nachází stoletý smrkový porost a v první generaci po smíšeném porostu jedle, smrku a buku. Průměrná výška porostu činí 31,5 m (Katalog mapových informací, 2016).



Obr. 13: Mapa s vyznačeným přesným územím (MAPY 1996 - 2016)

5.1.3 Geologické zařazení

Na Dražanské vrchovině převládají usazené prvohorní (karbonské) horniny. Na velké části jsou také poměrně mocné čtvrtohorní usazeniny. Reliéf Moravského krasu vzniká v důsledku rozpouštění hornin a postupně se tak vytváří typická krajina s povrchovými a podzemními krasovými jevy (Chlupáč, 2002).

5.1.4 Klimatické zařazení

Dražanská vrchovina leží v klimatické oblasti mírně teplé, mírně vlhké, vrchovinné. Atmosférické srážky se pohybují v rozmezí 616–711 mm za rok. Ve vegetačním období je průměrná teplota 12,5 stupňů Celsia. Vzhledem k poloze i vzhledem k neexistenci velkých průmyslových podniků je zde jedno z nejčistších ovzduší v České republice.

V roce 2008 ovšem expanduje výroba plastových akrylátových van a příslušenství v okolí nejvyšších partií vrchoviny a tak v tomto důsledku kvalita ovzduší v této části Dražanské vrchoviny výrazně klesá. Firma RIHO v obci Suchý ohlásila IRZ (www.irz.cz) v roce 2007 6740 kg styrenu/ovzduší/rok. V zimním období bývají zpravidla partie nad 500 metrů nad mořem pokryty souvislou sněhovou pokrývkou (Dražanská vrchovina, 2016).

6 VÝSLEDKY

Tato část diplomové práce bude zaměřena na vyhodnocení výsledků měření konvenční hustoty, podílu jarního a letního dřeva a letokruhové analýzy. Budou srovnány statistické výsledky a provedeno grafické vyhodnocení.

6.1 Analýza konvenční hustoty

Konvenční hustota všech měřených dřevin byla zjištěna podle výše uvedené metodiky. Matematickým výpočtem byla zjištěna průměrná konvenční hustota pro jednotlivé stromy.

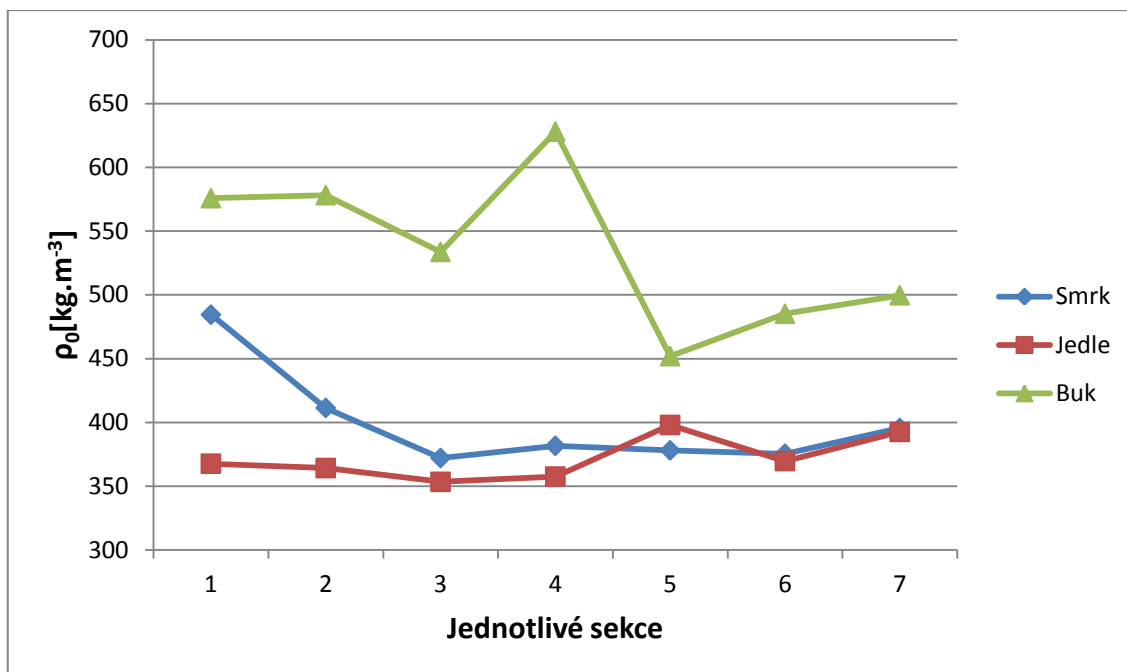
Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene znázorňují grafy číslo 14 - 23. Je zde vidět, že hustota buku, jedle a smrku od obvodu kmene ke dřeni klesá. Konvenční hustota po výšce kmene se u buku nemění, u smrku a u jedle mírně klesá.

U vzorku buku byla celková průměrná konvenční hustota 565 kg.m^{-3} . Ze všech měřených buků byla minimální konvenční hustota 332 kg.m^{-3} a maximální konvenční hustota se zastavila na 765 kg.m^{-3} (Tab. 3).

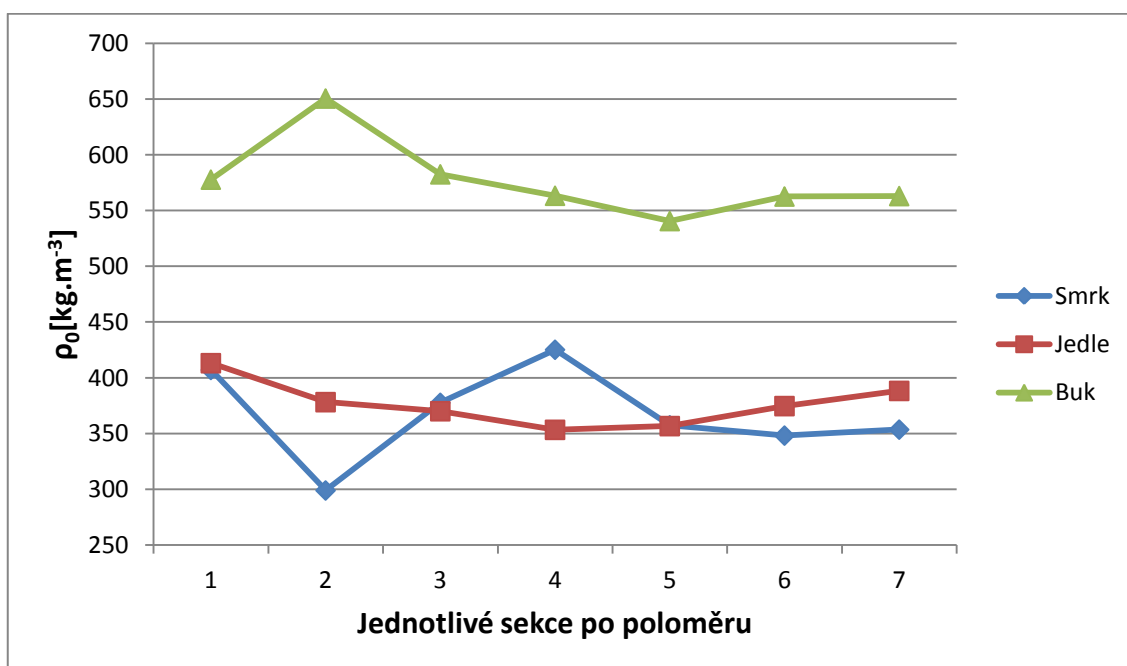
Zkoumané jehličnaté dřeviny měly podobné hodnoty konvenční hustoty dřeva. Stromy smrku měly nejmenší naměřenou konvenční hustotu 284 kg.m^{-3} a maximální konvenční hustota byla 608 kg.m^{-3} . Celková průměrná konvenční hustota pro smrk byla 406 kg.m^{-3} (Tab. 1).

Jedle má velmi podobnou hustotu jako dřevo smrku. Z naměřených vzorků byla nejmenší konvenční hustota 276 kg.m^{-3} a maximální konvenční hustota byla 559 kg.m^{-3} .

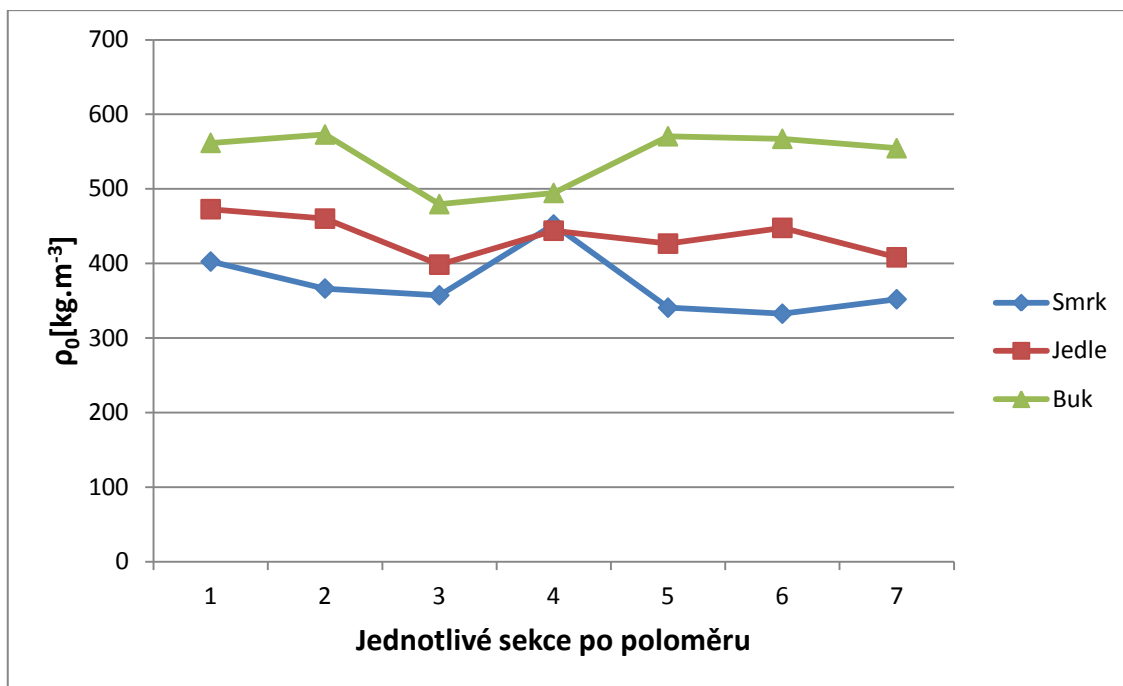
Celková průměrná konvenční hustota jedle je 384 kg.m^{-3} (Tab. 2).



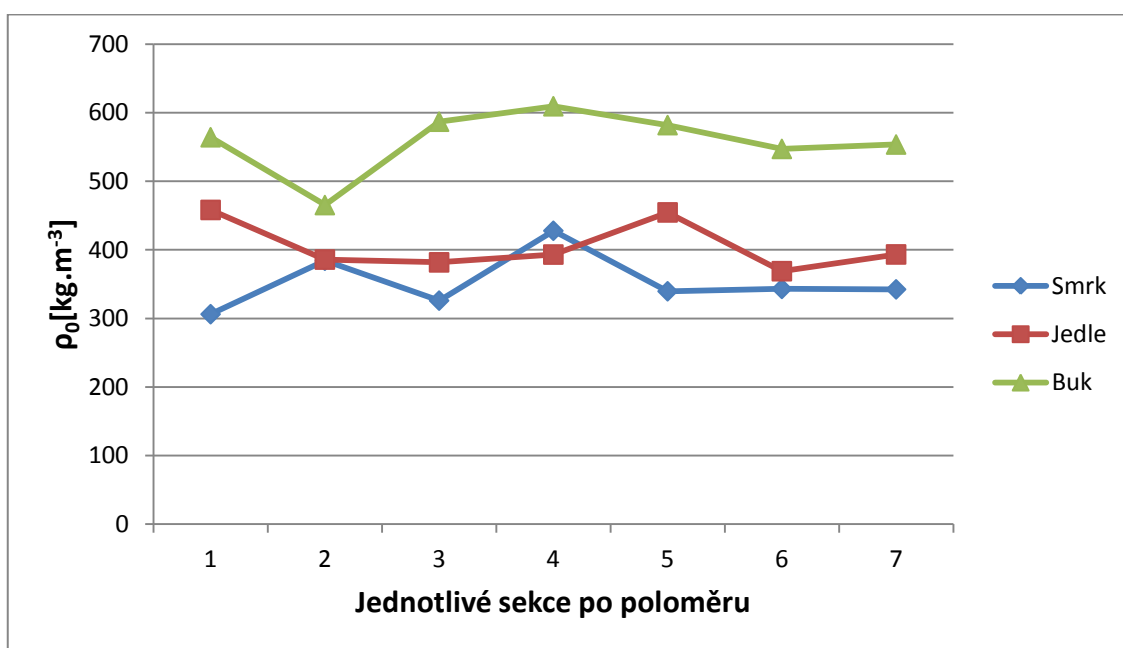
Obr. 14: Rozložení konvenční hustoty po poloměru na patě stromu



