

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

**Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty  
dřeva smrku ztepilého po výšce kmene na  
Drahanské vrchovině**

**Bakalářská práce**

*Prohlašuji, že jsem práci: Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého po výšce kmene na Drahanské vrchovině zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b 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/a, 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 nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne:..... podpis studenta*



▪ **Poděkování:**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michalu Rybníčkoví, Ph.D. za odborné vedení, rady, a trpělivost při zpracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Tomáši Kolářovi, Ph.D. za rady a ochotu při zpracování této bakalářské práce.

Mé poděkování patří i mojí Rodině, bez jejíž podpory by mé studium nebylo možné.

Dále bych rád poděkoval své přítelkyni Lence Homolkové za podporu a pomoc při vypracovávání této bakalářské práce.

# Variabilita šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého po výšce kmene na Drahanské vrchovině

**Michal Jelínek**

## **Abstrakt**

Cílem práce bylo stanovení podílu jarního a letního dřeva, šířky letokruhu a konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého v závislosti na výšce kmene. Pro tyto účely byly na Drahanské vrchovině vytipovány čtyři úroňové smrky, které rostly v nadmořské výšce 600 až 660 m.n.m.

Z těchto smrků bylo vymanipulováno deset výřezových kotoučů po výšce kmene. Dendrochronologická analýza byla provedena podle standardní dendrochronologické metodiky. Měření šířek letokruhů a jarního a letního dřeva bylo provedeno v programu PAST 4 a WinDENDRO. Výpočet maximálního objemu pro výpočet konvenční hustoty byl proveden podle metodiky Olsena. Bylo zjištěno, že se zvyšujícím se věkem stromu dochází k pozvolnému snižování šířky letokruhu. Dále bylo zjištěno, že se zvyšující se výškou kmene stoupá šířka letokruhu a se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva, zatímco šířka dřeva letního zůstává konstantní. Procentuální zastoupení jarního dřeva v letokruhu se pohybovalo od 7,4 do 96,2 %. Průměrná konvenční hustota byla  $376,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Hodnota naměřené průměrné konvenční hustoty se po výšce kmene mírně snižoval od báze směrem ke koruně. Po průměru kmene se hustota zvyšovala od dřeně směrem k obvodu kmene.

## **Klíčová slova:**

Drahanská vrchovina, smrk ztepilý, dendrochronologie, konvenční hustota

# **A variability of a tree-ring and a basic density of norway spruce along a trunk height on Drahany highlands**

**Michal Jelínek**

## **Abstract**

An aim of this bachelor thesis was a setting of part earlywood and latewood, a width of tree-ring and a basic density of a norway spruce wood depending on a trunk height. For those purposes were on Drahany highlands singled out four-levels spruces, that grew in an altitude from 600 to 660 m. a. s.

From these spruces was cut out ten wheels along the trunk height. Dendrochronological analyse was performed according to a standard dendrochronological methodology. Measurement of tree-rings width and earlywood and latewood was made in a programm Past 4 and WinDendro. A calculation of a maximum amount for the basic density calculation was made according to Olsen's methodology. It was found out that with increasing age of a tree comes slightly reduction of the tree-ring width. Furthermore it was found out that with increasing trunk height rises the tree-ring width and with increasing tree-ring width rises part of earlywood and latewood, while the earlywood width stays the same. Percentage latewood agency in the tree-ring was at about 7,4 to 96,2 %. Average basic density was set at  $376,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . A value of measured average basic density was along the trunk height slightly reductioned from a base towards to a tree-top. Over the trunk average was the density rised from a medulla towards to the trunk circuit.

Keywords:

Drahany Highlands, spruce, dendrochronology, basic density



## OBSAH

1. ÚVOD .....	10
2. CÍL PRÁCE.....	11
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	12
3.1 Smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.) .....	12
3.1.1 Popis a vlastnosti .....	12
3.1.2 Rozšíření a nároky na půdu a klima .....	13
3.1.3 Makroskopická stavba dřeva .....	13
3.1.4 Mikroskopická stavba dřeva.....	14
3.1.5 Využití dřeva .....	14
3.2 Faktory ovlivňující tloušťkový přírůst .....	15
3.2.1 Vliv teploty na přírůst .....	15
3.2.2 Vliv srážek na přírůst .....	16
3.3 Radiální přírůst dřeva - Letokruhy .....	17
3.3.1 Tvorba letokruhů .....	17
3.3.2 Charakteristika a struktura letokruhů .....	17
3.3.3 Šířka a tvar letokruhů .....	18
3.4 Dendrochronologie (letokruhová analýza) .....	19
3.4.1 Historie Dendrochronologie .....	19
3.4.2 Princip Dendrochronologie.....	19
3.4.3 Odběr vzorků.....	20
3.6 Konvenční hustota.....	22
3.6.1 Variabilita a rozložení hustoty po výšce kmene.....	22
3.6.2 Variabilita a rozložení hustoty po poloměru kmene .....	23
3.6.3 Metody určení konvenční hustoty .....	23
4. METODIKA.....	26

4.1	Metodika stanovení variability šířky letokruhu po výšce kmene smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.).....	26
4.1.1	Odběr vzorků.....	26
4.1.2	Příprava vzorků.....	26
4.1.3	Měření šířky letokruhů.....	27
4.1.4	Statistické výpočty používané v PAST 4.....	28
4.1.5	Stanovení podílu jarního a letního dřeva.....	30
4.1.6	Analýza významných negativních let.....	31
4.2	Metodika stanovení konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.).....	31
4.2.1	Příprava vzorků.....	31
4.2.2	Stanovení objemu.....	32
4.2.3	Sušení a stanovení hmotnosti vývrtů.....	34
4.2.4	Výpočet konvenční hustoty.....	35
5.	MATERIÁL.....	36
5.1	Drahanská vrchovina.....	36
5.1.1	Lokalizace a popis Drahanské vrchoviny.....	36
5.1.2	Výzkumná plocha – Smrkový porost (SM).....	37
5.1.3	Geologické zařazení.....	37
5.1.3	Klimatické zařazení.....	38
5.1.4	Počet odebraných vzorků.....	38
6.	VÝSLEDKY.....	39
6.1	Výsledky dendrochronologické analýzy.....	39
6.2	Výsledky analýzy významných negativních let.....	46
6.2	Podíl jarního a letního dřeva.....	50
6.3	Analýza konvenční hustoty.....	53
7.	DISKUZE.....	62
7.1	Dendrochronologická analýza.....	62

7.2	Analýza významných negativních let.....	62
7.3	Podíl jarního a letního dřeva .....	63
7.4	Konvenční hustota.....	63
8.	ZÁVĚR.....	65
9.	SUMMARY .....	66
10.	SEZNAM LITERATURY .....	67
11.	PŘÍLOHY.....	71

## 1. ÚVOD

V České republice je nejvýznamnější hospodářskou dřevinou smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.). Smrk je velice rozšířenou dřevinou, zastoupení smrku je přibližně 54%. Rozšíření smrku se dělí na dvě oblasti : severskou a středoevropskou–balkánskou. V severské oblasti se vyskytuje v nížinách a pahorkatinách. Ve střední Evropě se smrk vyskytuje v podhorských a horských oblastech. V České republice se smrk vyskytuje téměř ve všech nižších, ale i vyšších pohořích (Úradníček, 2003).

Dnes je však situace smrku ztepilého ve většině našich porostů velice špatná. Vlivem nepříznivých klimatických podmínek dochází k častým polomům a vývratům. Toto v kombinaci se stresem v důsledku nedostatku srážek a vysokých teplot vytváří ideální podmínky pro populace hmyzu např. lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) a také pro dřevokazné houby např. václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae* (Romagn)) (Jankovský, Cudlín, 2002).

Radiální přírůst je odrazem těchto ekologických faktorů, které působí v daném místě. Mezi další faktory ovlivňující přírůst patří (úrodnost půdy, dostupnost vody) (Whitehead 1998). Za pomoci letokruhové analýzy a variability konvenční hustoty lze získat informace důležité k určení kvality dřeva z dané lokality. Proto je důležité aby lesnické a dřevařské odvětví tyto metody používalo.



## 2. CÍL PRÁCE

Práce měla dva hlavní cíle. Prvním cílem práce bylo provést dendrochronologickou analýzu, zjistit šířku letokruhů, podíl jarního a letního dřeva v závislosti na výšce kmene smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.).

Druhým cílem bylo provést analýzu konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Určit její průměrnou hodnotu a pro zkoumaný porost a její rozložení po výšce kmene a po poloměru kmene. Zjištěné výsledky porovnat s výsledky uvedenými v jiných literárních pramenech.

### 3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.)

##### 3.1.1 Popis a vlastnosti

Smrk ztepilý je strom s přímým kmenem a s pravidelným přeslenitým větvením dosahující výšky až 50 m. Dosahuje stáří 350–400 let a průměru kmene až 1,5 m. Největší kusy dosahují objemu 30 m<sup>3</sup>. Smrk si během celého růstu zachovává štíhlou, špičatě kuželovitou korunu. U horských typů, ve vyšších polohách je většinou úzká s jemným větvením, v nižších polohách je pak široká se silnějšími větvemi (Úřadníček a kol., 2001).

Borka u smrku má červenohnědou až šedohnědou barvu a odlupuje se v tenkých šupinách. Jehlice jsou jednotlivé, přisedlé na stopkovitě zúžených polštářcích, 1 až 2,5 cm dlouhé, čtyřhranné, tuhé, na konci zašpičatělé. Opadávají po 5–7 letech (Pagan a Raduška, 1987).

Plodit začíná smrk od 60. roku a plodné roky se opakují v intervalu 3 až 5 let (Gregorová a kol., 2006). Šišky mají před dozráním nejčastěji zelenou barvu, jsou převislé, 10–15 cm dlouhé. Opadávají 2. rokem a mají v sobě velké množství semen s víceletou klíčivostí.

Semenáček má 5–10 štíhlých děložních lístků, které jsou nahoru prohnuté, dále pak několik primárních jehlic. V druhém roce děložní lístky odpadnou a vyrostou místo nich nové, které mají odlišný vzhled než ty u dospělých stromů. Od třetího roku se tvoří pravidelné přesleny. Maximální výšky dosáhne ve věku 40 let, okolo 100 let se pak růst ukončí.

Kořenový systém smrku je mělký, proto jsou u něj časté vývraty. Kořenové náběhy jsou výrazné. V monokulturách vyčerpává z důvodu mělkého zakořenění svrchní vrstvu půdy. Schopnost regenerace je u smrku omezená, trpí loupáním a vytloukáním zvěří, vzniklé rány se stávají ideálním místem pro vznik hniloby (Úřadníček a kol., 2001).

### **3.1.2 Rozšíření a nároky na půdu a klima**

Rozšíření smrku se dělí na dvě oblasti : severskou a středoevropskou–balkánskou. V severské oblasti se vyskytuje v nížinách a pahorkatinách. Ve střední Evropě se smrk vyskytuje v podhorských a horských oblastech. V České republice se smrk vyskytuje téměř ve všech nižších, ale i vyšších pohořích. Hlavní výskyt je však v horách, podél hranic, o něco méně je zastoupen ve vnitrozemí (Úradníček, 2003). Ideální hranice nadmořské výšky pro smrk ve střední Evropě jsou spodní 600–1000 m. n. m. a horní 1300–2200 m. n. m.

Nároky na půdu a geologické podloží nemá smrk velké. Tvoří porosty na naplavených půdách různého druhu, na vápenci i na prahorních horninách, jen nesmějí být příliš chudé, nebo suché. Na vápencovém podkladu ustupuje zřetelně buku. Při dostatečné vlhkosti osídluje i docela mělké půdy kryté malou vrstvou humusu. Nejlepší je pro růst smrku hlinitopísčité půda.

Smrk má střední až vyšší nároky na vláhu. Nesnese nízkou relativní vzdušnou vlhkost a je citlivý na suchá období, naopak nadbytečnou vlhkost snáší dobře. Pro jeho růst je důležitý obsah vody v půdě, a to zejména v oblastech s nižšími srážkami. Nejmhutnější růst vykazuje smrk na stanovištích zásobovaných dostatkem vody, jako jsou kotliny a úpatí hor, na těchto místech také bývá méně ohrožen v době sucha. Smrk má schopnost dobře snášet nízké teploty, řadí se v tomto mezi nejodolnější dřeviny. Silné mrazy a kruté zimy mu málokdy uškodí. Je však citlivý k vysokým teplotám. Je proto vhodné v teplejších oblastech pěstovat smrk jen v úzkých a hlubokých dolinách, v kterých se shromažďuje studený, vlhký vzduch a vzniká nadbytečná vlhkost. Smrk je citlivý na čistotu ovzduší, proto se nehodí do městských parků (Úradníček a kol., 2001).

### **3.1.3 Makroskopická stavba dřeva**

Dřevo smrku má po celém poloměru stejné zbarvení, nemá vylišeno běl a jádro, pouze u čerstvě pokáceného stromu lze makroskopicky rozlišit vyztalé dřevo. Dřevo smrku má žlutobílou až světle žlutohnědou barvu. Na podélném řezu je lehce lesklé. Letokruhy má smrk zřetelné s pozvolným přechodem mezi jarním a letním dřevem.

Pryskyřičné kanálky jsou nevýrazné, viditelné pouze na podélném řezu jako svislé tmavší pásy (Šlezingerová a Gandělová, 2004).

Suky vybíhají, v ostrém úhlu směrem k vršku. Dřeňové paprsky jsou viditelné pouze pod lupou. Dřeň je úzká a má nejvýše 5 mm v průměru (Balabán, 1955). Dřevo smrku řadíme mezi měkká (26 Mpa) a lehká ( $\rho_0$  420 kg.m<sup>-3</sup>). Při výskytu tlakového dřeva se hustota výrazně zvětšuje až o 40 % (Wagenführ, 2002).

### **3.1.4 Mikroskopická stavba dřeva**

Základními anatomickými elementy smrku jsou tracheidy a parenchymatické buňky. Tracheidy jsou podélně orientované, zašpičatělé buňky s délkou 2–5 mm a utvářejí 92–95 % dřevní struktury. Vodivou funkci plní tenkostěnné, širší tracheidy, které se vyskytují převážně v jarním dřevě. Radiální průměr jarních tracheid je 0,02–0,04 mm. Funkci mechanickou tvoří pak užší, tlustostěnné tracheidy vyskytující se ve dřevě letním (Šlezingerová a Gandělová, 2004).

Smrk se vyznačuje malými pryskyřičnými kanálky patrnými obzvláště na radiálním řezu (vertikální kanálky), na řezu tangenciálním pak (horizontální kanálky). Vertikální pryskyřičné kanálky jsou řídké a spíše ojedinělé. Dřeňové paprsky smrku jsou nejčastěji jednovrstevnaté, uprostřed vícevrstevnatých se pak vyskytuje pryskyřičný kanálek (Balabán 1955).

### **3.1.5 Využití dřeva**

Smrkové dřevo se dobře opracovává a suší, je však hůře impregnovatelné a méně odolné proti biotickým škůdcům (Šlezingerová a Gandělová, 2004). Smrkové dřevo je nejužívanějším dřevem u nás. Je využito jako stavební i konstrukční materiál pro nadzemní i podzemní stavby, v nábytkářství, na aglomerované materiály a materiály na bázi dřeva a v papírenském průmyslu. Další cenné využití tohoto dřeva je výroba hudebních nástrojů (rezonanční dřevo). Nejlepší dřevo na výrobu hudebních nástrojů poskytují stromy z horských oblastí 800–1000 m n.m. Toto dřevo se vyznačuje stejnoměrnou strukturou a úzkými letokruhy (Balabán, 1995).

## 3.2 Faktory ovlivňující tloušťkový přírůst

Faktory ovlivňující tloušťkový přírůst rozdělujeme na vnitřní (biotické, genetické) a vnější (abiotické) (Schweingruber, 1996). Pro potřeby letokruhové analýzy lze genetický faktor ovlivnit pouze výběrem vhodných dřevin.

Dalším biotickým činitelem, který má vliv zejména na asimilační aparát stromu je dřevokazný hmyz, zvěř a houby (Schweingruber, 1996). Mezi abiotické limitující faktory patří hlavně teplotní a vodní režim, sluneční záření a stav minerální výživy (Horáček, 1994).

### 3.2.1 Vliv teploty na přírůst

Teplota pro rostliny není zdrojem energie, pouze vytváří potencionální stav pro průběh životních funkcí a pochodů (Horáček, 1994). Růst je většinou zahájen při minimální teplotě, při optimální teplotě je rychlost růstu maximální a při vysoké teplotě nad 30 °C se rychlost růstu snižuje (Šebánek, 1992). Za nejnižší přípustnou teplotu vzduchu pro rašení se považuje 8 °C. Jestliže je na začátku vegetačního období nízká teplota, může to vést k oddálení kambialní aktivity (Fritts, 1976). Teplotní minima a maxima ovlivňují schopnost obnovy a přežití rostlin. Nárok rostlin na teplotu vzduchu rozumíme vegetativní teplotní konstantou, která vyjadřuje součet průměrných denních teplot ve vegetačním období. Délka vegetačního období je pak rovna počtu dní s průměrnou denní teplotou nad 8 °C tj. minimální teplota vzduchu potřebná pro rašení. Takto získanou vegetativní konstantu nazýváme sumou aktivních teplot vzduchu, tyto jsou považovány za vhodný ukazatel teplotního režimu. Při modelování růstových procesů se však sumy ročních teplot nebo srážek ukázaly jako nedostačující (Horáček 1994). K simulaci růstových procesů je třeba použít denní nebo měsíční hodnoty klimatických charakteristik (Fitts, 1976).

Na tloušťkový přírůst mají vliv jak teploty nadprůměrné, tak podprůměrné. Nadprůměrné teploty během vegetačního období většinou tloušťkový přírůst ovlivňují pozitivně. Jestliže jsou však příliš vysoké, mají tendenci snižovat uhlíkovou bilanci, v důsledku čehož pak dochází k snížení přírůstu. Vyšší teploty v zimním a jarním období

(leden–červenec) mají za následek zvětšení radiálních přírůstů, toto je pravděpodobné ve vyšších nadmořských výškách (Čermák 2007).

### 3.2.2 Vliv srážek na přírůst

Voda je základním médiem, ve kterém probíhají biochemické procesy rostlin a podílí se na všech základních pochodech rostlinného metabolismu. V některých obdobích je činnost kambia ovlivňována jejím nedostatkem více než v jiných (Slavíková, 1986).

V ekosystému jsou hlavním zdrojem vody atmosférické srážky. V závislosti na své intenzitě, velikosti a časovém rozdělení během vegetačního období ovlivňují vodní bilanci (Penka, 1985). Na tloušťkový přírůst mají vliv jak srážky v roce předcházejícím, tak v roce aktuálním. Nejdůležitější jsou jarní srážky v minulém roce a jarní, letní a zimní srážky v aktuálním roce (Čermák, 2007). Vodní bilancí rostlin nazýváme rozdíl mezi příjmem a výdejem. Jestliže je delší doba větší výdej než příjem, u rostliny dochází k tzv. stupni vodního deficitu (Aas a Riedmiller, 2005). Dlouhotrvající vodní deficit se projevuje jako limitující faktor. Jestliže nedosahuje obsah vody v půdě fyziologicky minimálních hraničních limitů, dochází k vadnutí rostliny. Vodní deficit má negativní dopad na přírůst, déle trvající deficit vede pak až k smrti organismu. V důsledku ztráty asimilační a transpirační plochy (žloutnutí a opad listů) je postižen metabolismus, růst a vývoj rostliny a nejvíce pak kořenový systém (Horáček, 1994).

Pozitivní korelace mezi srážkami a růstem to znamená zvyšování přírůstu s množstvím srážek, je prokázána pouze u nižších a středních ploch. V nejvyšších plochách není tento vztah prokazatelný, a to ani v pohořích, ve kterých je v nižších nadmořských výškách silný, např. v Alpách. Negativní korelace mezi srážkami a růstem to znamená snižování přírůstů v důsledku nadprůměrných srážek hlavně během července a srpna (měsíce kde je realizována největší část ročního přírůstu), byla prokázána pouze v oblastech s nadstandardně vysokými srážkami. Kupříkladu na německé straně Krušných hor (Čermák, 2007).

U vyšších rostlin je hlavním orgánem k příjmu vody kořenový systém (House, 1974). Množství vody, které je kořenový systém schopen přijmout závisí hlavně na vodním potenciálu půdy. Potenciál půdy je závislý na velikosti půdních částic. Čím menší jsou, tím je potenciál lepší. Jsou dva systémy, první aktivní (energie látkové výměny) při nízkém výdeji vody rostlinou. Druhý pak pasivní (vznik podtlaku

v rostlině), v důsledku intenzivního výdeje vody transpirací. Podtlak je vyrovnán příjmem vody. Transpirace je ztráta vody v důsledku odpaření. Živiny a voda jsou v důsledku transpirace přivedeny do fotosyntetizujících orgánů. Rostliny toto mohou ovlivnit otevíráním a uzavíráním průduchů v listech (Kolařík a kol., 2005).

Při stresu stromy reagují redukcí nejprve méně důležitých procesů jako je radiální růst kmene. V důsledku sucha dochází u dřevin k redukcí buněčného turgoru, dále ovlivňuje zvětšování buněk a dochází také k poklesu syntézy auxinů a karboxyhydrátů a ke snížení jejich ukládání v kambiu (Čermák, 2007).

### **3.3 Radiální přírůst dřeva - Letokruhy**

#### **3.3.1 Tvorba letokruhů**

Letokruhy vznikají ve vegetačním období v důsledku dělení buněk kambia. Kambium se nachází mezi lýkem a dřevem (xylémem). Jedná se o úzké seskupení živých buněk, které je schopné dělení po celý čas života stromu. Jeho hlavní činností je tloušťkový radiální přírůst (Šlezingerová a Gandelová, 1998). Jako první dochází k dělení a diferenciaci mateřských buněk lýka a xylému, které byly vytvořeny činností kambiálních iniciál během podzimu. U jehličnatých dřevin vychází impuls vždy z jehlic starých či nových (Kolařík a kol., 2005).

Při působení určitých faktorů může dojít během jednoho vegetačního období k vytvoření dvou letokruhů. Těmto letokruhům se říká nepravé a k jejich vzniku dochází v důsledku ztráty asimilačních orgánů zapříčiněním biotických nebo abiotických činitelů. Mají na rozdíl od letokruhů skutečných menší šířku a méně zřetelné ohraničení. U silně zastíněných, podúrovňových porostů dochází i k tomu, že strom letokruh nevytvoří vůbec (Šlezingerová a kol., 2002).

#### **3.3.2 Charakteristika a struktura letokruhů**

Letokruhy na příčném řezu kmenem jsou viditelné jako koncentrické a na sebe navazující vrstvy obklopující dřeň stromu. Jsou složené ze dvou barevně a strukturálně odlišných vrstev, jarní a letní (Šlezingerová a kol., 2002). Světlejší část vznikající na počátku vegetačního období se označuje jako dřevo jarní a tmavší část vytvořená v průběhu vegetačního období se nazývá dřevo letní. Dřevo jarní má nižší

hustotu než dřevo letní. Jehličnaté dřeviny mají oproti listnatým výrazně odlišeno světlejší jarní a tmavší letní dřevo. U jehličnanů je v rámci letokruhu větší podíl jarního dřeva než dřeva letního, u listnáčů je tomu naopak (Šlezingerová a kol., 2002).

Na radiálním řezu letokruhy vytvářejí svislé rovnoběžné pásy, na tangenciálním pak zvlněné elipsy (fládr). Letokruhy jsou postupně na sebe nasedající kuželovité pláště, nový vždy navazuje na předcházející. Takto dochází ke každoročnímu zvětšování průměru stromu (Šlezingerová a kol., 2002). Letokruhy u našich dřevin mírného pásma jsou výsledkem přerušení radiálního růstu v důsledku vegetačního klidu. Věk stromu je roven počtu letokruhů na příčném řezu od dřeně až k obvodu. Pro sledování tloušťkového přírůstku je ideální výška 1,3 m. V této výšce již není letokruh ovlivněn kořenovými náběhy (Cook a Kairiukstis, 1990).

