

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA**  
Ústav lesnické a dřevařské techniky

**Analýza metod zjišťování objemu štípaného dříví**

**Diplomová práce**

Prohlašuji, že jsem práci: *Analýza metod zjišťování objemu štípaného dříví* zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje diplomová 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, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

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

V Brně, dne: 7. 4. 2015

podpis studenta: .....

Děkuji prof. Ing. Jindřichu Nerudovi, CSc. za odborné vedení při vypracování této diplomové práce. Děkuji také Školnímu polesí Valšovice za umožnění zpracování této diplomové práce. Dále děkuji rodině za podporu během celého studia.

## **Abstrakt:**

**Autor:** Bc. Václav Skříčil

**Název diplomové práce:** Analýza metod zjišťování objemu štípaného dříví.

Tato práce byla zpracována pro zjištění a ověření dostupných metod zjišťování objemu štípaného dříví. Výsledky jednotlivých metod byly porovnány z hlediska přesnosti mezi sebou. Hlavní bylo posouzení použitelnosti jednotlivých metod v praxi, při konkrétním měření. Při tomto ověřování jednotlivých metod byla zjištěna převodní čísla (koeficienty) pro štípané dříví volně sypané do odměrné nádoby a převodní čísla pro štípané dříví rovnané. Dílčím cílem této práce bylo stanovit faktory ovlivňující velikost převodního čísla pro dříví volně sypané a následně tyto faktory ověřit měřením. Zpracování této práce bylo provedeno na Školním polesí Valšovice, na kterém je vyráběno a prodáváno štípané dříví volně sypané z pásového dopravníku do kontejneru nebo traktorové vlečky.

**Klíčová slova:** objem dřeva, převodní součinitel, palivové dříví, dříví sypané,

**Author:** Bc. Václav Skříčil

**Title of the thesis:** Analysis methods of determining the volume of chopped wood.

This thesis was composed for detection and verification available methods determination volume of chopped wood. The results individual methods were compared out of point of view accuracy among themselves. The main was appraisal applicability individual methods in practice, on particular measurement. In this verification individual methods were found conversion numbers (coefficients) for chopping wood loose fill into a graduated container and conversion numbers for stacked chopping wood. Partial aim of this thesis was determine factors affecting size conversion numbers for loose fill chopping wood and subsequently these factors verified by measurement. This thesis was prepared at the school forest district Valšovice, on which is manufactured and sell chopping wood loose fill from a conveyor belt into a container or tractor trailer.

**Key words:** the volume of wood, coefficient, firewood, sprinkled wood,

## Obsah:

1. Úvod: .....	6
2. Cíl práce:.....	7
3. Literární přehled .....	8
3.1 Druhování .....	9
3.1.1 Základní charakteristiky druhování dříví.....	9
3.1.2 Jakostní třídy druhovaného dříví .....	11
3.2 Štípaní dřeva .....	12
3.2.1 Principy štípaní dřeva .....	12
3.2.2 Štípací stroje .....	14
3.3 Převodní součinitele objemu štípaného dříví.....	17
3.4 Literární rešerše – Metody zjišťování množství vyrobeného štípaného dříví...	20
3.5 Poměry na Školním polesí Valšovice.....	29
4. Materiál a metodika .....	35
4.1 Štípaní .....	37
4.2 Měření dříví před štípaním .....	38
4.3 Zjišťování objemu dříví po rozštípaní .....	39
4.3.1 Metoda analýzy obrazu.....	39
4.3.2 Váhová metoda .....	41
4.3.3 Vlastní výpočty převodních součinitelů rovnaného a sypaného štípaného dříví.....	42
4.5 Hodnocení metod.....	43
5. Výsledky .....	44
6. Diskuse.....	53
7. Závěr .....	57
8. Summary.....	59
9. Literární zdroje .....	61

## 1. Úvod:

Tato práce se zabývá problematikou zjišťování objemu štípaného dříví, které je volně sypano do kontejneru popřípadě traktorové vlečky. Vyrobené dříví na lesním majetku je evidováno. Dříví, které je vytěženo v lese prochází prvotní evidencí neboli prvotním příjmem. Zde se dříví měří a eviduje v metrech krychlových (plnometrech – plm). Což je jednotka vyjadřující krychli o straně 1 m, která je dokonale vyplněna dřevem. Po následném zpracování na štípané palivové dříví volně sypané do kontejneru nebo vlečky, se dříví eviduje v sypaných prostorových metrech (sprm), popřípadě v prostorových metrech. Prostorový metr (prm) a sypaný prostorový metr je krychle o straně 1 m, která je vyplněna dřevem se vzduchovými mezerami.

Takto vyrobené dříví v sypaných prostorových metrech je potřeba z důvodu evidence převést na metry krychlové. K tomuto jsou použity převodní čísla (koeficienty). Tyto součinitele lze zjistit měřením objemu dříví, který se nachází v daném sypaném prostorovém metru. K tomuto měření lze využít metod, ke zjištění objemu dříví.

Pro zpracování této diplomové práce bylo vybráno Školní poleší Valšovice, které je účelovým objektem Střední lesnické školy v Hranicích. Tento objekt je určen k praktické výuce žáků Střední lesnické školy v Hranicích a zároveň zde funguje normální lesní hospodářství.

Na tomto podniku je tvrdé listnaté štípané palivové dříví vyráběno a prodáváno, jako štípané metry rovnané v kontejneru, štípaná polena s délkou 25 cm – 50 cm sypané v kontejneru 15 sprm nebo v traktorové vlečce 5 sprm. Sypané dříví je do kontejneru nebo traktorové vlečky přepravováno pásovým dopravníkem od štípacího stroje.

Toto měření slouží k ověření a posouzení jednotlivých metod zjišťování objemu štípaného dříví volně sypaného. Dále slouží ke zkvalitnění evidence takto vyrobeného dříví, aby nedocházelo ke vzniku manka či přebytku na skladě. A v neposlední řadě slouží k deklaraci určitého množství dříví zákazníkům při prodeji našťípaného dříví v sypaných prostorových metrech.

## **2. Cíl práce:**

Hlavním cílem této práce bylo zpracování přehledné informace o dostupných metodách, jak měřit množství štípaného dříví. Po zjištění dostupných metod některé z nich vybrat a prakticky ověřit jejich přesnost a rozdíly mezi nimi. Po vyhodnocení jednotlivých vybraných metod určit, které jsou pro praxi více, či méně použitelné. Jedná se o štípané dříví, které je volně sypané z pásového dopravníku do kontejneru nebo traktorové vlečky.

Tato práce má více dílčích cílů.

Jedním z nich bylo zjistit převodní číslo pro štípané dříví rovnané, pomocí analýzy obrazu.

Druhým z nich bylo zjistit převodní číslo pro štípané dříví volně sypané z pásového dopravníku do odměrné nádoby.

Dalším dílčím cílem bylo definovat faktory ovlivňující velikost jednotlivých převodních čísel. Následně bylo potřeba některé vybrat a ověřit.

### 3. Literární přehled

Už od pravěku bylo dříví důležitým materiálem a zdrojem energie a zůstává jím i do dnešní doby, jak je zřejmé i z následujícího literárního přehledu.

Dřevo doprovází člověka "od kolébky po rakev". Dřevo je stále nejdůležitější surovinou, protože celosvětová denní spotřeba dřeva na jednoho obyvatele činí 1 kg, což je nejvíce ze všech materiálů. Proto ve vztahu člověka k lesu převládal od pravěku princip užitekosti. Dřevo je nosičem informací a umění ve formě papíru, řezbách hudebních nástrojích. (Neruda a kol., 2013)

Zvyšující se podíl dřeva jako primárního zdroje energie je způsoben všeobecným růstem cen energií. Díky tomuto je mnoho lidí nuceno přejít na palivové dříví jako zdroj tepelné energie pro svoje obydlí. Topení dřívím nebo alespoň přitápění si dřívím mimo hlavní topnou sezónu se rozmáhá díky ekonomičnosti provozu. (Pěgřím, 2011)

Důkazem rostoucího zájmu o palivové listnaté dříví je rostoucí trend, jak vyplývá z Tab. 1, kdy se v roce 2013 dodalo o 50 tis. m<sup>3</sup> dříví více, jak v roce 2011. (Kolektiv, 2013)

Tab. 1: Dodávky dříví v tis. m<sup>3</sup> (Kolektiv, 2013)

Dodané sortimenty z výroby		2011	2012	2013
palivo		1914	2020	2182
z toho	jehličnaté	1049	1196	1267
	listnaté	865	824	915

Palivové dříví je levným druhem paliva za předpokladu vlastní přípravy (Hans – Peter Ebert 2007)

Tab. 2: Srovnávací výpočet (Hans – Peter Ebert, 2007)

	majitel domu A	majitel domu B
Roční potřeba energie	3000 l topného oleje	19 prostorových metrů (prm) palivového dřeva
Nákup paliva	0,35 €/l	cca 5 €/prm (kupní cena nepřipraveného dřeva) = 95 €
Přídavné výdaje	-	výdaje na motorovou pilu a dovoz 15 €/prm = 285 €
Celkové výdaje	1 050 €	380 €

Z uvedené tabulky vyplývá, že 1000 l topného oleje přibližně odpovídá výhřevnosti 6 prostorových metrů palivového dřeva. (Hans – Peter Ebert, 2007)



## **3.1 Druhování**

### **3.1.1 Základní charakteristiky druhování dříví**

Dříví vyráběné v lese je nutné pro další evidenci a následný prodej druhovat. Druhování kmene, neboli manipulace je jeho rozdělení příčnými řezy, případně i podélným štípáním. (Neruda a kol., 2013)

Na Školním polesí Valšovice probíhá výroba palivového dříví ze surových kmenů, popřípadě krácených surových kmenů.

Surovým kmenem zpravidla rozumíme celou osu kmene, která u jehličnatých dřevin má mít tloušťku na tenčím konci 4 cm s kůrou. U listnatých dřevin tloušťka na tenkém konci závisí na rozvětvení koruny a tvaru korunové části kmenu. Jestliže kmen pokračuje, až k vrcholu nechává se na tenčím konci tloušťka 4 cm, nejvíce však 10cm. (Korf a kol., 1972) Většinou není obchodovatelným sortimentem, ale má charakter polotovaru dodávaného na manipulační sklady. (Šimanov a Kohout, 2004)

Rovnaným netříděným dřívím rozumíme polena, uložená do prostorových metrů bez ohledu na sortiment, dřevinu, tloušťku, stupeň odkornění a jakost. (Korf a kol., 1972)

Sortimentem surového dříví je dříví specifického určení, které vyhovuje dřevinou, rozměry a jakostí daným požadavkům stanoveným normou, uzancí nebo smluvně dohodnutým požadavkům. Definice sortimentů už není výsadou norem, ale je spíše nástrojem odběratelů při definici dříví, které je potřeba pro výrobu daného výrobku. (Janák a kol., 2006)

Zmíněné charakteristiky se v průběhu let ustálily, a proto je zvykem je při přejímce uvádět všechny tři. První z nich je dřevina, která se obvykle třídí do skupin jehličnaté, listnaté tvrdé a listnaté měkké. Druhou z nich jsou rozměry, které se dělí na délku a tloušťku. Třetí a poslední z nich je jakost. Ta se posuzuje konkrétním popisem struktury dřeva, laboratorním rozbořem a pomocí třídících znaků. (Janák a kol., 2006) Ty se dělí podle vad dříví. Jednotlivé jakosti jsou děleny podle druhu, výskytu a rozsahu vady. (Neruda a kol., 2013)

Při druhování se postupuje sestupnou tendencí, snažíme se o vydruhování od

nejcennějších a nejžádanějších sortimentů dříví k nejméně cenným a nejméně žádaným. (Neruda a kol., 2013)

Pro druhování existuje více kritérií. Pro tento účel byly sestaveny české státní normy (ČSN) a oborové normy (ON), které se zabývaly lesnictvím. České státní normy začínající dvojcíslím 48. V našem případě 480056 upravující problematiku listnatých sortimentů surového dřeva. Ale v současné době ztrácí na významu. Oborové normy byly zrušeny. V současné době se obchod se dřívím řídí mezinárodními normami, předpisy a obchodními zvyklostmi. Místo Českých státních norem a zrušených oborových norem jsou dnes používána spíše individuální ujednání. Význam pozbylo zejména normativní stanovení minimálních rozměrů dříví, protože ty se mění v závislosti na technologii zpracování a okamžité nabídce a poptávce. Rozhodujícím kritériem nadále zůstává technologická jakost dříví, tj. použitelnost pro určitou skupinu výrobků ze dřeva. (Neruda a kol., 2013) Dnes se také používají Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008.

Druhování dříví se uskutečňuje jednorázově, jako druhování a třídění úplné, nebo druhování neúplné. Při druhování úplném je výsledkem obchodovatelný sortiment. V případě druhování neúplného se realizuje druhování v prostorově a časově oddělených etapách, kdy jsou sortimenty vydruhovány postupně. V tom případě se na jednotlivých lokalitách provádí jen částečně. Například na odvozním místě je provedeno jen druhování dříví na kulatinu a surové kmeny, které se na skladě dále vydruhují na vlákninové dříví, palivové dříví, důlní dříví atd. Jako první se po dřevině zjišťuje tloušťka čepu, pokud vyhovuje, ověří se minimální délka a pokud tyto rozměry odpovídají normě popřípadě individuálnímu ujednání, tak se zjišťují jakostní ukazatele. Většinou se zjišťují v pořadí hniloba patrná na čelech výřezů, křivost kmene, suky, trhliny a ostatní vady. Rozsah některých vad lze snížit zkrácením kmene příčným řezem v místě největšího rozsahu vady, například u křivosti popřípadě u vlákninového dříví lze štípáním vyloučit hnilobu. (Neruda a kol., 2013)

### **3.1.2 Jakostní třídy druhovaného dříví**

Druhování se provádí do 6 jakostních tříd.