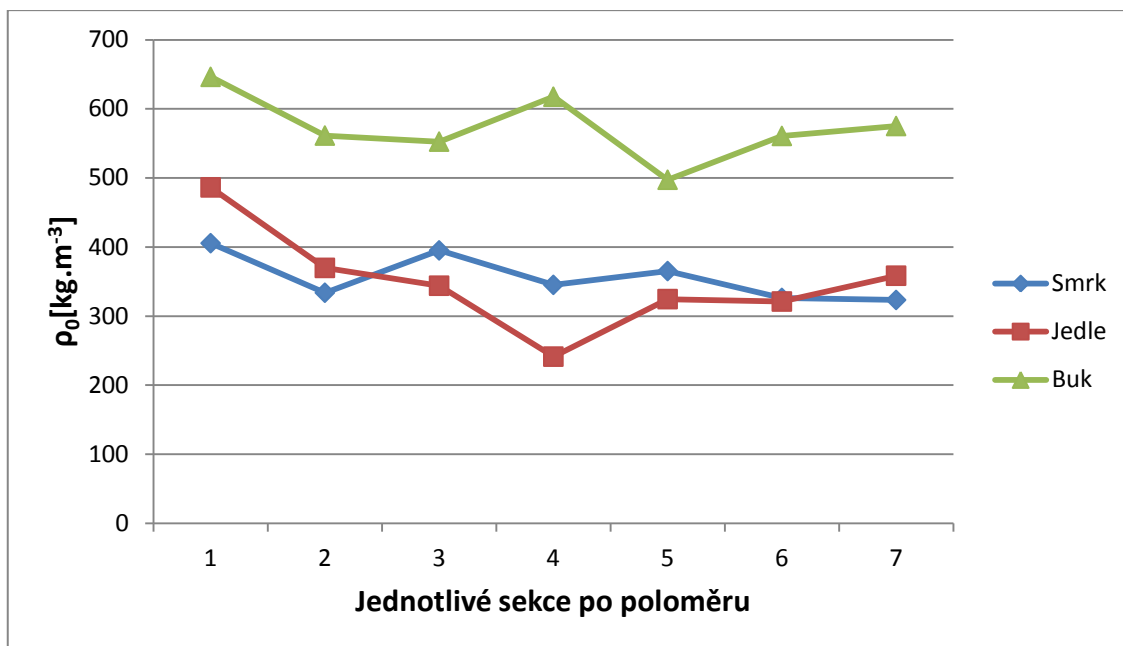
Obr. 15: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 1,3 metrů od paty stromu



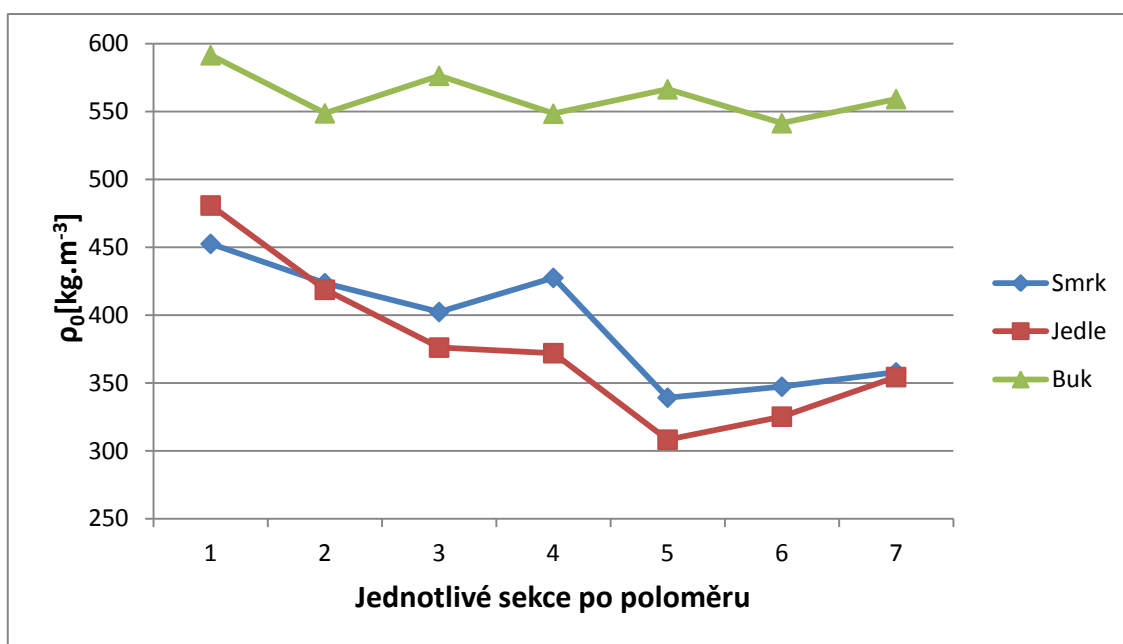
Obr. 16: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 10 % stromu



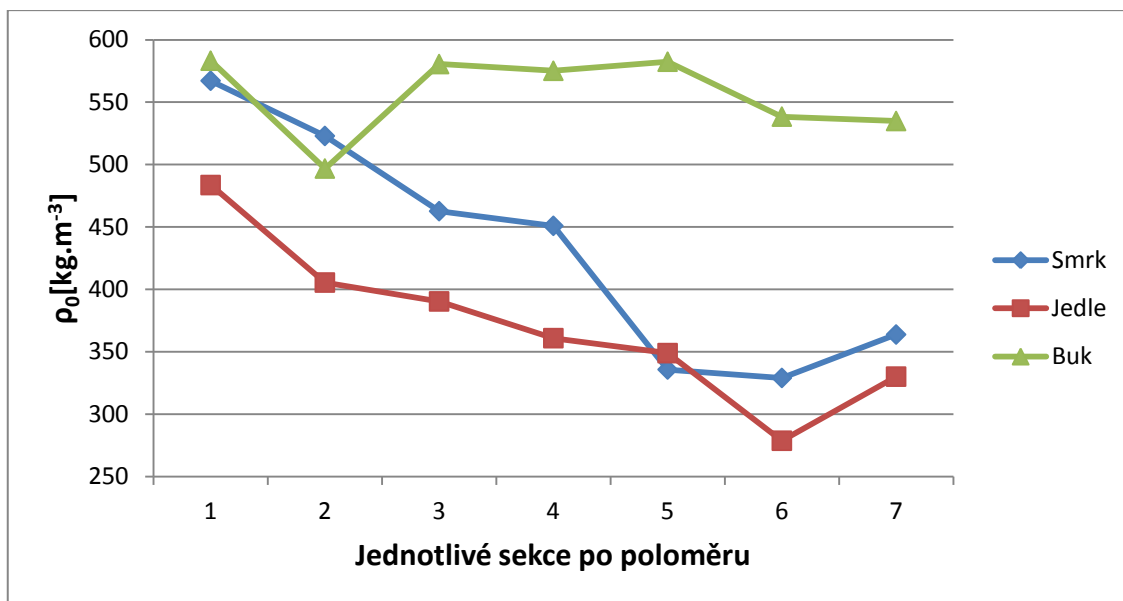
Obr. 17: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 25 % stromu



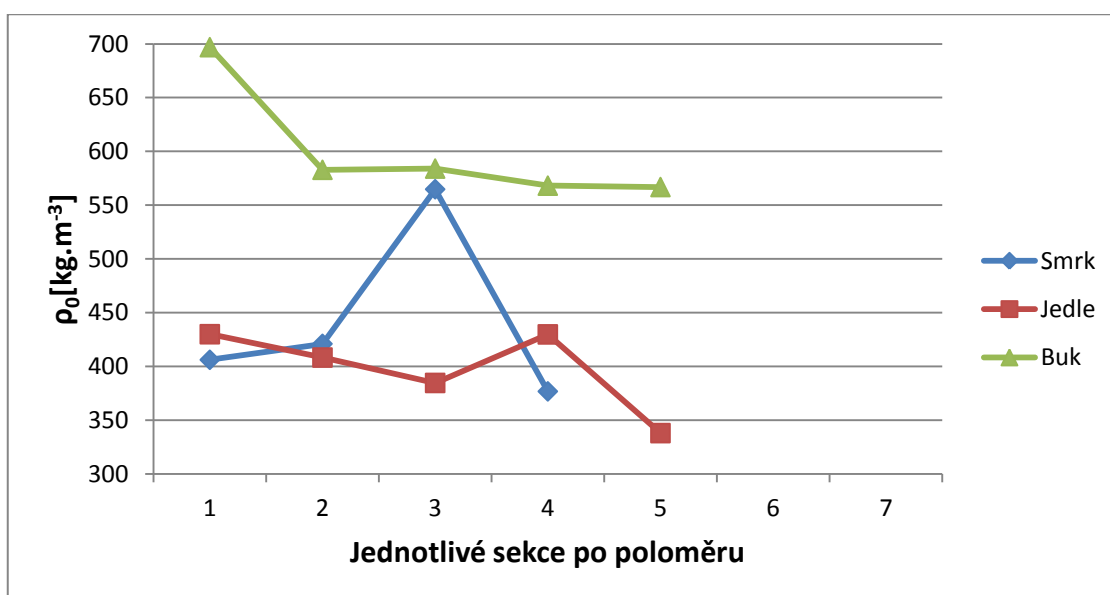
Obr. 18: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 40 % stromu



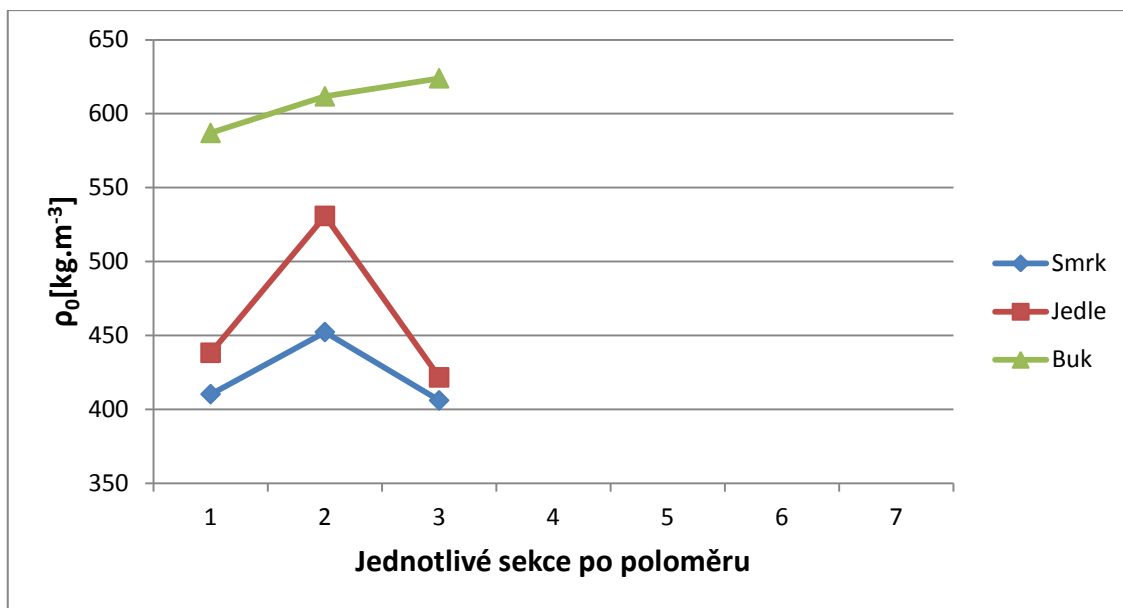
Obr. 19: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 55 % stromu



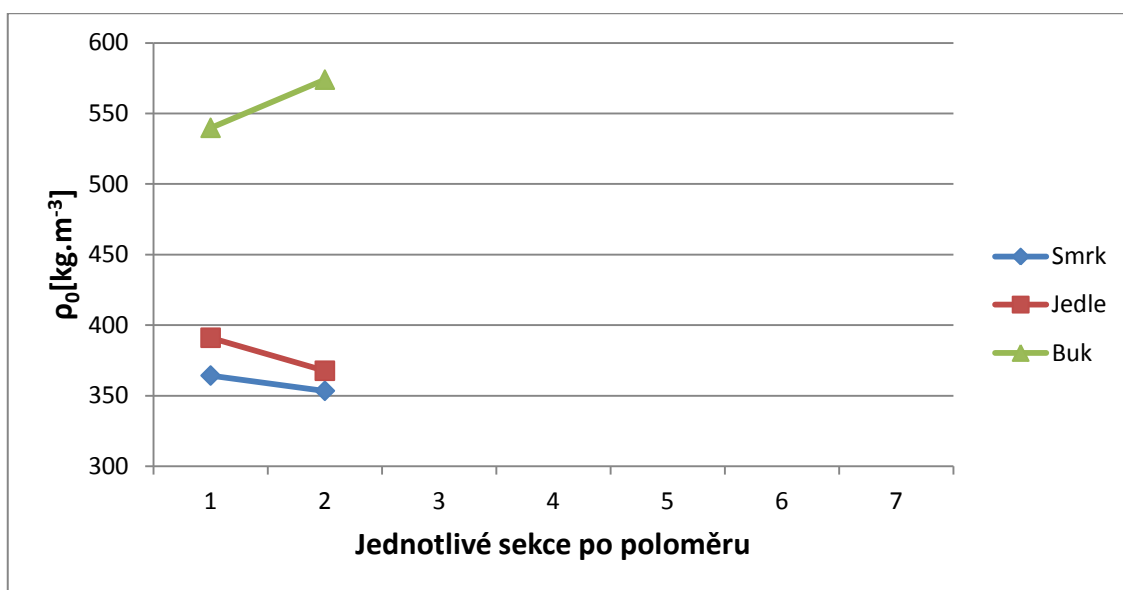
Obr. 20: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 70 % stromu



Obr. 21: Rozložení konvenční hustoty po poloměru těsně pod korunou stromu



Obr. 22: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 85 % stromu



Obr. 23: Rozložení konvenční hustoty po poloměru ve výšce 1 metr od vrcholu

Tab. 1: Popisná statistika konvenční hustoty smrku ztepilého

Smrk ztepilý	Sekce							
[g.m⁻³]	1	2	3	4	5	6	7	8
Stř. hodnota	0,405	0,384	0,368	0,371	0,357	0,420	0,446	0,458
Chyba stř. hod.	0,011	0,011	0,015	0,017	0,010	0,024	0,033	0,055
Medián	0,393	0,366	0,345	0,361	0,356	0,395	0,439	0,406
Směr. odchylka	0,049	0,045	0,060	0,080	0,041	0,103	0,100	0,145
Rozptyl výběru	0,002	0,002	0,004	0,006	0,002	0,011	0,010	0,021
Špičatost	7,349	-1,144	6,560	3,825	-0,831	6,263	-1,127	1,755
Šikmost	2,389	0,496	2,412	1,212	-0,043	2,204	0,428	1,472
Minimum	0,361	0,324	0,319	0,206	0,285	0,314	0,329	0,317
Maximum	0,577	0,457	0,562	0,608	0,420	0,754	0,607	0,739
Součet	8,092	6,525	6,257	7,798	6,427	7,565	4,018	3,208