### 3.3.3 Šířka a tvar letokruhů

Tvar a šířka letokruhů se odvíjejí od mnoha faktorů, jako jsou druh a stáří jedince, poloze v kmeni, stanovišti růstu, sociálním postavení v porostu a opatřením při pěstování (Šlezingerová a kol., 2002). Širší letokruhy se vytvářejí v oblasti juvenilního dřeva, se zvyšujícím se věkem pak jejich šířka klesá, toto platí u většiny jedinců (Zobel a Sprague, 1986). Průměrná šířka letokruhu se u našich hospodářských dřevin pohybuje okolo 1 až 5 mm. Jedinci rostoucí za nepříznivých podmínek mají šířku i pod 1 mm, na druhou stranu stromy s velkými korunami rostoucí v optimálních podmínkách dosahují šířky letokruhu i 5 až 10 mm (Šlezingerová a kol., 2002).

Je paradoxní, že stromy rostoucí v ideálních podmínkách vytvářejí širší letokruhy a tím i více dřeva, které je však méně kvalitní (nižší hustota) než dřevo, které vytvoří strom rostoucí v nepříznivých podmínkách. Současně ale strom rostoucí v optimálním prostředí zvětšuje více svůj průřez kmene, což zvyšuje jeho mechanickou stabilitu a odolnost proti deformaci. Je však pravděpodobné, že strom, který má sníženou hustotu, bude náchylný k destabilizaci vlivem zhoršených mechanických vlastností a nehomogenity kmene. Šířka letokruhů se také odvíjí od nadmořské výšky a zeměpisné šířky. Průměrná šířka letokruhů se vrůstající nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou klesá (Šlezingerová, a kol., 2002).

Šířka letokruhů a procentuální podíl jarního a letního dřeva mohou být použity jako přibližný ukazatel fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Platí, že fyzikální a mechanické vlastnosti se zlepšují s vyšším podílem letního dřeva v letokruhu.



U jehličnanů se se stoupající šířkou letokruhů se zvyšuje podíl jarního dřeva, které má podstatně horší vlastnosti než dřevo letní, proto se také hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností zmenšují (Poždaj a kol., 1993).

### **3.4 Dendrochronologie (letokruhov<sup>á</sup> analýza)**

Slovo dendrochronologie je složené z řeckých slov dendron (strom) a chronos (čas) (Fritts, 1976).

#### **3.4.1 Historie Dendrochronologie**

Jako první kdo pochopil vztah mezi šířkou letokruhů a dešťovými srážkami během vegetačního období byl Leonardo da Vinci. Jeho písemné odkazy o pozorování letokruhů pocházejí již z roku 1483 (Stallings, 1937). Dendrochronologii nejvíce ovlivnil astronom Andrew Ellicott Douglass, který byl přesvědčen, že na kolísání šířek letokruhů mají vliv klimatické podmínky minulých let. Jelikož neměl možnost přístupu k meteorologickým záznamům, soudil, že klimatické změny jsou zaznamenány v šířce letokruhu a snažil se na základě této domněnky nalézt důkazy slunečních cyklů. Svoji teorii potvrdil zkoumáním borovice osinaté (*Pinus aristata*) a jejího poddruhu (*Pinus Longaeva*) rostoucí v polopoušti u Arizony ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

#### **3.4.2 Princip Dendrochronologie**

V širším významu dendrochronologie studuje informaci uloženou v letokruhu a snaží se oddělit signál (podstatná informace k řešení daného problému) od šumu (nepodstatná zkreslující informace). V užším významu je to pak metoda datování dřeva založená na měření šířek letokruhů. Pomocí dendrochronologie je možné měřit téměř všechny dřeviny, rostoucí v mírném nebo chladném klimatickém pásmu (Cook a Kairiukstis, 1990). Podmínkou je tedy, aby měřená dřevina vytvářela každý rok jeden letokruh (Rybníček, 2007). Použití stromů z těchto oblastí je vhodné jelikož během vegetačního klidu dochází k přerušení růstu dřeva a vzniku hranice letokruhu (Cook a Kairiukstis, 1990). Stromy, které rostou ve stejných klimatických podmínkách a na stejném území reagují stejně a vytvářejí stejné množství dřeva. V rámci jednoho

porostu je tedy jistá podobnost v šířce letokruhů, hlavně u maximálních a minimálních hodnot (Douglass, 1937). Stromy rostoucí v méně drsných podmínkách, neukazují dost jasně působení jednotlivých faktorů limitujících růst. To se pak projevuje horším odečítáním a dešifrováním hodnot z grafu změny růstu (Rybníček, 2007).

Při zpracovávání změřených vzorků je naším prvním krokem vzájemné porovnání naměřených křivek. Snahou přitom je nalezení takové pozice křivek, kdy spolu výborně korelují, tzn., že jsou současné. Následným zprůměrováním letokruhových křivek získáme průměrnou letokruhovou křivku pro soubor, která zvýrazňuje společné výkyvy související s klimatickými změnami a potlačuje všechny ostatní oscilace (šumy) způsobené jinými výkyvy (Rybníček, 2007).

### **3.4.3 Odběr vzorků**

Aby mohl být měřený vzorek spolehlivě a přesně změřen, musí mít nejméně 20 letokruhů (Rybníček, 2003). Jestliže chceme strom přesně nejen datovat, ale i určit rok smýcení, je klíčové, aby vzorek obsahoval podkorní letokruh. Jedná se o poslední vytvořený letokruh. V případě, že tento letokruh vzorek neobsahuje, lze pouze určit nejstarší rok, po kterém byl strom skácen. Řez stromem vedeme tak, aby byl získán průřez, který je kolmý na směr růstu a obsahuje co největší množství letokruhů, ideálně od jádra až po okraj kmene. Je zapotřebí vybrat takovou část, kde suky ani jiná poškození dřeva nezasahují do letokruhů ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).

#### **3.4.3.1 Odběr vzorků příčným řezem**

Tento způsob umožňuje získání nejlepších vzorků. Je většinou používaný na odběr vzorků z pokácených stromů (destruktivní metoda) Pro datování stačí výřez tlustý 5 cm, který nejlépe obsahuje i podkorní letokruh (Rybníček, 2003).



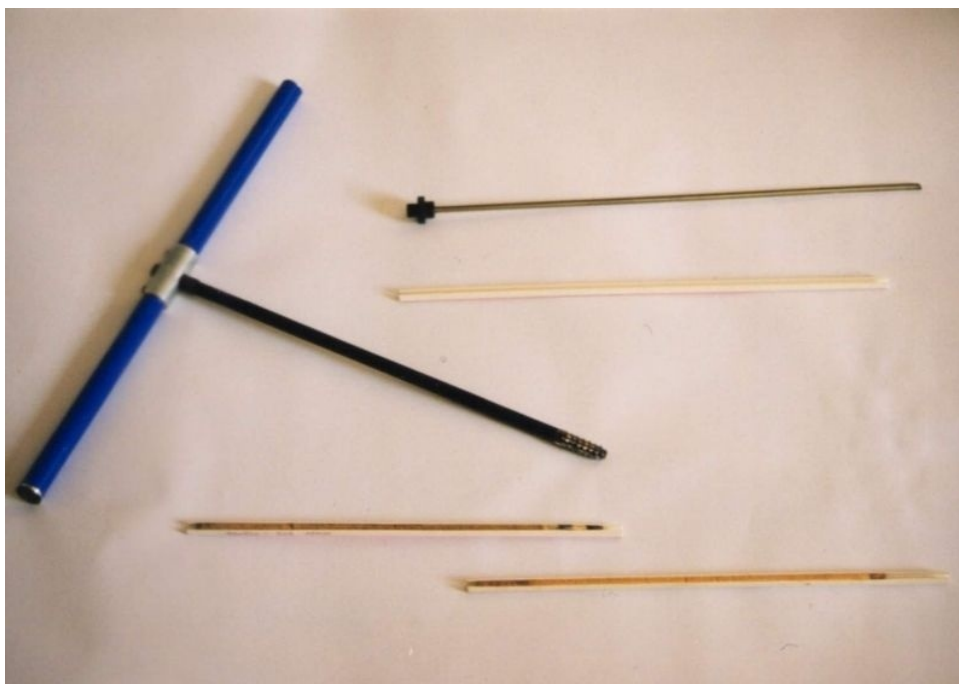
*Obr. 1: Odběr vzorku stromu příčným řezem*

### **3.4.3.2 Odběr vzorků vrtáním**

Tento způsob odběru je nejčastější, vzorky se odebírají pomocí dutých vrtáků. Průměr otvoru je závislý na typu použitého vrtáku od 1 do 2,5 cm, takže poškození trámy stromu není příliš velké a otvor lze poměrně snadno ošetřit tak, že není viditelný. Odběr je možné provést pomocí ručního vrtáku (Presslerův přírůstový nebozez), nebo motorově poháněného vrtáku ([www.dendrochronologie.cz](http://www.dendrochronologie.cz)).



*Obr. 2: Vrtáky do elektrické vrtačky (Zdroj: [http://www.dendrochronologie.cz/images/foto\\_galerie/Pokus\\_vrtaky.jpg](http://www.dendrochronologie.cz/images/foto_galerie/Pokus_vrtaky.jpg))*



Obr. 3: Presslerův přírůstový nebozez (Zdroj: <http://www.archaiabrno.cz/data/images/0006/img0311.jpg>).

### 3.6 Konvenční hustota

Konvenční hustota  $\rho_k$  je rovna podílu hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu  $m_0$  a objemu dřeva zcela nasyceného vodou  $V_w$ . Tato hustota udává, jaké množství suché dřevní hmoty je obsaženo v maximálně nabobtnalém dřevě (Požgaj a kol., 1993).

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

Konvenční hustoty je využíváno pro technologické výpočty v lesním a dřevozpracujícím průmyslu. Lze s ní kupříkladu přepočít zásobu mokrého dřeva (s vlhkostí nad mezí hygroskopicity) udané v objemových jednotkách na hmotnost sušiny a naopak (Horáček, 1998).

#### 3.6.1 Variabilita a rozložení hustoty po výšce kmene

Největší variabilita rozložení hustoty po výšce kmene je zejména u jehličnatých stromů. Hustota se po výšce mění tak, že s rostoucí výškou klesá. To však neplatí vždy, snížení hustoty je příčinou různých faktorů (Požgaj a kol., 1993). Při stejné šířce letokruhu se ve větší výšce kmene nachází v letokruhu menší procentuální zastoupení letního dřeva, než v nižších polohách kmene. Toto se projeví i na hustotě dřeva, která v důsledku této skutečnosti klesá. Hustota dřeva s výškou kmene klesá, existují však

výjimky např. u borovice, smrku, buku a dubu se hustota po výšce téměř nemění, a u olše dokonce s výškou stoupá (Požgaj a kol., 1993).

Strom je možné přirovnat k jednostranně vetknutému nosníku u kterého vlivem působení různých faktorů (hmotnost koruny, vítr, působení sněhu na korunu) vzniká větší napětí na bázi kmene. Výsledkem je vyšší hustota a pevnost dřeva na bázi kmene. Dále mimo mechanických faktorů k vyšší hustotě na bázi kmene přispívají i jádrové látky, které jsou více zastoupené na bázi kmene a mají výrazný podíl na hustotě (Požgaj a kol., 1993).

### **3.6.2 Variabilita a rozložení hustoty po poloměru kmene**

Variabilita hustoty po poloměru kmene je převážně zapříčiněna nepravidelností šířky letokruhů. U většiny jehličnatých dřevin se hustota po poloměru kmene zvětšuje od dřeně směrem k okraji, největší je pak v okrajové části kmene (Požgaj a kol., 1993).

Podíl jarního dřeva se u jehličnatých dřevin zvyšuje se vrůstající šířkou letokruhů, tímto dochází ke snižování konvenční hustoty a tím k poklesu fyzikálních a mechanických vlastností. Čím je letokruh širší, tím obsahuje menší podíl letního dřeva, které tvoří tlustostěnné anatomické elementy (tracheidy). Výsledná hustota je pak poměrem mezi hustotou jarního dřeva ( $315 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a hustotou dřeva letního ( $712 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (Reck, 2002).

Rozdíl hustoty dřeva mladistvého (juvenilního) a dřeva vyzrálého také ovlivňuje variabilitu hustoty po poloměru kmene. Významně je hustota po poloměru ovlivněna i věkem a to proto, že strom během svého života produkuje různé dřevo (juvenilní, zralé, vyzrálé) (Požgaj a kol., 1993). Smrk patří do skupiny jehličnatých dřevin, u kterých hustota stoupá od dřeně směrem k obvodu kmene. Toto je způsobeno úbytkem jarního dřeva v letokruhu. Zatímco jarní dřevo s přibývajícím věkem ubývá, letní dřevo zůstává s přibývajícím věkem téměř stejné. Tímto se poměr jarního a letního dřeva postupně vyrovná (Panshin a Zeeuw, 1980).

### **3.6.3 Metody určení konvenční hustoty**

K určení konvenční hustoty u dřeva je možné použít několik různých typů vzorků. Některé z nich jsou :

### **3.6.3.1 Stanovení konvenční hustoty z vývrtů**

Odběr vzorků se provádí pomocí Presslerova přírůstového nebozezu. Tento způsob je nejlepší při odběru vzorků na plošných pracích. Vzorky mají malý průměr a rozměry a díky tomu se s nimi dobře manipuluje. Stromy nejsou při odběru tolik poškozeny a nemusí se kácet. Touto metodou lze poměrně přesně určit šířku letokruhů z příčného průřezu kmene. (Podle ústního sdělení Ing. Michala Rybníčka PhD. (LDF MENDELU) ze dne 16. ledna 2015)



Obr. 4: Vývrtý (Zdroj: <http://www.lindauer-baudoku.de/images/content/dendrochronologie-02.jpg>)

### **3.6.3.2 Stanovení konvenční hustoty z příčných kotoučů**

Odběr vzorků se provádí pomocí motorové pily. U této metody je výhodou získání vhodných vzorků a z nich kvalitních výsledků konvenční hustoty, které velice dobře reprezentují danou část kmene. Nevýhodou jsou vysoké náklady na pokácení stromu (destruktivní metoda) a následné rozřezání na sekce. Dochází k poškození a znehodnocení dřevní suroviny. Kotouče jsou rozměrné a hůře se s nimi manipuluje (Podle ústního sdělení Ing. Michala Rybníčka PhD. (LDF MENDELU) ze dne 16. ledna 2015).





Obr. 5: Příčný kotouč stromu

### 3.6.3.3 Stanovení konvenční hustoty ze zkušebních vzorků ČSN 49 0108

Tato metoda je dost náročná na přípravu a opracování vzorků, navíc si zachovává všechny nevýhody metody předešlé. Zkušební vzorky a jejich měření konvenční hustoty se častěji používá k měření a určení ostatních fyzikálních a mechanických vlastností (Podle ústního sdělení Ing. Michala Rybníčka PhD. (LDF MENDELU) ze dne 16. ledna 2015).

## **4. METODIKA**

### **4.1 Metodika stanovení variability šířky letokruhu po výšce kmene smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)**

#### **4.1.1 Odběr vzorků**

Odběr a následné zpracování vzorků bylo provedeno dle standardní dendrochronologické metodiky (Cook a Kairiukstis, 1990). Ke skácení stromů a následnému odběru vzorků byla použita motorová pila. Byly odebrány kotouče tloušťky 6 cm v deseti výškách:

Sekce 1 – na pařezu

Sekce 2 – 1,3 m výšky

Sekce 3 – 10 % výšky stromu

Sekce 4 – 25 % výšky stromu

Sekce 5 – 40 % výšky stromu

Sekce 6 – 55 % výšky stromu

Sekce 7 – 70 % výšky stromu

Sekce 8 – těsně pod korunou

Sekce 9 – 85 % výšky stromu

Sekce 10 – 1 m od vrcholu

Po rozřezání stromu byly výřezové kotouče označeny. Pro odběr vzorků byly vybrány úrovňové stromy z hlavního porostu. Růst stromů nebyl nijak ovlivněn zastíněním, vadami anebo zjevným poškozením, které by se mohlo projevit na šířce přírůstu dřeva. Po odběru byly kotouče uloženy, tak aby došlo k jejich přirozenému vysušení.

#### **4.1.2 Příprava vzorků**

Pro přesné měření šířky letokruhů musel být povrch vzorků upraven. Proto byly po vyschnutí vzorky obroušeny za pomoci ruční vrtačky Narex se speciálním



nástavcem. Vzorky byly postupně broušeny brusným papírem hrubosti 80 poté 120 a nakonec papírem o hrubosti 400. Takto obroušené a očištěné vzorky byly připraveny k následnému měření.

#### 4.1.3 Měření šířky letokruhů

K měření bylo použito přímé metody měření za pomoci softwaru PAST 4 (©SCIEM)

##### *PAST 4*

Jedná se o nejjednodušší a nejstarší metodu měření letokruhu, při které bylo použito speciálního měřicího stolu (Obr. 6) s posuvným šroubovým mechanismem a impulsmetrem, zaznamenávajícím interval posunu desky měřicího stolu a tím i šířku letokruhu. Celé zařízení bylo pak připojeno k počítači, roční přírůsty byly zaznamenány a dále zpracovávány v programu PAST 4 (Obr. 7). Šířka letokruhů byla měřena s přesností 0,01 mm.

Při měření bylo postupováno tak, že upravený vzorek byl umístěn na měřicí stůl. Vzorek byl měřen vždy od dřeně (od nejstaršího letokruhu) směrem k obvodu. Měření probíhalo vždy kolmo na následující letokruh. Vzorek byl postupně posouván za pomoci šroubového mechanismu vždy o jeden letokruh a na každé hranici letokruhu došlo k potvrzení a okamžitému zapsání šířky letokruhu za pomoci kliknutí tlačítka (myši). Po doměření a uložení dat bylo možné data zobrazit ve formě letokruhových křivek, které bylo možné dodatečně upravit a také porovnat. Následně byla data převedena do programu Microsoft Excel, kde z nich byly vytvořeny grafy.



Obr. 6: Speciální měřicí stůl s posuvným šroubovým mechanismem a impulsmetrem

#### 4.1.4 Statistické výpočty používané v PAST 4

##### 4.1.4.1 T-testy

T-test je založen na porovnání vzorku se standardní chronologií v překrývajících se částech křivek jako dvou datových řad. Míra podobnosti křivek je spočtena pomocí korelace a její statistická významnost hodnocena pomocí t-testu (Rybniček, 2004).

Transformace Baillie/Pilcher:

$$ybp_i = \ln \left( \frac{5y_i}{y_{i-2} + y_{i-3} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}} \right)$$

Transformace Hollstein:

$$yh_i = \ln \left( \frac{y_i}{y_{i+1}} \right)$$

Transponované a indexované datové řady standardní chronologie a vzorku jsou použity pro výpočet korelačního koeficientu (jsou reprezentovány proměnnými  $si$  a  $ri$  ve vzorci) (PAST 4)

$x, y$ : hranice překrytí křivek

$ri, si$ : hodnoty letokruhů po transformaci

$\bar{r}, \bar{s}$ : průměrné hodnoty transformovaných letokruhových řad

$$c_{coef} = \frac{\sum_{i-x..y} (S_i - \bar{S}) \cdot (r_i - \bar{r})}{\sqrt{\sum_{i-x..y} (S_i - \bar{S})^2 \cdot (r_i - \bar{r})^2}}$$

Konečná hodnota t-testu má pak podobu (Stone, 1963):

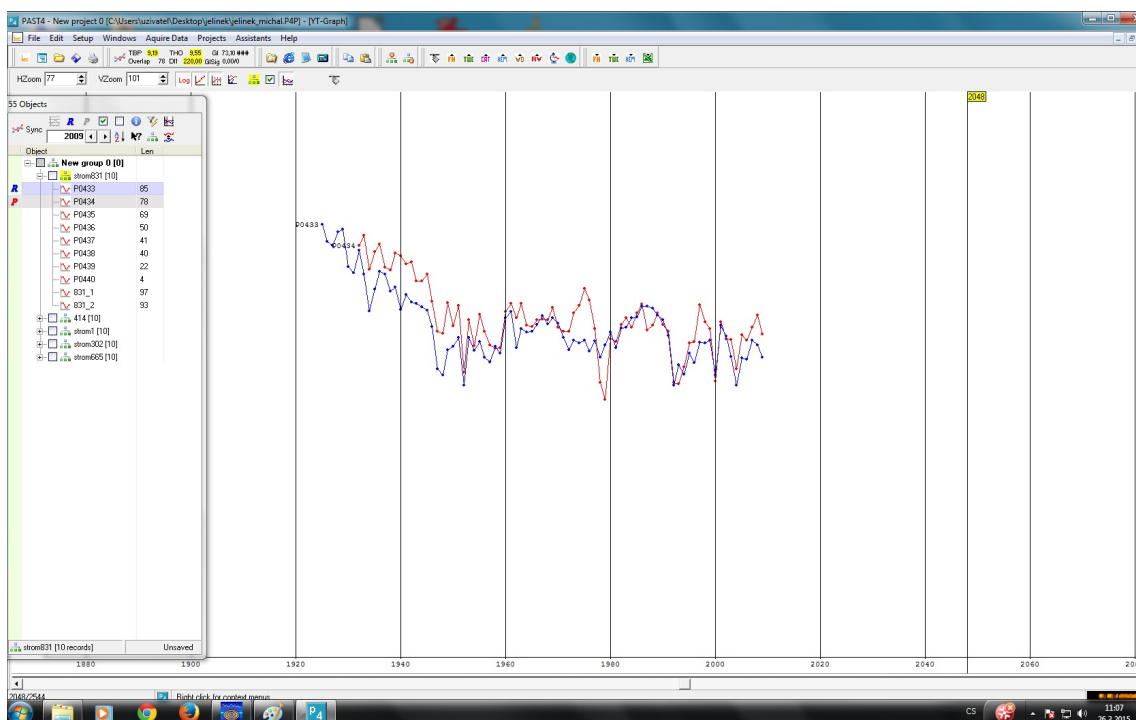
$$tbp, tho = \frac{c_{coef} \sqrt{n-2}}{\sqrt{(1 - c_{coef}^2)}}$$

Při překrytí datové křivky se standardní chronologií šedesáti letokruhy je kritická hodnota Studentova t-rozdělení, při hladině významnosti 0,1 % stanovena na 3,46 (Šmelko, Wolf, 1977). Při hodnotě t-testu nižší než 3,4 je pravděpodobnost pozitivní korelace křivek malá. Hodnoty vyšší než 5 při dostatečném překrytí křivek signalizují s velkou pravděpodobností shodné chronologické zařazení vzorků (Rybniček, 2004).

#### 4.1.4.2 Souběžnost

Představuje procento směrové shody křivky vzorku s křivkou vzorku jiného v překrývající se části obou křivek. Souběžnost se vypočítá tímto způsobem:

- 1) Oběma křivkám jsou přiřazovány hodnoty po jednoletých intervalech. Hodnoty jsou -1 pro klesající trend křivky, 0 pro stagnující trend a +1 pro rostoucí trend křivky.
- 2) Druhým krokem je porovnání digitalizovaných hodnot překrývajících se částí obou křivek a sečtení jednotlivých intervalů se souhlasným trendem křivek.
- 3) Počet souhlasných let ku počtu všech překrývajících se roků udává hodnotu souběžnosti (0 až 100 %). Souběžnost by neměla být nižší než 55 %. Tento test poskytuje rychlou informaci o tom, jestli je hodnota souběžnosti (v intervalu překrytí křivek) statisticky významná, nebo ne (Rybníček, 2004).