Tab. 3: Jakostní třídění dříví (Kolektiv, 2007)

Jakostní třída	Účel použití
I.	Rezonanční výřezy, výřezy pro výrobu krájené dýhy.
II.	Výřezy pro výrobu loupané dýhy, jiné speciální výřezy.
III.	Výřezy pro pilařské zpracování – jehličnaté.
	Výřezy pro pilařské zpracování – listnaté.
	Výřezy pro výrobu sloupů (sloupovina) – jehličnaté.
IV.	Dříví pro výrobu dřevoviny, dolovina a důlní výřezy, tyčovina.
V.	Dříví pro výrobu buničiny, desek na bázi dřeva (vláknina).
VI.	Palivové dříví.

První třída jakosti zahrnuje výřezy pro výrobu hudebních nástrojů, okrasných dých a jiné jakostně náročné účely (Janák a Král, 2003). Výřezy této jakosti se vyrábějí ze všech dřevin kromě trnovníku akátu a dubu ceru a dodávají se výhradně neodkorněné. Rezonanční výřezy mají nejméně na 1 cm 4 stejně široké letokruhy a mohou být dodávány pouze ze zimní těžby. Zájem je také o javor klen na výrobu nástrojů (nejvíce ceněný je vlnkovaný fládrový javor). (Neruda a kol., 2013)

Druhá třída jakosti zahrnuje výřezy především pro výrobu technických dých (pro výrobu překližky), zápalek, sudů a sportovních potřeb (Janák a Král, 2003). Vyrábí se stejně jako u první jakostní třídy ze všech dřevin kromě dubu ceru a trnovníku akátu a dodávají se výhradně neodkorněné. (Neruda a kol., 2013)

Třetí třída jakosti zahrnuje výřezy především pro výrobu řeziva všeho druhu, pražců, sloupů, pro stavební účely a podobně. Jde o základní jakostní třídu pro pilařskou výrobu. (Janák a Král, 2003) Tato třída se dělí na dva či více jakostních stupňů. Zařazení do těchto stupňů určuje především povrchová a vnitřní hniloba a sukatost. Dodávají se buďto odkorněné nebo neodkorněné. Ceny jsou diferencovány podle tloušťkových tříd. (Neruda a kol., 2013)

Čtvrtá třída jakosti zahrnuje výřezy především na výrobu důlních vzpěr a výztuží, tyčí

a na výrobu dřevoviny (Janák a Král, 2003). Výřezy na výrobu dřevoviny a důlní výřezy nesmí obsahovat hnilobu. U tyčoviny se povoluje pouze hniloba tvrdá. (Neruda a kol., 2013)

Pátá třída jakosti zahrnuje především výřezy pro výrobu vlákniny, buničiny, aglomerovaných materiálů, dřevěné vlny, moučky apod. (Janák a Král, 2003). Vyrábí se z nich i dřevotřískové desky a drobné dřevěné předměty jako jsou hračky, kartáče, atd. (Neruda a kol., 2013)

Šestá třída jakosti tvoří sortiment palivového dříví nevhodný pro jakékoli jiné zpracování (Janák a Král, 2003). Tato jakostní třída se vyrábí ze všech listnatých i jehličnatých dřevin. Napadá při výrobě jako výmět. Vyrábí se jako rovnané dříví. Dodává se v kůře. Dovolují se prakticky všechny vady. Suky, trhlíny, vady růstu, vady způsobené houbami se dovolují s výjimkou trouchnivosti a hniloby takového stupně, při níž se dříví při běžné manipulaci rozpadá. Napadení hmyzem a ostatní neuvedené vady se dovolují. Minimální tloušťka čepu bez kůry je 3 cm, maximální tloušťka čela bez kůry je 30 cm a minimální délka 15 cm. (Kolektiv, 2007)

## **3.2 Štípání dřeva**

### **3.2.1 Principy štípání dřeva**

Jak uvádí Simanov a Kohout (2004), štípání je dělení dřeva ve směru jeho vláken nástrojem klínovitého tvaru vtačovaným do dřeva plynule štípacími stroji nebo rázem, a to štípací sekerou nebo štípacím klínem zaraženým palicí. Dále také uvádějí, že nelze získat výrobek přesného geometrického tvaru, jelikož se uplatňuje vliv nepravidelnosti průběhu dřevních vláken, nerovnosti letokruhů, suků a točitosti vláken.

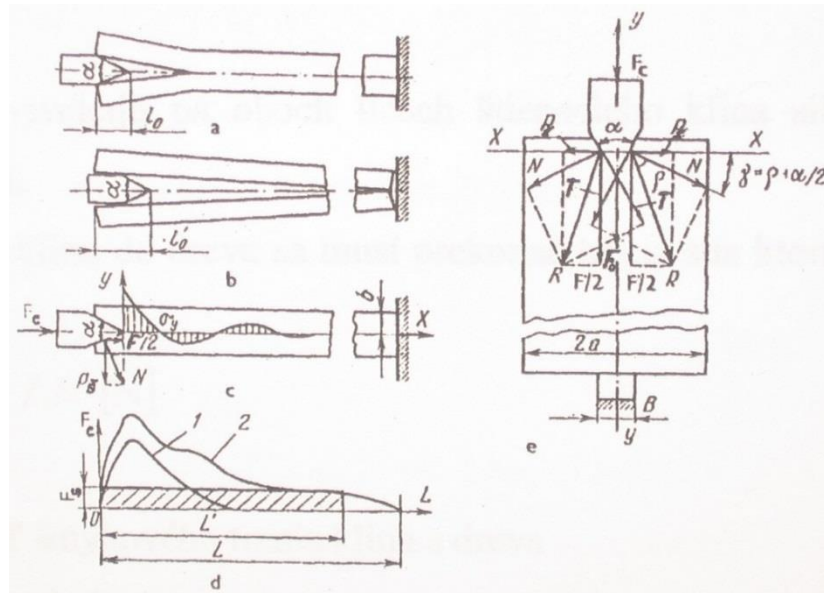
Kuric (2005) uvádí, že všechny dnes používané štípací stroje používají princip zarážení, zavrtávání nebo zatlačování štípacího klínu do dřeva v podélném směru. Tím se naruší soudržnost dřevní hmoty a oddělí se od sebe jednotlivá vlákna, která jsou v blízkosti roviny řezu.

Uvedený autor také uvádí, že štípání dřeva se uskutečňuje vnikáním symetrického řezného klínu do dřeva v rovině vláken dřeva. Na počátku vnikání je klín svým ostřím vtačován do dřeva a přeřezává vlákna – odděluje je od sebe. Při tomto vnikání síla  $F_c$  na

klínu roste proporcionálně s hloubkou vniknutí klínu. Normálové napětí  $\sigma_y$  se v tomto okamžiku rychle zvětšuje. Při dalším pohybu se zvětšuje plocha kontaktu klínu se dřevem a stlačování dřeva okolo klínu se přerušuje.

Když klín překoná vzdálenost  $l_0$ , tak se dřevo začíná štípat v příčném směru v blízkosti klínu a normálové napětí  $\sigma_y$  dosahuje hodnoty meze pevnosti. Pokud se v ohnutých částech polena nahromadí dostatek potenciální energie, pak se poleno štípe do samého konce. (Kuric, 2005)

Pokud je energie nedostatečná je nezbytné posouvat klín dále do výřezu až po vzdálenost  $l'_0$ . přitom dosahuje normálové napětí  $\sigma_y$  meze pevnosti a trhlinka se šíří do konce výřezu. Průběh procesu štípání závisí na poměru průměru polena k jeho délce, podle poměru  $2b/L$ , kde  $b$  je průměr polena a  $L$  je jeho délka. Pokud je tento poměr velký, pak štípání probíhá podle zákonitostí křivky 1. Pokud je poměr  $2b/L$  malý, štípání probíhá podle křivky 2. Hloubka vniknutí klínu závisí nejen na poměru  $2b/L$ , ale také na fyzikálním stavu dřeva a jeho struktuře, úhlu klínu a štípané dřevině. (Nesnidal, 2005)



Obr. 1: Schéma procesu štípání dříví. (Kuric, 2005)

## 3.2.2 Štípací stroje

### Základní části štípacích strojů

#### → Rám

Hlavní částí je rám. Musí být dostatečně pevný a dimenzovaný na pracovní zatížení daného stroje. K rámu mohou být přidělována samostatná kolečka, popřípadě může být celý rám umístěn na podvozku s nápravou. Některé stroje mohou být opatřeny tříbodovým závěsem za traktor pro jejich přemístění. K rámu je také upevněna opěrka v případě, kdy je tlačěn klín proti dřevu, nebo je k rámu upevněn klín, a to když je daný kus dříví tlačěn opěrkou proti klínu. (Nesnídál, 2005).

#### → Pohonná jednotka

Pohon štípacích strojů se uskutečňuje třemi typy motoru, a to zážehovým motorem, vznětovým motorem nebo elektromotorem. Všechny tyto tři typy motoru slouží k pohonu hydraulického čerpadla, které štípací stroj ovládá. Štípací stroj může být napojen přímo na vývodový hřídel traktoru nebo může být připojen přímo na hydraulický okruh traktoru. Jak uvádí Nesnídál (2005), je dobré kombinovat použití elektro motoru, s další druhem pohonu. Například pohon elektromotorem a vývodovým hřídelem traktoru.

#### → Štípací nůž, štípací klín

Nože se dělí na jednodílné a vícedílné. Toto rozdělení je podle toho kolik je daný nůž schopen vyrobít štěpin při štípání jednoho polena.

Štípací nůž a klín vykonávají vlastní štípání dříví. Jsou si vzájemně podobné. Dá se říci, že štípací nůž tvoří hlavní část klínu. Jak uvádí Nesnídál (2005), ostří nože zajišťuje štípání a prvotní vniknutí mezi dřevní vlákna. Ostří také určuje směr štípání daného kusu dříví. Nesnídál (2005) dále také uvádí, líce nože nebo štípacího klínu oddělují rozštípnutá dřevní vlákna od sebe. Ostří nože nebo klínu je vyrobeno s dostatečnou pevností. Ostří bývá většinou navařováno na měkčí druh materiálu.

#### Jednodílné štípací nože.

Tyto nože dělí poleno pouze na 2 části. Nůž je tvořen ostřím a lícemi. Líce jsou



- Nesnídal (2005) uvádí dělení štípacích strojů na: jednooperační  
vícoperační
- Kuric (2005) uvádí dělení podle druhu podávacího ustrojí: hydraulické  
řetězové  
klikové

### → Vertikální štípací stroje

U vertikálních štípacích strojů je poleno štípáno ve svislé poloze. Poleno je postaveno na štípací stůl nebo opěrnou desku stroje pod štípací klín a spuštěním štípacího klínu směrem dolů je poleno rozštípnuto. U těchto strojů se vždy pohybuje klín proti polenu, nikdy není poleno tlačeno proti pevně uchycenému klínu. (Nesnídal, 2005)

Tyto štípací stroje mají štípací sílu zhruba od 5 do 30 tun a maximální délka štípaného polena je u krátkých 55 cm a u metrových 130 cm. (Kolektiv, 2015) U těchto strojů je potřeba dříví manuálně přemístit do ložného prostoru kontejneru, popřípadě do hráně. Například stroj HydroCombi 10-V2 od firmy Posch.

### → Horizontální štípací stroje

Horizontální štípací stroje štípou poleno ve vodorovné poloze. Tyto stroje využívají dva způsoby štípání. Buď je poleno tlačeno štípací deskou proti pevně uchycenému štípacímu klínu, nebo je poleno zapřeno o tuto desku a je tlačén klín do tohoto polena. (Nesnídal, 2005)

Od firmy Posch lze do této skupiny zařadit celou řadu RuckZuck, což jsou štípací stroje pro domácí použití. Štípací síla tohoto stroje je 6 tun a maximální délka polen je 55 cm. (Kolektiv, 2015)

Profesionální štípací stroje od firmy Posch jsou v řadě SplitMaster, u kterých je štípací síla od 9 do 55 tun a maximální délka polena je u krátkých 55 cm a u metrových 125 cm. Tyto stroje jsou vybaveny hydraulickým zvedacím zařízením. (Kolektiv, 2013)

### → Štípací drapák

Další způsob, jak štípat dřevo je použití štípacího drapáku. Jak uvádí Antoňů (2012), je štípání pomocí drapáku na principu kleští, kdy jsou proti sobě tlačeny 2 klíny. Dále také



zmíněný autor uvádí použití u dlouhých a přesílených kmenů, které nevyhovují štěpkovači.

Tento drapák lze použít na výložníku bagru, na jeřábovém nakladači, popřípadě na vysokozdvihném nakladači. Štípací síla při 24 MPa je podle typu 26 – 34 tun. U typu W 1800 je pracovní tlak vyšší 32 MPa a štípací síla je 50 tun. (<http://www.karlow-karlshof.eu>)

### → Kuželový štípač

Při štípaní dřeva pomocí štípacího kužele je využita rotace kužele se speciálním závitem. Kužel se dá použít na elektromotoru nebo hřídeli okružní pily, popřípadě na jiném pohonu například na vývodovém hřídeli traktoru. (<http://www.vkubalek.cz>)

### → Jednooperační štípací stroje

Dalším kritériem rozdělení štípacích strojů je počet operací, které zvládnou vykonat. Tato skupina zvládá pouze jednu operaci. Touto operací je myšleno štípaní dříví. Pro tyto stroje musí být dříví připravováno předem, a to krácením na určité délky podle možností stroje uvedených výrobcem. Pro zefektivnění štípaní lze použít kombinované štípací kříže, které při jednom štípaní dokáží vyrobit větší počet štěpin. (Nesnídal, 2005)

### → Víceoperační štípací stroje

Jak uvádí Nesnídal (2005), tyto stroje jsou určeny pro štípaní kmenů a výřezů bez předchozího krácení. Tyto kusy dříví jsou dopravovány hydraulickou rukou, čelním nakladačem nebo navalením na pásový dopravník, který daný kus transportuje do řezací části stroje. Zde je kmen nebo výřez zkrácen řetězovou nebo okružní pilou na požadovanou délku polena, a to je buď přesunuto, nebo padá do štípacího prostoru stroje. Zde je poleno rozštípnuto na určitý počet štěpin, který udává štípací kříž. Dále uvedený autor uvádí možnost dělit poleno až na 18 štěpin u strojů značky Posch.