Tab. 2: Popisná statistika konvenční hustoty jedle bělokoré

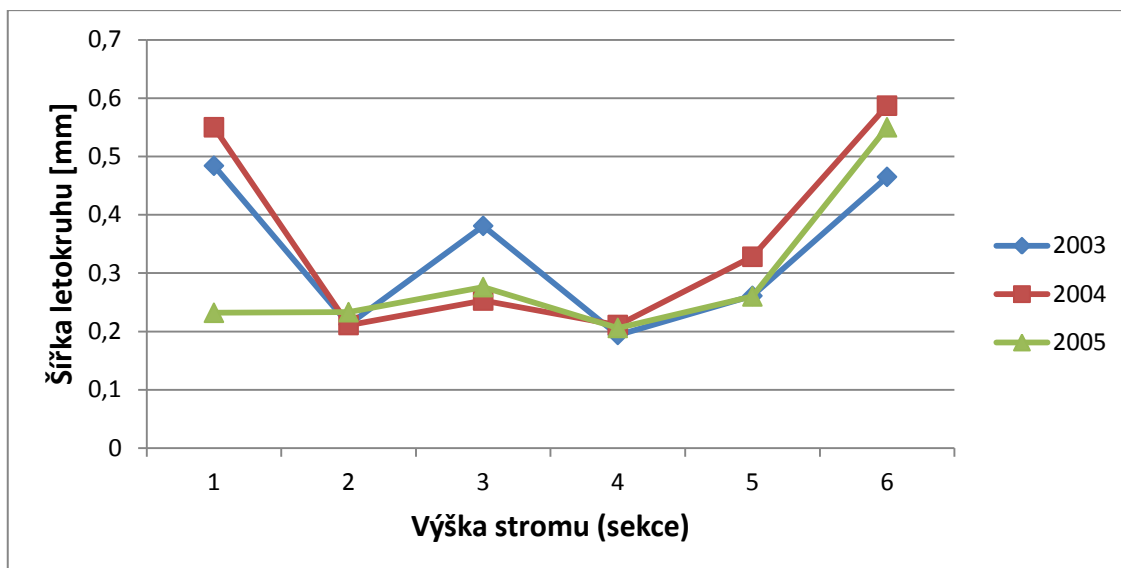
Jedle bělokorá	Sekce								
[g.m⁻³]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stř. hodnota	0,368	0,375	0,438	0,408	0,350	0,366	0,385	0,383	0,413
Chyba stř. hod.	0,007	0,011	0,015	0,017	0,008	0,014	0,014	0,012	0,028
Medián	0,370	0,380	0,429	0,385	0,350	0,359	0,386	0,379	0,395
Směr. odchylka	0,026	0,043	0,064	0,074	0,030	0,061	0,059	0,043	0,107
Rozptyl výběru	0,001	0,002	0,004	0,005	0,001	0,004	0,003	0,002	0,011
Špičatost	-1,416	-0,999	-0,696	5,545	-0,807	0,187	3,344	-0,275	1,051
Šikmost	0,006	0,221	0,341	2,409	0,103	0,645	1,552	0,696	0,722
Minimum	0,328	0,310	0,339	0,351	0,299	0,273	0,310	0,334	0,223
Maximum	0,408	0,457	0,564	0,637	0,399	0,492	0,560	0,475	0,620
Součet	5,519	6,002	8,317	7,351	5,599	6,590	7,314	5,365	5,779

Tab. 3: Popisná statistika konvenční hustoty buku lesního

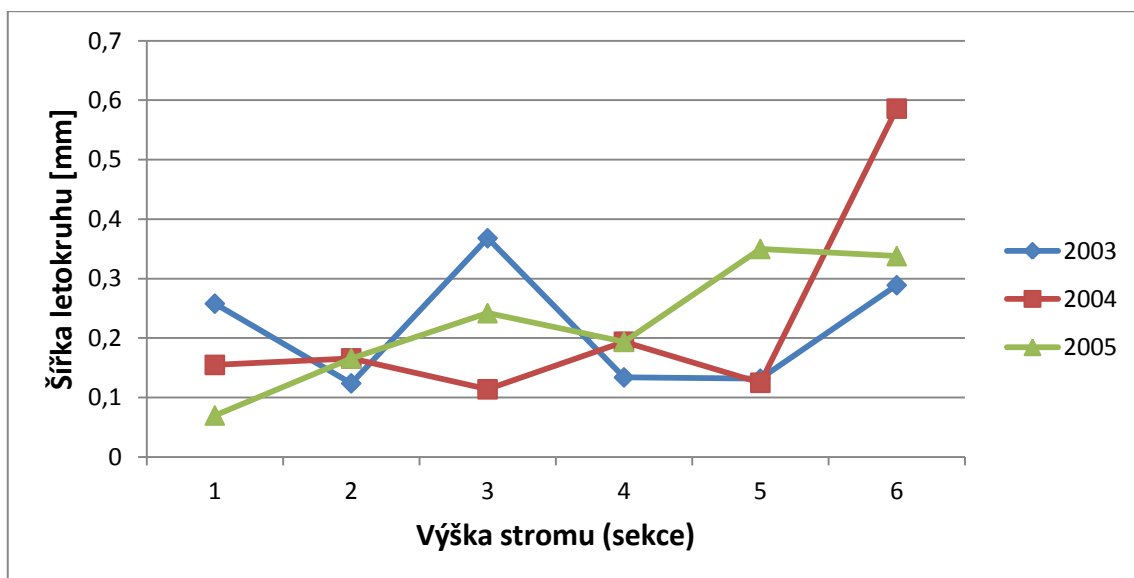
Buk lesní [g.m ⁻³]	Sekce									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stř. hodnota	0,553	0,612	0,517	0,557	0,578	0,548	0,560	0,571	0,603	0,567
Chyba stř. hod.	0,015	0,040	0,028	0,014	0,016	0,014	0,011	0,021	0,007	0,014
Medián	0,565	0,573	0,557	0,577	0,562	0,558	0,578	0,580	0,599	0,574
Směr. odchylka	0,053	0,149	0,120	0,062	0,072	0,064	0,050	0,093	0,026	0,036
Rozptyl výběru	0,003	0,022	0,014	0,004	0,005	0,004	0,003	0,009	0,001	0,001
Špičatost	- 0,417	- 13,589	- 3,074	- 10,054	- 2,466	- 8,269	- 8,557	- 8,677	- 1,646	- 0,413
Šikmost	- 0,594	- 3,664	- 2,064	- -2,810	- 1,400	- -2,584	- -2,803	- -0,627	- 0,163	- 0,474
Minimum	0,452	0,541	0,200	0,333	0,452	0,317	0,379	0,273	0,566	0,508
Maximum	0,628	1,125	0,604	0,639	0,766	0,623	0,594	0,833	0,644	0,613
Součet	6,634	8,571	9,831	10,578	11,555	11,513	11,761	11,424	8,439	3,970

6.2 Letokruhová analýza (Dendrochronologie)

Vybrané letokruhy u smrku zobrazují, jak se mění jejich šířka v závislosti na výšce kmene. Z grafu (Obr. 24) je patrné, že šířka letokruhu od paty kmene do druhé sekci klesá na hodnotu 0,2 mm. Následně šířka stagnuje až do sekce číslo 4 (přibližně polovina výšky stromu), od které se začíná šířka letokruhu zvětšovat až na své maximum, které dosahuje přibližně v hodnotě kolem 0,6 mm. Všechny tři vybrané letokruhy mají velmi podobný tvarový průběh. Větších tvarových změn si můžeme všimnout v jarní části letokruhu (Obr. 25).

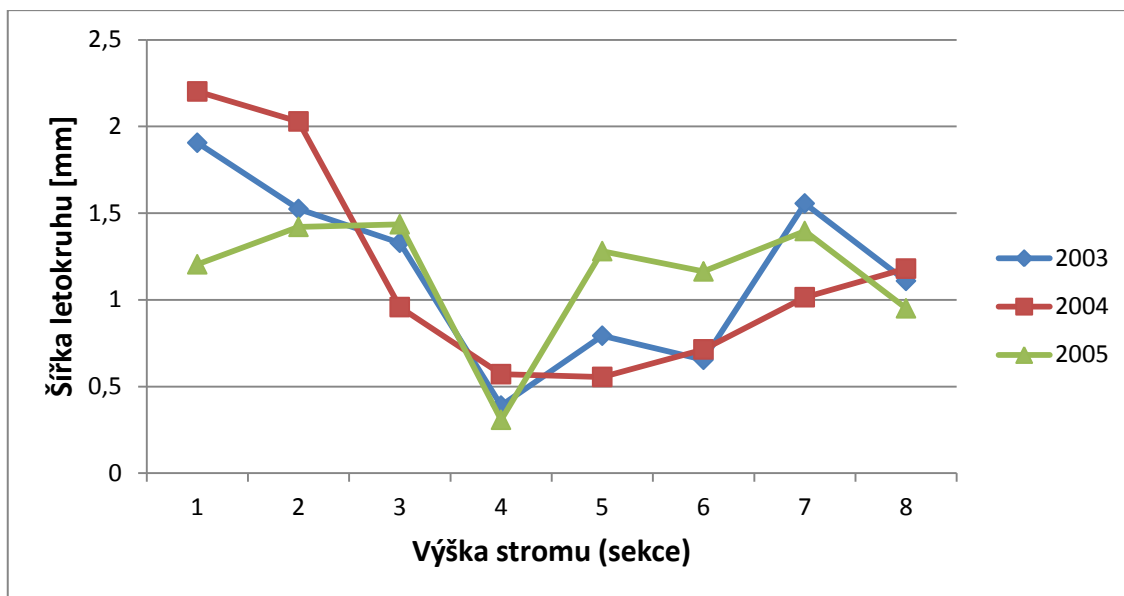


Obr. 24: Porovnání šířky celkového letokruhu kmene smrku v roce 2003, 2004, 2005

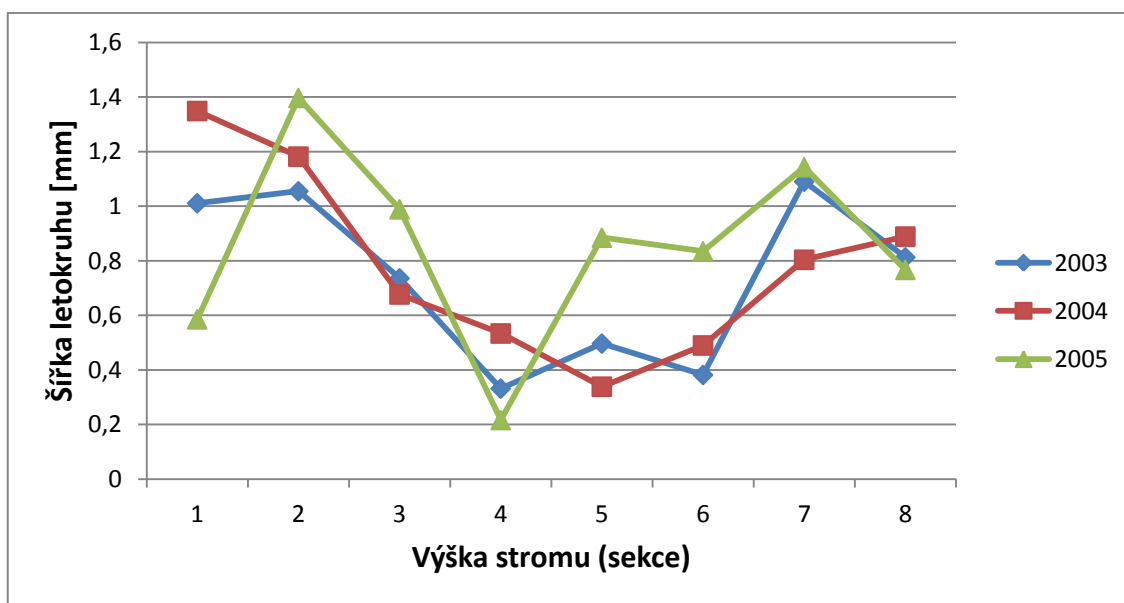


Obr. 25: Porovnání šířky jarní části letokruhu kmene smrku v roce 2003, 2004, 2005

U vzorků jedle je patrné, že nejslabší rok na přírůst letokruhů je rok 2005 (Obr. 26, 27). Nejhorší přírůst dřeva bez ohledu na rok vykazuje jedle ve 4. sekci stromu (25 % výšky stromu). Čtvrtá část stromu odpovídá přibližně polovině výšky stromu.