Obr. 7: Prostředí programu PAST 4

#### 4.1.5 Stanovení podílu jarního a letního dřeva

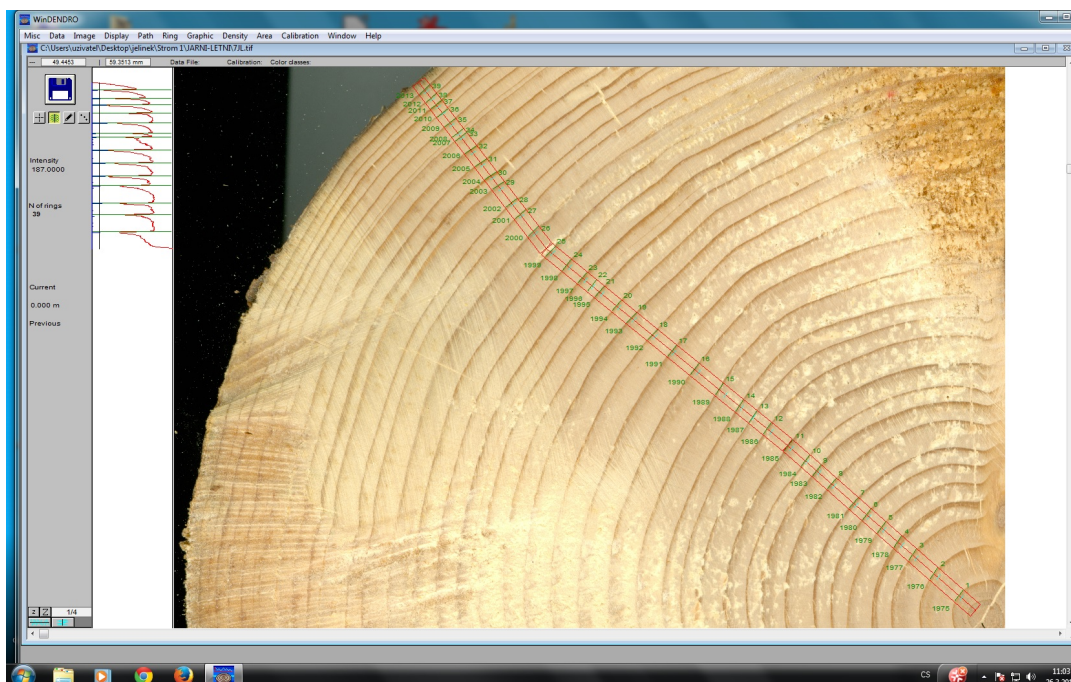
K měření bylo použito nepřímé metody pomocí softwaru WinDENDRO (Regent Instruments Inc.).

##### *WinDENDRO*

U této metody měření bylo použito softwaru WinDENDRO, který byl navržen pro optické skenery. Zprvce byly získány obrazy (skeny) jednotlivých obroušených vzorků za pomoci skeneru, který neměl vyvýšené okraje. Při skenování bylo nastaveno rozlišení 1500 dpi kvůli dostatečné ostrosti skenu.

Následně byly obrázky otevřeny v programu WinDENDRO (Obr. 8), kde byla změřena šířka jarního a letního dřeva.

Naskenovaný vzorek se začal měřit od dřeně (nejstaršího letokruhu), od které byla vynášena referenční přímka kolmá vždy na následující letokruh, která byla ukončena u posledního podkorního letokruhu dvojklikem (myši). Po zobrazení tabulky s údaji o dřevině program automaticky vyhodnotil hranici jarního a letního dřeva podle kontrastu. Po vyhodnocení bylo nutné automaticky určené hranice jarního a letního dřeva upravit pomocí klávesy Shift. Po změření byla data uložena, převedena do programu Microsoft Excel a zpracována do grafů.



Obr. 8: Prostředí programu WinDENDRO

#### 4.1.6 Analýza významných negativních let

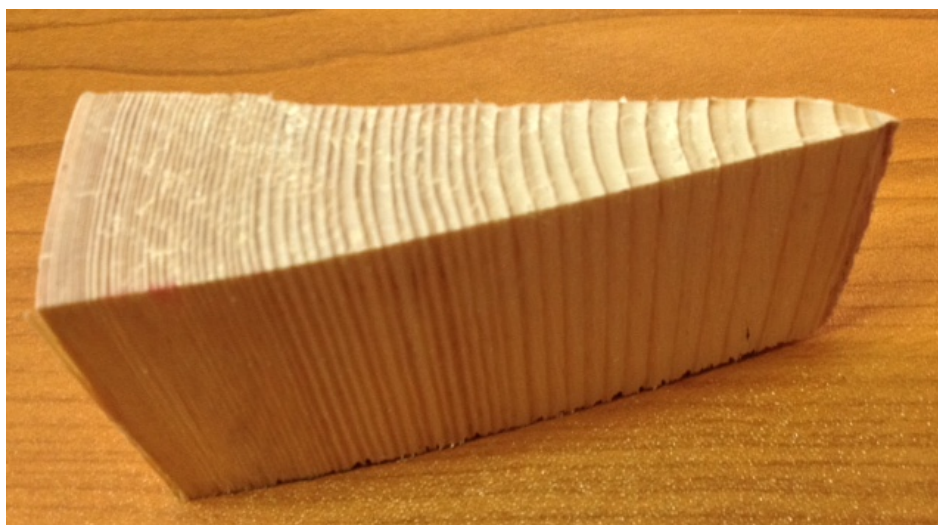
Pro přesnou identifikaci let, kdy došlo k silné redukcí přírůstu byla použita analýza významných negativních let. Negativní významný rok je extrémně úzký letokruh vykazující redukcí růstu překračující 40 % v porovnání s průměrnou šířkou letokruhů za čtyři předcházející roky, redukce přírůstů se projevila minimálně na 20 % stromů z dané lokality (Schweingruber et al. 1990).

## 4.2 Metodika stanovení konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)

### 4.2.1 Příprava vzorků

Pro zjištění konvenční hustoty u dřeva smrku bylo za potřebí z odebraných výřezových kotoučů vymanipulovat pouze reprezentativní část, která vedla od dřeně až k poslednímu podkornímu letokruhu. Výřez byl tedy položen na stůl malé pásové pily a rozříznut radiálním řezem. Řez byl veden tak, aby vznikly dvě poloviny. Jedna polovina výřezu bez dřeně a druhá polovina se dření. Druhá polovina obsahující dřeň byla následně radiálním řezem vedeným přes dřeň rozdělena na poloviny. Z jedné z těchto částí byl následně vyříznut stejným postupem klín o tloušťce asi 1 cm. Vznikl tak klín, který začínal dření a končil posledním podkorním letokruhem (Obr. 9).

Jednotlivé klíny byly označeny a vloženy do nádoby s vodou tak, aby byl celý vzorek pod hladinou. Takto byly ponechány deset dnů, aby dosáhly vlhkosti nad mezí hygroskopicity (Obr. 10).



Obr. 9: Klín začínající dření a končící posledním podkorním letokruhem





*Obr. 10: Jednotlivé vzorky v nádobě s vodou*

#### **4.2.2 Stanovení objemu**

Po vyjmutí z vody byly jednotlivé klíny okamžitě rozděleny na sedm sekcí tak, aby reprezentovaly směrem od dřeně úseky z příčné plochy průřezu kmene. Procento dělení bylo vypočteno pomocí kalkulačtoru (Obr.11).

Sekce 1 – 5 %

Sekce 2 – 5 %

Sekce 3 – 10 %

Sekce 4 – 20 %

Sekce 5 – 20 %

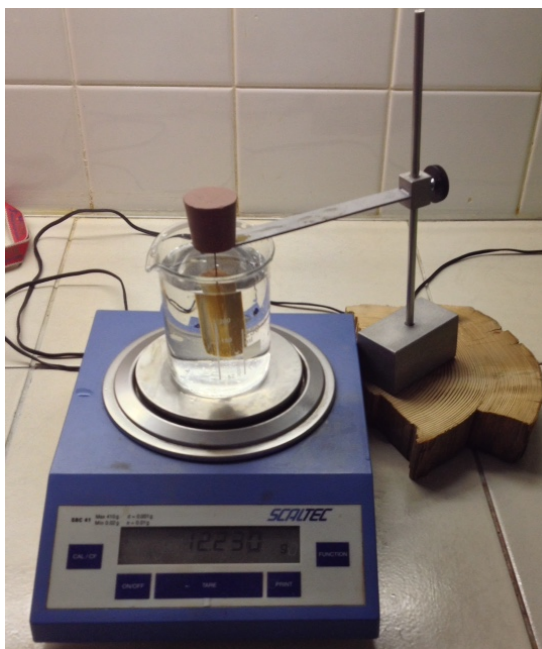
Sekce 6 – 20 %

Sekce 7 – 20 %

Pro stanovení objemu ( $V_{\max}$ ) bylo použito metody podle Olsena (1971). Její princip spočíval v ponoření vzorku do kádinky s destilovanou vodou, umístěné na laboratorní váze Scalet SBC 41 s přesností 0,001g. Objem se zjišťoval vážením, kdy objem vytlačené vody se rovnal objemu ponořeného vývrtnu, jelikož bylo možné říci, že při teplotě 10 °C se 1g vytlačené vody rovnal 1 cm<sup>3</sup> objemu tělesa, šel objem tělesa určovat přímo. Pro správnost a přesnost měření bylo nutné vzorky ponořit do vody za pomoci speciálního zařízení (Obr. 12), skládajícího se z jehly na napíchnutí vzorku a upraveného stojanu.



*Obr. 11: Dělení klínu na 7 sekcí*



*Obr. 12: Stanovení objemu pomocí speciálního stojanu a váhy*

### 4.2.3 Sušení a stanovení hmotnosti vývrtů

Pro výpočet konvenční hustoty bylo nutné zjištění hmotnosti absolutně suchého dřeva  $m_0$ . Za účelem zjištění této veličiny byly jednotlivé sekce vloženy do papírových sáčků, které byly následně označeny a vloženy do sušičky SANYO (Obr. 13) kde byly sušeny při teplotě 103 °C tak dlouho dokud se jejich hmotnost neměnila max. o 1 %. Hmotnost jednotlivých sekcí byla zjištěna na stejných vahách (Obr. 14), které byly použity při určení objemu.



Obr. 13: Jednotlivé sekce v papírových sáčcích v sušičce SANYO



Obr. 14: Vážení vzorku



#### **4.2.4 Výpočet konvenční hustoty**

Konvenční hustota byla pro jednotlivé sekce vypočtena podle vzorce uvedeného v kapitole 3.6. Váženým průměrem konvenčních hustot byla určena konvenční hustota u jednotlivých stromů v jednotlivých částech kmene. Zjištěné výsledky byly statisticky vyhodnoceny a graficky vyjádřeny pomocí krabicových grafů.

## 5. MATERIÁL

### 5.1 Dražanská vrchovina

#### 5.1.1 Lokalizace a popis Dražanské vrchoviny

Dražanská vrchovina leží na rozhraní jižní a střední Moravy, náleží do okresu Blansko (Obr. 15) a má protáhlý tvar. Výchozí část Dražanské vrchoviny patří do vojenského prostoru Březina. Skalky (734,7 m n. m.) na Dražanské vrchovině jsou nejvyšším bodem okresu Blansko.

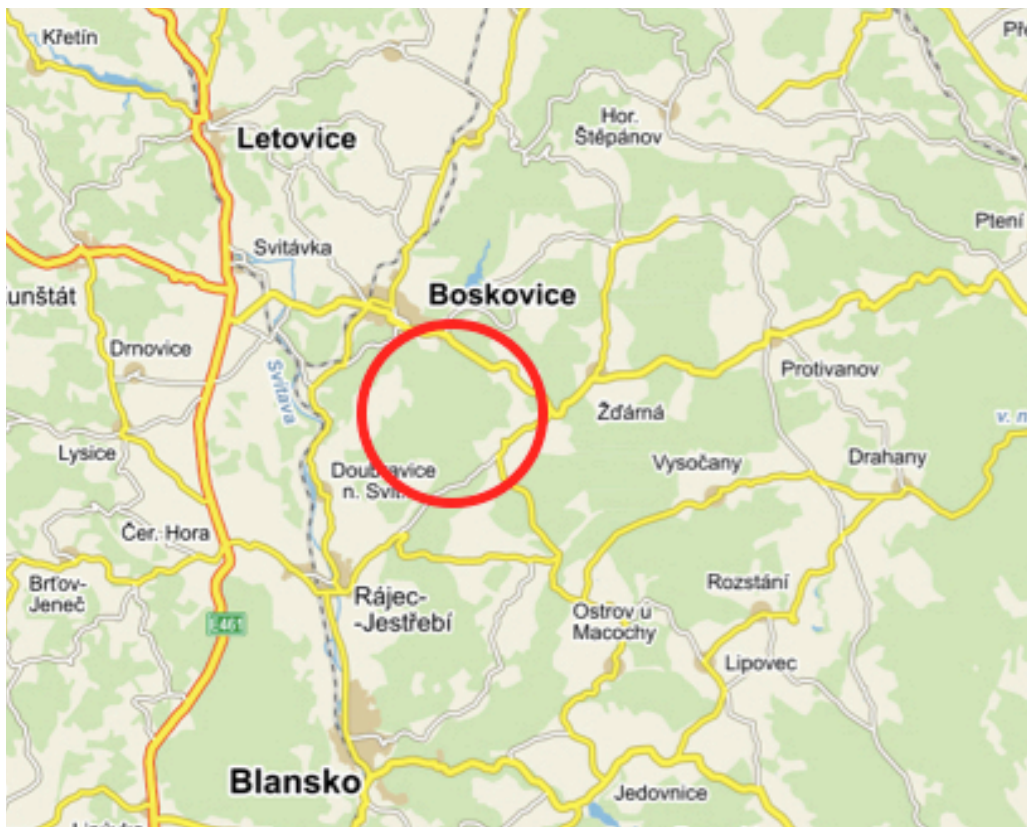
Území Dražanské vrchoviny má vysokou lesnatost (46%). V současné dřevinné skladbě převládá smrk (59%), borovice (15%), buk (8,3%), modřín (6,8%) a jedle (2%) ([www.czso.cz](http://www.czso.cz)).



Obr. 15: Lokalizace Dražanské vrchoviny v rámci ČR (Zdroj: [http://www.hrady-zamky-cr.cz/images/mapa\\_cr.gif](http://www.hrady-zamky-cr.cz/images/mapa_cr.gif))

### 5.1.2 Výzkumná plocha – Smrkový porost (SM)

Výzkumná plocha se nachází ve výzkumném areálu Ústavu ekologie lesa LDF MENDELU v Brně (N49°26'37", E16°41'47") (Obr. 16). Porost se nacházel v nadmořské výšce 600 až 660 m.n.m. V současné době zde stojí 105-letý smrkový porost (*Picea abies* (L.) Karst.) v první generaci po smíšeném porostu smrku, jedle a buku, s průměrnou výškou 31,3 m.



Obr. 16: Mapa zájmového území /vyznačeno červeně/ (Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 5.1.3 Geologické zařazení

Geomorfologicky území Blansko patří k České vysočině. Charakteristickým povrchem jsou především vrchoviny. Do západní části zasahuje Hornosvratecká vrchovina, která patří k Českomoravské vrchovině, východní část okresu patří k Dražanské vrchovině, jejímž jádrem je Moravský kras na devonských a karbonských vápencích. Patří mezi nejzajímavější geomorfologickou a krajinnou jednotku v blanském okrese.

### **5.1.3 Klimatické zařazení**

Téměř celé území okresu Blansko leží v mírné tepelné klimatické oblasti. Nacházela se v ní i zkoumaná lokalita. Území je charakteristické svou průměrnou teplotou vzduchu v červenci 16–17 °C, úhrnem srážek v zimním období 250–300 mm v letních pak 350–450 mm. V severních částech a vyšších nadmořských výškách začíná vegetační období na začátku dubna a trvá průměrně 195–205 dní, na jihu a níže položených oblastech okresu pak začíná vegetační období na konci března (Quitt, 1971).

### **5.1.4 Počet odebraných vzorků**

Na lokalitě byly pokáceny čtyři úrovňové smrky z nichž byly pomocí motorové pily odebrány výřezové kotouče z deseti sekcí po výšce kmene viz. kapitola 4.1.1. Tyto vzorky byly pak dendrochronologicky zpracovány a byla u nich stanovena konvenční hustota dřeva.

## 6. VÝSLEDKY

### 6.1 Výsledky dendrochronologické analýzy

Naměřené letokruhové křivky byly vzájemně synchronizovány v programu PAST 4. Byla zjišťována vzájemná podobnost letokruhových křivek. Při překrytí letokruhových křivek šedesáti letokruhy je kritická hodnota Studentova  $t$ -rozdělení, při 0,1 hladině významnosti 3,46 (Šmelko, Wolf, 1977). Hodnoty dosažených  $t$ -testů měly vyšší hodnotu než 3,46 (Tab. 2, 3, 4, 5), což svědčí o spolehlivosti synchronizace jednotlivých letokruhových křivek. Správnost synchronizace byla potvrzena také vysokými hodnotami souběžnosti a shodou letokruhových křivek ve většině extrémních hodnot (Obr. 17, 18, 19, 20).

Na (Obr. 17, 18, 19, 20) je zobrazen roční přírůst (šířka letokruhů) v závislosti na výšce kmene. Stromy byly rozděleny na sekce viz. kapitola 4.1.1. Je patrné, že čím byly sekce k sobě blíže, tím si byly podobnější, lépe spolu korelovaly a optická shoda křivek byla vyšší. Průměrná šířka letokruhu pro všechny čtyři stromy (Tab. 1) se pohybovala od 1,61 mm (sekce 3) do 2,35 mm (sekce 10).

Tab. 1: Průměrná šířka letokruhu po výšce kmene

Sekce	Průměrná šířka letokruhu [mm]
1	1,98
2	1,67
3	1,61
4	1,65
5	1,79
6	1,99
7	2,12
8	2,12
9	2,22
10	2,35

Tab. 2: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom 1 (hodnoty *t*-testů – levá polovina tabulky, hodnoty souběžnosti – pravá polovina tabulky)

	T – test (Baillie & Plicher) / T – test (Holstein), Souběžnost [%]								
	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	x	78	76	69	68	70	81	65	75
Sekce 2	10/10	x	76	70	68	57	73	68	66
Sekce 3	7/6	8/8	x	63	70	55	78	65	66
Sekce 4	6/6	7/8	8/8	x	85	74	72	67	75
Sekce 5	5/5	7/8	13/13	11/10	x	75	83	74	80
Sekce 6	6/6	6/6	8/7	8/9	11/11	x	71	65	63
Sekce 7	8/7	6/6	7/7	6/6	9/9	9/9	X	74	80
Sekce 8	6/6	5/5	5/5	5/5	6/6	8/7	9/9	x	80
Sekce 9	7/7	5/6	4/5	6/6	6/7	6/6	8/9	9/8	x

Tab. 3: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom 414 (hodnoty *t*-testů – levá polovina tabulky, hodnoty souběžnosti – pravá polovina tabulky)

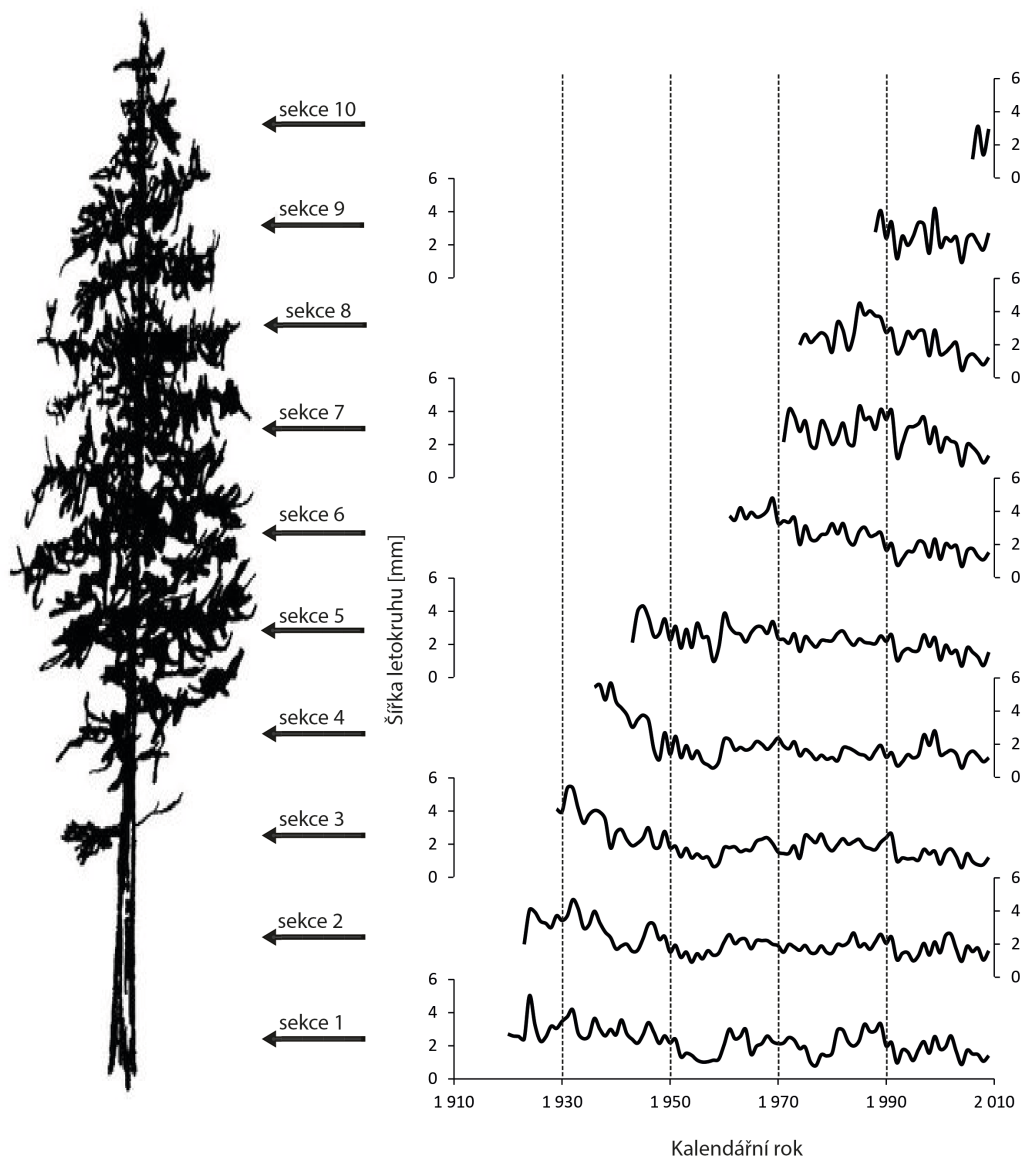
	T – test (Baillie & Plicher) / T – test (Holstein), Souběžnost [%]								
	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	x	73	65	64	60	71	63	69	69
Sekce 2	7/6	x	69	74	73	77	72	72	69
Sekce 3	7/6	7/5	X	68	60	72	66	62	75
Sekce 4	5/6	9/8	8/8	x	79	76	72	76	69
Sekce 5	5/5	8/8	5/5	10/10	x	76	75	76	75
Sekce 6	4/4	7/5	4/5	6/5	6/6	x	82	81	78
Sekce 7	5/4	7/6	6/4	7/6	6/6	8/6	x	83	81
Sekce 8	5/5	7/6	6/5	8/8	7/7	9/8	11/10	x	89
Sekce 9	4/3	3/2	4/4	4/4	4/4	4/3	3/3	6/4	x

Tab. 4: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom 665 (hodnoty *t*-testů – levá polovina tabulky, hodnoty souběžnosti – pravá polovina tabulky)

	T – test (Baillie & Plicher) / T – test (Holstein), Souběžnost [%]								
	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	x	72	62	65	62	54	57	59	61
Sekce 2	8/8/72	x	64	65	67	51	66	64	52
Sekce 3	7/8/62	8/7/64	x	73	75	73	54	65	75
Sekce 4	5/6/65	5/5/65	9/10/73	x	79	65	68	58	75
Sekce 5	6/6/62	8/7/67	9/9/75	10/11/79	x	78	72	74	84
Sekce 6	5/5/54	5/4/51	7/7/73	7/7/65	9/10/78	x	67	71	84
Sekce 7	6/6/57	5/4/66	5/5/54	5/5/68	7/7/72	8/9/67	x	74	71
Sekce 8	5/5/59	6/4/64	6/8/65	5/5/58	8/8/74	9/9/71	8/8/74	x	84
Sekce 9	5/5/61	5/4/52	6/6/75	5/4/75	5/5/84	6/7/84	4/5/71	6/6/84	x