## 3.3 Převodní součinitele objemu štípaného dříví

Štípané dříví je většinou prodáváno a tudíž i evidováno, buďto jako rovnané (prostorový metr), nebo jako sypané dříví (sypaný prostorový metr). Toto dříví je potřeba z důvodu evidence převést na metry krychlové (plnometry).

Jak uvádí Štipl (2000) objem hrání se přepočítává na objem bez kůry pomocí převodních čísel (redukčních faktorů) stanovených v bývalých normách ČSN 480089 a 480092. Dále také uvádí, že se objem dříví v hraních vypočítá násobením rozměrů hraně převodním číslem.

Převodní součinitel objemu štípaného dříví je, jak uvádí Korf a kol. (1972) bezrozměrné číslo, které je menší jak 1 a udává poměr mezi mírou krychlovou (plm) a prostorovou (prm). Ve skutečnosti udává množství dřevní hmoty v 1 prm.

Jak uvádí Simanov a Kohout (2004), na velikost převodních čísel má vliv dřevina, tloušťka kůry, tloušťka a křivost polen a kvalita opracování. Dále počet polen v jednotce prostorového objemu a způsob rovnání do hraně.

Korf a kol. (1972) uvádí, že velikost převodního čísla závisí na dřevině a s ní související tloušťkou kůry, na průměru jednotlivých kusů a jejich počtu v prm a na tvaru jednotlivých kusů.

Simanov a Kohout (2004) Uvádějí také nedostatek celostátně platných převodních čísel, spočívající v tom, že představují průměrný objem určitého sortimentu, a proto nemusí odpovídat přesně každému případu.

Tab. 4: Převodní čísla (Kolektiv, 2007)

	kuláče plm m <sup>3</sup>	kuláče prm	špalky (25 - 60 cm)	
			rovnané prm	sypané prm
1 plm kuláče 1 m	1,00	1,40	1,20	2,00
1 prm kuláče 1 m	0,70	1,00	0,85	1,40
1 prm rovnaný	0,85	1,20	1,00	1,67
1 prm sypaný	0,50	0,70	0,60	1,00

Tab. 5: Převodní čísla (<http://www.palivo-kolman.cz>)

Z 1 prms	0,68 - 0,74	prm
Z 1 prm	1,35 - 1,47	prms

Tab. 6: Převodní čísla pro rovnané dříví (Šmelko, 2003)

stupeň odkornění	listnaté	jehličnaté
neodkorněné	0,54	0,64
odkorněné do hněda	0,60	0,68

Tab. 7: Převodní čísla (<http://stipanedrivi.progles.cz>)

	plnometr [plm]	Kulatina - prostorový metr [prm]	Metrové štěpiny [prm]	Štípané dříví rovnané [prm]	Štípané dříví sypané [prms]
Přepočtové koeficienty z prostorového metru rovnaného dříví na ostatní prostorové míry					
buk	0,74	1,26	1,46	1	1,61
smrk	0,69	1,07	1,24	1	1,55
Přepočtové koeficienty z prostorového metru sypaného dříví na ostatní prostorové míry					
buk	0,46	0,77	0,91	0,62	1
smrk	0,44	0,69	0,80	0,64	1

Tab. 8: Převodní čísla (<http://www.drevoprodukt.cz>)

kuláče 1 m délka	0,59	m <sup>3</sup> v 1 prm
štěpiny 1 m dlouhé	0,51	m <sup>3</sup> v 1 prm
štěpiny 0,33 m dlouhé	0,70	m <sup>3</sup> v 1 prm
štěpiny 0,33 m dlouhé	0,42	m <sup>3</sup> v 1 sprm

Tab. 9: Převodní čísla (<http://lesyvm.cz>)

1 prms	Minimálně 0,85 prm
--------	--------------------

Tab. 10: Přepočty jednotek objemů dřeva (Sladký a kol., 2002)

	pevné dřevo - plnometr (plm)	složené dřevo - prostorový metr (prm)	sypaný metr (sm)
Plm	1	1,43	2,43
Prm	0,70	1	1,70
Sm	0,41	0,59	1

Tab. 11: Převodní čísla (Bartoš, 2009)

koeficient rovnaného dříví	0,725
koeficient sypaného dříví	0,524

Tab. 12: Převodní čísla pro neodkorněné rovnané sortimenty (ČSN 480089, 480092)

sortiment	dřevina		tvar	převodní číslo
vlákninové dříví	jehličnaté	smrk, jedle	kuláče, válce	0,66
			štěpiny	0,64
		borovice	-	0,63
	listnaté	buk		0,58
		měkké		0,60
	palivo	jehličnaté		0,64
listnaté			0,54	
rovnané netříděné	jehličnaté		0,65	
	listnaté		0,55	

Tab. 13: Převodní čísla pro rovnané průmyslové dřevo (ČSN 480090)

tvar	převodní čísla pro stupeň odkornění		
	neodkorněné	odkorněné v lese	odkorněné do hněda
kuláčky	0,59	0,60	0,68
kuláče	0,67	0,69	0,74
štěpiny	0,61	0,62	0,66

V tabulkách 4 – 13 nalezneme různé převodní součinitele. Hodnoty jednotlivých autorů se liší. U sypaného prostorového metru (sypného metru) lze nalézt hodnoty od 0,41 do 0,52. U rovnaného dříví jsou zde hodnoty od 0,54 do 0,74. Rozdílnost jednotlivých autorů může mít více vysvětlení. Většinou nikdo neudává metodiku zjišťování tohoto převodního čísla, také to může být způsobeno dřevinou, způsobem plnění nádoby, délkou štěpin, velikostí odměrné nádoby, která byla pro měření a stanovení koeficientu použita.

### 3.4 Literární rešerše – Metody zjišťování množství vyrobeného štípaného dříví

Konkrétní metoda vytvořená pro měření štípaného dříví s velkou pravděpodobností neexistuje. Pro měření se používají běžně dostupné metody používané pro zjišťování objemu dříví, neboli jak uvádějí mnohé literární zdroje krychlení dříví v celých délkách.

### Krychlení kulatiny

Jak uvádí Štipl (2000) metody zjišťování objemu dříví (krychlení) se dělí na stereometrické a fyzikální. S touto myšlenkou se ztotožňují i Korf a kol. (1972).

Štipl (2000) dále uvádí krychlící vzorce pro kulatinu, u kterých se musí zjistit objem pro každý kus samostatně. Korf a kol. (1972) ještě dodávají, že tyto vzorce vznikly odvozením ze vzorců rotačních těles.

Štipl (2000) uvádí tři krychlící vzorce pro kulatinu, a to Huberův vzorec, Smaliánův vzorec a Newtonův vzorec. Korf a kol. (1972) hovoří o těchto třech vzorcích a ještě o Tjurinovu vzorci, Hossfeldově vzorci, Gieruszýnského vzorci a Orlovovu vzorci. Dále se také zmiňují o Gaussově vzorci a Schiffelových dvou vzorcích, které využívají tvarové kvocienty. Simanov a Kohout (2004) zmiňují výpočet objemu surového dříví pouze podle Huberova vzorce. Ten zmiňuje i Kolektiv (2007), Janák a kol. (2006), Neruda a kol. (2013) a Ondráček a Janák (2008).

Štipl (2000) a Korf a kol. (1972) uvádějí vzorce pro krychlení kulatiny podle sekcí, a to Huberův vzorec, Smaliánův vzorec a Newton – Rieckeého vzorec. Krychlení v tomto případě probíhá pro jednotlivé sekce zvlášť a výsledný objem je součtem objemů jednotlivých sekcí.

Štipl (2000) uvádí, že výsledky podle Huberova vzorce jsou zpracovány do objemových tabulek a používají se ke krychlení v lesnické praxi.

### Krychlení rovného dříví.

Jak uvádí Štipl (2000) je rovné dříví vyrované do tvarů měřitelných o určité šířce, výšce a délce. Šířka hráně se rovná délce polen, výška se měří minimálně na třech místech ve stejné vzdálenosti a následuje její aritmetický průměr. Objem se vypočte vynásobením těchto tří rozměrů a převodním součinitelem.

Korf a kol. (1972) uvádí, že se jedná o zjištění objemu v prostorových metrech, které je z důvodu evidence nutno přepočítat na plometry.

Kolektiv (2007) uvádí, že při měření dříví v prostorových mírách se zjišťuje délka, šířka a výška jednotlivých hrání. Popřípadě pokud se jedná o box nebo kontejner (nádobu) zjišťuje se vnitřní šířka, délka a výška kontejneru. Tito autoři dále také udávají, převodní

koeficienty pro převod z objemu v prostorových mírách na objem skutečný v plnometrech.

Ondráček a Janák (2008) uvádějí, že výpočet objemu dodaného dříví v prostorových mírách se vypočítá součinem délky hraně, šířky hraně a výšky hraně, popřípadě se jedná o rozměry ložné plochy pro dezintegrované dříví. Tento objem v prostorových mírách se převede pomocí převodních čísel.

#### Fyzikální způsoby krychlení:

Štipl (2000) uvádí, že fyzikální způsoby krychlení jsou založeny na použití známých fyzikálních pouček. Dále uvádí, že se takto dá stanovit objem tvarově rozrůzněných sortimentů, kdy nelze použít stereometrické metody krychlení.

Štipl (2000) uvádí jednotlivé způsoby fyzikálního krychlení dříví:

- Xylometrický způsob
- Hydrostatický způsob
- Váhové metody

Xylometrický způsob je založený na faktu, že ponořené těleso do kapaliny vytlačí takové množství kapaliny, které odpovídá objemu ponořeného tělesa. Zařízení pro taková měření se nazývají xylometry. Tyto zařízení jsou obvykle ve dvou typech konstrukcí. První je konstruována tak, že je xylometr (nádoba) naplněna až po okraj. Následně po ponoření očištěného dříví dochází k vytlačení objemu kapaliny, která je zachycena do odměrné kalibrované nádoby. Takto se zjistí objem ponořeného dříví. Touto konstrukcí se vyznačují xylometry Hartigův a Heyerův. Druhým konstrukčním typem je nádoba naplněná jen z části a po ponoření tělesa se pouze zvedne hladina. Poté je potřeba pouze odečíst o kolik došlo ke zvýšení hladiny a spočítat objem vytlačené kapaliny. Tímto typem se vyznačuje xylometr Böhmerlův. (Štipl, 2000)

Hydrostatický způsob funguje na principu Archimedova zákona. Ponořené těleso do kapaliny, je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny vytlačené. V praxi se postupuje tak, že se zjistí hmotnost dřeva na vzduchu a ve vodě a následně se z těchto hodnot udělá rozdíl. (Štipl, 2000)

Štipl (2000) dále také uvádí, že obě tyto metody stanovení objemu dříví jsou náročné,

a proto je lze použít jen pro výzkumné účely.

Váhové metody lze podle Štipla (2000) dělit na Atro metodu a Lutro metodu zjišťování objemu dříví.

Měření pomocí atro metody se provádí u méně cenných sortimentů, protože je potřeba odebrat vzorek dřeva z jednotlivé dodávky. Pro odběr vzorku se použije zápich motorovou pilou, při kterém jsou zachytávány piliny, na kterých probíhá měření. Měřením je zjištěna hmotnost, podíl sušiny ve vzorku. Dále je k tomuto měření potřeba váha nejlépe nájezdová, na které je zjištěna hmotnost nákladu (netto). Nejprve je zvážen dopravní prostředek naložený (brutto) a po složení je zjištěna hmotnost prázdného dopravního prostředku. (tára). Následně se pomocí výpočtu zjistí objem dříví. Hmotnost nákladu je vynásobena podílem sušiny a vydělena hustotou dřeva v suchém stavu pro příslušnou dřevinu. (Štipl, 2000)

Měření pomocí lutro metody je výhodné při velkoplošném hospodaření v lesích, kde se těží na současně velkých plochách. Dříví je následně dodáváno v krátké době. To znamená s téměř vyrovnanou vlhkostí. Hmotnost se na objem převede pomocí převodních čísel (podle oblasti, dřeviny, ročního období). (Štipl, 2000)

Korf a kol. (1972) uvádějí dělení na různé fyzikální způsoby krychlení dřeva:

Xylometrický způsob

Hydrostatický způsob

Podle objemové váhy

Kombinovaný způsob

Zmíněný autor také popisuje xylometrický způsob, který se výrazně neliší od způsobu popisovaného Štipllem (2000). Korf a kol. (1972) se zmiňují i o hydrostatickém způsobu měření. Tuto metodu popisují podobně jako Štipl (2000).