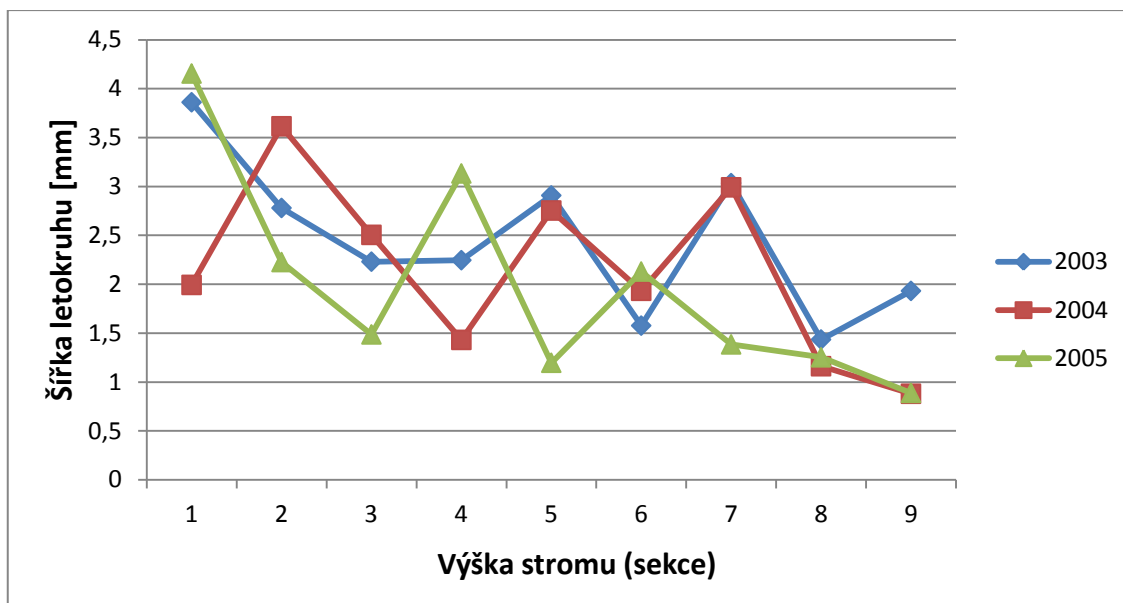
Obr. 26: Porovnání šířky celkového letokruhu kmene jedle v roce 2003, 2004, 2005



Obr. 27: Porovnání šířky jarní části letokruhu kmene jedle v roce 2003, 2004, 2005

U stromu buku je velmi těžké rozeznat přírůst jarního a letního dřeva, proto nebylo toto měření na této dřevině provedeno.

Výsledky analýzy šířky letokruhů ukazují, jak se mění šířka letokruhu s výškou stromu. Největší radiální přírůst má letokruh v roce 2005 na patě stromu, který činí 4 mm. S výškou stromu klesá i přírůst (Obr. 28). Nejmenší přírůst byl zaznamenán opět v roce 2005 v koruně stromu. Nejmenší letokruh měl šířku pouhých 0,88 mm.



Obr. 28: Porovnání šířky celkového letokruhu kmene buku v roce 2003, 2004, 2005

Naměřené letokruhové křivky byly vzájemně synchronizovány pomocí Pearsonova koeficientu korelace. Tyto výsledky jsou prezentovány v příloze z důvodu velkého množství tabulek (Příloha č. 1, 2, 3, 4, 5, 6). Zde jsou uvedeni zástupci jednotlivých dřevin.

Hodnoty dosažené korelace pro smrk1 dosahují průměrně hodnoty 0,8. Tento koeficient svědčí o spolehlivé korelaci jednotlivých letokruhových křivek (Tab. 4).

Tab. 4: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom smrk 1 podle PEARSONA

Smrk 1	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6
Sekce 1	X	0,832	0,689	0,825	0,807	0,847
Sekce 2	0,832	X	0,762	0,766	0,747	0,803
Sekce 3	0,689	0,762	X	0,769	0,802	0,808
Sekce 4	0,825	0,766	0,769	X	0,675	0,795
Sekce 5	0,807	0,747	0,802	0,675	X	0,795
Sekce 6	0,847	0,803	0,808	0,795	0,795	X

Korelace u buku1 dosahovala menší hodnoty než u smrku1. Průměrná hodnota korelace se pohybovala kolem 0,3 (Tab. 5). Tento koeficient nám ukazuje špatnou shodu letokruhových křivek.

Tab. 5: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom buk 1 podle PEARSONA

Buk 1	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	X	0,485	0,595	0,607	0,490	0,224	0,538	0,256	0,211
Sekce 2	0,485	X	0,488	0,400	0,227	0,222	0,459	0,076	-0,082
Sekce 3	0,595	0,488	X	0,465	0,452	0,350	0,367	0,078	0,055
Sekce 4	0,607	0,400	0,465	X	0,222	0,173	0,346	-0,005	0,050
Sekce 5	0,490	0,227	0,452	0,222	X	0,189	0,792	0,417	0,210
Sekce 6	0,224	0,222	0,350	0,173	0,189	X	0,140	0,019	0,201
Sekce 7	0,538	0,459	0,367	0,346	0,792	0,140	X	0,579	0,180
Sekce 8	0,256	0,076	0,078	-0,005	0,417	0,019	0,579	X	0,090
Sekce 9	0,211	-0,082	0,055	0,050	0,210	0,201	0,180	0,090	X

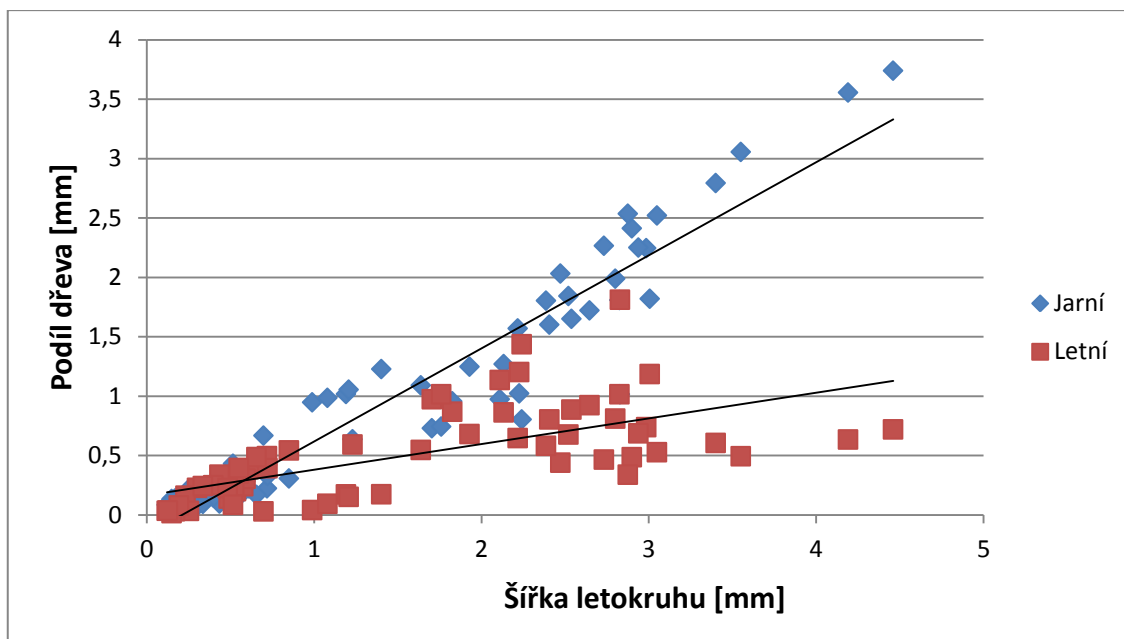
Letokruhové křivky jedle1 vykazovaly podobně vysoký koeficient korelace, jako tomu bylo u vzorku smrku1. Průměrná hodnota Pearsonova koeficientu je u vzorku jedle1 0,6 (Tab. 6). Tento koeficient nám ukazuje poměrně spolehlivou synchronizaci mezi jednotlivými křivkami.

Tab. 6: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

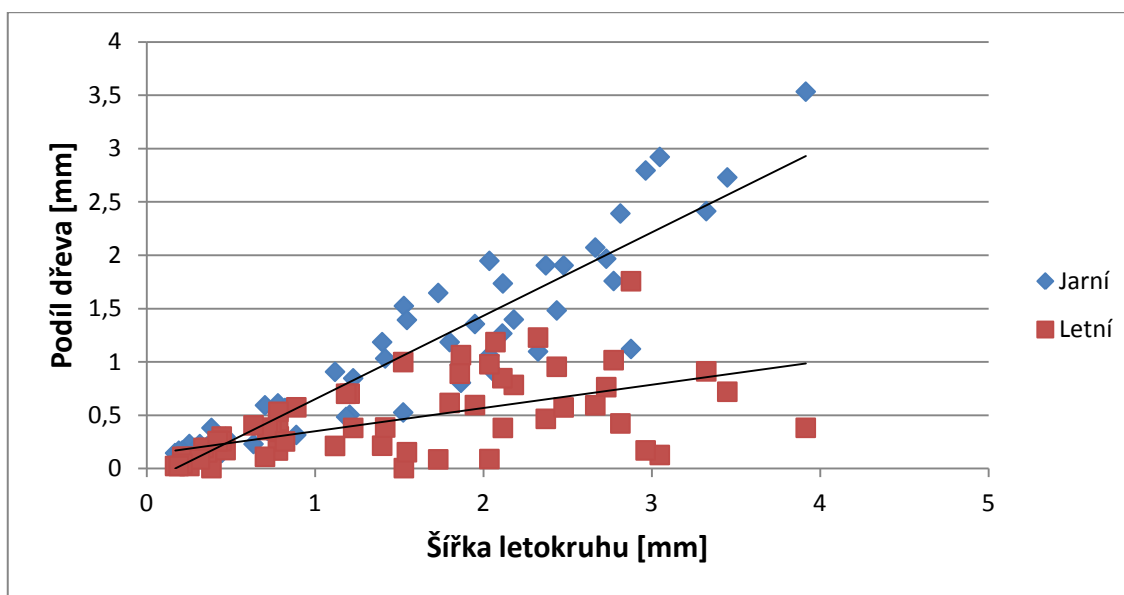
Jedle 1	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7
Sekce 1	X	0,764	0,600	0,607	0,624	0,566	0,396
Sekce 2	0,764	X	0,573	0,594	0,603	0,546	0,440
Sekce 3	0,600	0,573	X	0,818	0,782	0,749	0,297
Sekce 4	0,607	0,594	0,818	X	0,855	0,809	0,292
Sekce 5	0,624	0,603	0,782	0,855	X	0,898	0,206
Sekce 6	0,566	0,546	0,749	0,809	0,898	X	0,295
Sekce 7	0,396	0,440	0,297	0,292	0,206	0,295	X

6.3 Podíl jarního a letního dřeva

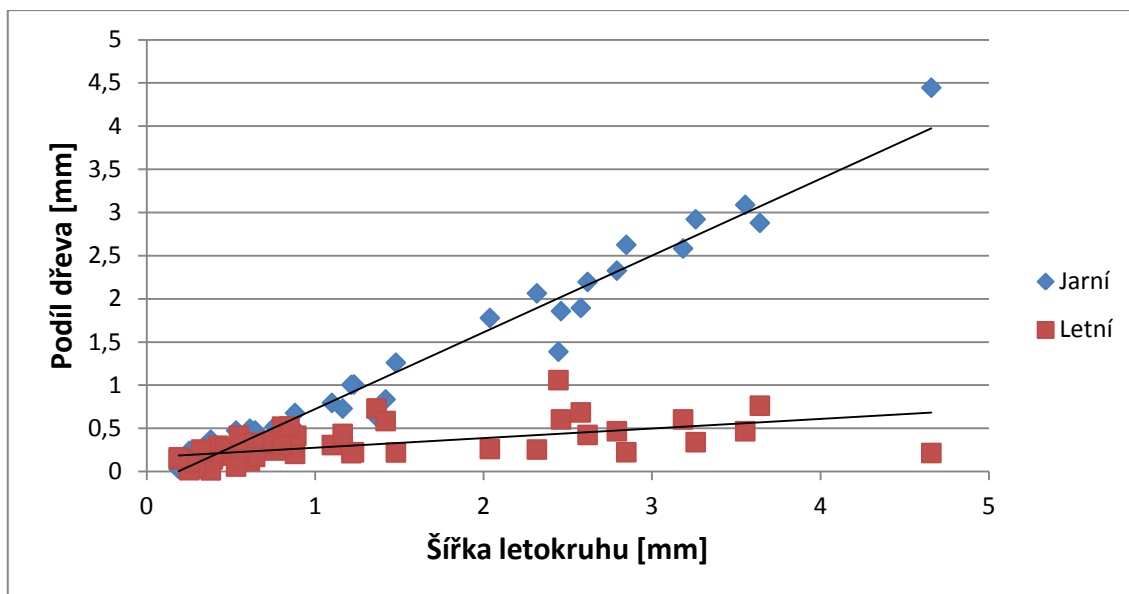
Výsledky ukazují, že v rámci celého stromu smrku se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva. Průměrná šířka jarního dřeva u smrku je 0,874 mm, naproti tomu průměrná šířka letního dřeva se pohybuje okolo 0,374 mm. U jedle se průměrná šířka jarního dřeva pohybuje okolo 1,225 mm a průměrná šířka letního dřeva se pohybuje okolo 0,439 mm. Podíl letního dřeva se tedy projevuje i menšími výkyvy (směrodatná odchylka u smrku: jarní dřevo = 0,877 mm; letní dřevo = 0,337 mm; směrodatná odchylka u jedle: jarní dřevo = 0,762 mm; letní dřevo = 0,268 mm) a je víceméně konstantní (Obr. 29 - 45). Analýza podílu jarního a letního dřeva byla provedena po jednotlivých sekcích i jako celek. Při vyhodnocování byl zjištěn stejný trend pro smrk i jedli, a to že v jednotlivých sekcích platí, že s rostoucí šířkou letokruhu stoupá pouze část jarního dřeva. Letní část letokruhu je převážně konstantní, a to jak u stromů smrku i jedle.