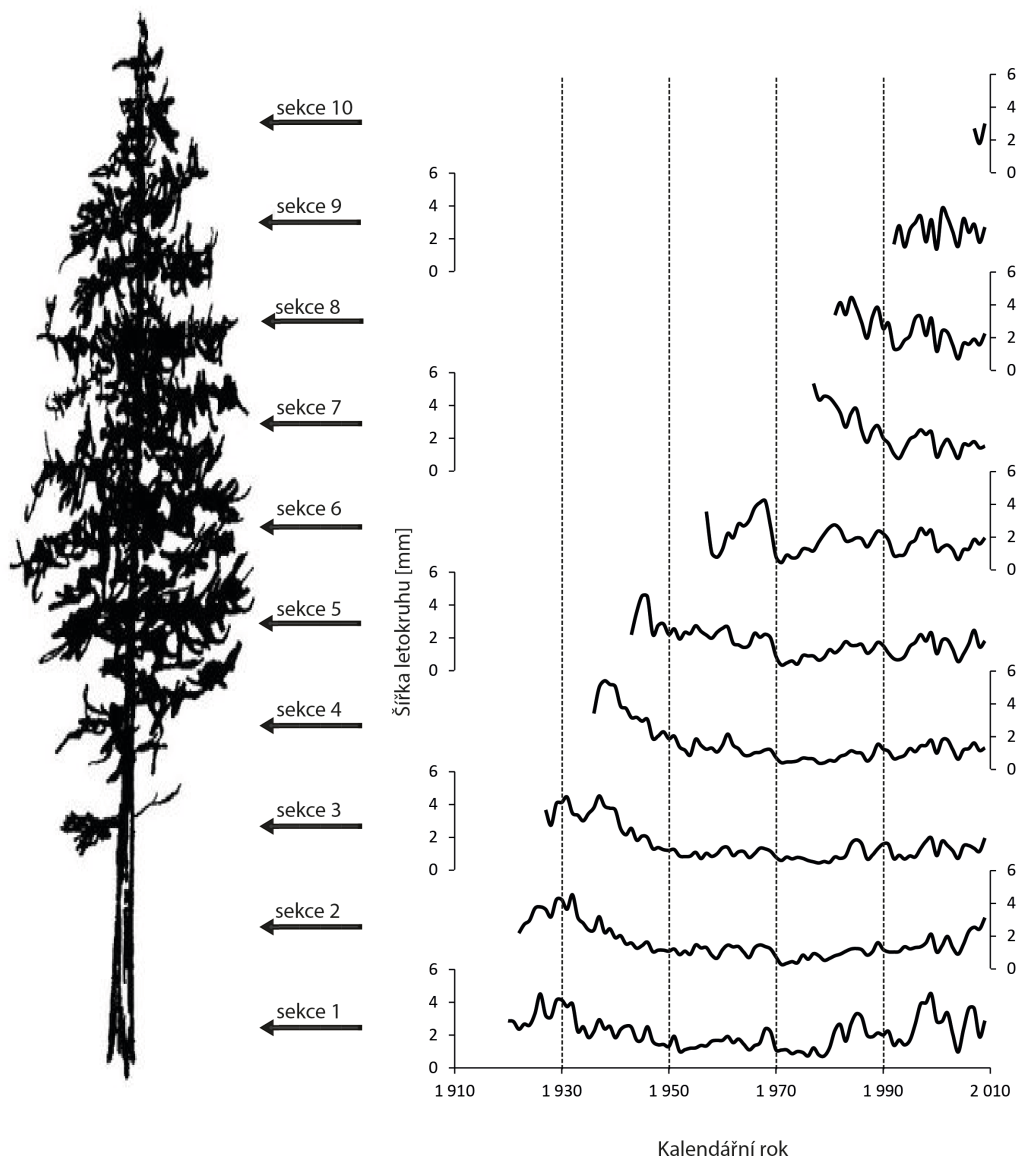
Tab. 5: Hodnoty synchronizace jednotlivých letokruhových křivek strom 831 (hodnoty *t*-testů – levá polovina tabulky, hodnoty souběžnosti – pravá polovina tabulky)

	T – test (Baillie & Plicher) / T – test (Holstein), Souběžnost [%]								
	Sekce 1	Sekce 2	Sekce 3	Sekce 4	Sekce 5	Sekce 6	Sekce 7	Sekce 8	Sekce 9
Sekce 1	x	62	60	58	62	66	61	68	73
Sekce 2	7/7	x	68	64	65	70	57	56	61
Sekce 3	8/6	8/8	x	77	73	69	69	69	73
Sekce 4	6/6	6/7	9/10	x	77	77	70	68	78
Sekce 5	7/7	6/7	7/7	8/9	x	80	70	75	80
Sekce 6	4/5	4/5	4/6	6/8	5/7	x	73	66	73
Sekce 7	5/5	3/4	5/6	8/9	5/6	7/6	x	71	73
Sekce 8	5/5	4/4	7/7	9/8	8/8	6/6	9/9	x	83
Sekce 9	5/5	4/4	4/5	5/6	7/7	5/5	6/7	8/7	x

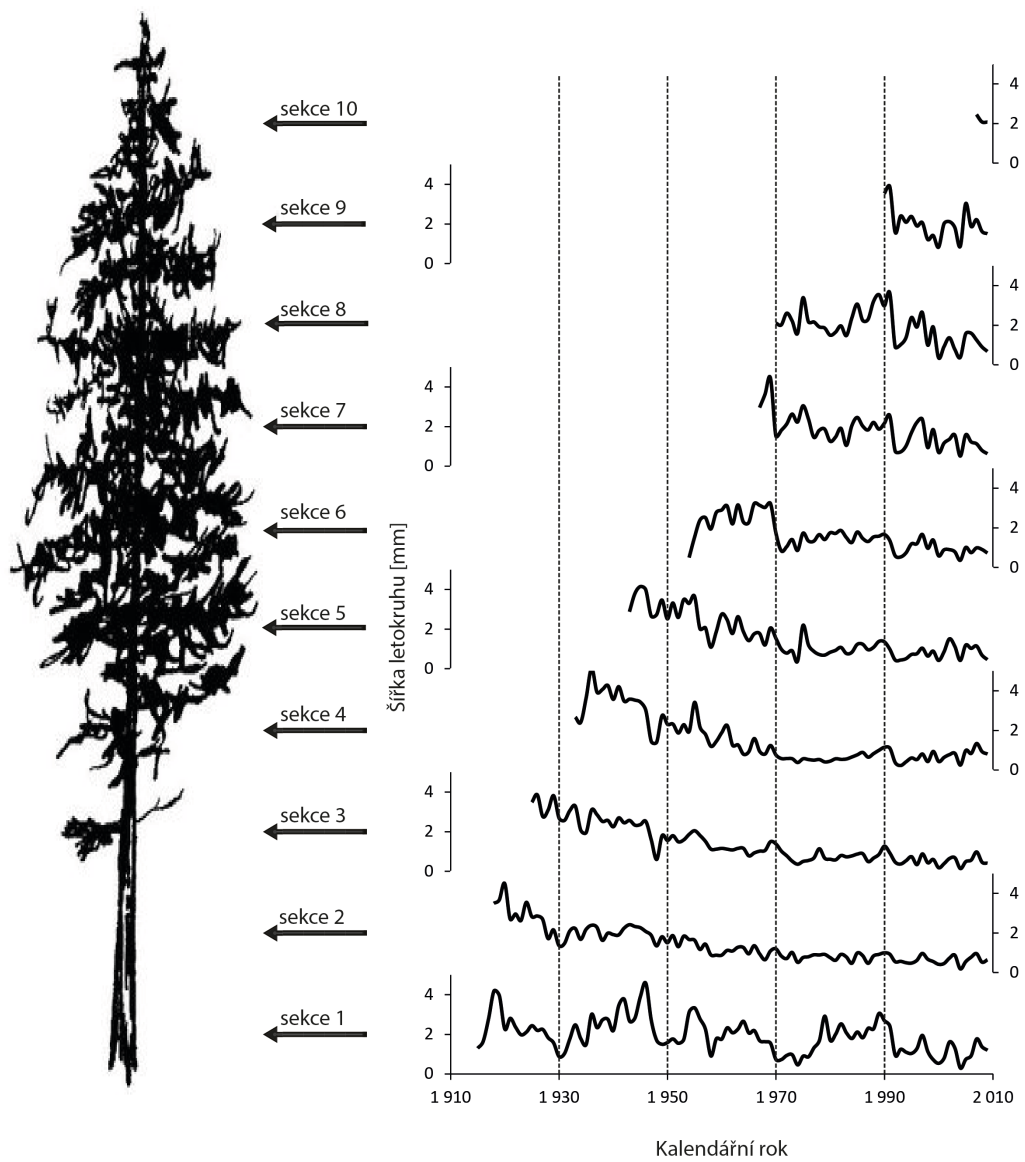


Obr. 17: Synchronizace letokruhových křivek po výšce kmene strom 1

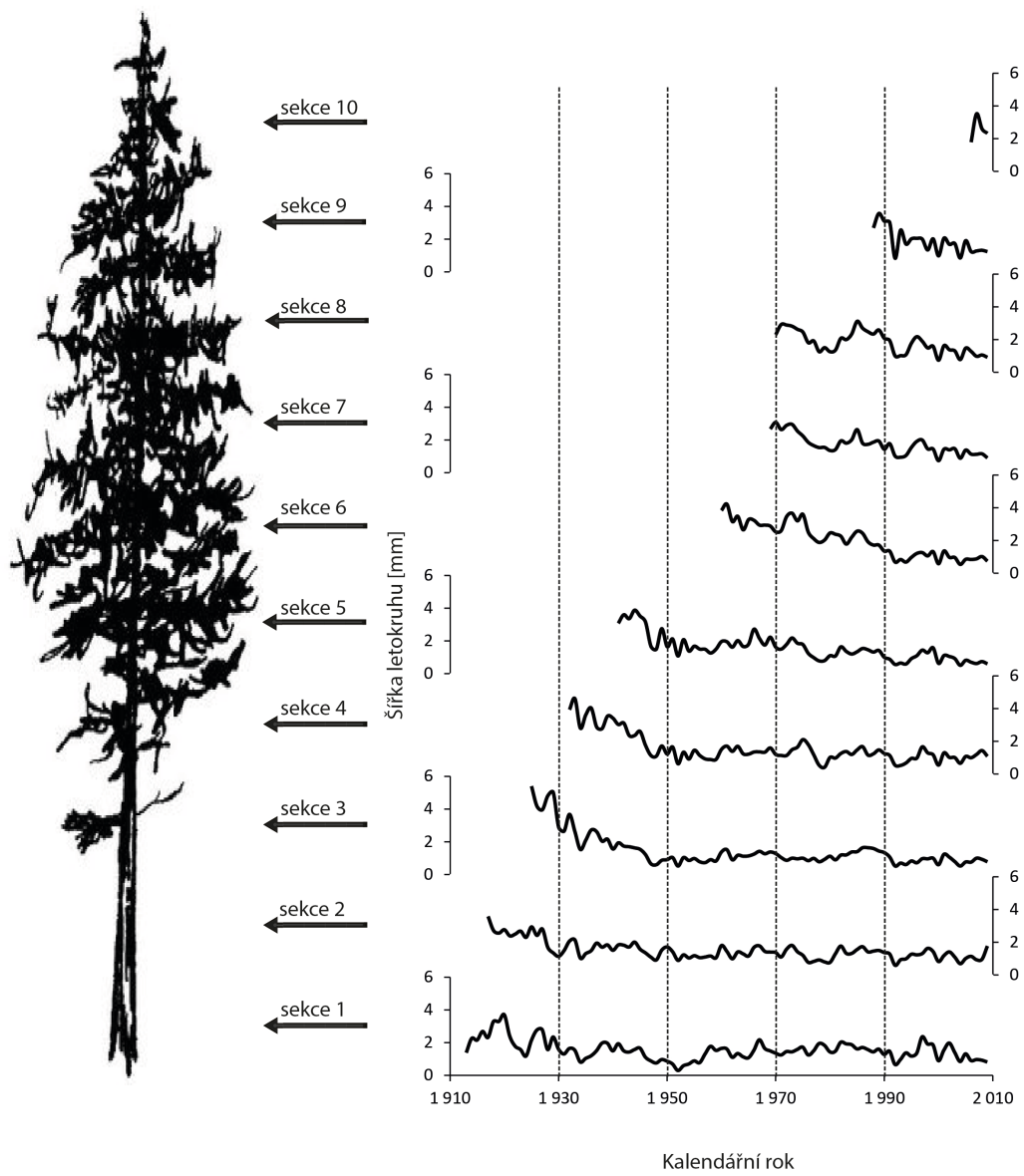




Obr. 18: Synchronizace letokruhových křivek po výšce kmene strom 414



Obr. 19: Synchronizace letokruhových křivek po výšce kmene strom 665



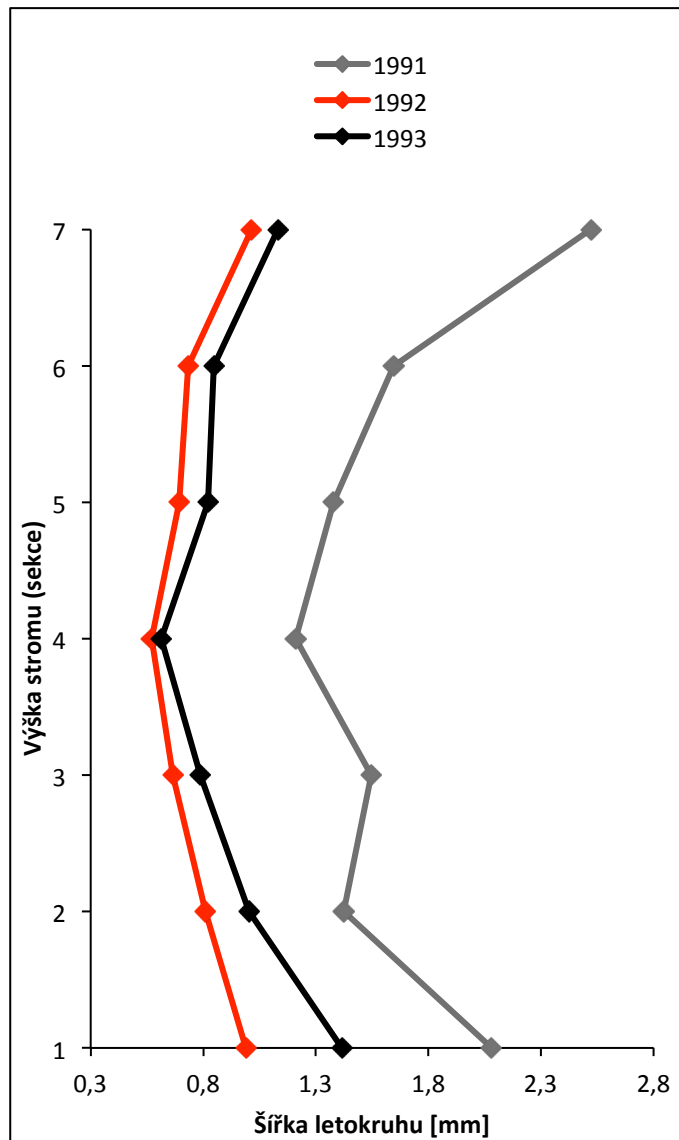
Obr. 20: Synchronizace letokruhových křivek po výšce kmene strom 831

## 6.2 Výsledky analýzy významných negativních let

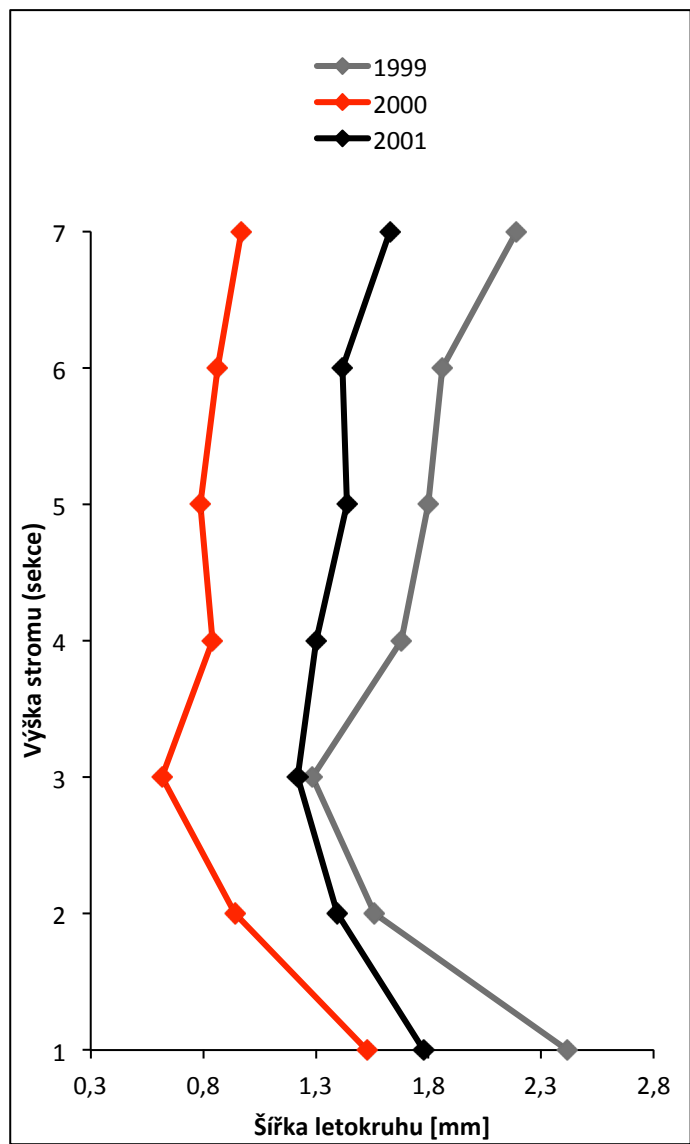
Pro statistické vyhodnocení let s velmi nízkým přírůstem byla provedena analýza významných negativních let. Vyšlo jedenáct negativně významných roků. Nejvýznamnější vyšly tři a to 1992, 2000 a 2004, kdy reagovaly všechny zkoumané stromy. Výsledky této analýzy potvrdily roky s nízkým přírůstkem, které byly patrné i na (Obr. 17, 18, 19, 20). Na základě výsledků této analýzy významných negativních let (Tab. 6) a předchozích obrázků byly vybrány roky 1992, 2000 a 2004, které byly negativně významné pro všechny stromy. Přírůst v těchto letech byl porovnán s přírůstem letokruhů v jednotlivých výškových sekcích v roce předchozím a roce následujícím. Z (Obr. 21 a 22) je patrná silná růstová deprese v roce 1992 a 2000 po celé výšce kmene, která částečně přetrvává i v roce následujícím. Z (Obr. 23) je patrná silná růstová deprese v roce 2004. V následujícím roce se šířka letokruhů vrátila na původní hodnotu jako v roce 2003, a to ve všech částech. Z (Obr. 21, 22, 23) je dále patrné, že pokud pomineme první dvě sekce, které byly ovlivněny kořenovými náběhy, tak se šířka letokruhu po výšce kmene zvyšuje.

Tab. 6.: Analýza významných negativních let

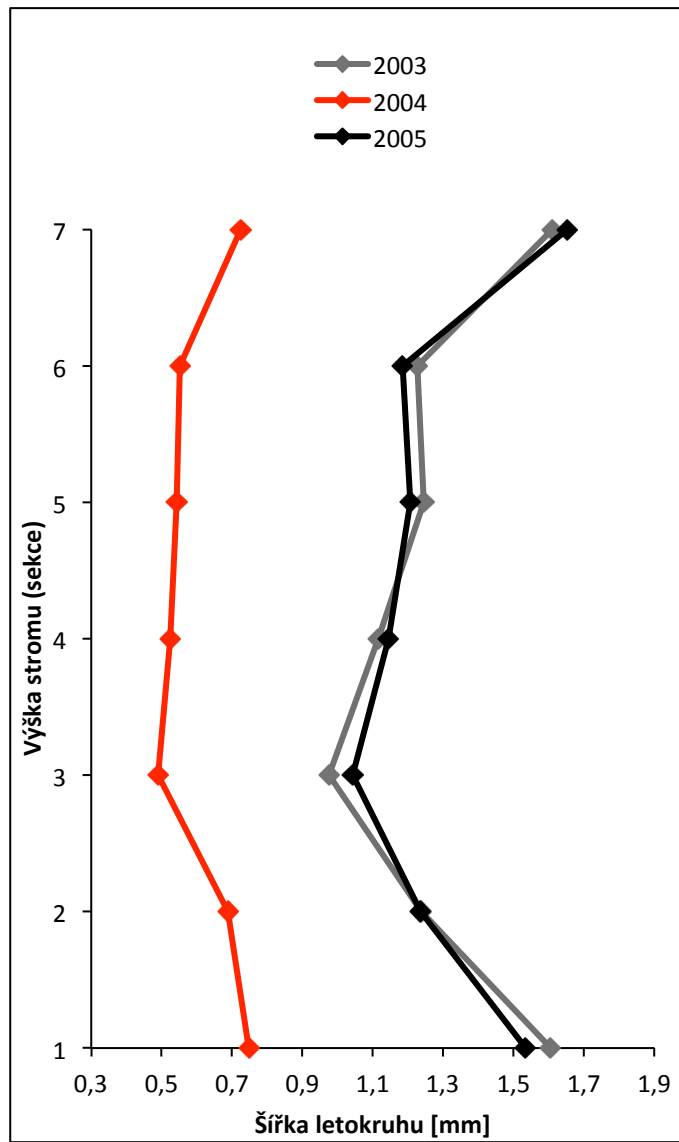
Negativní rok	Počet stromu [%]
1930	50
1934	50
1947	75
1948	75
1952	75
1958	50
1971	50
1992	100
1993	50
2000	100
2004	100



Obr. 21: Porovnání šířky letokruhu po výšce kmene v roce 1991, 1992, 1993



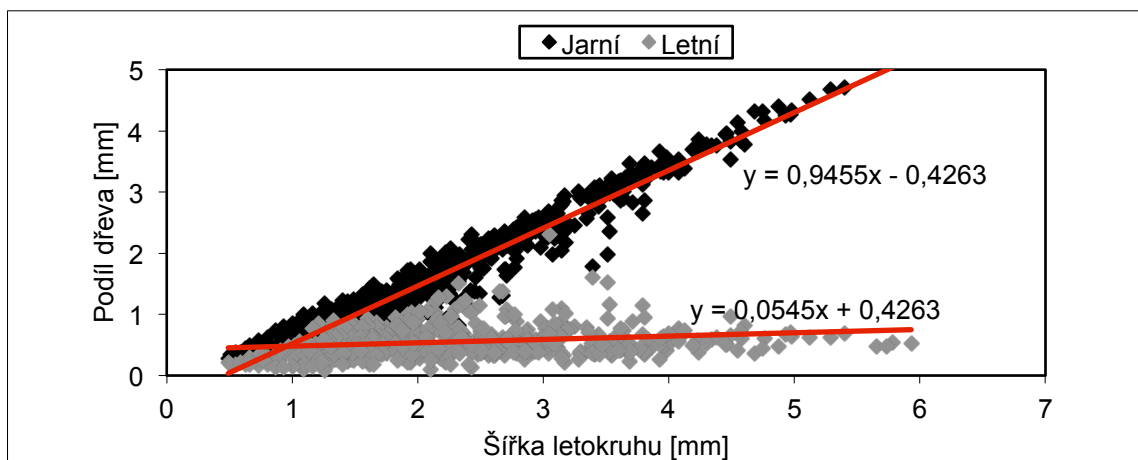
Obr. 22: Porovnání šířky letokruhu po výšce kmene v roce 1999, 2000, 2001



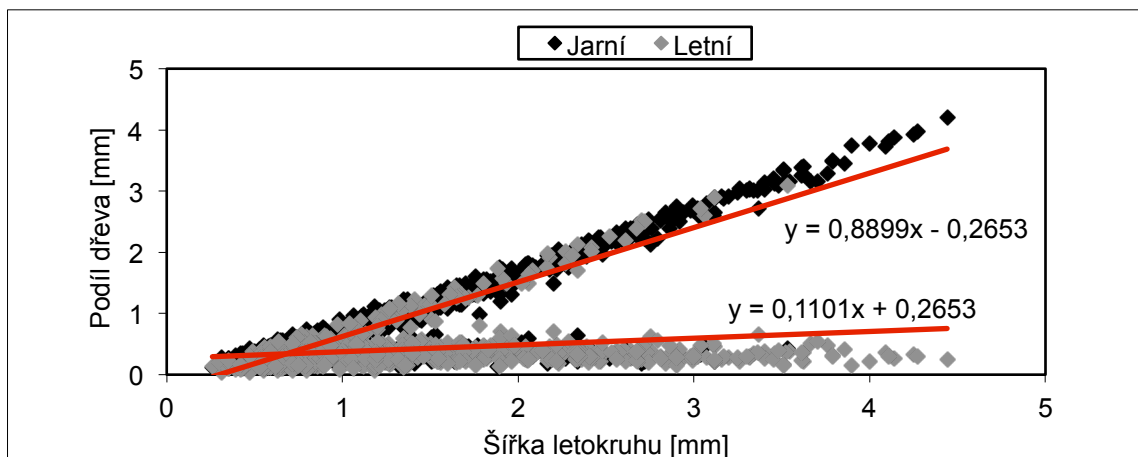
Obr. 23: Porovnání šířky letokruhu po výšce kmene v roce 2003, 2004, 2005

## 6.2 Podíl jarního a letního dřeva

Výsledky ukazují, že v rámci celého stromu se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva a podíl letního dřeva je víceméně konstantní (Obr. 24, 25, 26). Tato analýza byla provedena i pro jednotlivé sekce. Tyto výsledky jsou prezentovány v příloze a z důvodů velkého počtu grafů jsou uvedeny jen pro strom 414 (Příloha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). Byl zjištěn stejný trend a tedy, že i v jednotlivých sekcích platí, že se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl pouze dřeva jarního, kdežto podíl dřeva letního je víceméně konstantní, a to u všech zkoumaných stromů.