Určení podle objemové váhy dřeva. Autor uvádí, že objemová váha dřeva je váha jednotky objemu dřeva např.  $\text{g/cm}^3$  a zjišťuje se podílem váhy dřeva k objemu toho samého vzorku dřeva při určité vlhkosti. Dále autor uvádí, že výsledky této metody jsou velmi přibližné. (Korf a kol. 1972)

Korf a kol. (1972) uvádí poslední metodu, a to kombinovaný způsob. Kombinovaný způsob spočívá v tom, že z celého dřeva (sortimentu), u kterého zjišťujeme objem, se

vyrobí a zváží vzorek s průměrnými vlastnostmi dřeva. Objem dřeva se potom vypočítá tak, že objem celého dřeva se rovná hmotnosti celého dřeva násobené objemem vzorku dělené hmotností vzorku

Korf a kol. (1972) uvádějí, že všechny fyzikální způsoby krychlení dřeva mají význam pro vědecké účely. V lesnické praxi se podle těchto autorů nepoužívají.

Janák a kol. (2006) zmiňují i xylometrickou metodu, kdy princip spočívá ve složení celé dodávky do bazénu s vodou, objem se následně zjistí podle úrovně hladiny na vodoznaku. Zároveň může tato metoda měření fungovat jako mokrá ochrana dříví. S touto metodou jsou také spojeny různé problémy, jako jsou vysoké náklady na výstavbu, udržování čistoty bazénu, velká spotřeba vody, nepřesnost v odečtu objemu a problematická kontrola kvality dodaného dříví. Jedná se o severskou metodu. U nás tato metoda není zavedena.

Hmotnostní přejímce se také věnuje Kolektiv (2007), který dělí jednotlivé metody na Atro a Lutro. Hmotnostní přejímka je určena pro dříví kvality IV., V. a VI. jakostní třídy a dezintegrované dříví.

Lutro metoda – měření dříví podle hmotnosti v čerstvém stavu. Zjistí se váha v čerstvém stavu každé dodávky (rozdíl hrubé váhy vozidla s nákladem a váhy samotného vozidla). (Kolektiv, 2007)

Atro metoda – měření dříví podle hmotnosti v suchém stavu. Zkušební vzorkem pro hmotností přejímku v suchém stavu jsou piliny odebrané z každé dodávky. Vzorek se odebírá ihned po zjištění váhy dodávky v čerstvém stavu. Vzorek se odebírá motorovou pilou s neustále ostrým řetězem, který je stejně napnutý, z nejméně 10 kusů dřeva, u drážních vozidel nejméně z 15 kusů dřeva. Odebírá se vzorek pilin nejméně 2 litry. Ze vzorku se zjistí podíl sušiny podílem hmotnosti vzorku v suchém stavu (vysušeno při teplotě 105 °C po dobu 10 hodin) a hmotnosti vzorku v čerstvém stavu. Následně je hmotnost dodávky v čerstvém stavu vynásobena podílem sušiny. Tímto výpočtem je získána suchá váha Atro. (Kolektiv, 2007)

Váhovou přejímku dříví Atro a Lutro metodu zmiňují Ondráček a Janák (2008). Dále se zmiňuje jako u předchozích autorů, že jsou tyto metody vhodné pro méně cenné dříví. Lutro metoda je podle Ondráčka a Janáka (2008) hmotnost v čerstvém stavu každé dodávky měřená obdobně, jako uvádějí ostatní autoři. Ondráček a Janák (2008) dále také uvádějí, že objem dříví podle hmotnosti je závislý na hustotě dřeva a na podílu vody



ve dřevě. Dále také uvádějí možné rozdíly způsobené ročním obdobím popř. skladováním dřívím, které lze eliminovat pravidelnými dodávkami po celý rok z jedné oblasti. Tím se sníží rozdíly ve vlhkosti dřeva, které by mohly vzniknout.

Atro metodu Ondráček a Janák (2008) popisují, stejně jako je uvedeno v publikaci Kolektiv (2007) včetně odběru a zpracování vzorků. Dále tito autoři uvádějí, jak stanovit objem dříví podle této metody. Takto se z vypočítané atro váhy vypočítá objem dříví.

Neruda a kol. (2013) uvádí dělení také na Atro metodu a Lutro metodu. Zjišťování objemu pomocí lutro metody je obdobné jako v publikaci Kolektiv (2007) Atro metodou je také podobná. Neruda a kol. (2013) se na Kolektiv (2007) odvolávají ve věci odběru a zpracování vzorku. Oproti Kolektivu (2007) zde autoři uvádějí, že může být problém s kolísající měrnou hmotností, při kterých může docházet k velkým rozdílům v evidovaném množství dříví.

Janák a kol. (2006) uvádějí, že u lutro metody se objem dříví stanovuje ze zjištěné hmotnosti v surovém stavu a dohodnutých přepočtových koeficientů. Dále se plně ztotožňují s Ondráčkem a Janákem (2008).

Atro metodu Janák a kol. (2006) definují stejně jako Ondráček a Janák (2008). Dále uvádějí, že se objem dříví v metrech krychlových získá vydělením zjištěné hmotnosti dříví (suché – atro, čerstvé – lutro) smluvně stanoveným hmotnostním koeficientem. Ten vyjadřuje hmotnost v kg na 1 m<sup>3</sup> pro danou dřevinu.

Dejnožka (2001) uvádí problém v rozdílnosti měření objemu dříví dodavatelů a odběratelů. Díky tomuto rozdílnému měření vznikají rozdíly mezi dodaným množstvím dříví podle dodacího listu a přijatým dřívím odběratelem. Odběratelé přesně zjišťují množství dřeva, a to je zároveň chrání před nákupem a evidencí mank. Podle tohoto autora vznikají problémy většinou objektivním rozdílem měření nebo odlišným způsobem zjišťování objemu, dále také subjektivním rozdílem způsobeným nekvalitním měřením s velkou chybovostí při výrobě. Problémem může také být úmyslně deklarováno větší množství dříví na dodacím listě. Zmíněný autor dále uvádí, že používané váhové metody (atro nebo lutro) jsou většinou použity pro vlákninové dříví a elektronická přejímka dříví podle jednotlivých kusů především pro pilařské výřezy. Dejnožka (2001) dále nabízí řešení, jak tento problém řešit. Nejjednodušším řešením by bylo akceptovat objem převzatého dříví do lesnické evidence.

Vaca (1999) uvádí možnost nahrazení objemové přejímky váhovou přejímkou dřeva

u méně cenných sortimentů pro výrobu celulózy, dřevotřísek apod. Dále také uvádí dělení na atro a lutro metodu. S měřením a zjišťováním objemu pomocí lutro metody se ztotožňuje s předchozími autory. Dále uvádí, že tato metoda má výhody u celoročního příjmu od jednoho subjektu, kvůli vyrovnanosti vlhkosti. Toto může způsobit, že menší dodavatelé přeměrují své dodávky do zimního období, kdy je vyšší vlhkost dříví a dojde k vyššímu zpeněžení dříví a může dojít ke zvýšení nákladů na výkup dřevní hmoty.

Zmíněný autor dále popisuje stanovení objemu dříví pomocí atro metody. Zde se také průběhem měření ztotožňuje s předchozími autory. Vaca (1999) zde uvádí odběr vzorku pro změření obsahu sušiny 4 – 5 gramů. Toto tvrzení vyvrací Černín (1999), který uvádí množství podle rakouských uzancí pro prodej dříví 100 g, dále uvádí, že hmotnost vzorku odebíraného v Kronospanu se pohybuje mezi 100 – 150 g.

Vaca (1999) také uvádí, že je možné nahradit měření podílu sušiny pomocí vysoušení vzorku, elektronickými vlhkoměry, kterými je zjištěna vlhkost dodávky. Tento autor dále také uvádí, že odpadá problém s ročním obdobím dodávky a s tím spojené rozdílné vlhkosti dodávaného dříví.

Černák (1979) uvádí, že došlo od 1. 1. 1979 k realizaci váhového měření a přejímky paliva v prostorových mírách u Jihoslovenských celulózek a papíren v Štúrove. Tento druh přejímky byl proveden na základě dlouhodobého měření z předchozích čtyř let, při kterém bylo změřeno 10000 zásilek s objemem 320000 prm dřevní hmoty. Při tomto čtyřletém měření byly zjištěny průměrné hodnoty objemové hmotnosti přirozeně proschlého dřeva a průměrné hodnoty podílu sušiny. Tyto hodnoty byly použity pro následné přejímání dříví od roku 1979.

Porovnáním jednotlivých vzorců (metod) zjištění objemu se zabývali Korf a kol (1972). Korf a kol (1972) dále také uvádějí, že je potřeba porovnávat jednotlivé výsledky výpočtu podle vzorců s výsledkem, který považujeme za „přesný“. Při výpočtu podle sekčí byl, byl jako přesný zvolen výpočet podle Newton – Rieckeého vzorce. K výsledkům tohoto vzorce byly porovnány výsledky podle ostatních vzorců. Tito autoři vycházeli z výsledků jiných autorů rozdělených podle národnosti. Hlavní dělení bylo na zahraniční autory a autory československé. Výsledky zahraničních autorů lze podle Korf a kol. (1972) považovat pouze za orientační z důvodu použití malého počtu měření. I když z jejich výsledků lze za nejpřesnější metodu pokládat xylometrickou metodu, dále Newton – Rieckeého vzorec a nakonec Huberův vzorec podle sekčí. Z československých autorů podle Korf a kol. (1972) je nejpřesnější Newton – Rieckeého vzorec, který byl použit jako

„přesný“ objem a k němu byl porovnáván výsledek podle Huberova vzorce podle sekci jeden metr dlouhých. Newton – Rieckeho vzorec nedává o moc lepší výsledky, proto je možné použít Huberovu metodu podle sekci s délkou sekce 1 nebo 2 metry. Dále se Korf a kol. (1972) zabývali přesností jednoduchých kubírovacích vzorců. Jak uvádí Korf a kol. (1972) Většina ze zjištěných autorů se věnovala Huberově vzorci, který je pro svou jednoduchost nejpoužívanější. Bylo zjištěno, že velká část autorů přišla na to, že je Huberův vzorec nepřesný a nedokáže vystihnout morfologickou křivku kmene. Různí autoři například Kunze navrhoval převodní faktor na úpravu výsledků. Glaser navrhoval, aby se tloušťka neměřila ve středu, ale aby bylo místo měření určeno podle dřeviny. Z našich autorů se podrobně tímto problémem zabýval, jak uvádí Korf a kol. (1972) Korsuň. Ten přišel na problém se zaokrouhlováním při měření tloušťky. Korsuň dále přišel na to, že by při měření tloušťky mělo dojít k zaokrouhlování od 0,5 cm výše nahoru a do 0,5 cm dolů.

Dále Korf a kol. (1972), Štipl (2000) i Simanov a Kohout (2004) uvádějí, že Huberův vzorec v oddenkové části výsledek podhodnocuje o 4% a ve vrškové části naopak nadhodnocuje o 5 %.

Fiala (2010) porovnává ve své práci metodu výpočtu podle Smalianova vzorce, Huberova vzorce a švédskou metodu oproti Newtonově metodě. Toto porovnání prováděl na dubových a bukových výřezech 2m, 4m, 6m a 8m. Ve všech případech měření výpočet podle Huberova vzorce podhodnocoval objem oproti Newtonově metodě. Smaliánův vzorec vždy nadhodnocoval objem oproti Newtonově metodě a výpočet podle švédské metody vždy nadhodnocoval kromě osmi metrových výřezů, jak u buku, tak u dubu.

Kolář (2009) uvádí nový způsob přejímky dříví vyvinutý firmou Woodtech. Tato firma vyvinula laserový způsob přejímky. Laserová přejímka dříví se provádí v zemích Jižní Ameriky. Tento způsob přejímky pracuje na snímání vozidla i s nákladem (odvozní souprava) pomocí zařízení Logmetr (3D laserové snímací zařízení) a pomocí algoritmu firmy Woodtech dojde k výpočtu objemu v prostorových metrech a v plnometrech. Na tento druh přejímky zpracovala švédská univerzita přímo v Chile studii na ověření přesnosti, efektivity a možnosti použití v evropských zemích. Při studii byly měřeny kmeny eukalyptu pomocí pásma a průměrky a následně byly naloženy na odvozní soupravu a změřeny Logmetrem. Přesnost při použití Logmetru byla vyšší než za použití koeficientu na přepočítání z prostorové míry. Jak uvádí autor výhodou tohoto systému je možnost skenování vlákninových výřezů, krácených výřezů, kmenů v celých délkách, ale

i dezintegrovaného materiálu, jako je štěpka, piliny, kůra a další biomasa. Důležitá je rychlost tohoto měření. Autor uvádí denní kapacitu, která je odhadována na 960 odvozních souprav.

Nováková (2009) uvádí měření pomocí systému „sScale“ od firmy Dralle Hoersholm/DK. Jedná se o mobilní měřicí systém umístěný na střeše vozidla, který je schopný vyhodnotit údaje o hrani přímo z vozidla. Vozidlo projede pomalu kolem hraně přímo na odvozním místě. Systém díky snímání převede rozměry hraně na objem a díky trojrozměrnému modelu systém vyhodnotí množství dříví, počet kusů, průměry a délky kmenů. Díky navigačnímu systému je vyhodnocena i poloha hraně. Celé toto měření je vyhodnoceno za 5 minut. Tento způsob měření zatím probíhá pouze u státních lesů Dánska. Autorka dále uvádí, že odchylka při kontrolním měření vzhledem k referenčním hodnotám je maximálně 2 %. Důležité je také to, že se snížily náklady na měření množství dříví se zavedením systému „sScale“ o jednu třetinu.

Verifikací metody zjišťování objemu pomocí systému sScale se zabýval ve své práci Zbytovský (2011). Dle výsledků tohoto autora došlo k rozdílu oproti metodě zjišťování objemu dříví podle Huberova vzorce k nadhodnocení 6,40 % a oproti metodě zjišťování objemu podle Smalianova vzorce došlo k nadhodnocení pouze o 1,35 %.