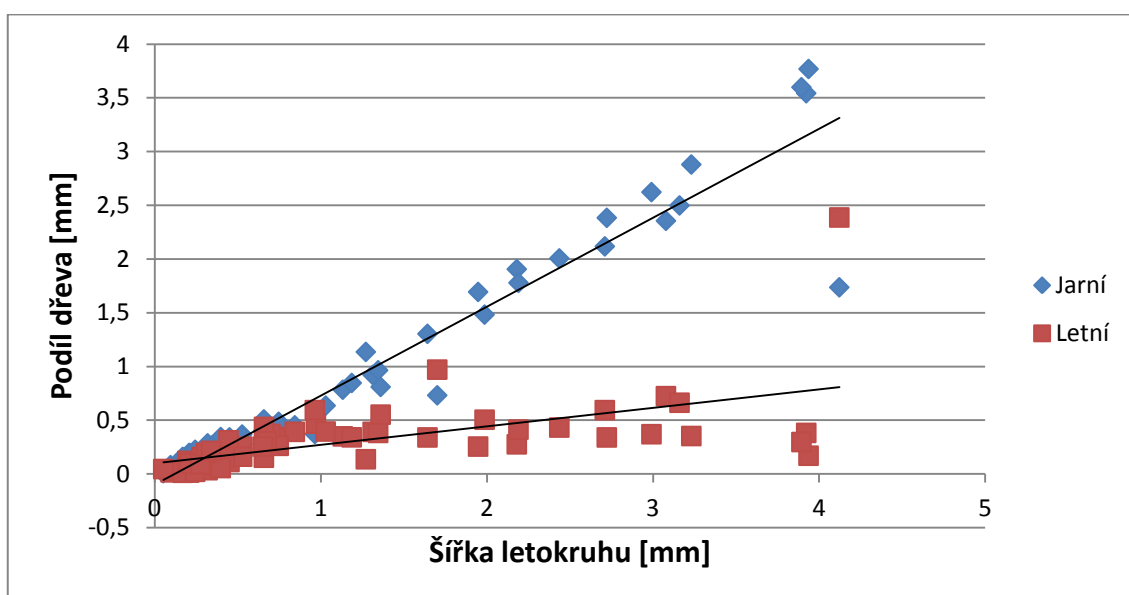
Obr. 29: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 1,3 m



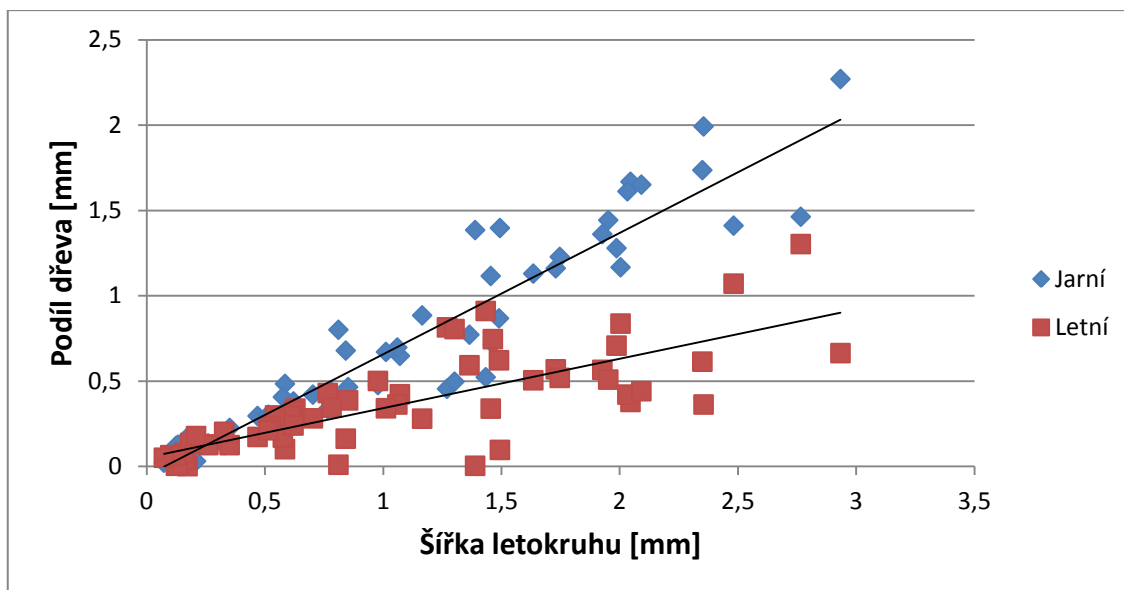
Obr. 30: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 10% celkové výšky



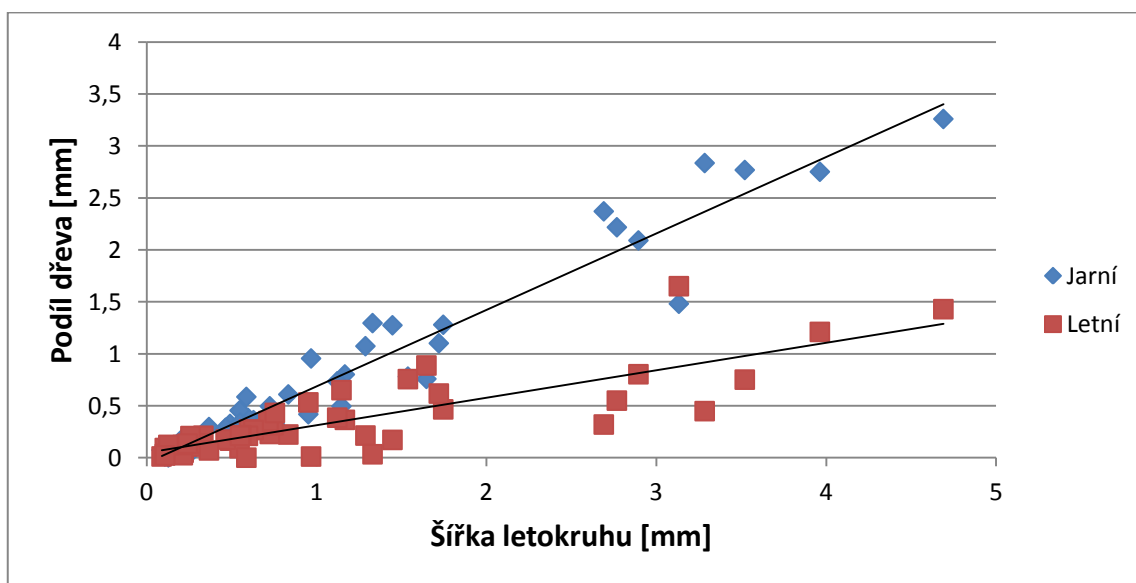
Obr. 31: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 25% celkové výšky



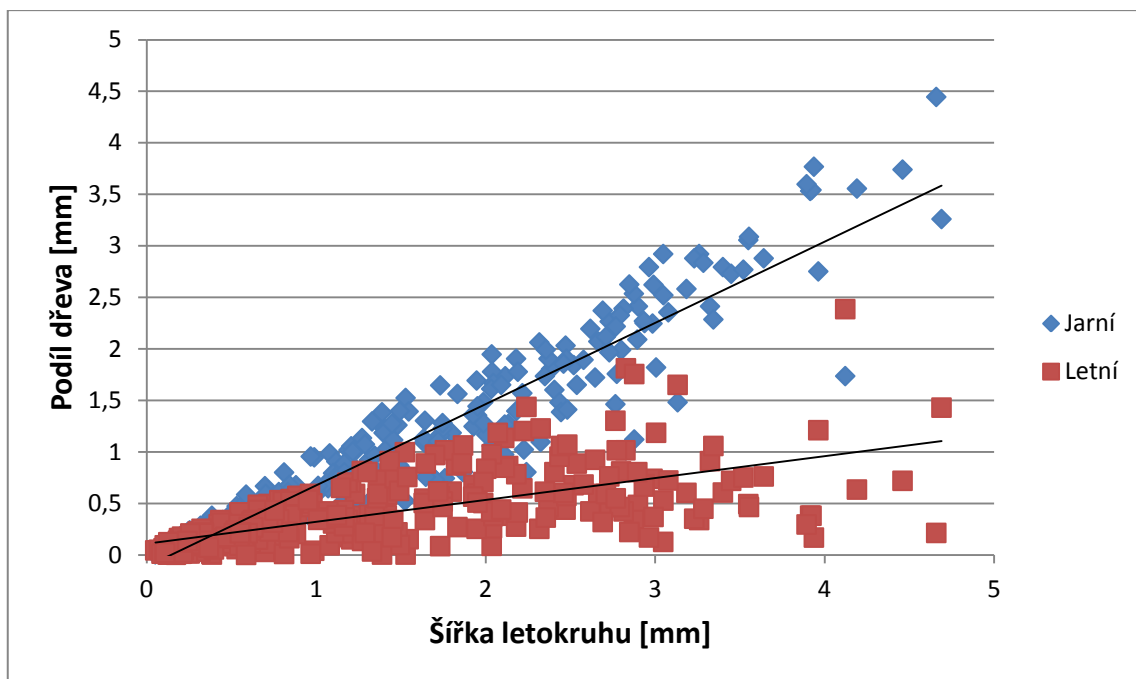
Obr. 32: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 40% celkové výšky



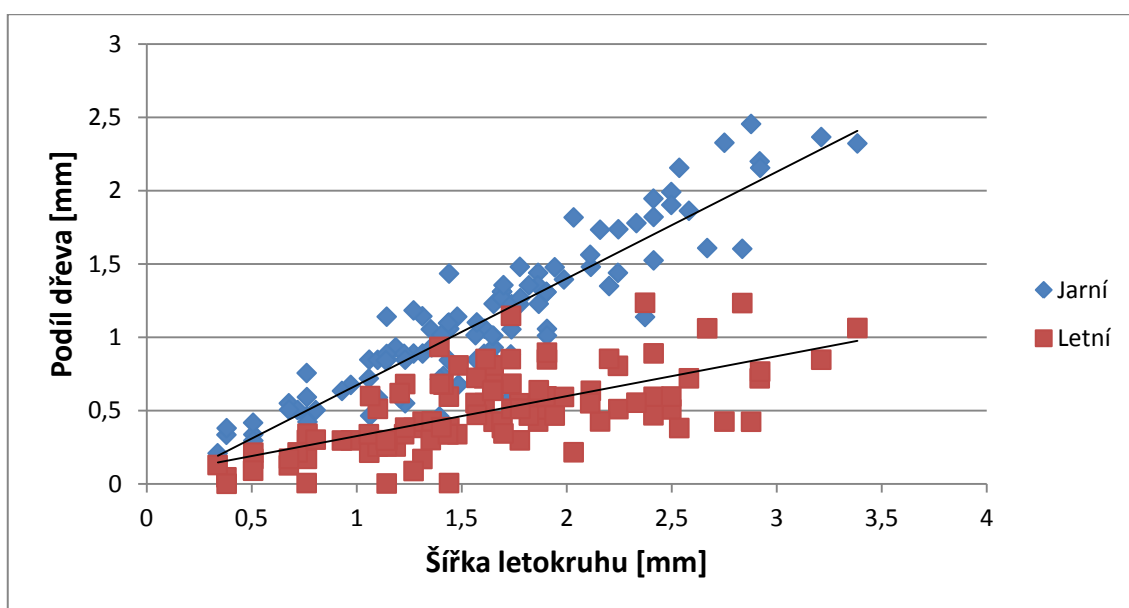
Obr. 33: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 55% celkové výšky



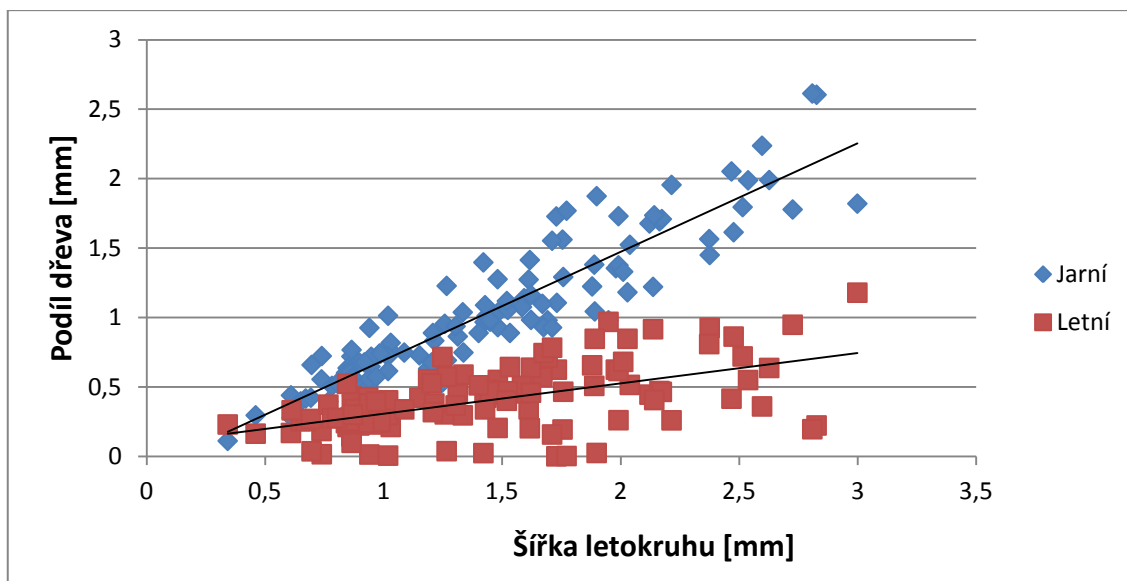
Obr. 34: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu smrku ve výšce 70% celkové výšky stromu



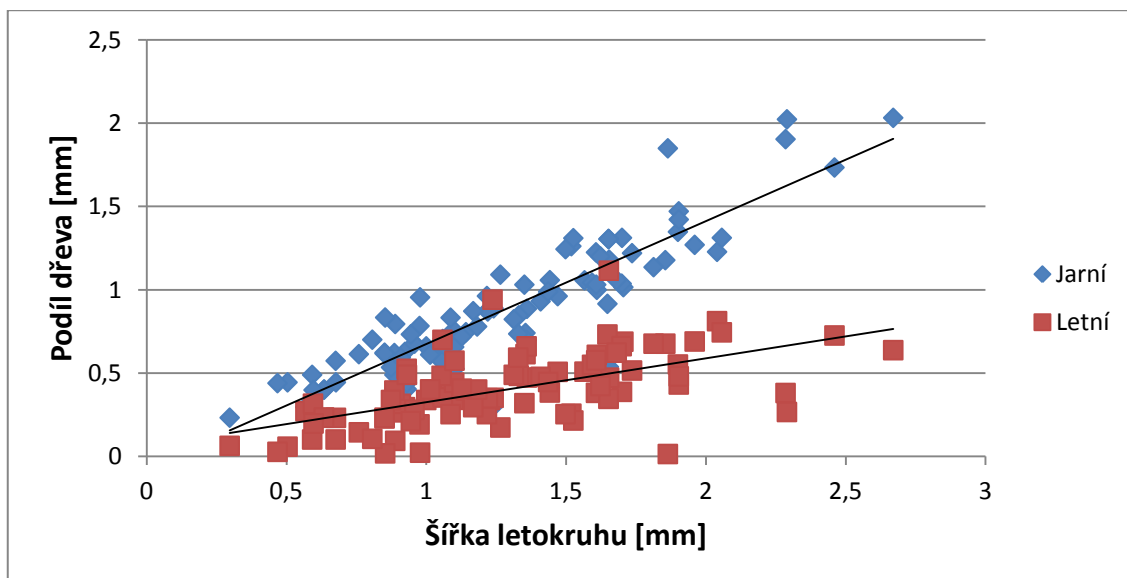
Obr. 35: Celkový podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu u smrku