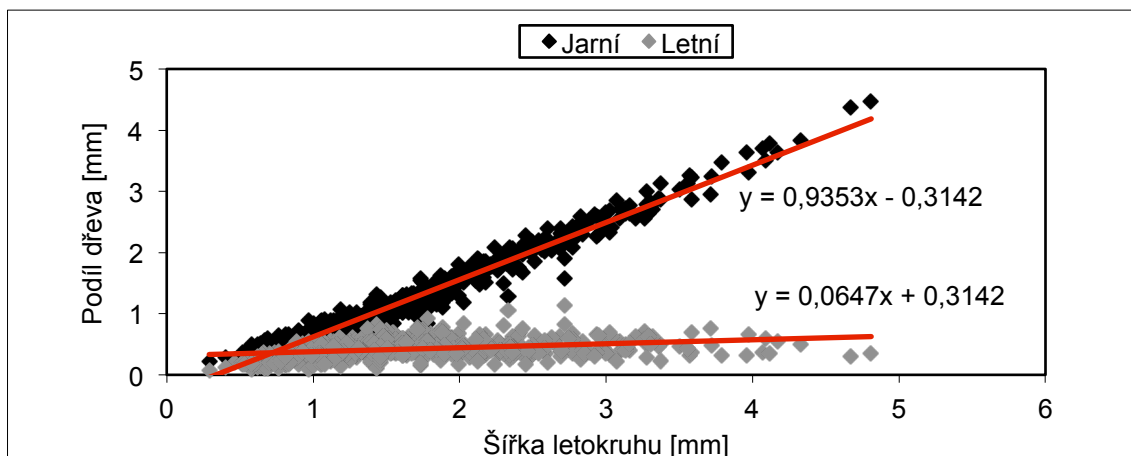


Obr. 24: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 1



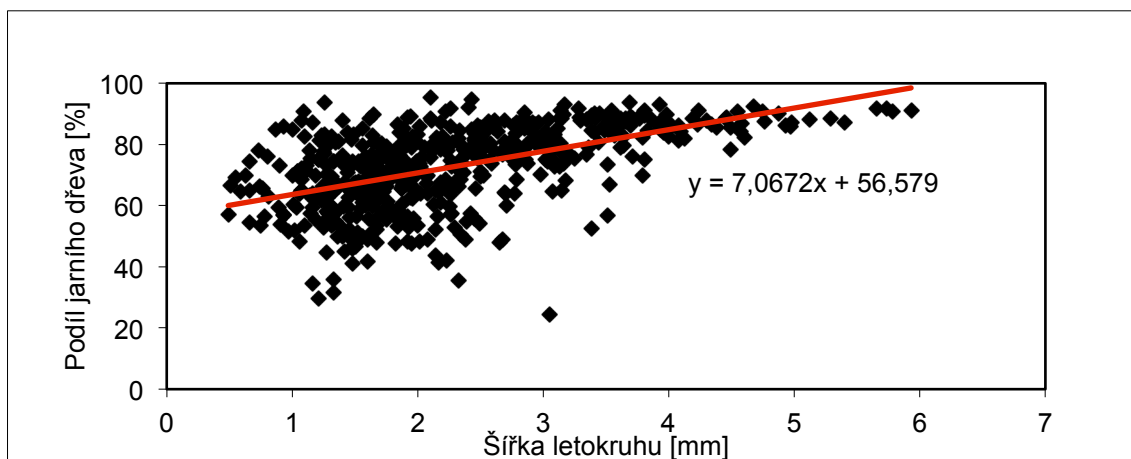
Obr. 25: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 665



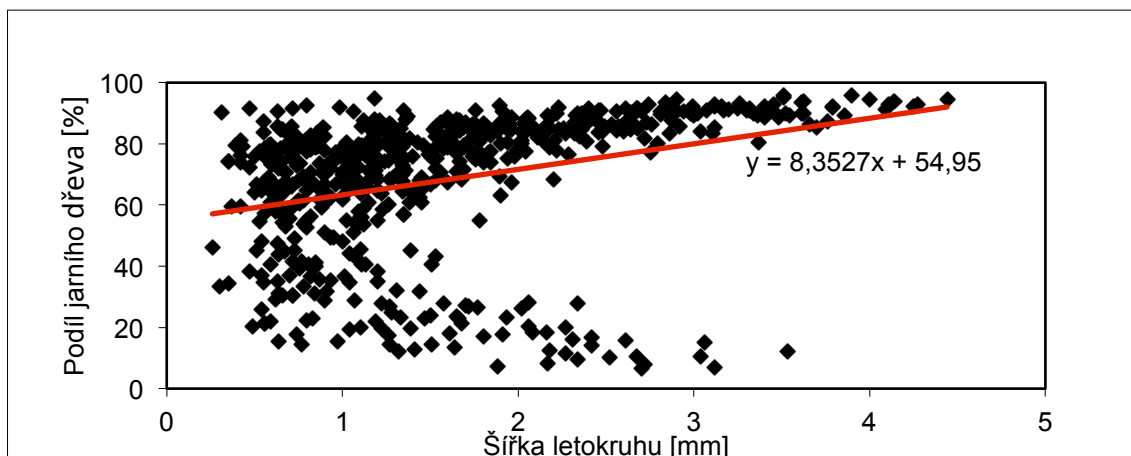


Obr. 26: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 831

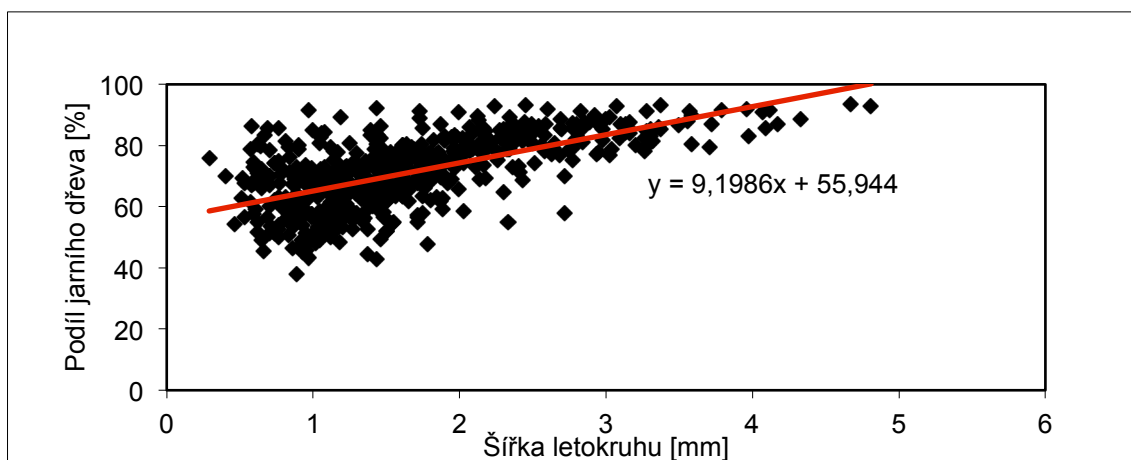
Dále výsledky ukazují, že v rámci celého stromu je procentuální zastoupení jarního dřeva cca od 7,4 do 96,2 % (Obr. 27, 28, 29) Tato analýza byla provedena i pro jednotlivé sekce. Tyto výsledky jsou prezentovány v příloze a z důvodů velkého počtu grafů jsou uvedeny jen pro strom 414 (Příloha 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20). Bylo zjištěno, že v sekci 1 až 4 je procentuální zastoupení jarního dřeva od 31,9 do 91,7 %, v sekci 5 a 6 od 42,6 do 91,9 %, v sekci 7 až 9 od 49,2 do 92,5 % a v sekci 10 od 69,4 do 92,1 %.



Obr. 27: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 1



Obr. 28: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 665

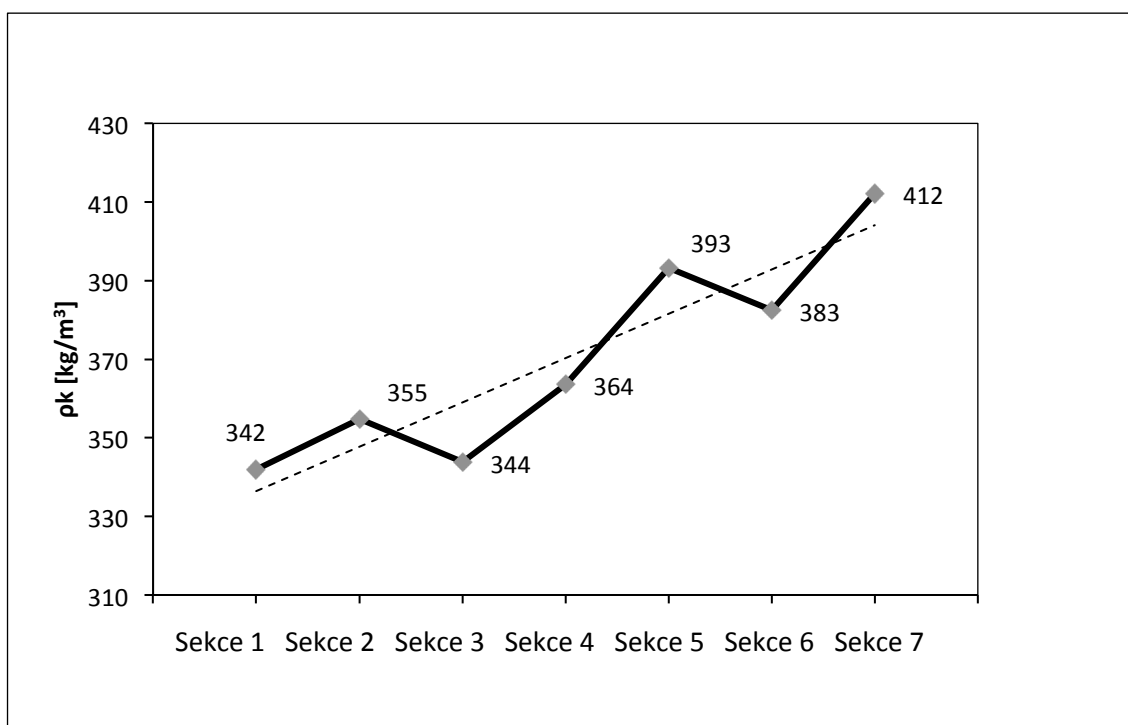


Obr. 29: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 831

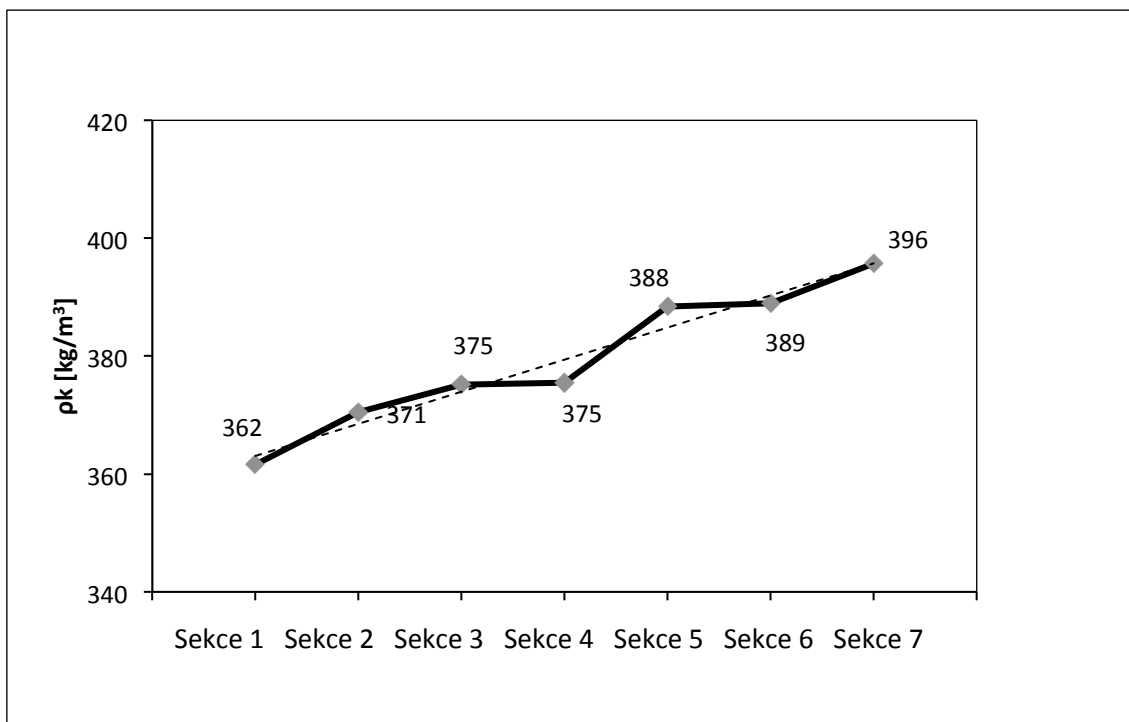
### 6.3 Analýza konvenční hustoty

Konvenční hustota smrku ztepilého byla zjištěna podle metodiky uvedené v kapitole 4.2. Byla zjištěna průměrná konvenční hustota pro jednotlivé stromy. U stromu 1 činila průměrná konvenční hustota  $370,263 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 414 činila průměrná konvenční hustota  $379,398 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 665 činila průměrná konvenční hustota  $385,354 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a u stromu 831 dosáhla průměrná konvenční hustota hodnoty  $371,712 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Celková průměrná konvenční hustota pro všechny stromy byla  $376,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

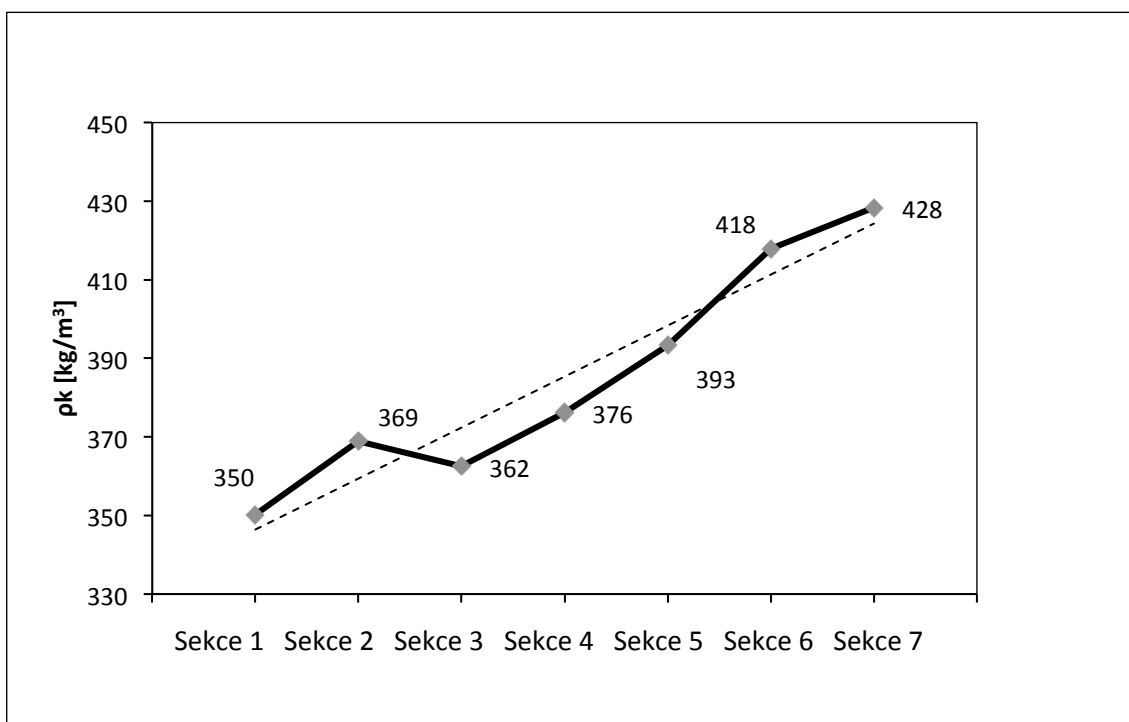
Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene ukazují (Obr. 30, 31, 32, 33, 34). Je zde vidět, že hustota stoupá od dřeně směrem k obvodu kmene. U stromu 1 se pohybuje hodnota konvenční hustoty od  $342$  do  $412 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 414 od  $362$  do  $396 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 665 od  $350$  do  $428 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a u stromu 831 od  $357$  do  $402 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .



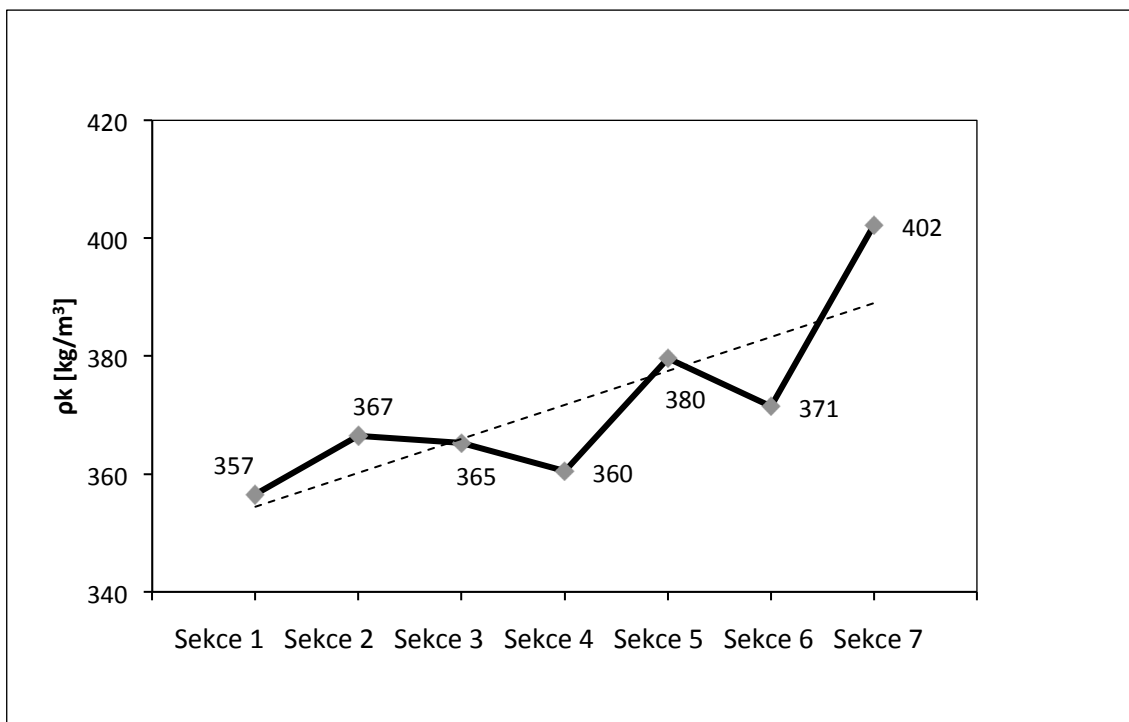
Obr. 30: Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene strom 1



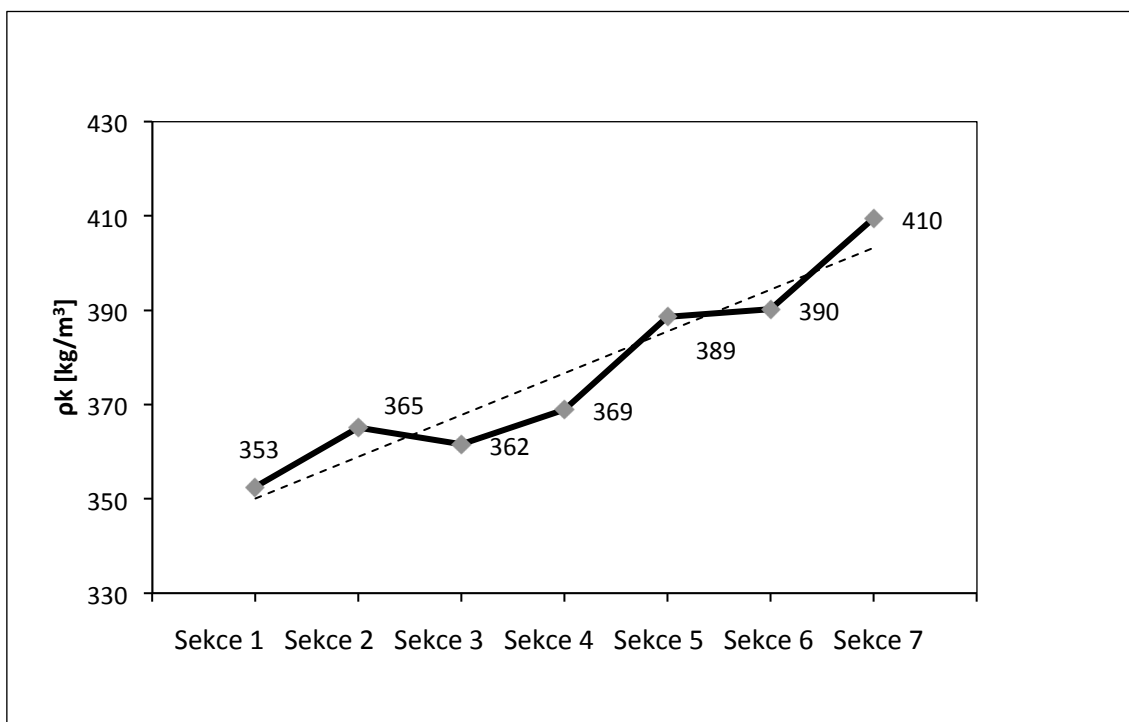
Obr. 31: Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene strom 414