Tab. 14: Využití jednotlivých metod v praxi.

Metoda	Použití v praxi
Krychlení dlouhého dříví po jednotlivých kusech	nejpoužívanější metoda
Krychlení dlouhého dříví po sekcích	přesnější, ale měření většího počtu dat
Krychlení rovnaného dříví	používaná metoda
Xylometrický způsob krychlení dříví	pouze vědecké účely
Hydrostatický způsob krychlení dříví	pouze vědecké účely
Váhová metoda krychlení dříví	používá se především pro jakostní třídu IV, V, VI
Logmetr a sScale	v ČR se nepoužívá

Většina uvedených literárních zdrojů udává, že nejpožívanější metodou zjišťování objemu dříví je výpočet objemu podle Huberova vzorce, a to pro jeho jednoduchost. Jeho nepřesnost je podle autorů způsobena především neschopností vystihnout morfologickou křivku kmene, a tvar kmene je zjednodušen do podoby válce. Krychlením dříví po sekcích

se zabývaly pouze dvě publikace. Z toho lze usoudit, že o tuto metodu jako takovou není příliš velký zájem. Přesnost je v tomto případě vykoupena velkým množstvím měření dat. Z metod fyzikálního krychlení dříví je nejpřesnější xylometrický způsob krychlení dříví. Tato metoda je pro svou náročnost využívána jen pro vědecké účely. Xylometrický způsob měření objemu dříví je označen jako jeden z nejpřesnějších způsobů zjišťování objemu dříví.

Další fyzikální metodou zjišťování objemu dříví, která je používána především pro méně cenné dříví (IV., V., VI. jakostní třída), je váhová metoda. Váhová metoda ať je přesná za použití vhodné hustoty dřeva a přesného stanovení vlhkosti, podílu sušiny. Váhová metoda luto závisí především na vhodně stanovených přepočtových koeficientech, popřípadě měření a zjištění jednotlivých přepočtových koeficientů pro daný porost, oblast. U váhové metody luto je také důležitá vyváženost dodávek během celého roku, kvůli vlhkosti dřeva v různých obdobích roku. Dále byly zjištěny pro Českou republiku metody spíše experimentálního charakteru: laserové měření pomocí Logmetru a měření hrání pomocí systému sScale. Měření Logmetrem se provádí v Jižní Americe, výrobce udává možnost měřit i dezintegrované dříví. Jestli lze tímto zařízením měřit i rozštípané dříví nebylo zjištěno. Měření objemu dříví za využití systému sScale bylo v České republice ověřeno. Měření pomocí sScale nadhodnotilo objem o 3,5 % oproti elektronickému měření. Měření za využití tohoto systému se používá především v Dánsku.

### **3.5 Poměry na Školním polesí Valšovice**

Celý lesní hospodářský celek (dále jen LHC) se nachází v přírodní lesní oblasti č. 37 Kelečská pahorkatina. Výměra celého LHC je 1004,03 ha. Z této výměry zaujímá 97,6% porostní půda, tedy 980,25 ha, 0,9% bezlesí tedy 9,47 ha a 1,5% tvoří jiné pozemky tedy 14,31 ha. Oblast LHC se rozkládá na rozhraní Oderských a Hostýnských vrchů. Průměrná nadmořská výška tohoto LHC je 300 – 400 m n. m. Nejvyšším vrcholem oblasti LHC je Maleník o nadmořské výšce 479 m n. m. Nejnižší bod se nachází v severní části LHC u břehu řeky Bečvy a jeho nadmořská výška činí 240 m n. m. (Kolektiv, 2011)

Z pedologického hlediska na LHC převažují hlinitopísčité až písčitohlinité hnědozemě. Klimaticky LHC spadá do oblasti mírně teplé, mírně vlhké a s mírnou zimou. Průměrná

roční teplota je 7 – 8 stupňů Celsia. Průměrné roční srážky dosahují 600 – 700 mm. Převládající jsou JZ – Z – SZ větry. Celá oblast LHC spadá do úmoří Černého moře a náleží k povodí řeky Bečvy. (Kolektiv, 2011)

Na LHC je skoro stejné zastoupení dřevin listnatých i dřevin jehličnatých. Plošné procentuální zastoupení dřevin je 53,14 % jehličnatých dřevin a 46,86 % dřevin listnatých. Největší plochu zaujímá buk lesní (*Fagus sylvatica*) 38,09 % následovaný smrkem ztepilým (*Picea abies*) 28,47 %, modřínem opadavým (*Larix decidua*) 15,23 %, Dubem zimním (*Quercus petraea*) 3,78 % a lípou srdčitou (*Thylia cordata*) 2,76 %. Zásoba jednotlivých dřevin s největším zastoupením je BK 112385 m<sup>3</sup>, SM 81307 m<sup>3</sup>, MD 62383 m<sup>3</sup>, DBZ 11023 m<sup>3</sup> a LP 7011 m<sup>3</sup>. (Kolektiv, 2011)

Největší zastoupení na LHC má 4. lesní vegetační stupeň bukový. Jeho výměra je 685,22 ha což je 67,76 %. Druhým nejvíce zastoupeným je 3. lesní vegetační stupeň. Jeho výměra je 297,05 ha, tedy 30,24 % z porostní půdy. Trofické řady s nejvyšším zastoupením jsou řada živná a řada obohacená humusem javorová. Nejvíce zastoupenými soubory lesních typů jsou 4B – bohatá bučina, 3B – bohatá dubová bučina a 4D obohacená bučina. Nejzastoupenějšími hospodářskými soubory jsou HS 45 – živná stanoviště středních poloh a HS 41 – exponovaná stanoviště středních poloh. (Kolektiv, 2011)

➤ **Mechanizace používaná na Školním polesí Valšovice při výrobě štípaného palivového dříví**

- Kontejnerový nosič                   Liaz-80-11
- Automatický štípací stroj       BGU Maschinen KSA 370 Automat
- Čelní nakladač                       Volvo L35B Pro
- Motorová pila                         Husqvarna 272 XP
- Traktorová vlečka                   4,13 m<sup>3</sup>
- Kontejner                               14,54 m<sup>3</sup>

→ **Kontejner zhotovený na kontejnerový nosič Škoda Liaz (Antoňů, 2012)**

Výrobce	KOVEX s.r.o. Slušovice
Celkový objem	14,54 m <sup>3</sup>
Hmotnost	1350 kg
Nosnost	10000 kg
Rozměry	1400 x 2200 x 4790 (se zvýšenými bočnicemi)



Obr. 2: Kontejner na prodej štípaného dříví

→ **Čelní nakladač Volvo L35B Pro (<http://www.volvoce.com>)**

Výrobce	Volvo
Motor	Volvo D3.6D
Max. výkon SAE J1995 celkový	59 kW (80 hp)
Max. výkon SAE J1349 užít	56 kW (77 hp)
Max. moment SAE J1995 užít	240 Nm
Max. rychlost, forward/reverse	30 km/h
Prolamovací síla	60.5 kN
Klopné zatížení, přímý směr (ISO/DIS 14397-1)	4950 kg
Klopné zatížení, úplné otočení 40° (ISO/DIS 14397-1)	4350 kg
Objem lopaty	0,9 - 1,2 m <sup>3</sup>
Provozní hmotnost	6250 kg

K čelnímu nakladači je používáno další přídatné zařízení, jako je čelní drapák a nakládací vidle. Čelní drapák je na ŠP Valšovice používán především k přepravě dříví a nakládání dříví. Rozmanipulované dříví je dopraveno z místa manipulace na zásobník dlouhých polen ke štípacímu stroji, popřípadě je dříví transportováno na místo uložení dříví. Nakládací vidle jsou na ŠP Valšovice využívány především k transportu palet, na které je dříví po naštipání rovnáno, popřípadě jsou na paletu rovnány pytle s naštipaným dřívím.

→ **Motorová pila Husqvarna 272 XP** (<http://www.husqvarna.com>)

Objem válce	72,2 cm <sup>3</sup>
Vývrt válce	52 mm
Zdvih válce	34 mm
Maximální výkon / otáčky	3,6 kW / 9300 ot/min
Zapalování	ELEKTROLUX ET
Karburátor	TILLOTSON HS 260
Délka lišty	38 – 51 cm
Rozteč řetězu	3/8"
Šířka vodící drážky	1,5 mm
Maximální otáčky motoru	13500 ot/min
Hmotnost	6,3 kg
Hmotnost včetně lišty a řetězu	7,3 kg

→ **Automatický řezací a štípací stroj BGU Maschinen KSA 370 Automat**

(<http://www.bgu-maschinen.de>)

Pohon	vývodový hřídel
Potřebný výkon traktoru	cca 28 kW
Otáčky vývodového hřídele	420 – 450 ot/min
Maximální průměr kmene	370 mm
Délka štípání	200 – 600 mm lze nastavit
Délka lišty řetězové pily	400 mm
Lišta pily / řetěz	3/8" / 1,5 / 57 TG
Zásoba oleje	50 l
Výkon	4 – 6 prostor. m / h
Délka dopravníku	3500 mm



Nakládací výška dopravníku max.	2700 mm
Transportní poloha	2820 x 1200 x 2220 mm
Hmotnost	810 kg
Štípací síla	9 t
Transport	Tříbodový závěs

Ke štípacímu stroji KSA 370 Automat je použit zásobník pro uložení a podávání 4 m dlouhých kmenů.

Štípací stroj je na manipulačním skladě umístěn pod přístřeškem. Jeho pohon je zajištěn vývodovým hřídelem od elektromotoru. Tento štípací stroj může být také nesen na tříbodovém závěsu traktoru a může být poháněn vývodovým hřídelem z traktoru.

Výhodou tohoto stroje je obzvláště tichý provoz díky použití řetězové pily na krácení, vysoký výkon hydraulického čerpadla 45 l/min, který zaručuje vysokou rychlost štípaní, dvě hydraulické pumpy, oddělené olejové okruhy. První pro štípací píst 45 l/min a druhý pro řezací agregát a hydraulický podávací pás 30 l/min. Další výhodou je stop páka pro přerušování štípaní, pro vyšší bezpečnost a multifunkční ovládání páka pro 4 pracovní kroky. (<http://www.bgu-maschinen.de>)



Obr. 3: Štípací stroj KSA 370 Automat se zásobníkem na dlouhé dříví



Obr. 4: Pásový dopravník pro transport poštípaného dříví do kontejneru

## 4. Materiál a metodika

Celé získávání dat probíhalo na manipulačním skladě Školního polesí Valšovice, kde je umístěn i štípací stroj.

Z dostupných metod zjišťování objemu štípaného dříví byly vybrány tři metody. Metoda měření dříví v celých délkách – výpočet objemu podle Huberova vzorce, metoda počítačové analýzy obrazu a váhová metoda atro. Metody lze rozdělit z hlediska jejich časového použití na metody měření objemu dříví před rozštípáním (v celých délkách) a metody zjišťování objemu dříví po rozštípání.

### Metoda výpočtu objemu podle Huberova vzorce.

Touto metodou byl zjištěn objem před rozštípáním jednotlivých kusů dřeva (kmenů). U jednotlivých kmenů byla změřena délka a průměr ve středu délky tohoto kmene. Po zaznamenání těchto hodnot mohl být kmen rozštípan. Z těchto zaznamenaných hodnot byl podle Huberova vzorce vypočítán objem měřeného kmene.

### Metoda počítačové analýzy obrazu.

Během měření byly získány fotografie hraní rovnaného dříví. Tyto fotografie byly zpracovány počítačovou analýzou obrazu. Počítačový program pomocí podobné barevnosti pixelů provede výběr, který je následně upraven. Za použití počítačového programu byla z tohoto výběru a měřítka umístěného na fotografii měřena plocha čel, popřípadě koeficient zaplnění jednotlivých hraní rovnaného dříví.

### Váhová metoda atro.

Atro váhová metoda zjišťování objemu dříví byla založena na zjištění hmotnosti dříví ve vysušeném stavu, která byla následně vydělena hustotou dřeva. Nejprve byla zjištěna hmotnost dříví v čerstvém stavu. Z tohoto množství dříví se odebral vzorek pro zjištění podílu sušiny (absolutně suché dřevo). Tento postup může být nahrazen měřením vlhkosti dřeva vlhkoměry. Zjištěný podíl sušiny se přepočítal na celé množství dříví. Takto byla zjištěna hmotnost sušiny v daném množství dříví. Tato hmotnost sušiny byla následně vydělena hustotou dřeva. Hustota dřeva byla určena podle dřeviny v měřeném dříví.

**Pro měření v této diplomové práci byly použity tyto pomůcky:**

Štípací stroj KSA 370 automat

Pásmo

Průměrka

Zápisník

Odměrná nádoba 5 prm

Rám 2 m x 1,2 m x 0,3 m

Fotoaparát Sony DSLR-A300 se stativem

Závěsná váha OCS – L1 300 kg

Vlhkoměr WHT – 860

Plastový koš

Pro měření byla použita odměrná nádoba o objemu 5 prm. Tato odměrná nádoba měla nahradit při měření velký kontejner a částečně svými rozměry simulovat traktorovou vlečku. Tato odměrná nádoba byla v průběhu měření upravována postupným snižováním objemu. Nejprve byla použita ve velikosti 5 prm, poté byla rozdělena na poloviny a pro měření byla použita jen jedna polovina o velikosti 2,5 prm. Následně byla tato odměrná nádoba 2,5 prm rozdělena na polovinu. Poslední měření probíhalo v nádobě o velikosti 1,25 prm.



Obr. 5: Dřevěná odměrná nádoba o objemu 5 prm.