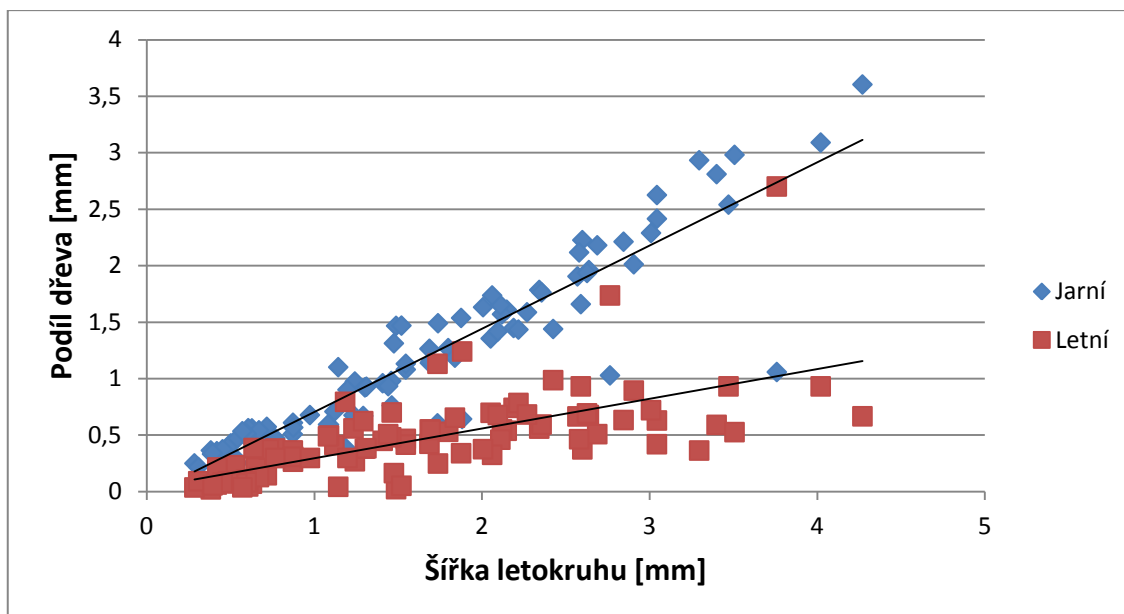
Obr. 36: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle na patě stromu



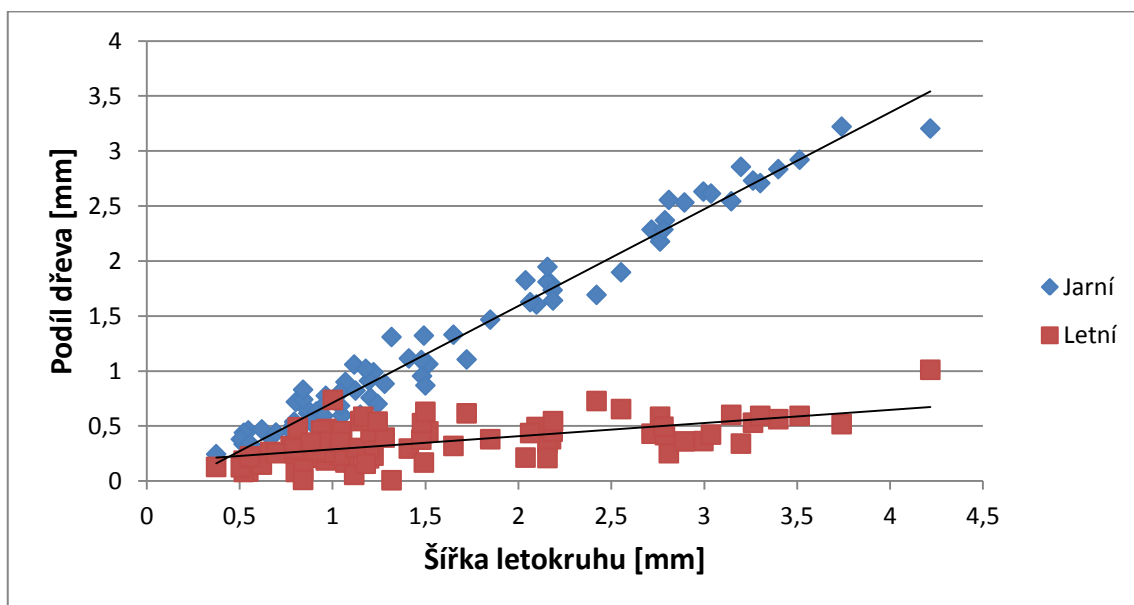
Obr. 37: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 1,3 metrů



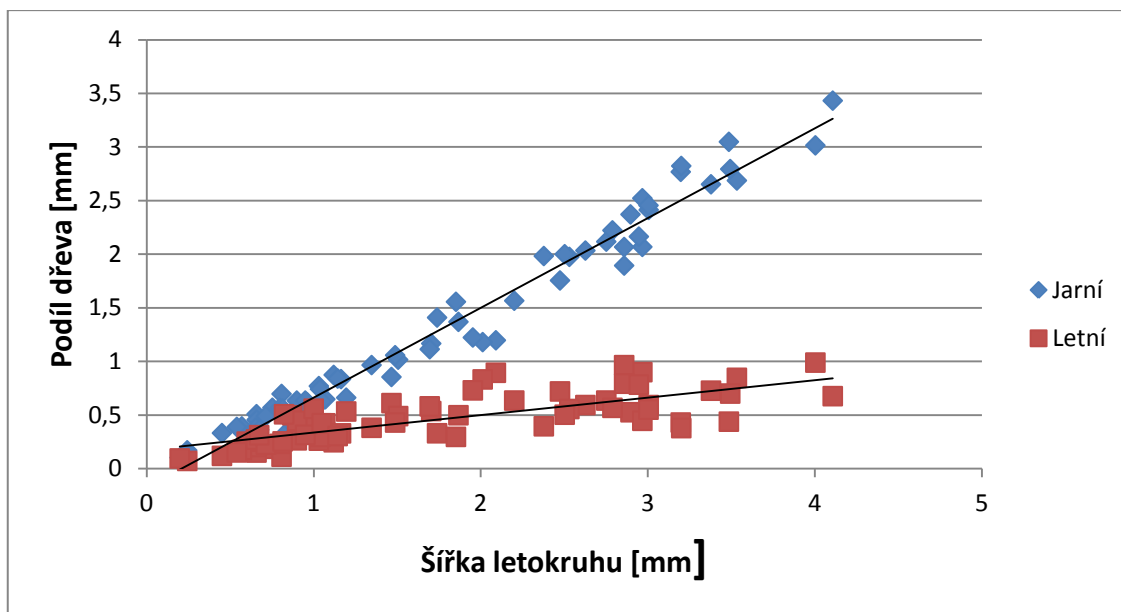
Obr. 38: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 10% celkové výšky



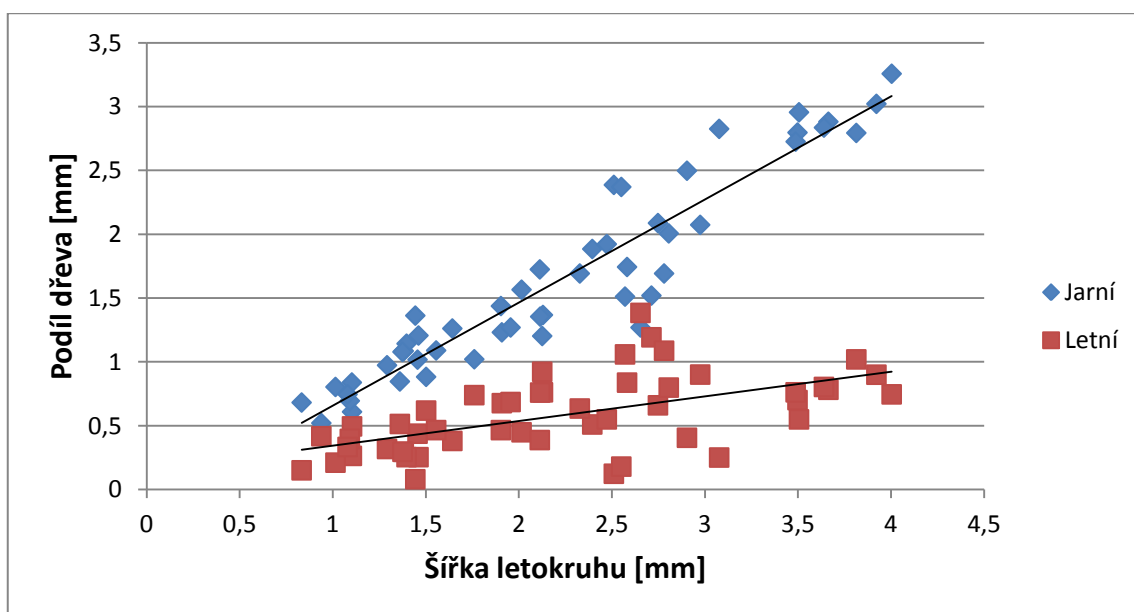
Obr. 39: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 25% celkové výšky



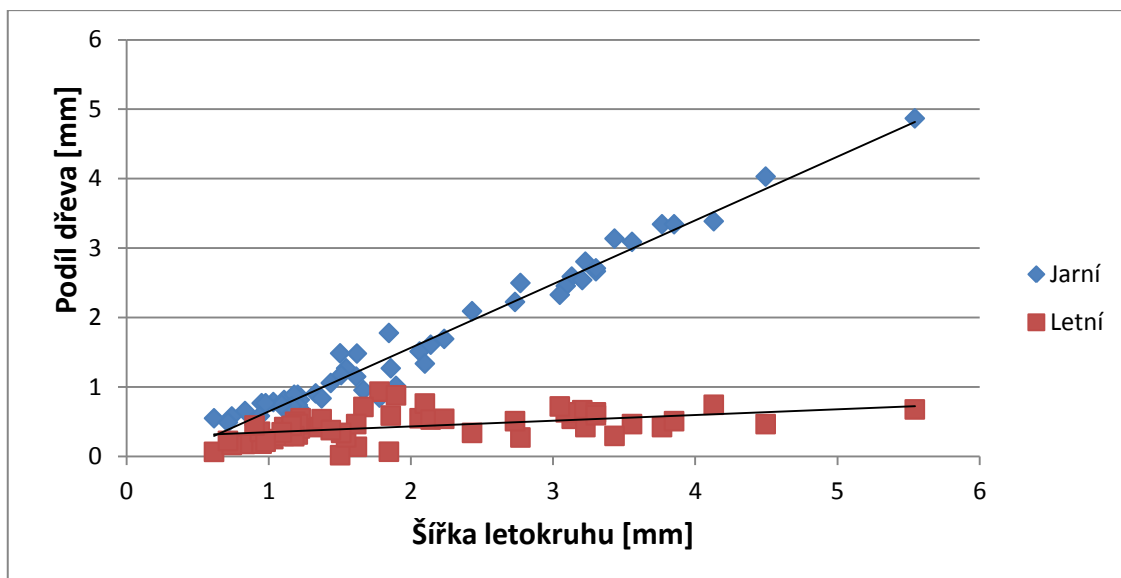
Obr. 40: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 40% celkové výšky



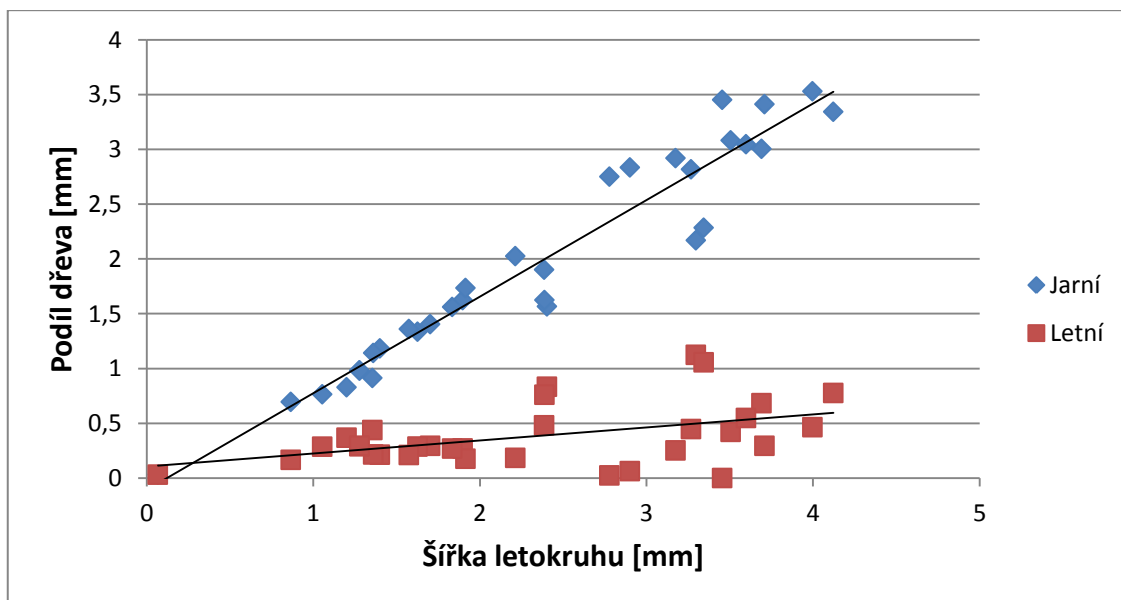
Obr. 41: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 55% celkové výšky