Obr. 32: Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene strom 665

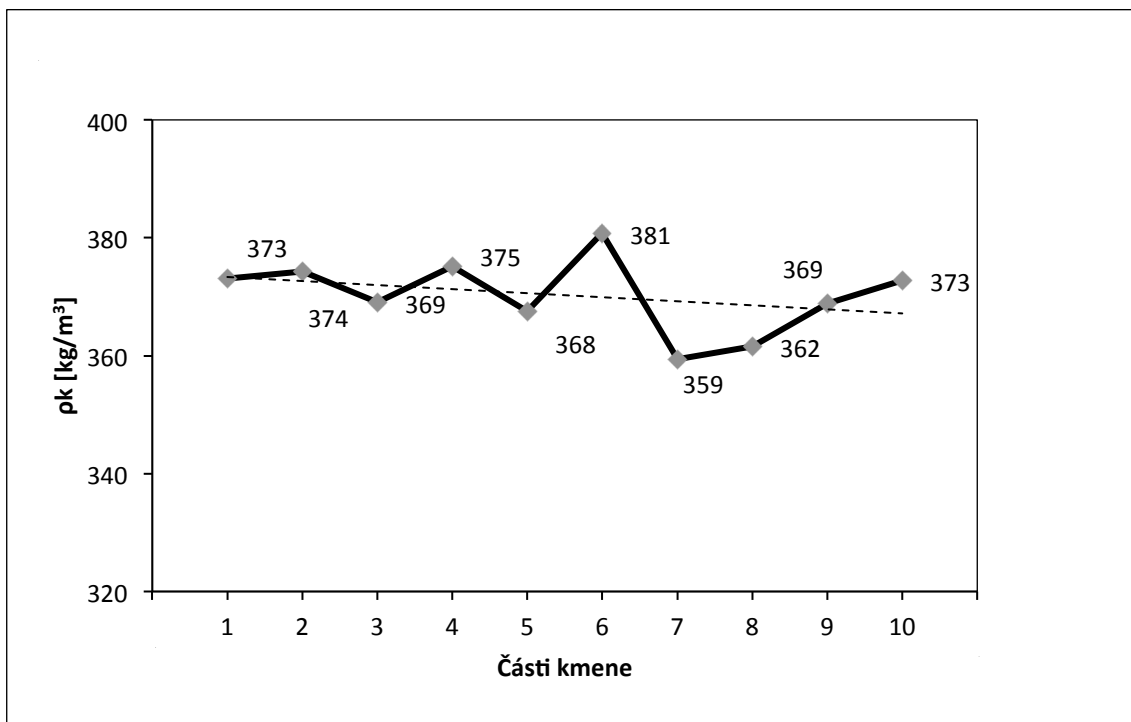


Obr. 33: Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene strom 831

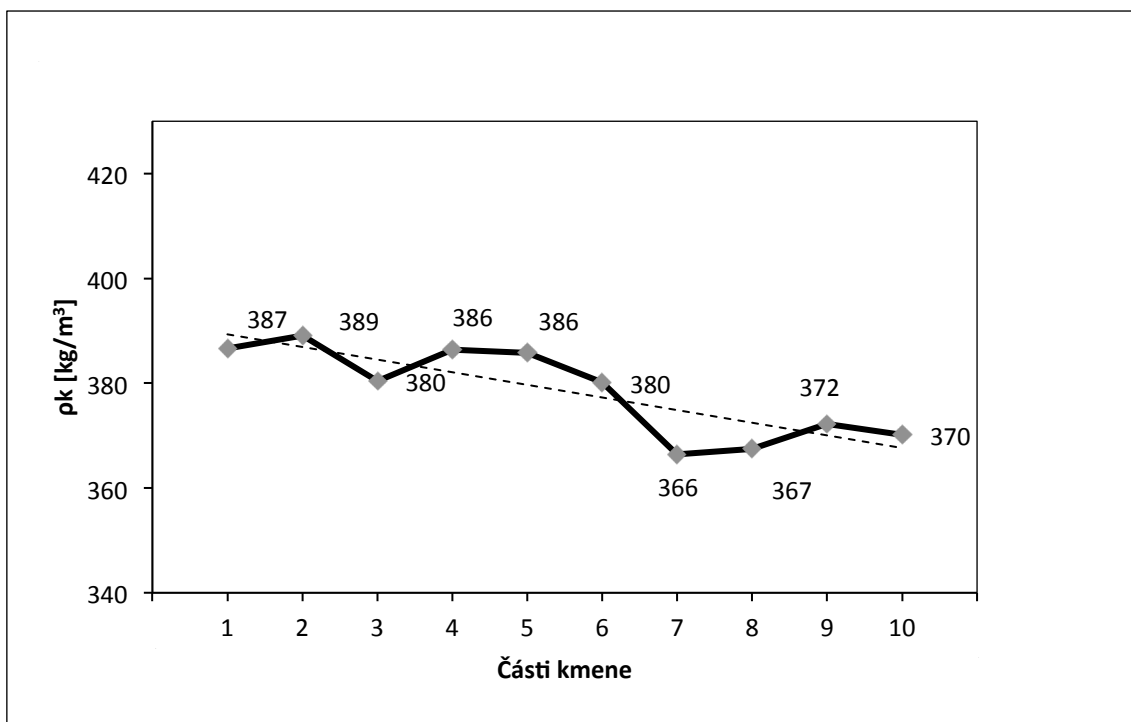


Obr. 34: Rozložení konvenční hustoty po poloměru kmene pro všechny stromy

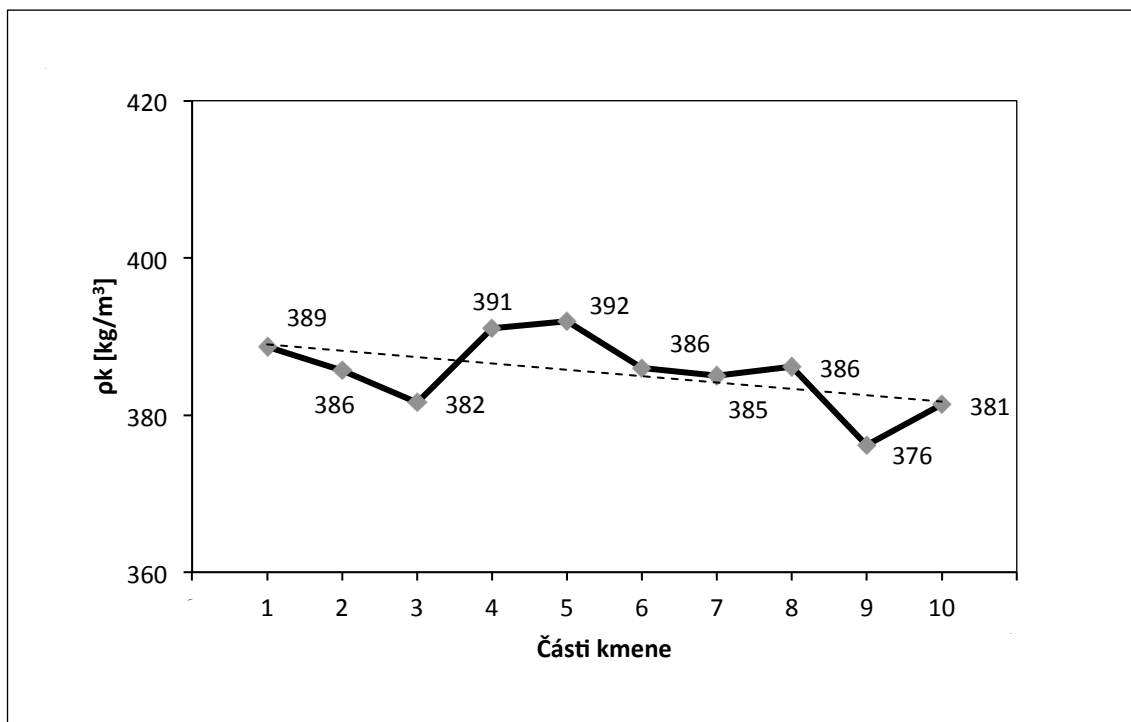
Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene ukazují (Obr. 35, 36, 37, 38, 39). Je zde vidět, že hustota mírně klesá od báze směrem k vrcholu kmene. U stromu 1 se pohybuje hodnota konvenční hustoty okolo  $373 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 414 od 370 do 387  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , u stromu 665 od 365 do 367  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a u stromu 831 od 357 do 402  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .



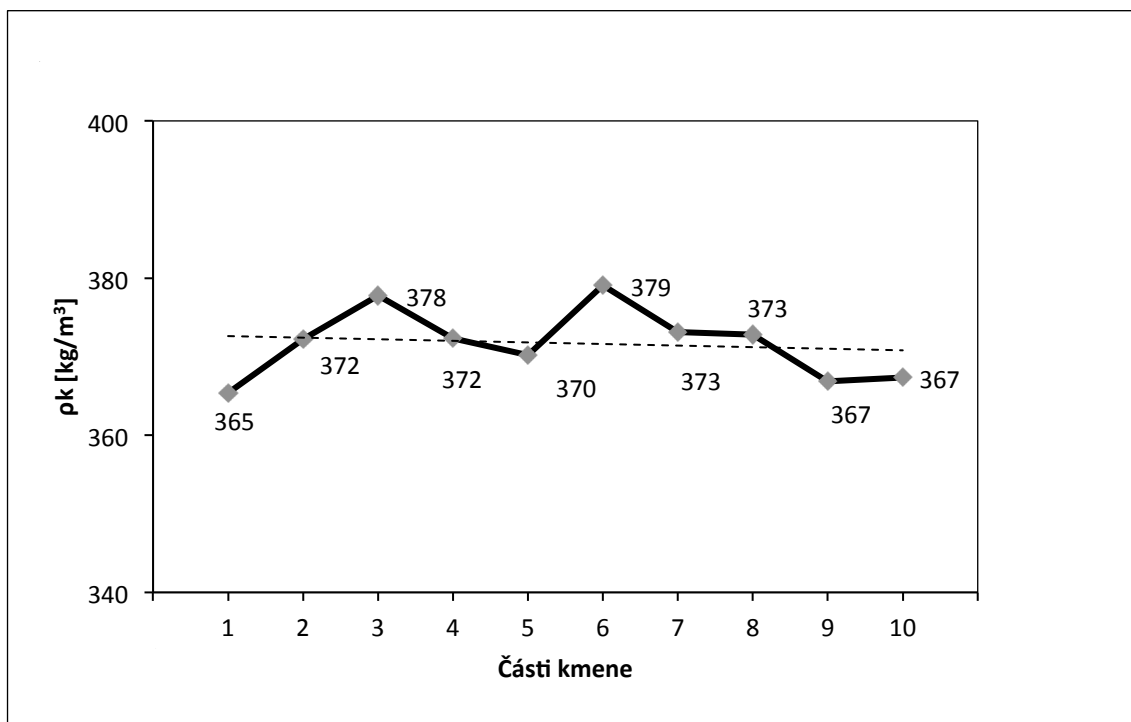
Obr. 35: Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene strom 1



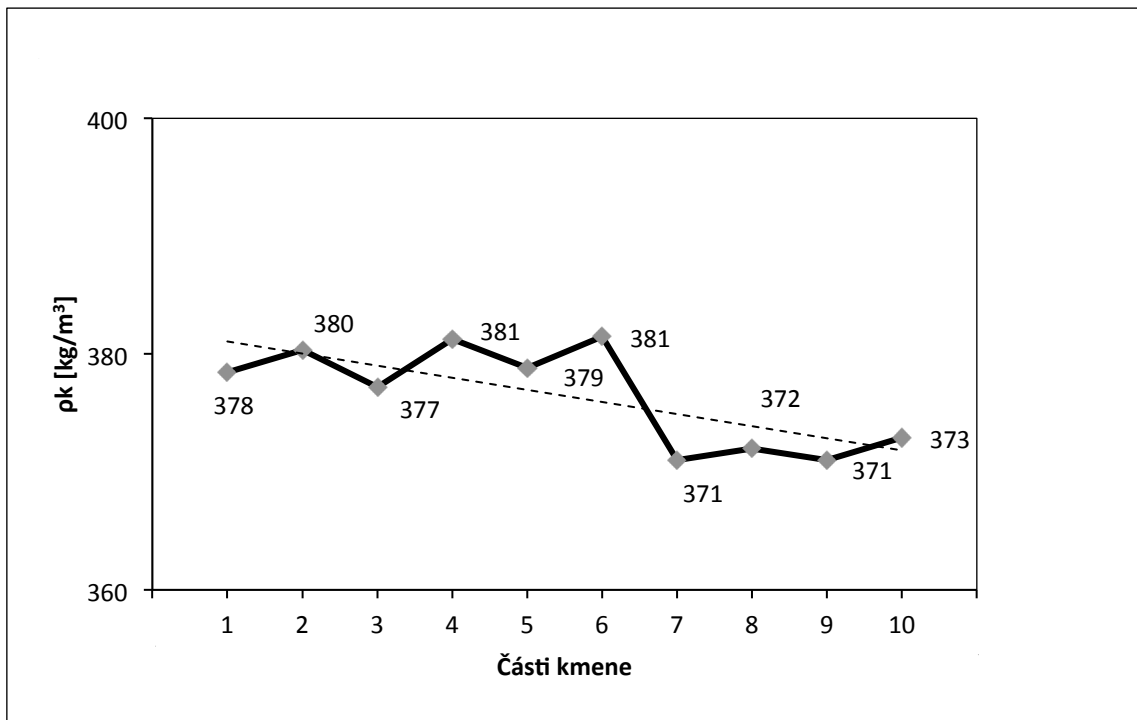
Obr. 36: Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene strom 414



Obr. 37: Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene strom 665



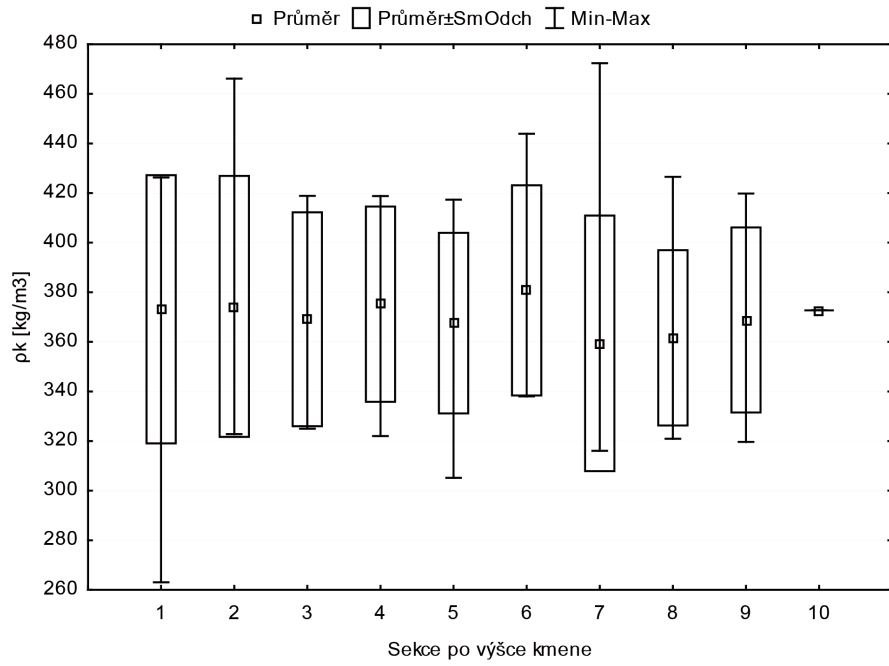
Obr. 38: Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene strom 831



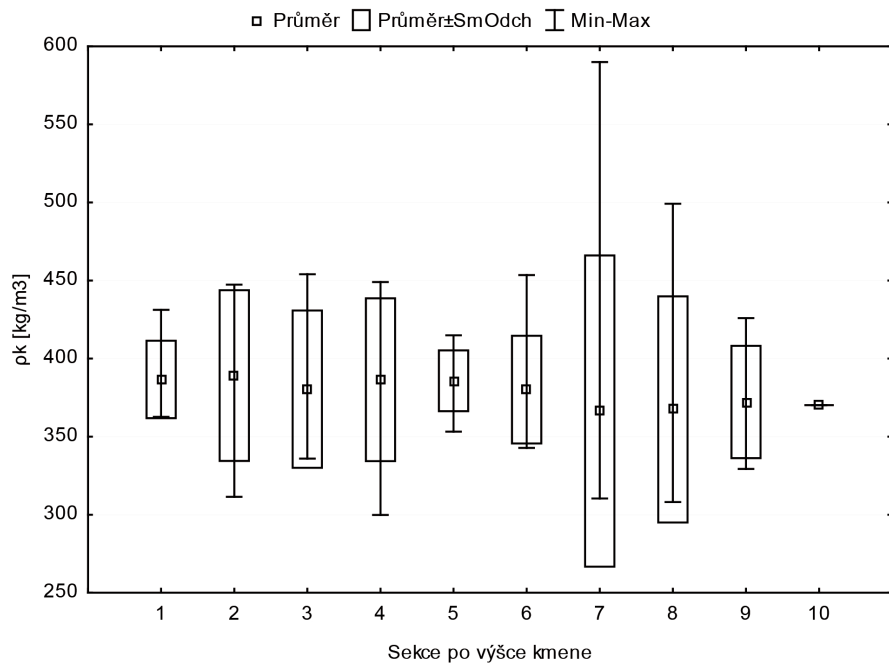
Obr. 39: Rozložení konvenční hustoty po výšce kmene pro všechny stromy

Z (Obr. 40) je vidět, že u stromu 1 byla minimální hodnota konvenční hustoty  $262 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , maximální hodnota  $475 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a průměrná hodnota byla  $370 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z (Obr. 41) je vidět, že u stromu 414 byla minimální hodnota konvenční hustoty  $300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , maximální hodnota  $590 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a průměrná hodnota byla  $378 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z (Obr. 42) je vidět, že u stromu 665 byla minimální hodnota konvenční hustoty  $280 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , maximální hodnota  $490 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a průměrná hodnota byla  $385 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z (Obr. 43) je vidět, že u stromu 831 byla minimální hodnota konvenční hustoty  $268 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , maximální hodnota  $470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a průměrná hodnota byla  $372 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Na (Obr. 44) je vidět, že průměrná hodnota konvenční hustoty u všech stromů se pohybuje v rozmezí od  $370$  do  $385 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

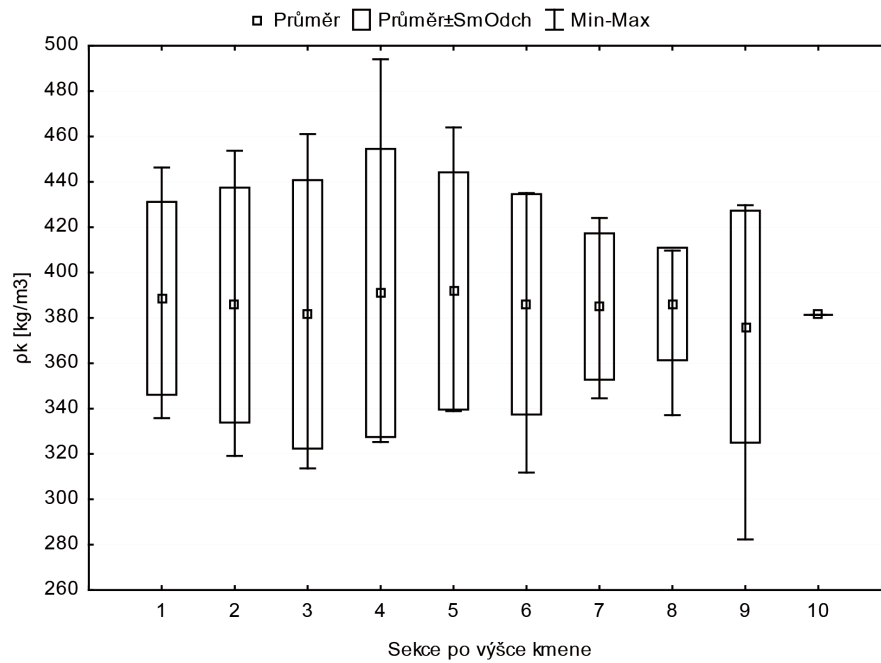




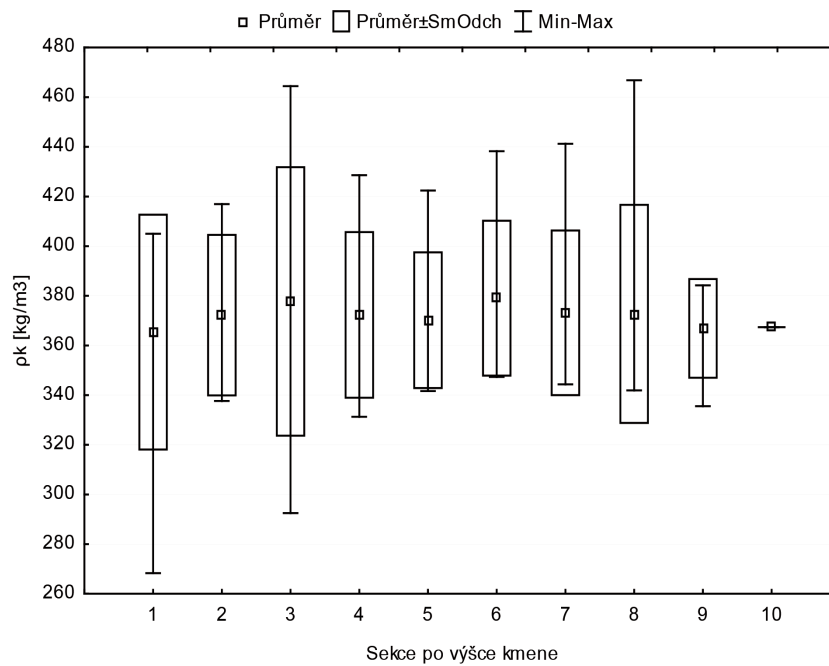
Obr. 40: Krabicový graf hodnot konvenční hustoty pro strom 1



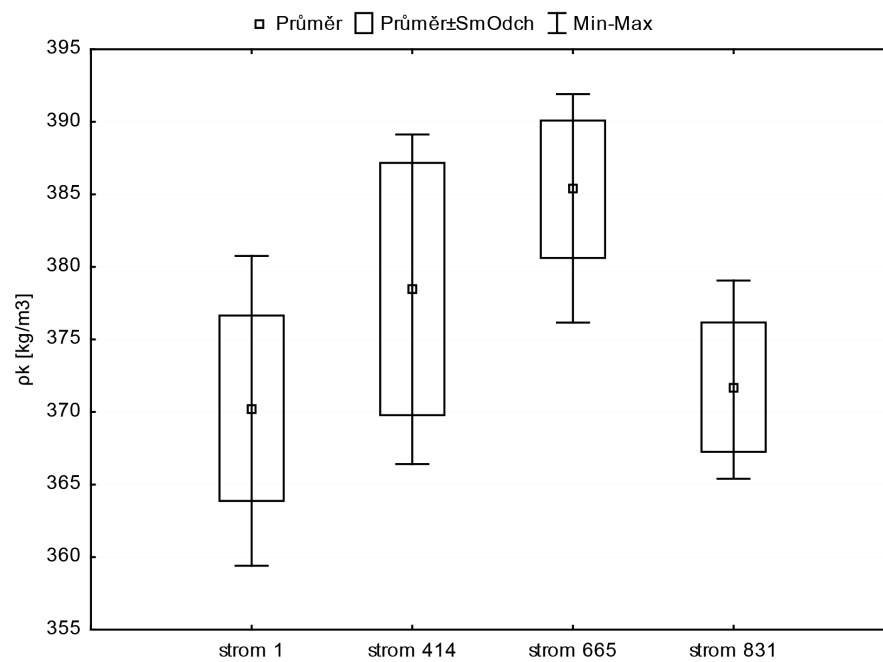
Obr. 41: Krabicový graf hodnot konvenční hustoty pro strom 414



Obr. 42: Krabicový graf hodnot konvenční hustoty pro strom 665



Obr. 43: Krabicový graf hodnot konvenční hustoty pro strom 831



Obr. 44: Krabicový graf průměrných hodnot konvenční hustoty pro všechny stromy

## **7. DISKUZE**

### **7.1 Dendrochronologická analýza**

Z dendrochronologické analýzy je patrné, že nejpodobnější si jsou letokruhové křivky ze sekcí, které jsou blízko sebe a čím více se sekce od sebe vzdalují, tím podobnost jejich letokruhových křivek klesá (Obr. 17, 18, 19, 20). Průměrná šířka letokruhu pro všechny čtyři stromy (Tab. 1) se pohybovala od 1,61 mm (sekce 3) do 2,35 mm (sekce 10). Z toho je patrné, že pomineme-li první dvě sekce, které jsou ovlivněné kořenovými náběhy, tak se šířka letokruhu po výšce kmene zvyšuje. Toto je patrné i z (Obr. 21, 22, 23). Průměrná šířka letokruhu se tedy pohybuje v rozmezí od 1,61 až 2,35 mm. Šlezingerová a kol., 2002 uvádí, že průměrná šířka letokruhu se u našich hospodářských dřevin se pohybuje okolo 1 až 5 mm. Dále je vidět na (Obr. 17, 18, 19, 20) trend, že se zvyšujícím se věkem stromu dochází k pozvolnému snižování šířky letokruhů. Jak uvádí Zobel, Sprague, 1986, širší letokruhy se vytvářejí v oblasti juvenilního dřeva, se zvyšujícím se věkem pak jejich šířka klesá. Stejný trend uvádí i Gandelová a Šlezingerová, 1998.