Obr. 6: Dřevěná odměrná nádoba zmenšená pro měření na 1,25 prm.

#### 4.1 Štípání

Dříví na Školním polesí Valšovice bylo na manipulační sklad dopravováno z odvozních míst na lesním majetku odvozní soupravou. Měřené dříví bylo prodáváno jako dříví listnaté tvrdé. Toto dříví většinou obsahovalo dříví buku lesního (*Fagus sylvatica*) a dubu zimního (*Quercus petraea*). Jako příměs se vyskytovalo dříví jiných listnatých dřevin s tvrdým dřevem, jako habr obecný (*Carpinus betulus*). Dopravované dříví bylo ve formě surových kmenů nebo krácených surových kmenů. Tyto kmeny byly na manipulačním skladě rozřezány (rozmanipulovány) pomocí ruční řetězové motorové pily husqvarna na kusy o délce přibližně 4 metry a tloušťce maximálně 370 mm. Tyto kusy dříví byly pomocí čelního nakladače přemístěny na zásobník dříví, který je umístěný u štípacího stroje. Tento zásobník přivedl dříví až k pásovému dopravníku, který dříví přesunul do štípacího stroje. Zde bylo dříví naštípáno pomocí štípacího klínu a nakráčeno pomocí lišty s řetězem na polena o délce 350 mm, 300 mm a 250 mm. Dříví se nejprve posunulo dopravníkem až po nastavitelnou zarážku (200 – 600 mm), která určovala délku polen. Poté bylo dříví přeřezáno řetězovou pilou umístěnou ve stroji, a toto poleno o požadované délce se gravitačně přemístilo do štípacího prostoru a bylo rozštípnuto. Toto štípání probíhalo pomocí přímočarého hydromotoru, který tlačil poleno proti štípacímu klínu. Takto došlo k rozštípnutí na 2 až 4 štěpiny. Při malém průměru polena bylo ponecháno v celku bez rozštípnutí. Tyto štěpiny byly ze štípacího prostoru transportovány pásovým dopravníkem do připravené odměrné nádoby o objemu 5 prm, 2,5 prm a 1,25 prm. Tato

nádoba byla naplněna a horní část byla manuálně zarovnána stejně jako při prodeji dříví, buďto v kontejneru, popřípadě traktorové vlečce. Naplnění nádoby bylo definováno, tak aby dříví nepřekračovalo stěny této nádoby o více než celou velikost, průměr štěpiny.

## 4.2 Měření dříví před štípáním

Dříví, které bylo dopraveno na manipulační sklad ve formě surových kmenů, popřípadě krácených surových kmenů bylo nakráceno (rozmanipulováno) na jednotlivé kusy dříví o délce zhruba 4 metrů. Tyto jednotlivé kusy dříví byly přemístěny čelním nakladačem na zásobník dříví. Na tomto zásobníku bylo dříví změřeno. Došlo ke změření délky daného výřezu pásmem a změření jeho průměru průměrkou v polovině jeho délky. Dále došlo k určení dřeviny daného výřezu. Tyto údaje byly zaznamenány do zápisníku, který byl pro toto měření sestaven.

Tab. 15: Ukázka terénního zápisníku

bedna č.		datum:		délka:
	dřevina	délka [m]	tloušťka [cm]	objem [m <sup>3</sup> ]
1				
2				
3				

Následně byly tyto hodnoty přepsány do počítačové aplikace Microsoft Excel 2013. Poté byl u každého kusu dříví ze změřené délky a tloušťky vypočítán objem pomocí Huberova vzorce.

$$V_{SK} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \quad [\text{m}^3]$$

( $V_{SK}$  = skutečný objem jednoho kusu dříví [m<sup>3</sup>];  $d$  = průměr kmene v polovině délky [m];  $l$  = délka kmene [m])

Nakonec byla provedena suma všech objemů kmenů jednotlivé odměrné nádoby a byl zjištěn objem dříví v plnometrech dané odměrné nádoby.

### 4.3 Zjišťování objemu dříví po rozštípání

Naštípané dříví bylo manuálně z naplněné odměrné nádoby přemístěno ven a poté narovnáno do rámu o rozměrech 2 m x 1,20 m x 0,30 m. Toto dříví bylo urovnáno jednou osobou. Dříví bylo rovnáno do výšky přibližně 1,20 m. Při tomto rovnání dříví byly měřeny pouze polena a štěpiny dané délky pro konkrétní měření (350 mm, 300 mm nebo 250 mm). Ostatní polena a štěpiny rozlišných délek (abnormální polena) byla vždy měřena zvlášť v posledním rámu daného měření (nádoby) a jejich délka byla zjištěna aritmetickým průměrem. Vždy byl naplněn rám až po výšku 1 m – 1,20 m, popřípadě u posledních ráků, byly polena a štěpiny narovnány do určité výšky (méně jak 1 m). U každého z těchto ráků byl změřen objem rovnaného dříví v prostorových metrech.

$$V_{\text{rov}} = h \cdot \text{š} \cdot d \text{ [prm]}$$

( $V_{\text{rov}}$  = objem rovnaného dříví [prm],  $h$  = výška hráně [m],  $\text{š}$  = šířka hráně [m],  $d$  = délka polen a štěpin [m])

#### 4.3.1 Metoda analýzy obrazu

Použití této metody pro stanovení převodního čísla pro štípané dříví volně sypané se dělilo do dvou hlavních kroků. Vytvoření snímků a jejich následné zpracování.

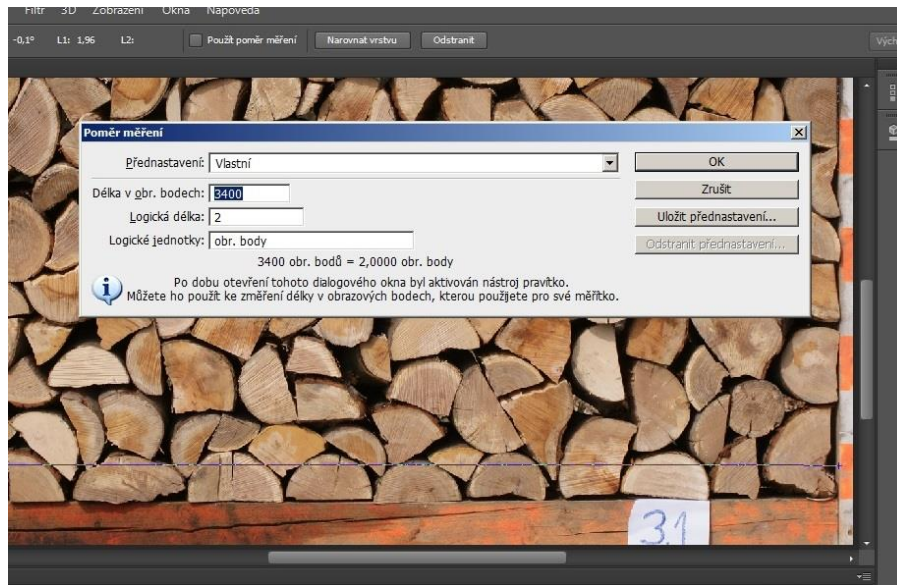
- **Vytvoření snímků pro analýzu obrazu**

U každého jednotlivého ráku narovnaného dříví byla z obou stran pořízena fotografie. Ráky s rovnaným dřívím byly fotografovány z konstantní vzdálenosti ze stativu. Všechny fotografie byly pořizovány fotoaparátem Sony DSLR-A300. Ke každé odměrné nádobě bylo pořízeno 4 – 14 fotografií podle její velikosti. Tyto fotografie byly postupně zpracovávány v programu Adobe Photoshop CC 2014.

- **Stanovení objemu na snímcích hrání štípaných polen.**

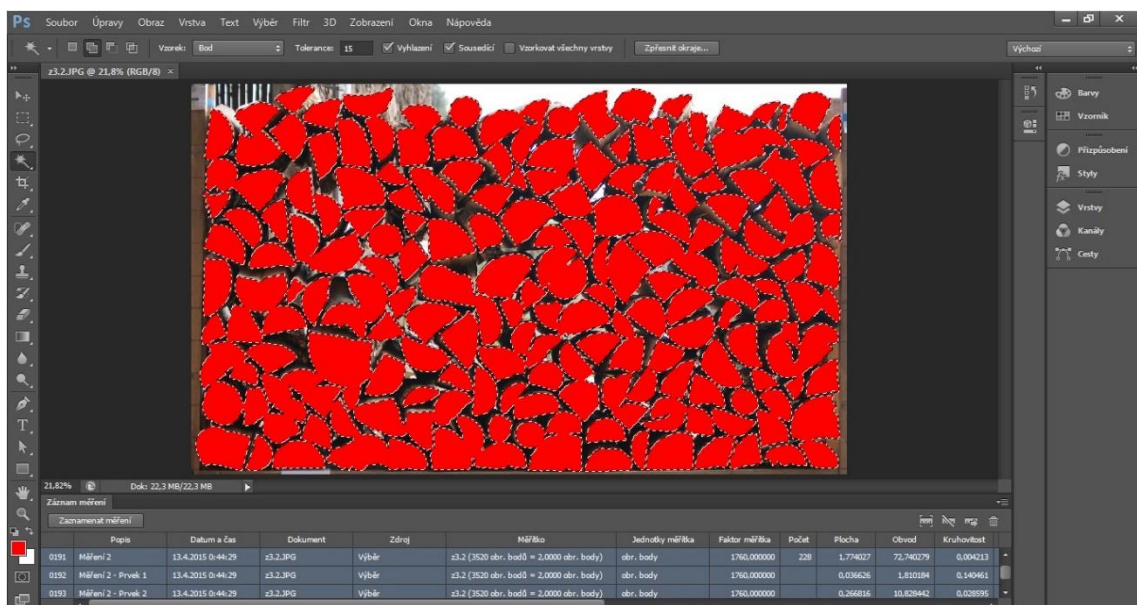
Pořízené snímky byly zpracovány v programu Adobe Photoshop CC 2014. Celé měření lze rozdělit do několika kroků:

Pořízené fotografie byly otevřeny v programu ve formátu „.jpg“. Celé měření probíhalo na každé fotografii zvlášť. Následně byla fotografie ořezána a byla stanovena referenční vzdálenost. V daném případě to byla vzdálenost 2 metry. Pomocí nástroje pravítka byla vytyčena délka dvou metrů v obrazových bodech.



Obr. 7: Určení referenční vzdálenosti.

Dalším krokem bylo za použití nástroje *kouzelná hůlka* při toleranci 30 udělat hrubý výběr. Následně byla tolerance snížena na 15. Nyní bylo potřeba zpřesnit hrubý výběr za použití nástrojů *kouzelná hůlka* při nižší toleranci nebo nástroje *laso* popřípadě nástroje *eliptický výběr*. Při zpřesňování byly použity především nástroje *kouzelná hůlka* a *laso*. Nástroj *kouzelná hůlka* byl použit pro nepřesně označené souvislé plochy jednotlivých čel polen a štěpin a následně pokud bylo potřeba vybrat ještě zbývající části, které nebyly označeny pomocí nástroje *kouzelná hůlka* při souvislém výběru, byl použit nástroj *laso*. Nástroj *eliptický výběr* nebyl používán ve větší míře z důvodu nepřesného tvaru čel jednotlivých polen a štěpin. Zpřesnění bylo potřeba z důvodu rozdílů v barvě pixelů.



Obr. 8: Hotový, zpřesněný výběr pro měření.



Po označení, výběru všech ploch čel jednotlivých štěpin a polen byl použit záznam měření, který byl následně exportován do souboru „.txt“. Program Adobe Photoshop CC 2014 podle zadané referenční vzdálenosti vypočítal označenou plochu.

	Zaznamenaná měření	Zdroj	Měřítka	Jednotky měřítka	Faktor měřítka	Obvod	Plocha	Vývod	Kruhovitost
0191	Měření 2	13.4.2015 0:44:29	z3.2.JPG	Výběr	z3.2 (3520 obr. bodů = 2,0000 obr. body)	obr. body	1,774027	0,740279	0,004213
0192	Měření 2 - Prvek 1	13.4.2015 0:44:29	z3.2.JPG	Výběr	z3.2 (3520 obr. bodů = 2,0000 obr. body)	obr. body	0,266816	1,810184	0,140461
0193	Měření 2 - Prvek 2	13.4.2015 0:44:29	z3.2.JPG	Výběr	z3.2 (3520 obr. bodů = 2,0000 obr. body)	obr. body	0,266816	10,828442	0,028595

Obr. 9: Záznam měření plochy.

Soubor se záznamem měření byl exportován do počítačové aplikace Microsoft Excel 2013. Naměřené plochy byly seřazeny podle jednotlivých odměrných nádob a označeny podle jednotlivých ráků. Z fotografií ze přední strany a z fotografií ze zadní strany rámu byl vypočítán aritmetický průměr plochy pro daný rám. Pro výpočet objemu daného rámu byla použita průměrná plocha. Tato plocha byla vynásobena délkou polen a štěpin dané odměrné nádoby. Takto byl zjištěn objem v plnometrech daného rámu. Sumou objemů těchto ráků byl zjištěn skutečný objem v plnometrech pro konkrétní odměrnou nádobu.

Část měření byla zpracována analýzou obrazu v biometrické laboratoři Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Mendelovy univerzity v Brně. Jednalo se o fotografie pořízené u odměrných nádob, při kterých bylo měřeno dříví s délkou polen a štěpin 350 mm. Výsledky měření jednotlivých převodních čísel pro konkrétní fotografie ráků byly zpracovány v počítačovém programu Microsoft Excel 2013. Pomocí těchto převodních čísel byl zjištěn objem pro jednotlivé ráky. Sumou objemů těchto ráků byl zjištěn skutečný objem jako v předchozím případě.