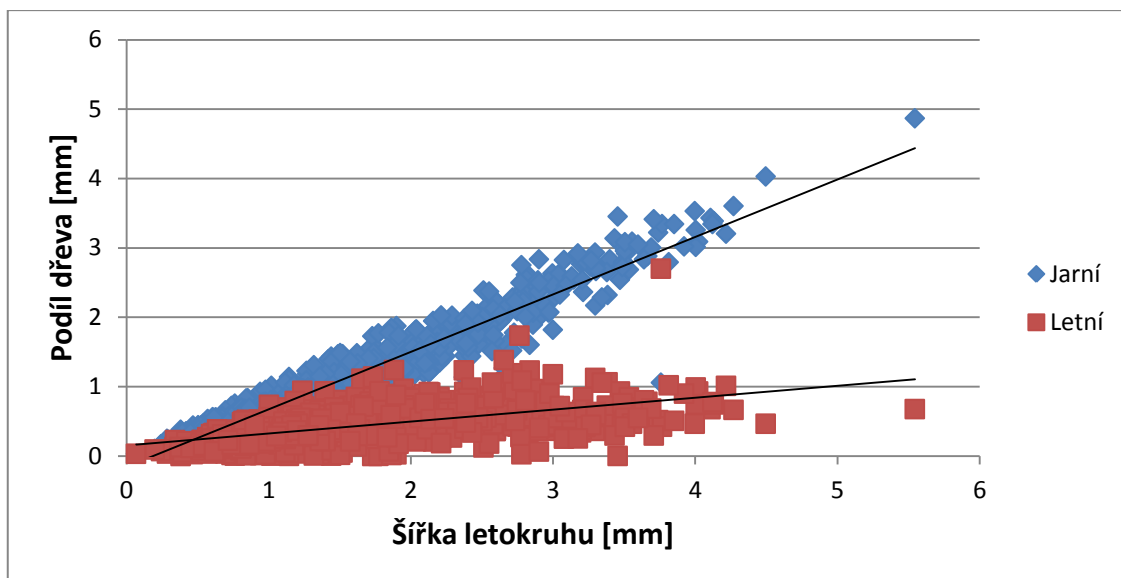
Obr. 42: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 70% celkové výšky



Obr. 43: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 85% celkové výšky

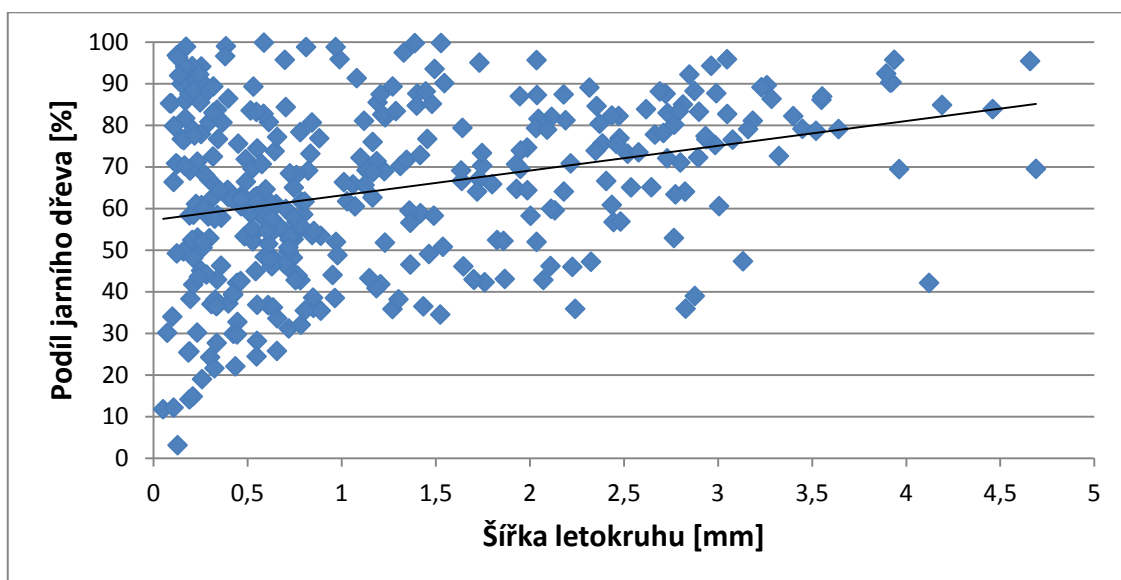


Obr. 44: Podíl jarního a letního dřeva v letokruhu jedle ve výšce 1 metr od vrcholu stromu

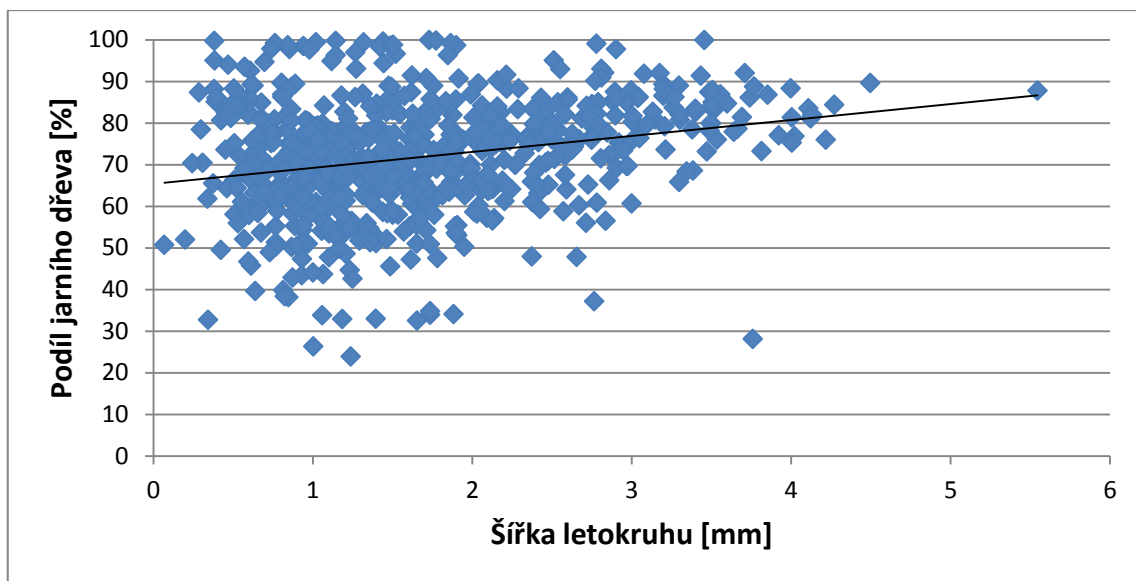


Obr. 45: Celkový podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu u jedle

Výsledky dále ukazují, že v rámci celého stromu je procentuální zastoupení jarního dřeva u smrku od 3,1 do 99,8 % (Obr. 46). Dřevo jedle má vyšší minimální hranici procentuálního zastoupení jarního dřeva než smrk. Jeho minimum je 23,9 % a roste do 99,9 % (Obr. 47).



Obr. 46: Procentuální zastoupení jarního dřeva smrku



Obr. 47: Procentuální zastoupení jarního dřeva jedle

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1., dřevo buku patří mezi dřeviny s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva, u které je špatně rozeznatelný přechod mezi jarním a letním dřevem. Z toho důvodu nelze dřevo buku vyhodnotit na podíl jarního a letního dřeva v letokruhu.

7 DISKUZE

7.1 Letokruhová analýza (Dendrochronologie)

Přírůstky letokruhů dřevin jsou závislé na několika aspektech, jedním z nich je vláha v zemi, tzv. množství vody vyskytující se v půdním segmentu. Na území České republiky byl rok 2003 velmi suchý (Rybníček a kol. 2012). Na základě těchto poznatků se předpokládalo, že přírůstky letokruhů v roce 2003 budou vlivem velkého sucha menší nebo se budou jinak odlišovat od obvyklého přírůstu. Tyto nepříznivé klimatické podmínky byly rozhodující k posouzení jejich závislosti na změnách přírůstků letokruhů. Předpoklad závislosti sucha na změně letokruhů byl ovšem milný např. celkový smrkový letokruh vzniklý v klimaticky nepříznivém roce 2003 se výrazněji nezměnil oproti následujícím rokům. Letokruh roku 2003 si po výšce kmene zachoval stejný tvar jako letokruhy vzniklé v roce 2004 a v roce 2005. Negativní podmínky roku 2003 se projeví pouze na přírůstu jarní části letokruhu, jež mají v každém roce rozdílný přírůstek. U jehličnanů a roztroušeně pórovitých listnatých dřevin může být zpoždění počátku kambiální aktivity kořenů oproti větvím několik týdnů (SCHWEINGRUBER, 1996).

7.1.1 Podíl jarního a letního dřeva

Z výsledků (Obr. 31 - 47) je zřejmý trend, že se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva, zatímco podíl dřeva letního zůstává konstantní. Tento trend je zřejmý jak u smrku, tak i u jedle.

Z výsledků (Obr. 48) je patrné procentuální zastoupení jarního dřeva u smrku od 3,1% do 99,8%. Z analýzy je zřejmé, že dřevo jedle (Obr. 49) má procentuální zastoupení jarního dřeva od 23,9% do 99,9%.

Šlezingerová a kol., 2002 uvádí, že u jehličnanů je v rámci letokruhu větší část jarního dřeva a menší část letního dřeva, u listnatých dřevin tomu je tomu naopak.

Letní dřevo, které tvoří tmavší část letokruhu, je výrazně tvrdší a může mít dvakrát až třikrát větší hustotu. Z toho vyplývá, že s rostoucím podílem jarního dřeva klesá hustota dřeva, a tím klesají mechanické vlastnosti (Požgaj, 1997).

Dřevo buku patří mezi dřeviny roztroušeně pórovitou stavbou dřeva. Požgaj, 1997 uvádí, že tyto dřeviny mají z dřevin mírného pásma nejméně výrazný přechod mezi

jarním a letním dřevem. Nejméně zřetelné letokruhy má bříza, habr a buk. Z tohoto důvodu nelze u buku správně provést podíl jarního a letní dřeva.

7.2 Konvenční hustota

Na základě experimentu prováděného pro potřeby této diplomové práce byla získána a zpracována data. Zpracováním dat byla zjištěna konvenční hustota dřeva buku lesního, smrku ztepilého a jedle bělokoré.

Z naměřených výsledků nám maximální konvenční hustota buku lesního na Dražanské vrchovině vyšla 765 kg.m^{-3} . Pro srovnání ve zlínském kraji se konvenční hustota buku pohybuje průměrně okolo 767 kg.m^{-3} (Gomola, 2006). Průměrná hustota buku pro českou republiku je 685 kg.m^{-3} (Šlezingerová, 2008). Rozdíl mezi námi měřenou hustotou a republikovým průměrem je 80 kg.m^{-3} . Tento rozdíl může být způsoben horšími klimatickými podmínkami v dané lokalitě.

Oproti druhé zkoumané dřevině smrku ztepilém rostoucím ve stejném vegetačním stupni oblasti Dražanské vrchoviny se celková průměrná konvenční hustota pohybovala na hranici 400 kg.m^{-3} . Výsledky smrku můžeme porovnat s konvenční hustotou, která zde byla měřena před třiceti lety. Konvenční hustota porostu smrku se tehdy pohybovala okolo 446 kg.m^{-3} . Zaznamenali jsme tedy pokles hustoty o 46 kg.m^{-3} . Tento pokles může být zapříčiněn dostatečným množstvím podzemní vody v oblasti růstu smrku. Díky lepším klimatickým podmínkám než u buku dochází k větším přírůstkům. Větší přírůstek ovlivňuje podíl jarního dřeva v letokruhu, a tím dochází poklesu hustoty.

U poslední zkoumané dřeviny, kterou je jedle bělokorá byla naměřená průměrná konvenční hustota 384 kg.m^{-3} . Průměrná konvenční hustota jedle uváděná v literatuře je 405 kg.m^{-3} (Šlezingerová, Gandelová, 2008). Jedle je mnohem náročnější na obsah živin v půdě a na čistotě ovzduší než je tomu u smrku. Je proto velmi pravděpodobné, že nižší hustota jedle rostoucí na Dražanské vrchovině je způsobena klesající čistotou ovzduší.

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit variabilitu šířky letokruhů, podílu jarního a letního dřeva, konvenční hustoty po poloměru a výšce kmene. K tomuto účelu byly využity výřezy ze 3 druhů dřevin, buk lesní, jedle bělokorá, smrk ztepilý.

Pomocí program WinDendro byla provedená dendrochronologická analýza a změřena šířka letokruhů. Z naměřených výsledků měření vyplývá, že se zvyšující se výškou kmene roste šířka letokruhů. Následně bylo zjištěno, že se zvyšující se šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva, přičemž podíl dřeva letního zůstává konstantní. Zároveň se rostoucí šířkou letokruhu stoupá procentuální zastoupení jarního dřeva v letokruhu. Procentuální zastoupení jarního dřeva v letokruhu se pohybuje u smrku od 3,1% do 99,8% a u jedle od 23,9% do 99,9%.

V další části diplomové práce byla provedena analýza konvenční hustoty u vybraných dřevin. U buku lesního byla naměřena průměrná konvenční hustota 565 kg.m^{-3} , u smrku ztepilého 406 kg.m^{-3} a u jedle bělokoré 384 kg.m^{-3} . U vybraných dřevin bylo zjištěno, že konvenční hustota se zvyšuje od dřeně směrem k obvodu (kůře) kmene. Konvenční hustota po výšce kmene mírně klesá.