### **7.2 Analýza významných negativních let**

Na základě výsledků analýzy významných negativních let (Tab. 6) byl přírůst v letech 1992, 2000 a 2004 porovnán vždy s přírůstem letokruhů v jednotlivých výškových sekcích v roce předchozím a roce následujícím. Z (Obr. 21 a 22) je patrná silná růstová deprese v roce 1992 a 2000 po celé výšce kmene, která částečně přetrvává i v roce následujícím. Z (Obr. 23) je patrná silná růstová deprese v roce 2004. V následujícím roce se šířka letokruhů vrátila na původní hodnotu jako v roce 2003, a to ve všech částech.

Analýzou významných negativních let na Dražanské vrchovině se zabývali Rybníček a kol., 2012 a vyšli jim stejné negativní významné roky. Analýza v této studii byla provedena na mnohem větším souboru vzorků, než bylo použito v mém případě, ale stejný výsledek potvrzuje správnost výsledků analýzy, i když byla provedena pouze na čtyřech stromech. Dále jejich práce uvádí jako možnou příčinu extrémně nízké

srážky od ledna do května v roce 1991, extrémně nízké srážky a sucho od dubna do června v roce 2000 a rok 2004 jako rok bez mimořádných klimatických výkyvů. Na silnou redukci přírůstu v tomto roce mělo zřejmě vliv sucho v roce předcházejícím, tedy v roce 2003.

### 7.3 Podíl jarního a letního dřeva

Z výsledků (Obr. 24, 25, 26) a (Příloha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) je patrný trend, že se stoupající šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva, zatímco podíl dřeva letního zůstává konstantní. Šlezingerová a kol., 2002 uvádí, že v případě jehličnanů čím je širší letokruh, tím je více jarního dřeva. Tedy jestliže s věkem klesá šířka letokruhu, tak klesá i podíl jarního dřeva.

Z výsledků (Obr. 27, 28, 29) je patrné procentuální zastoupení jarního dřeva od 7,4 do 96,2 %. Z výsledků pro jednotlivé sekce stromu 414 (Příloha 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) vyplývá, že v sekci 1 až 4 je procentuální zastoupení jarního dřeva od 31,9 % do 91,7 %, v sekci 5 a 6 od 42,6 % do 91,9 %, v sekci 7 až 9 od 49,2 % do 92,5 % a v sekci 10 od 69,4 % do 92,1 %.

Jak uvádí Šlezingerová a kol., 2002, u jehličnanů je v rámci letokruhu větší podíl jarního dřeva než dřeva letního, u listnáčů je tomu naopak. Samozřejmě záleží na šířce letokruhu, u úzkého letokruhu bude více dřeva letního.

### 7.4 Konvenční hustota

Konvenční hustota dřeva smrku ztepilého rostoucího ve 4. vegetačním stupni v oblasti Dražanské vrchoviny se pohybovala od 370,263 kg·m<sup>-3</sup> strom 1 do 385,354 kg·m<sup>-3</sup> strom 665. Celková průměrná konvenční hustota pro všechny stromy vyšla pak 376,682 kg·m<sup>-3</sup>.

Před více než třiceti lety byla ve stejném vegetačním stupni naměřena konvenční hustota dřeva smrku 446,7 kg·m<sup>-3</sup> (Matovič, 1979). Ve zkoumaném porostu byl zjištěn rozdíl oproti výsledkům Matoviče, 1979 v konvenční hustotě 70,018 kg·m<sup>-3</sup>. Na tomto stanovišti je zatím dostatečné množství dostupné vody pro smrk, díky zvyšování teploty a snížení imisní zátěže dochází k větším přírůstkům, a tím tedy většímu podílu jarního

dřeva v letokruhu. Tím tedy dochází k poklesu hustoty. Další výzkum, který se zabýval konvenční hustotou u smrku v Dražanské vrchovině provedla v roce Bočková, 2011 naměřila konvenční hustotu  $366,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Ve zkoumaném porostu byl zjištěn nepatrný rozdíl v konvenční hustotě oproti výsledku  $10,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Bočková, 2011).

Z (Obr. 30, 31, 32, 33, 34) je patrný trend, že konvenční hustota se zvyšuje od dřevě směrem k obvodu kmene. Jak uvádí Gandelová a Šlezingerová, 1998, u stromu dochází od dřevě směrem k obvodu kmene ke snižování šířky letokruhů, a tím dochází k zvyšování podílu letního dřeva s vyšší hustotou.

Z (Obr. 35, 36, 37, 38, 39) je patrný trend, že konvenční hustota po celé výšce kmene mírně klesá. Což je zapříčiněno zvyšující se šířkou letokruhů se stoupající výškou kmene.

## 8. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce měla dva hlavní cíle. V první části provést dendrochronologickou analýzu, zjistit šířku letokruhů, podíl jarního a letního dřeva v závislosti na výšce kmene smrku ztepilého.

Pomocí programu Past 4 a WinDendro byla provedena dendrochronologická analýza a změřena šířka letokruhů. Z výsledků tohoto měření vyplývá, že se zvyšující se výškou kmene stoupá šířka letokruhů. Dále byly pomocí analýzy negativních let zjištěny negativní roky 1992, 2000 a 2004, ve kterých došlo k silné růstové depresi. Dále bylo zjištěno, že se zvyšující se šířkou letokruhu stoupá podíl jarního dřeva, zatímco podíl dřeva letního se nemění. Současně se stoupající šířkou letokruhu stoupá procentuální zastoupení jarního dřeva v letokruhu. Procentuální zastoupení jarního dřeva v letokruhu se pohybuje od 7,4 % do 96,2 %.

Druhou částí bylo provést analýzu konvenční hustoty u dřeva smrku ztepilého. Určit její průměrnou hodnotu pro dané stromy a její rozložení po výšce a poloměru kmene. Průměrná konvenční hustota dřeva smrku rostoucího ve čtvrtém vegetačním stupni byla  $376,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dále bylo zjištěno, že konvenční hustota se zvyšuje od dřeně směrem k obvodu kmene a po výšce kmene mírně klesá.

Výsledky dosažené v této bakalářské práci ukazují, že v jednotlivých částech kmene jsou různě široké letokruhy a tím i hustota dřeva. Hustota dřeva ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a proto je potřeba s tím počítat při návrhu a výrobě dřevěných stavebních konstrukcí. Pro dendrochronologii má dále význam, že klesá podobnost jednotlivých letokruhových křivek v závislosti na stoupající vzdálenosti jednotlivých sekcí kmene od sebe. Toto může způsobit, že některé letokruhové křivky není možné podle dostupných standardních chronologií datovat pokud z nich neodstraníme věkový trend.

## 9 SUMMARY

This bachelor thesis had two objectives. In the first part to make a dendrochronological analyse, figure out tree-rings width, a share of earlywood and latewood in a dependence on a trunk height the norway spruce.

With the programm Past 4 and WinDendro was made the dendrochronological analyse and measured tree-rings width. From results of this measuring emerges that with growing up the trunk height grows tree-rings width. Furthermore was with the analyse of negative years found out negative years 1992, 2000 and 2004 in that it reached to strong growth depression. Next was found that with growing up tree-rings width grows a part of earlywood while the part of latewood is still the same. Currently with growing up the tree-rings width grows the percentage quantity of the earlywood in the tree-ring. The percentage quantity of earlywood in the tree-ring it's about from 7,4 % to 96,2 %.

The second part was to make analyse a basic density of the norway spruce. Intend it's average value for those trees and it's collocation along the trunk height and trunk radius. An average basic density of the spruce wood grown in the fourth vegetative season was  $376,682 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Furthermore was found out that the basic density grows from the medulla towards to trunk circuit and along the trunk height slightly declines.

Results achieved in this bachelor thesis shows that in single parts of the trunk there are variously wide tree-rings and by that the wood density too. Wood density influences physical and mechanical properties of wood and that's why it is necessarily to think about it during projecting and processing wooden constructions. For dendrochronology has also implication that the similarity of single tree-ring curves declines in dependence on growing distance in single trunk sections from each other. This could evocate that some tree-ring curves it is impossible to date according to available standard chronology if we do not get out an age trend.



## 10 SEZNAM LITERATURY

- AAS. G., RIEDLMILLER A. 2005. Kapesní atlas stromů. Slovart, 255 s.
- BALABÁN K. 1995. Nauka o dřevě – anatomie dřeva. SZN Praha, 220 s.
- BOČKOVÁ H. 2011. Vliv klimatu na radiální přírůst a analýza variability konvenční hustoty dřeva smrku ztepilého na vybraných lokalitách Beskyd, Dražanské vrchoviny a Českomoravské vrchoviny. Diplomová práce LDF Brno. 98 s.
- COOK E. R., KAIRIUKSTIS L. A. 1990. Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Science. Kluwer Academic Publisher and International Institute for Applied Systems Analysis. Dordrecht, Boston, London, 394 s.
- ČERMÁK P. 2007. Defoliace a radiální růst, ukazatelé vitality smrku ztepilého. Lesnická práce 11, 15 s.
- DOUGLAS A. E. 1937. Treerings and chronology. Bulletin, University of Arizona 8. Physical Science Series 1, 6 s.
- FRITTS H. C. 1976. Tree ring and climate. Academic Press. London, New York, San Francisco, 567 s.
- GREGOROVÁ B., VAVRDA T., a kol. 2006. Poškození dřevin a jeho příčiny. Praha, Aopk., 361 s.
- HORÁČEK P. 1994. Dynamika radiálního růstu smrku ztepilého (*Picea abies* (L) Karst.) v závislosti na ekologických podmínkách. Disertační práce. Brno: VŠZ, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a typologie, Lesnická a dřevařská fakulta, 144 s.
- HORÁČEK P. 1998. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva 1. Brno MZLU, 124 s.
- HOUSE C. R. 1974. Water Transport in Cells and Tissues. Edward Arnold Publishers Ltd., London 562 s.
- JANOVSKÝ L., CUDLÍN P. 2002. Dopad celkové klimatické změny na zdravotní stav smrkových porostů středohor. Lesnická práce, ročník 81, č.3
- KOLARÍK a kol. 2005. Péče o dřeviny rostoucí mimo les II. Vlašim, 720 s.

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.

PANSHIN A. J., ZEEUW C. 1980. Textbook of Wood Technology: Structure Identification, Properties and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada. New York, McGraw – Hill, 722 s.

PAGAN J. A RANDUŠKA D. 1987. Atlas dřevín 1. Obzor, Bratislava, 357 s.

PENKA M. 1985. Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academia, Praha, 250 s.

POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. 1993. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda, 485 s.

QUITT E. 1971. Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, 73 s.

RECK P. 2002. Das Bauwachstum von kronnen spannung freige wachsenen Fichten (*Picea abies* (L.) Karst) unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnologischen Eigenschaften. Disertation Albert – Ludwings. Universitat Freiburg, 260 s.

RYBNÍČEK M. 2004. Dendrochronological analysis of the roof of the Nanebevzetí Panny Marie and Sv. Ondřeje church in staré Hobzví. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., LII, No. 5, pp, 155-168 s.

RYBNÍČEK M. 2007. Dendrochronologické datování dřevěných částí historických staveb, archeologických vzorků a výrobků ze dřeva – sestavení národní dubové chronologie. Disertační práce. Brno MZLU, 111 s.

RYBNÍČEK M., ČERMÁK P., HADAŠ P., KOLÁŘ T., ŽID T. 2012. Dendrochronological Analysis and Habitual Stress Diagnostic Assessment of Norway Spruce (*Picea abies*) Stands in the Drahany Highlands. Wood Research 57 (2). 189-206. ISBN 1336-4561

SCHWEINGRUBER F.H., ECKSTEIN D., SERRE-BACHET F., BRAKER O.U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event. years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8, 9–38 s.

SCHWEINGRUBER F. H. 1996. *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Bern Stuttgart, Vienna, 609 s.

SLAVÍKOVÁ J. 1986. *Ekologie rostlin*. SPN Praha, 366 s.

STALLINGS W. S. 1937. Some early papers on tree – rings. *Tree – Ring Bull* 3, 28 s.

ŠEBÁNEK J. (ed). 1992. *Plant Physiology. Developments in Crop Science* 21. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokio, 454 s.

ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L. 1998. *Stavba dřeva*. MZLU Brno, 179 s.

ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L., HORÁČEK P. 2002. *Nauka o dřevě*. MZLU Brno, 184 s.

ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L. 2004. *Stavba dřeva cvičení*. MZLU Brno, 187 s.

ŠMELKO Š., WOLF J. 1977. *Štatistické metody v lesnictve . Příroda*, 330 s.

ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P. a kol. 2001. *Dřeviny České republiky*. Matice Lesnická, spol. s. r. o. Písek, 333 s.

ÚRADNÍČEK L. 2003. *Lesnická dendrologie 1. (Gymno spermae)*. MZLU Brno, 102 s.

WAGENFÜHR R. 2002. *Anatomie des Holzes: Strukturanalytik– Identifizierung, Nomenklatur – Mikrotechnologie*. Weinbrenner, DRW – Verlag, 188 s .

WHITEHEAD D. 1998. Regulation of stomatal conductance and transpiration in forest canopies. *Tree Physiol*

ZOBEL B. J., SPRAGUE J. R. 1986. *Juvenile Wood in Forest Trees*. Springer Verlag, Berlin, 705 s.

<http://dendrochronologie.cz/historie>

<http://dendrochronologie.cz/odber>

<http://dendrochronologie.cz/metodika>

[http://dendrochronologie.cz/foto\\_galerie](http://dendrochronologie.cz/foto_galerie)

<http://www.archaiabrno.cz/data/images/0006/img0311.jpg>).

<http://www.lindauer-baudoku.de/images/content/dendrochronologie-02.jpg>

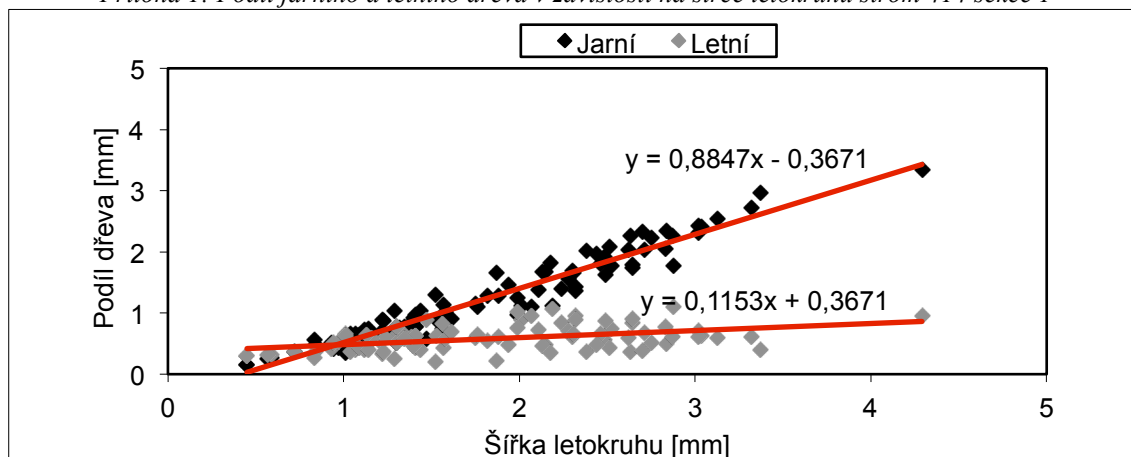
[www.czso.cz](http://www.czso.cz)

<http://www.mapy.cz/zakladni?x=16.8077087&y=49.3984626&z=10&source=area&id=29>

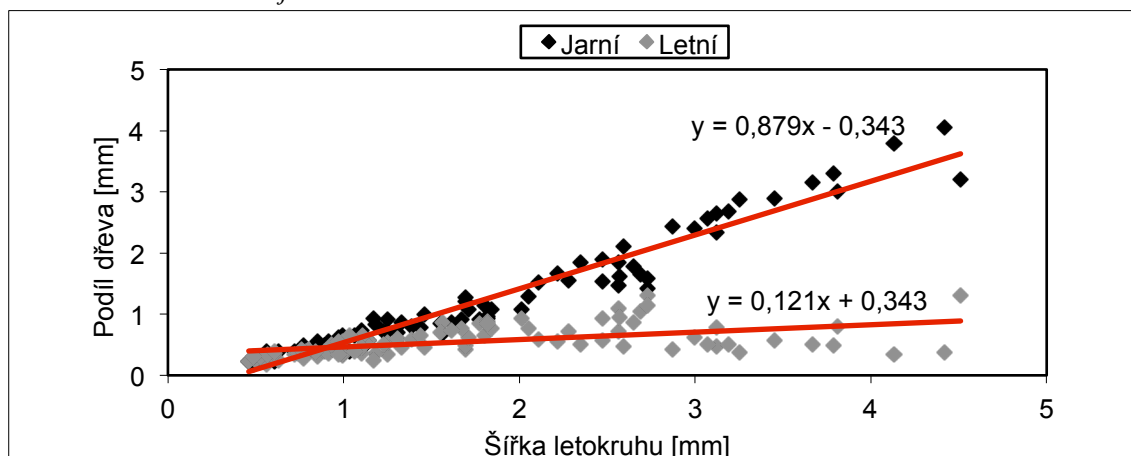
[http://www.hrady-zamky-cr.cz/images/mapa\\_cr.gif](http://www.hrady-zamky-cr.cz/images/mapa_cr.gif)

## 11 PŘÍLOHY

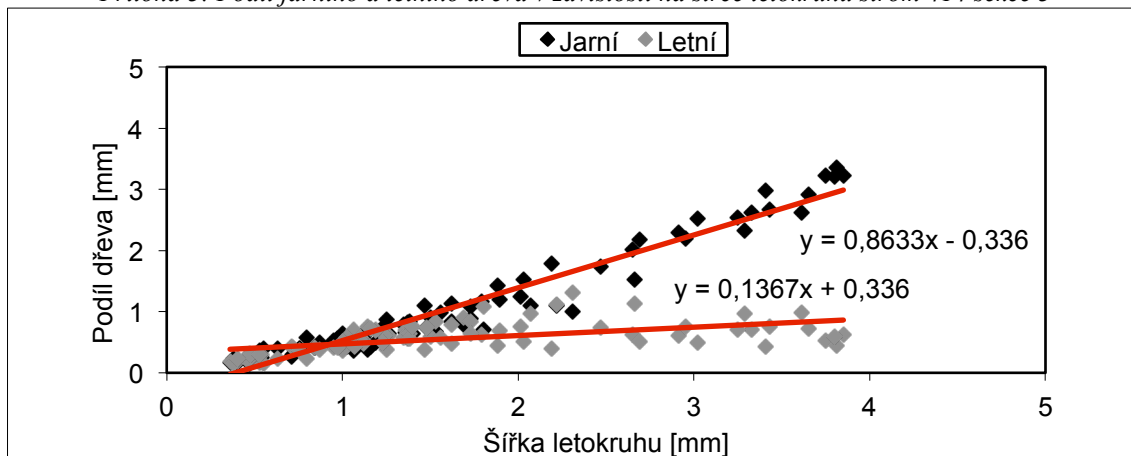
Příloha 1: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 1



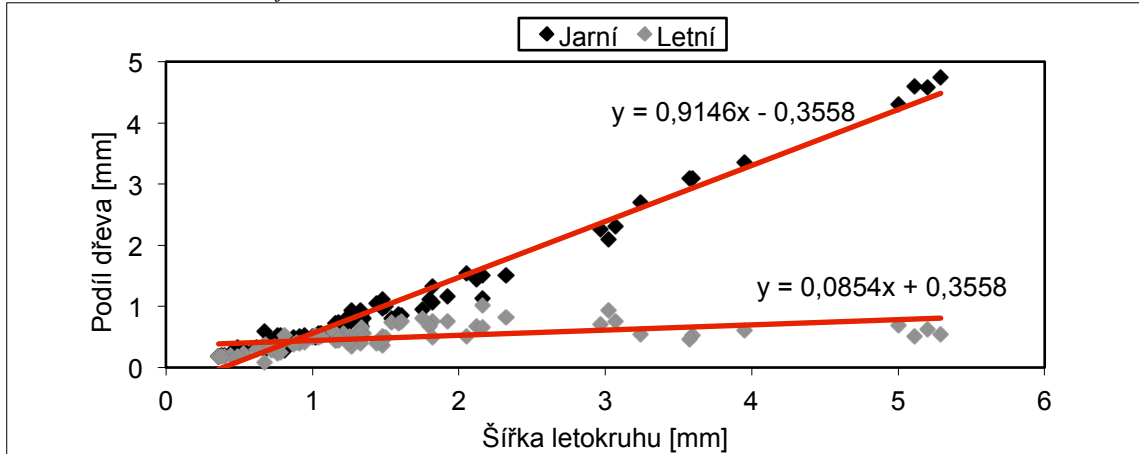
Příloha 2: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 2



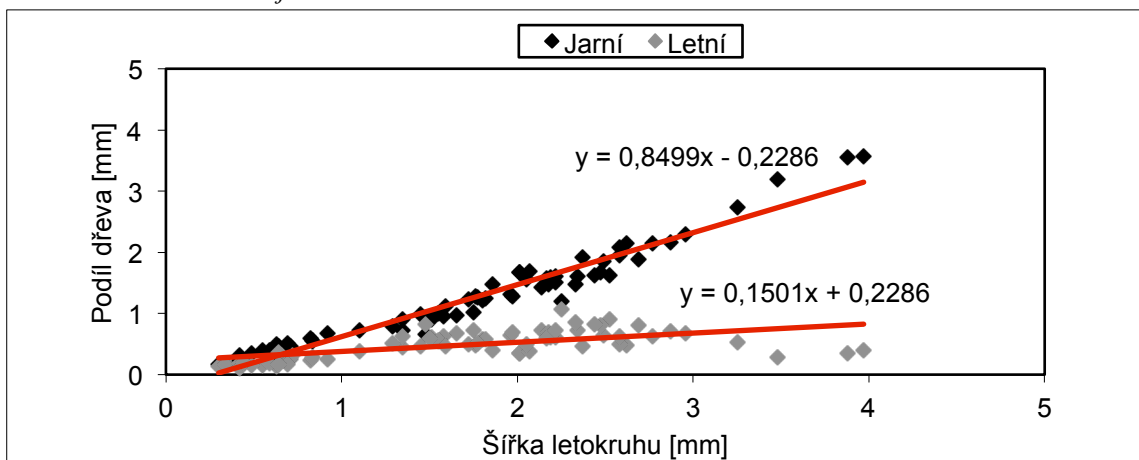
Příloha 3: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 3