#### **4.3.2 Váhová metoda**

Dříví narovnané v rámu po vytvoření fotografií bylo postupně váženo v koši závěsnou váhou OCS-L1 300 kg. Hmotnost jednotlivých košů byla zaznamenána. Součtem hmotností jednotlivých košů byla získána hmotnost dříví v jedné odměrné nádobě. Pro využití této metody musela být ještě změřena vlhkost váženého dříví. Pro každou nádobu byly měřeny náhodně vybrané štěpiny obvykle v počtu čtyř kusů od každého druhu dřeviny, které byly v konkrétní nádobě našťipány. Na každém kusu byla měřena vlhkost

na čtyřech místech pro větší přesnost. Vlhkost byla měřena vlhkoměrem WHT – 860. Vlhkoměr pracoval na principu měření elektrického odporu mezi elektrodami (hroty). Vlhkost pro danou odměrnou nádobu byla vytvořena váženým průměrem, kde váhou bylo zastoupení jednotlivých dřevin zjištěné při metodě měření v celých délkách.



Obr. 10. Závěsná váha OCS-L1 300 kg a vlhkoměr WHT – 860. ([www.vahy-pokladny-systemy.cz](http://www.vahy-pokladny-systemy.cz)), (<http://www.tecpel.cz>)

Pro toto měření byla použita tato metoda. Ze zjištěné vlhkosti dřeva, byl zjištěn podíl sušiny v daném množství měřeného dříví. Zjištěná vlhkost tvoří zbytek měřeného dříví. To znamená, že vlhkost a podíl sušiny tvoří 100 %. Dále byla zjištěna hmotnost sušiny v nákladu, vynásobením hmotnosti dříví v jedné odměrné nádobě a podílem sušiny. Potom byla hmotnost sušiny v nákladu vydělena hustotou dřevin, která byla taktéž vypočítána váženým průměrem, kde váhou byla opět dřevina. Pro výpočet byly použity hustoty jednotlivých dřevin podle Bozděch (1984). Pro buk lesní  $575 \text{ kg/m}^3$ , dub zimní  $595 \text{ kg/m}^3$  a habr obecný  $620 \text{ kg/m}^3$ . Pro porovnání bylo zjištění objemu provedeno znovu. Při tomto výpočtu byly vlhkost a hustota stanoveny aritmetickým průměrem. K takto zjištěnému objemu dříví byl přičten objem kůry zjištěný podle vztahu (100/115).

#### **4.3.3 Vlastní výpočty převodních součinitelů rovnaného a sypaného štípaného dříví**

Zjišťování objemu rovnaného dříví a samotná analýza obrazu byla provedena z časových

důvodů a náročnosti zpracování pouze na části měření.

Převodní číslo pro dříví rovnané bylo zjištěno podílem objemu dříví v plnometrech jednotlivých rámu a objemu rovnaného dříví v prostorových metrech. Zjišťování tohoto převodního čísla bylo provedeno pouze u metody zjišťování objemu dříví pomocí počítačové analýzy obrazu.

Převodní číslo pro dříví volně sypané bylo zjištěno z předchozích měření skutečného objemu dříví u jednotlivých metod. Z takto zjištěného skutečného objemu dříví pro jednotlivé odměrné nádoby bylo zjištěno převodní číslo obdobným vztahem jako u převodního čísla pro dříví rovnané.

$$K = \frac{V_{sk}}{V}$$

K – převodní číslo

V<sub>sk</sub> – objem skutečný m<sup>3</sup>

V – objem ložného prostoru odměrné nádoby m<sup>3</sup>

#### 4.5 Hodnocení metod

Zpracování veškerých výsledků a výpočtů bylo provedeno v počítačovém programu Microsoft Excel 2013 a Statistica 12. Pro porovnání jednotlivých metod zjišťování objemu dříví bylo jako hlavní „přesné“ měření označeno měření objemu štípaného dříví před rozštípaním. K výsledkům této metody byly porovnávány výsledky ostatních použitých metod, které byly použity na zjištění objemu dříví v předkládané práci.

Porovnání proběhlo zjištěním rozdílů mezi výsledky jednotlivých metod zjišťování objemu.

U měření, při kterém byla použita odměrná nádoba s velikostí ložného prostoru 5 prm, bylo provedeno zjišťování objemu dříví pro všechny tři délky polen a štěpin. Tyto data byla porovnána z hlediska vlivu délky polen a štěpin na výsledné převodní číslo.

Při ostatních měřeních, kdy byly použity i ostatní velikosti nádoby, bylo hodnocení a porovnávání prováděno pouze při délce polen a štěpin 300 mm. Při tomto hodnocení bylo provedeno porovnání z hlediska vlivu velikosti odměrné nádoby (ložného prostoru) na výsledné převodní číslo.

## 5. Výsledky

Při zpracování diplomové práce bylo provedeno 27 měření. Při těchto měření bylo provedeno 15 měření s délkou polen a štěpin 300 mm, 6 měření s délkou polen a štěpin 250 mm a 6 měření s délkou polen a štěpin 350 mm.

V průběhu měření bylo změřeno 101,25 sprm

Tab. 16: Převodní čísla zjištěná pro odměrnou nádobu 1 – 10 o velikosti 5 sprm.

5 sprm	Odměrná nádoba č.	Výpočet podle Huberova vzorce	Váhová metoda s upravenou hustotou a vlhkostí	Váhová metoda s průměrnou hustotou a vlhkostí	Metoda analýzy obrazu
30 cm	1	<b>0,524</b>	<b>0,602</b>	<b>0,572</b>	<b>0,520</b>
		100%	115%	109%	99%
	2	<b>0,511</b>	<b>0,550</b>	<b>0,533</b>	<b>0,483</b>
		100%	108%	104%	94%
	3	<b>0,512</b>	<b>0,534</b>	<b>0,532</b>	<b>0,501</b>
		100%	104%	104%	98%
	4	<b>0,475</b>	<b>0,519</b>	<b>0,497</b>	<b>N</b>
		100%	109%	105%	-
	5	<b>0,468</b>	<b>0,467</b>	<b>0,450</b>	<b>N</b>
		100%	100%	96%	-
25 cm	6	<b>0,520</b>	<b>0,564</b>	<b>0,545</b>	<b>N</b>
		100%	108%	105%	-
	7	<b>0,504</b>	<b>0,533</b>	<b>0,495</b>	<b>N</b>
		100%	106%	98%	-
	8	<b>0,523</b>	<b>0,497</b>	<b>0,505</b>	<b>N</b>
		100%	95%	97%	-
	9	<b>0,487</b>	<b>0,539</b>	<b>0,565</b>	<b>N</b>
		100%	111%	116%	-
	10	<b>0,562</b>	<b>0,463</b>	<b>0,492</b>	<b>N</b>
		100%	82%	88%	-

Z tabulky lze vyčíst naměřené hodnoty pro jednotlivé metody zjišťování objemu dříví v odměrné nádobě o rozměru 5 sypaných prostorových metrů a délky polen a štěpin 300 mm a 250 mm. V tabulce jsou v některých buňkách uvedeny místo hodnot písmena N.

To znamená, že pro danou odměrnou nádobu nebylo měření podle dané metody provedeno. Jedná se o metodu Analýzy obrazu. Toto měření bylo provedeno pouze na fotografiích ze tří odměrných nádob z důvodu časové náročnosti tohoto měření.

Z tabulky lze vyčíst také rozdíly výsledků mezi jednotlivými metodami. Jednotlivé metody byly porovnány s metodou výpočtu podle Huberova vzorce, která byla určena jako „přesné“ měření 100%. Proto byla od výsledků ostatních metod odečtena hodnota metody výpočtu podle Huberova vzorce. Rozdíly převodních čísel zjištěné pro odměrnou nádobu pomocí váhové metody, u které byly při výpočtu použity hodnoty zjištěné váženým průměrem (hustota dřeviny a vlhkost), nabývaly hodnot od  $-0,100$  do  $+0,078$ , což při tomto měření znamenalo rozdíly od  $-0,5 \text{ m}^3$  do  $+0,39 \text{ m}^3$ . Měření, při kterých byly výsledky zjištěny váhovou metodou, při jejímž výpočtu byly použity hodnoty (hustota dřeviny a vlhkost) získané aritmetickým průměrem, nabývaly hodnot od  $-0,070$  do  $+0,078$ . V tomto případě se jednalo o objem  $-0,35 \text{ m}^3$  do  $+0,39 \text{ m}^3$ .

Tab. 17: Převodní čísla zjištěná pro odměrnou nádobu 11 – 16 o velikosti 2,5 sprm.

2,5 sprm	Odměrná nádoba č.	Výpočet podle Huberova vzorce	Váhová metoda s upravenou hustotou a vlhkostí	Váhová metoda s průměrnou hustotou a vlhkostí	Metoda analýzy obrazu
30 cm	11	<b>0,439</b>	<b>0,306</b>	<b>0,348</b>	<b>N</b>
		100%	70%	79%	-
25 cm	12	<b>0,502</b>	<b>0,481</b>	<b>0,477</b>	<b>N</b>
		100%	96%	95%	-
30 cm	13	<b>0,496</b>	<b>0,412</b>	<b>0,420</b>	<b>N</b>
		100%	83%	85%	-
	14	<b>0,476</b>	<b>0,437</b>	<b>0,426</b>	<b>N</b>
		100%	92%	90%	-
	15	<b>0,472</b>	<b>0,411</b>	<b>0,404</b>	<b>N</b>
		100%	87%	86%	-
	16	<b>0,461</b>	<b>0,381</b>	<b>0,343</b>	<b>N</b>
		100%	83%	74%	-

Z tabulky lze vyčíst naměřené hodnoty pro jednotlivé metody a jednotlivé odměrné nádoby o rozměru 2,5 sypaných prostorových metrů, délky polen a štěpin 300 mm a jedné odměrné nádoby s délkou polen a štěpin 250 mm

Stejně jako v předchozí tabulce, zde nalezneme hodnoty jednotlivých převodních čísel pro dříví volně sypané do odměrné nádoby o velikosti 2,5 sprm. V této tabulce můžeme dále vyčíst rozdíly mezi jednotlivými metodami. Od hodnot jednotlivých metod byla odečtena hodnota převodního čísla zjištěná výpočtem podle Huberova vzorce. Tyto rozdíly u váhové metody s hodnotami zjištěnými váženým průměrem (hustota dřeviny a vlhkost) nabývaly hodnot od  $-0,133$  do  $-0,021$ . Při této velikosti odměrné nádoby se jednalo o objem od  $-0,33 \text{ m}^3$  do  $0,05 \text{ m}^3$ . Rozdíly u váhové metody, při které byly při výpočtu použity hodnoty (hustota dřeviny a vlhkosti) získané aritmetickým průměrem byly v rozmezí  $-0,118$  až  $-0,025$ . Při velikosti nádoby 2,5 sprm se jednalo o objem od  $-0,30 \text{ m}^3$  do  $-0,06 \text{ m}^3$ .

Tab. 18: Převodní čísla zjištěná pro odměrnou nádobu 17 – 21 o velikosti 1,25 sprm.

<b>1,25 sprm</b>	Odměrná nádoba č.	Výpočet podle Huberova vzorce	Váhová metoda s upravenou hustotou a vlhkostí	Váhová metoda s průměrnou hustotou a vlhkostí	Metoda analýzy obrazu
30 cm	17	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>0,458</b>	<b>N</b>
		-	-	-	-
	18	<b>0,518</b>	<b>0,492</b>	<b>0,469</b>	<b>N</b>
		100%	95%	91%	-
	19	<b>0,488</b>	<b>0,465</b>	<b>0,482</b>	<b>N</b>
		100%	95%	99%	-
	20	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>0,441</b>	<b>N</b>
		-	-	-	-
	21	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>0,427</b>	<b>N</b>
		-	-	-	-

Z tabulky lze vyčíst naměřené hodnoty podle jednotlivých metod zjišťování objemu dříví pro odměrné nádoby o rozměru 1,25 sypaných prostorových metrů a pro délky polen a štěpin 300 mm.

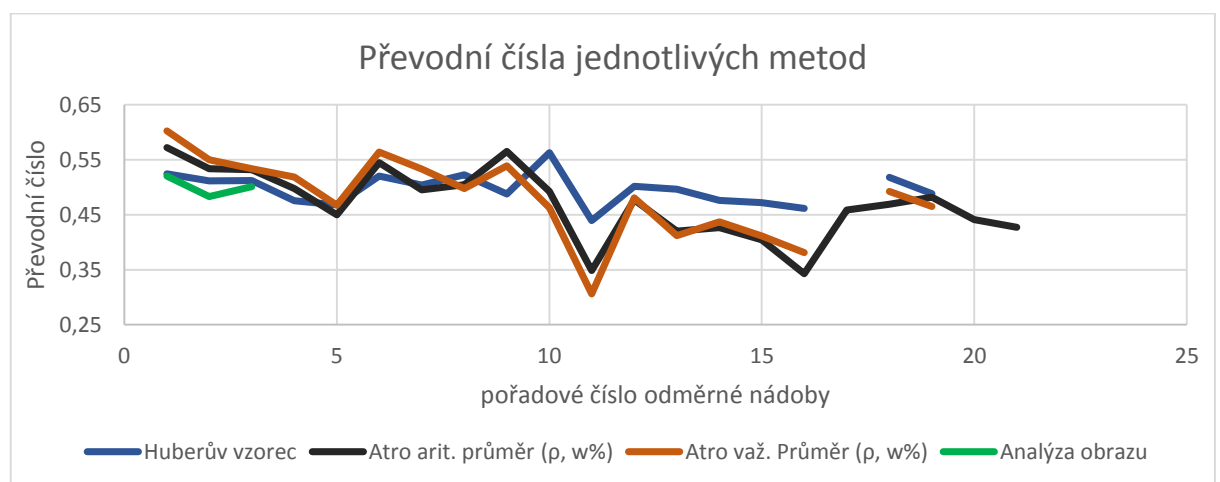
V tabulce je u odměrné nádoby 17, 20 a 21 uvedeno „N“ u metod výpočet podle Huberova vzorce a váhové metody, při které byly použity hodnoty zjištěné váženým průměrem (hustota dřeviny a vlhkost). U odměrné nádoby 18 a 19 tyto hodnoty jsou. U zmíněných tří odměrných nádob bylo z provozních důvodů měření provedeno na již poštípaném dříví, proto nemohlo dojít ke zjištění objemu před rozštípání a není známé ani zastoupení jednotlivých dřevin.