Výsledky dosažené v této diplomové práci ukazují, že v jednotlivých částech kmene jsou rozdílně široké letokruhy a tím i rozdílná hustota dřeva. Hustota dřeva přímo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. S tímto faktem je nutné počítat při navrhování dřevěných konstrukcí. V této práci bylo dále zjištěno, že klesá podobnost jednotlivých letokruhových křivek v závislosti na stoupající vzdálenosti jednotlivých sekcí kmene od sebe. Tohle zjištění má velký význam pro dendrochronologii. Při měření to může způsobit, že určité letokruhové křivky nebude možné datovat podle dostupných standardních chronologií, pokud z nich neodstraníme věkový trend.

9 SUMMARY

The aim of the thesis is to realize variability of the annual ring's width, percentage of the spring and the summer wood, conventional density by the radius and the trunk's level. For this purpose the slices of the wood were used. It was used 3 types of the woody plant, European beech, silver fir and Norway spruce.

Dendrochronological analyse and the measure of the annual rings' width were made by the program WinDendro. From the measured outcomes it is implied, that with the rising trunk's level rise annual ring's width. Afterwards it was explored, that with the rising annual ring's width rise percentage of the spring wood supposing that the summer wood is constantly. At the same time with the rising annual ring's width the percentage of the spring wood in the annual ring is rising as well. Percentage of the spring wood in the annual ring is in the interval from 3,1 % to 99,8 % (Norway spruce), 23,0 % to 99,9 % (silver fir).

In the next part of the thesis the analyse of the conventional density in the each part of the trunk was made. Conventional density of the European beech was 565 kg.m⁻³, Norway spruce 406 kg.m⁻³ and silver fir kg.m⁻³. It was discovered that conventional density of the chosen wooden plant is rising directly from the inside to the outside of the trunk. Conventional density with the rising level of the trunk is mildly falling.

In this thesis it is discovered that in each part of the trunk the annual ring's width and wood's density are different. Wood's density directly influences physical and mechanical character of the wood. This is the fact which we have to know during wooden construction design.

In this thesis was almost discovered, that the similarity of the annual rings is dependent on the rising distance of the each part of the trunk. This has a huge importance in the dendrochronology. It is a reason way it could be impossible to refer annual rings by the standard chronology. In this situation it is needy to get off vector trend.

10 SEZNAM LITERATURY

- BALABÁN K. 1995. Nauka o dřevě – anatomie dřeva. SZN Praha, 220 s.
- Becha, L. 2013. Posouzení použitelnosti programu WinDendro v dendrochronologické praxi na základě porovnání se standardním postupem v programu PAST4. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 62 s.
- COOK, E. R. a Leonardas KAIRIUKSTIS (eds.). *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Dordrecht: Kluwer, 1990. ISBN 0792305868.
- ČERMÁK P. 2007 Defoliace a radiální růst, ukazatele vitality smrku ztepilého. Lesnická práce 11, 15 s.
- ČERNÝ, Ervín a Dáša ZOUHAROVÁ. *Drahanskou vrchovinou: příroda, historie, současnost*. Podolí: OS Barvínek, 1998.
- ČERNÝ-KŘETÍNSKÝ E., ZOUHAROVÁ H. Drahanská vrchovina. [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: - https://cs.wikipedia.org/wiki/Drahansk%C3%A11_vrchovina
- ČHMÚ. Územní srážky [online]. [cit. 2016-01-09]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- DOUGLAS A. E. 1937. Treerings and chronology.bulletin, Univesity of Arizona 8.Physical Science Series 1, 6 s.
- DRÁPELA, Karel a Jan ZACH. *Dendrometrie: (dendrochronologie)*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 80-7157-178-4.
- DUBOVSKÝ, Ján, Igor ČUNDERLÍK a Marián BABIAK. *Textúra, štruktúra a úžitkové vlastnosti dreva: návody na cvičenia pre 1. ročník Priemyselného designu nábytku*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita, 1992. ISBN 80-228-0221-2.
- *Dřevo od A do Z*. 5. vyd. Překlad Lumír Mikulka. Čestlice: Rebo pro Klub čtenářů, 2013. ISBN 978-80-255-0717-9.
- FRITTS, Harold C. *Tree rings and climate*. London: Academic Press, 1976. ISBN 0-12-268450-8.
- GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J.(2012: Nauka o dřevě. Dotisk třetího nezměněného vydání.Mendelova univerzita v Brně, 176 s.
- HOADLEY BUCE R., (1990): Identifying Wood: Accurate results With Simple Tools
- HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. 2.*, přeprac. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.

- HRABÁK R. 2014: LES. Aventinum, 312 s.
- CHLUPÁČ I. - BRZOBOHATÝ R. - KOVANDA J. - STRÁNÍK Z. (2002):
Geologická minulost České
- KYNCL Josef, KYNCL Tomáš, Současný stav standardních chronologií jehličnanů v České republice. ZPP 1998/58, č. 4–XXXII.
- LYSÝ, František a Pavel JÍRŮ. *Nauka o dřevě [Lysý, 1961]*. 2. přepr. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961. 622 s. : i.
- MATOVIČ A. 1979. Variabilita konvenční hustoty dřeva smrku se zřetelem na stanoviště, výšku a věk stromů. Dílčí závěrečná zpráva výzkumného úkolu č. VI – 5 9/2. VŠZ Brno, 103 s.
- OLSEN P. 1971. The Water Displacement Method, The royal Veterinary and agricultural. University of Kopenhagen, 18 s.
- MAPY 1996-2016 [online].[cit. 27. 12. 2015]. Dostupné na www.seznam.cz.
- POKORNÝ J., MATOUŠKOVÁ V., (2003): Stromy. Aventinum. 224 s.
- POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. 1993 Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda, 485 s.
- REGENT INSTRUMENTS INC. Image Analysis for Plant Science. [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: <http://www.regent.qc.ca>
- RYBNÍČEK M. 2007. Dendrochronologické datování dřevěných částí historických staveb, archeologických vzorků a výrobků zedřeva – sestavení národní dubové chronologie. Disertační práce. Brno MZLU, 111 s.
- Rybníček, M., Kolář, T., Čermák, P., Žid, T., Hadaš, P., 2012: Dendrochronological analysis and habitual stress diagnostic assessment of Norway spruce (*Picea abies*) stands in the Drahany Highlands. *Wood Research* 57 (2): 189–206.
- SCHWEINGRUBER, F H. Tree rings and environment dendroecology. Berne: Paul Haupt Publishers, 1996. 609 s. ISBN 3-258-05458-4
- STALLINGS W.S. 1937. Some ealy papers on tree – rings. *Tree – Ring Bull* 3, 28 s.
- ŠLEZINGEROVÁ, Jarmila a Libuše GANDELOVÁ. *Stavba dřeva*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-636-0.

- ŠLEZINGEROVÁ, Jarmila a Libuše GANDELOVÁ. *Stavba dřeva: (cvičení)*. 2., nezměn. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-168-5.
- ÚRADNÍČEK, Luboš. *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2009. ISBN 978-80-87154-62-5.
- ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ BRANDÝS NAD LABEM. Katalog mapových informací. [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>
- VĚTVIČKA V. 2008 Stromy a keře. ISBN 978-80-7151-254-7 Aventinum. 288 s.
- WAGENFÜHR R. 1999. Anatomie des Holzes:Strukturanalytik- Identifizierung, Nomenklatur – Mikrotechnologie. Weinbrenner, DRW – Verlag, 188 s.
- WAGENFÜHR R. 2002.Anatomie des Holzes: Strukturanalytik –Identifizierung, Nomenklatur – Mikrotechnologie.Weinbrenner,DRW – Verlag,188 s
- WALKER, Aidan (ed.). *Dřevo: velká encyklopedie : 150 druhů dřeva : podrobný průvodce "strom za stromem" : svět nejvšestrannějšího přírodního zdroje*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2858-2.
- WINDENDRO™, 2009 b,c For tree-Ring Analysis
WORDPRESS. Historie české dendrochronologie. [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://dendrochronologie.cz/cs/o-dendrochronologii/historie-ceske-dendrochronologie/>
- ČSN 49 0108 (490108): Drevo. Zisťovanie hustoty, 1993.
- ČSN 49 0103: Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach, 1993.
- Integrovaný registr znečišťování [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/>

11 PŘÍLOHY

Příloha 1: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Smrk 2	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	sekce 8	Sekce9
Sekce 1	X	0,170	0,033	0,072	0,100	-0,070	-0,046	0,110	0,178
Sekce 2	0,170	X	0,485	0,318	0,174	0,098	-0,400	-0,149	-0,545
Sekce 3	0,033	0,485	X	0,633	0,608	0,293	-0,176	0,021	-0,299
Sekce 4	0,072	0,318	0,633	X	0,744	0,474	-0,141	0,054	-0,375
Sekce 5	0,100	0,174	0,608	0,744	X	0,744	0,201	0,398	-0,363
Sekce 6	-0,070	0,098	0,293	0,474	0,744	X	0,605	0,735	-0,014
Sekce 7	-0,046	-0,400	-0,176	-0,141	0,201	0,605	X	0,625	0,595
Sekce 8	0,110	-0,149	0,021	0,054	0,398	0,735	0,625	X	0,443
Sekce 9	0,178	-0,545	-0,299	-0,375	-0,363	-0,014	0,595	0,443	X

Příloha 2: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Jedle 2	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8
Sekce 1	X	0,762	0,509	0,629	0,429	0,122	-0,223	-0,212
Sekce 2	0,762	X	0,809	0,797	0,746	0,501	-0,196	-0,190
Sekce 3	0,509	0,809	X	0,759	0,893	0,614	-0,146	-0,015
Sekce 4	0,629	0,797	0,759	X	0,807	0,411	-0,224	-0,208
Sekce 5	0,429	0,746	0,893	0,807	X	0,812	0,089	-0,068
Sekce 6	0,122	0,501	0,614	0,411	0,812	X	0,323	0,162
Sekce 7	-0,223	-0,196	-0,146	-0,224	0,089	0,323	X	-0,088
Sekce 8	-0,212	-0,190	-0,015	-0,208	-0,068	0,162	-0,088	x

Příloha 3: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Buk 2	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	X	0,308	0,408	0,354	0,261	0,348	0,528	0,628	0,168
Sekce 2	0,308	X	0,3874	0,485	0,147	0,099	0,068	0,183	0,059
Sekce 3	0,408	0,387	X	0,387	0,304	0,091	-0,079	0,183	0,479
Sekce 4	0,354	0,485	0,387	X	0,200	0,200	0,161	0,260	0,053
Sekce 5	0,261	0,147	0,304	0,200	X	0,448	0,301	0,163	-0,088
Sekce 6	0,348	0,099	0,091	0,200	0,448	X	0,644	0,395	0,307
Sekce 7	0,528	0,068	-0,079	0,161	0,301	0,644	X	0,702	0,510
Sekce 8	0,628	0,183	0,183	0,262	0,163	0,395	0,702	X	0,359
Sekce 9	0,168	0,059	0,479	0,053	-0,088	0,307	0,510	0,359	X

Příloha 4: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Smrk 3	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	X	0,775	0,616	0,670	0,493	0,145	-0,334	-0,294	0,104
Sekce 2	0,775	X	0,765	0,820	0,688	0,163	-0,067	-0,347	0,221
Sekce 3	0,616	0,765	X	0,814	0,843	0,668	-0,038	-0,422	-0,404
Sekce 4	0,670	0,820	0,814	X	0,809	0,353	-0,145	-0,307	0,135
Sekce 5	0,493	0,688	0,843	0,809	X	0,747	0,154	-0,398	-0,366
Sekce 6	0,145	0,163	0,668	0,353	0,747	X	0,535	0,175	-0,162
Sekce 7	-0,334	-0,067	-0,038	-0,145	0,154	0,535	X	0,544	0,430
Sekce 8	-0,294	-0,347	-0,422	-0,307	-0,398	0,175	0,544	X	0,341
Sekce 9	0,104	0,221	-0,404	0,135	-0,366	-0,162	0,430	0,341	x

Příloha 5: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Jedle 3	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	X	0,639	0,526	0,556	0,370	0,629	0,468	0,199	-0,024
Sekce 2	0,639	X	0,528	0,646	0,370	0,629	0,468	0,334	0,323
Sekce 3	0,526	0,528	X	0,778	0,358	0,526	0,417	0,405	0,580
Sekce 4	0,556	0,646	0,778	X	0,504	0,545	0,194	0,056	-0,517
Sekce 5	0,370	0,370	0,358	0,504	X	0,598	0,108	0,325	-0,442
Sekce 6	0,629	0,629	0,526	0,545	0,598	X	0,444	0,494	-0,131
Sekce 7	0,468	0,468	0,417	0,194	0,108	0,444	X	0,583	0,243
Sekce 8	0,199	0,334	0,405	0,056	0,325	0,494	0,583	X	0,118
Sekce 9	-0,024	0,323	0,580	-0,517	-0,442	-0,131	0,243	0,118	X

Příloha 6: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom jedle 1 podle PEARSONA

Buk 3	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	X	0,700	0,279	0,367	0,177	-0,012	0,128	0,010	-0,350
Sekce 2	0,700	X	0,516	0,529	0,496	0,366	0,460	0,303	0,018
Sekce 3	0,279	0,516	X	0,183	0,519	0,310	0,242	0,110	0,372
Sekce 4	0,367	0,529	0,183	X	0,425	0,434	0,484	0,137	0,206
Sekce 5	0,177	0,496	0,519	0,425	X	0,552	0,570	0,153	0,346
Sekce 6	-0,012	0,366	0,310	0,434	0,552	X	0,528	0,234	0,509
Sekce 7	0,128	0,460	0,242	0,484	0,570	0,528	X	0,205	0,487
Sekce 8	0,010	0,303	0,110	0,137	0,153	0,234	0,205	X	0,630
Sekce 9	-0,350	0,018	0,372	0,206	0,346	0,509	0,487	0,630	x