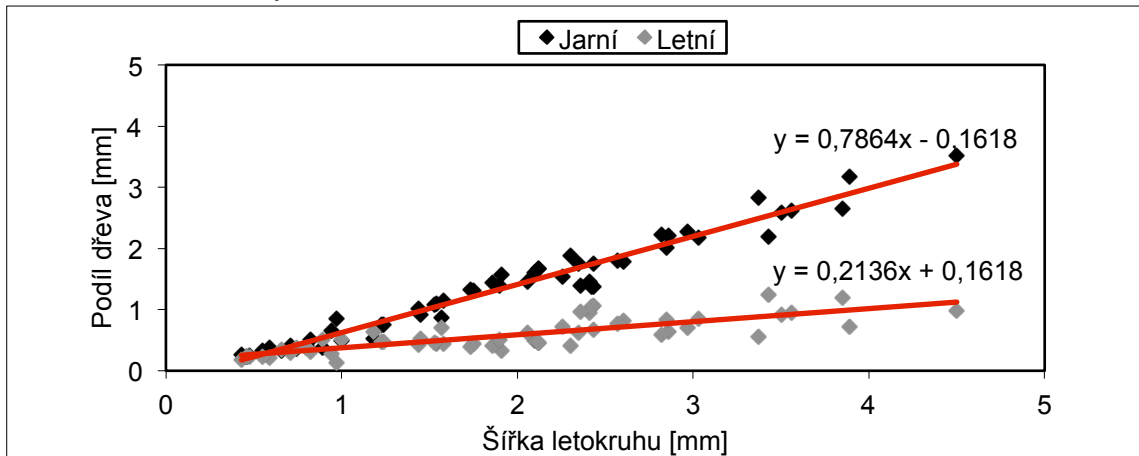
Příloha 4: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 4



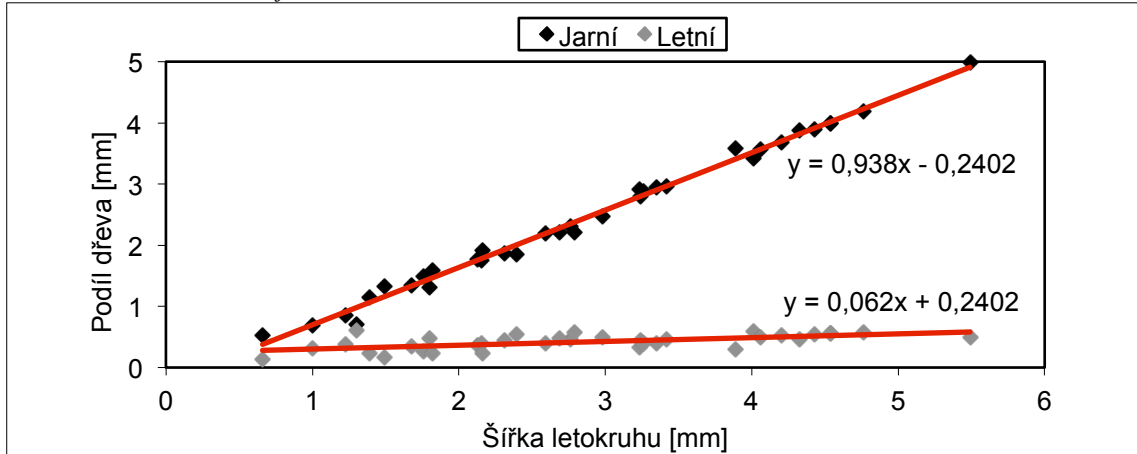
Příloha 5: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 5



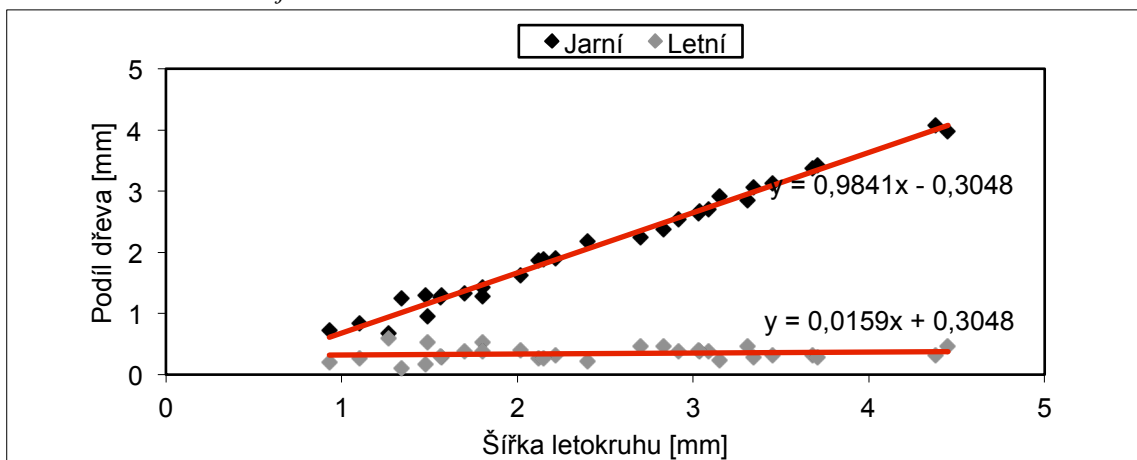
Příloha 6: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 6



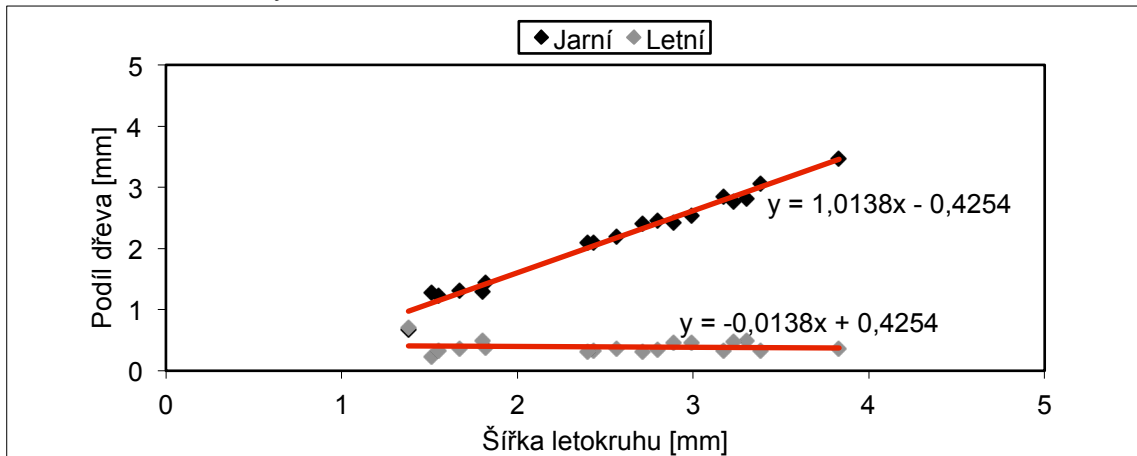
Příloha 7: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 7



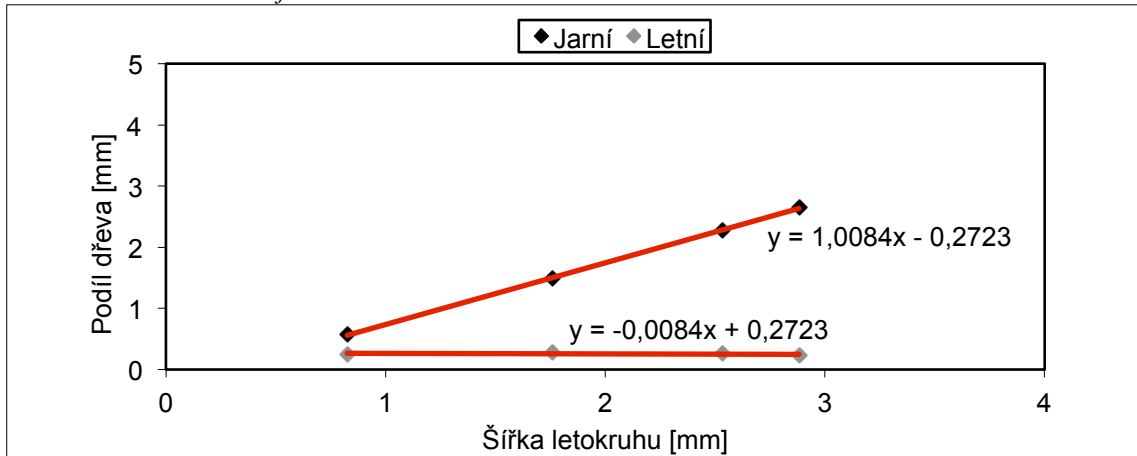
Příloha 8: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 8



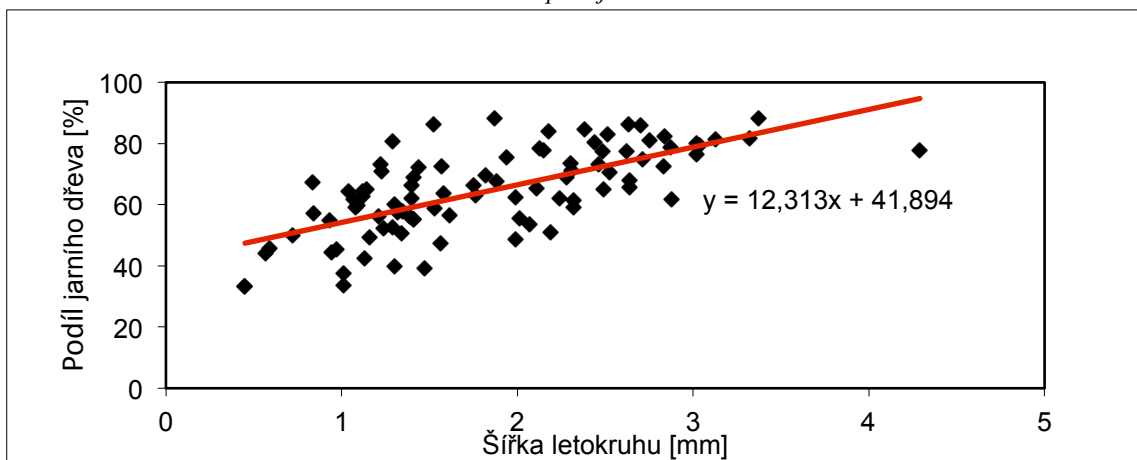
Příloha 9: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 9



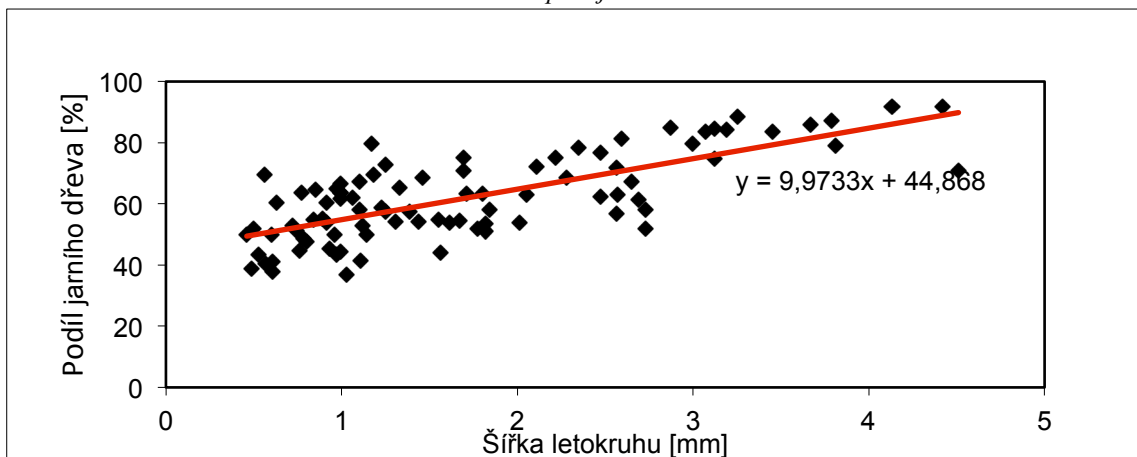
Příloha 10: Podíl jarního a letního dřeva v závislosti na šířce letokruhu strom 414 sekce 10



Příloha 11: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 1

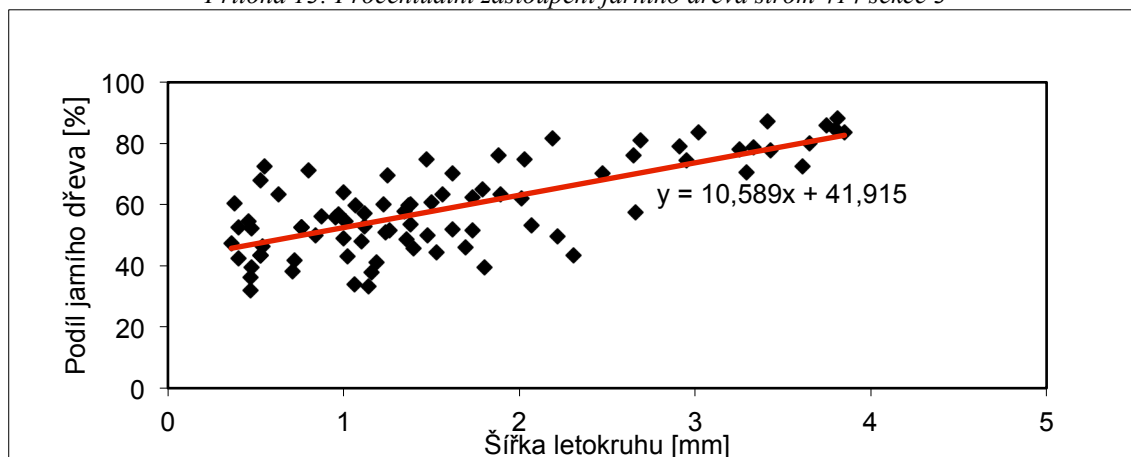


Příloha 12: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 2

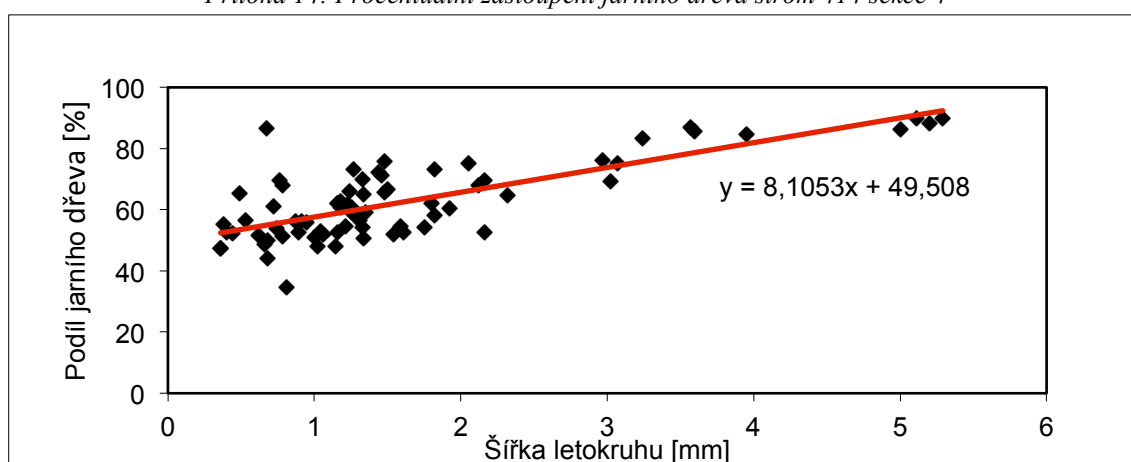




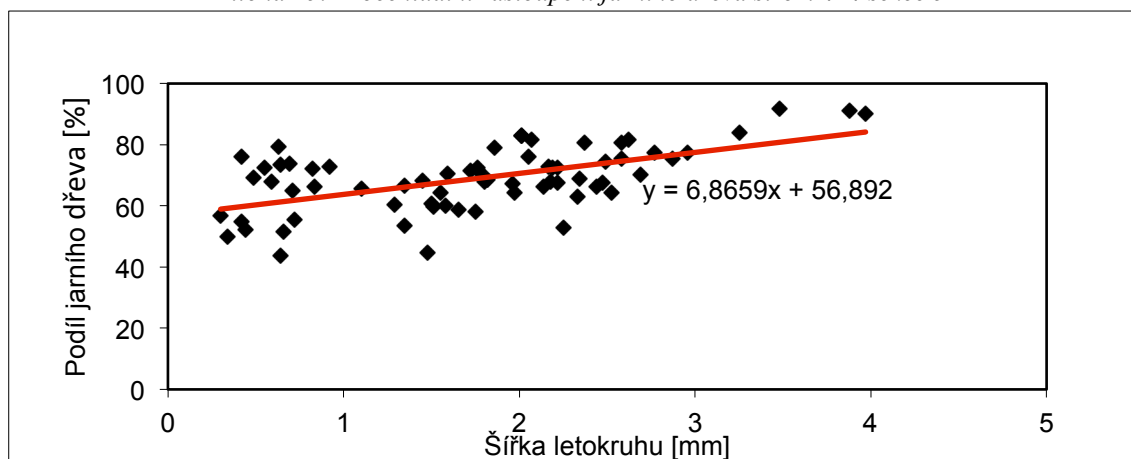
Příloha 13: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 3



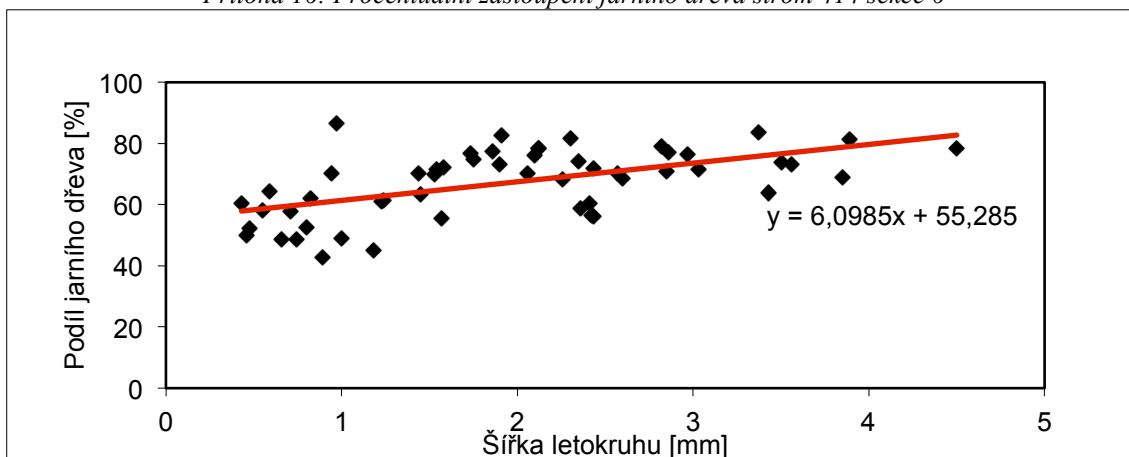
Příloha 14: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 4



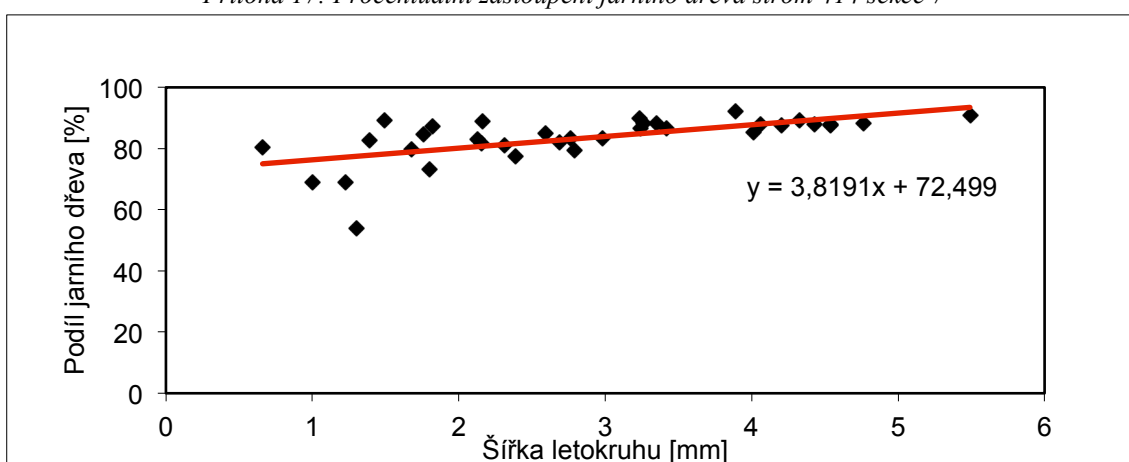
Příloha 15: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 5



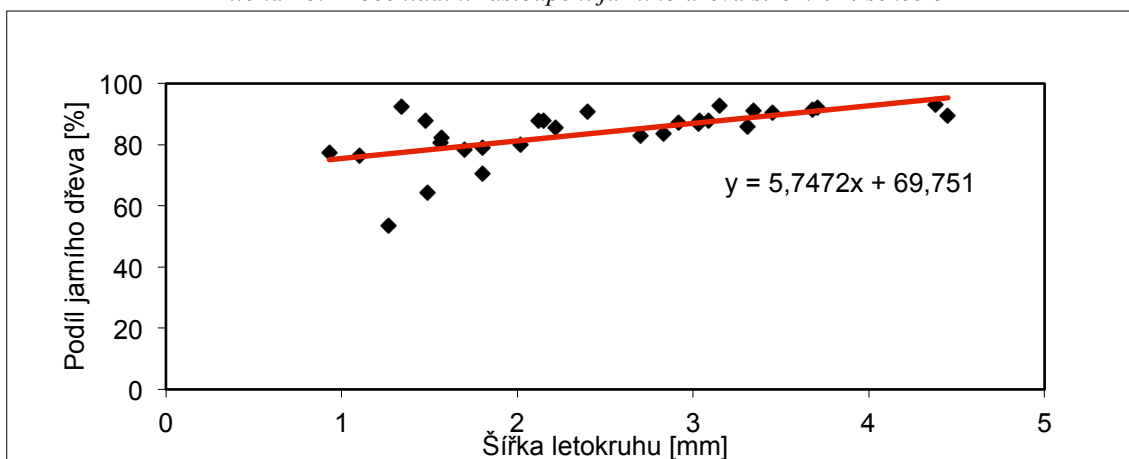
Příloha 16: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 6



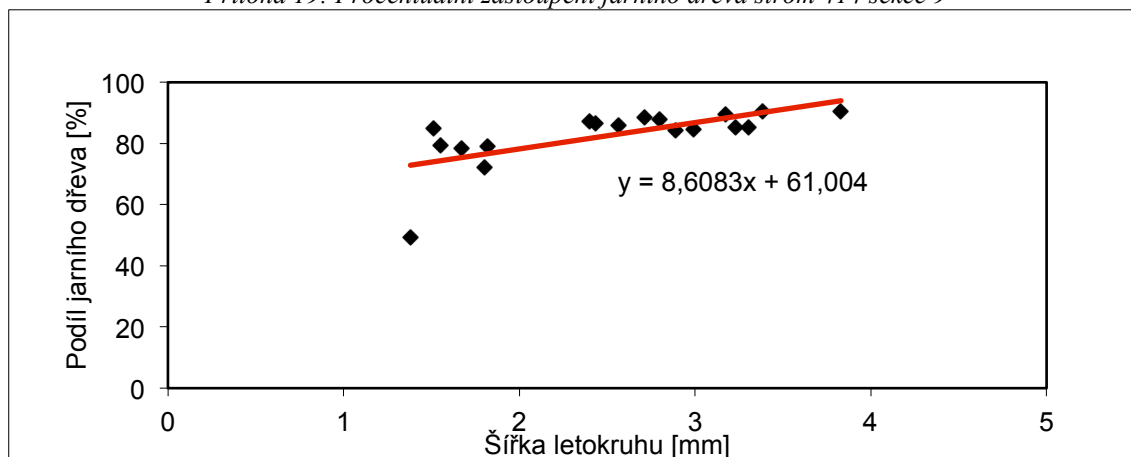
Příloha 17: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 7



Příloha 18: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 8



Příloha 19: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 9



Příloha 20: Procentuální zastoupení jarního dřeva strom 414 sekce 10