U nádoby 18 a 19 lze porovnat hodnoty naměřené jednotlivými metodami. Porovnání proběhlo jako u předchozích tabulek (porovnáním s „přesnou“ metodou). Rozdíly jednotlivých měření nabývaly hodnot u váhové metody (vážený průměr hustoty dřevin a vlhkosti) od  $-0,026$  do  $-0,023$ . V konkrétním případě to znamenalo rozdíly o objemu  $-0,03 \text{ m}^3$ . Při váhové metodě (aritmetický průměr hustoty a vlhkosti) byly rozdíly od  $-0,049$  do  $-0,006$ . Objemové rozdíly v tomto případě byly od  $-0,06 \text{ m}^3$  do  $-0,01 \text{ m}^3$ .

Tab. 19: Převodní čísla zjištěná pro odměrnou nádobu 22 – 27 o velikosti 5 sprm

5 sprm	Odměrná nádoba č.	Metoda analýzy obrazu
35 cm	22	<b>0,531</b>
	23	<b>0,523</b>
	24	<b>0,512</b>
	25	<b>0,564</b>
	26	<b>0,529</b>
	27	<b>0,532</b>

Z tabulky lze vyčíst naměřená převodní čísla analýzou obrazu. Při tomto měření nebyly použity ostatní metody zjišťování objemu dříví.



Obr. 11: Převodní čísla jednotlivých metod.

Z grafu lze říci, že metoda analýzy obrazu při všech měřeních mírně podhodnocovala výsledky. Obě Váhové metody Atro měly podobné výsledky. Váhová metoda s upravenou hustotou a vlhkostí váženým průměrem podle dřeviny nadhodnocovala 1 – 4, 6, 7 a 9 odměrné nádoby. Váhová metoda s hustotou a vlhkostí stanovenou pomocí aritmetického průměru podle dřeviny nadhodnocovala u odměrné nádoby 1 – 4, 6 a 9. Při ostatních měřeních obě tyto metody podhodnocovaly objem oproti výpočtu podle Huberova vzorce. U odměrné nádoby 5 a 19 došlo pouze k mírnému podhodnocení, jak je patrné z grafu.

Tab. 20: Průměrná převodní čísla

velikost odměrné nádoby, délka polen a štěpin	Výpočet podle Huberova vzorce	Váhová metoda s upravenou hustotou a vlhkostí	Váhová metoda s průměrnou hustotou a vlhkostí	Metoda analýzy obrazu
5 sprm	<b>0,498</b>	<b>0,534</b>	<b>0,517</b>	<b>0,501</b>
30 cm	100%	107%	104%	101%
5 sprm	<b>0,519</b>	<b>0,519</b>	<b>0,520</b>	<b>N</b>
25 cm	100%	100%	100%	-
2,5 sprm	<b>0,469</b>	<b>0,390</b>	<b>0,388</b>	<b>N</b>
30 cm	100%	83%	83%	-
1,25 sprm	<b>0,503</b>	<b>0,479</b>	<b>0,455</b>	<b>N</b>
30 cm	100%	95%	90%	-
5 sprm	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>0,532</b>
35 cm	-	-	-	-

V tabulce 20 jsou uvedena průměrná převodní čísla zjištěná jednotlivými metodami pro různou velikost odměrné nádoby a různou délku polen a štěpin.

Z tabulky 20 lze vyčíst průměrné převodní číslo zjištěné pro nádobu o objemu 5 sprm a délku polen a štěpin 300 mm. Dále lze vyčíst, že převodní číslo bylo váhovou metodou nadhodnoceno oproti výpočtu podle Huberova vzorce. V případě váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí váženým průměrem podle dřeviny došlo k nadhodnocení o 0,036 a u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí bylo převodní číslo nadhodnoceno o 0,019.

Dále lze vyčíst průměrné převodní číslo zjištěné pro nádobu o objemu 5 sprm a délku

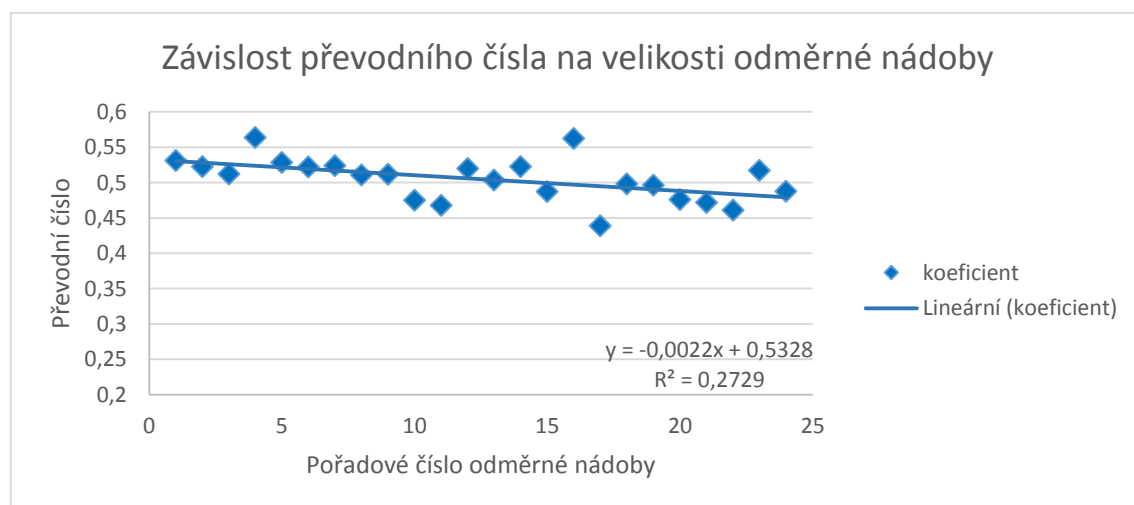


polen a štěpin 250 mm. V tomto případě jsou výsledky jednotlivých metod téměř totožné. Pouze u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí bylo převodní číslo nadhodnocen o 0,001.

Z tabulky lze také vyčíst průměrné převodní číslo zjištěné pro nádobu o objemu 2,5 sprm a délku polen a štěpin 300 mm. Výsledky váhové metody v tomto případě byly podhodnoceny. Rozdíl mezi jednotlivými váhovými metodami byl pouze 0,002. U váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí byl výsledek podhodnocen o 0,081 a u váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí byl výsledek podhodnocen o 0,079 oproti výpočtu podle Huberova vzorce.

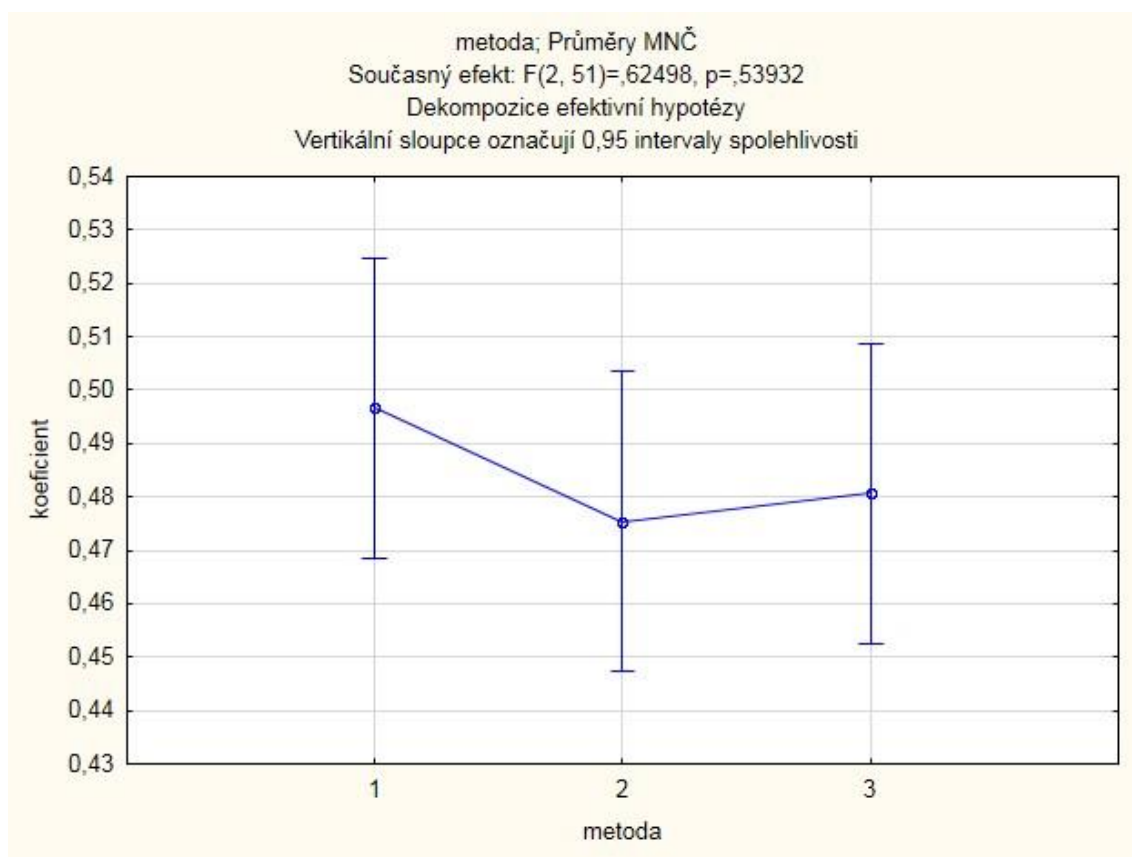
Tabulka také obsahuje průměrné převodní číslo zjištěné pro nádobu o objemu 1,25 sprm a délku polen a štěpin 300 mm. V tomto případě došlo také k podhodnocení výsledků z hlediska váhové metody. U váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí byl výsledek podhodnocen o 0,047 a u váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí byl výsledek podhodnocen o 0,024.

Měření, jehož hodnoty jsou uvedeny v tabulce na posledních dvou řádcích, probíhalo odlišným způsobem. Štípání, rovnání dříví a pořízení fotografií probíhalo obdobně jako u ostatních výsledků. Pouze zpracování fotografií probíhalo jiným způsobem. Při tomto měření byly zjišťovány převodní čísla pro dříví rovnané a následně ze zjištěného objemu rovnaného dříví byl vypočítán objem pro danou odměrnou nádobu. Zpracování fotografií proběhlo v jiném počítačovém programu, než ostatní měření. Toto měření probíhalo pouze metodou počítačové analýzy obrazu.



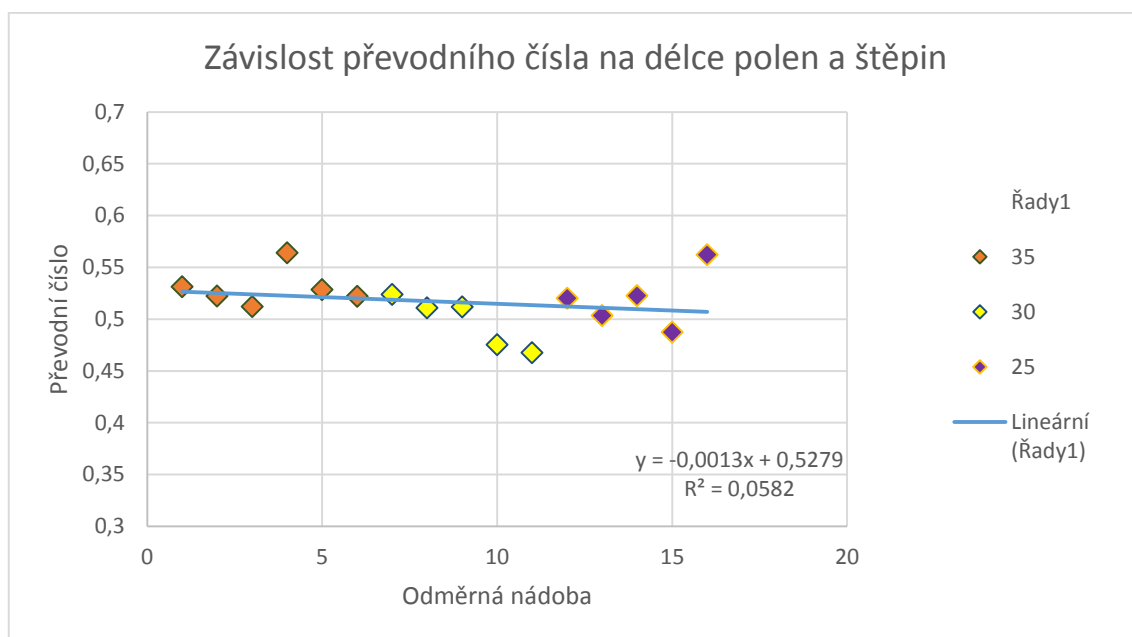
Obr. 12: Závislosti převodního čísla na velikosti odměrné nádoby.

Osa X je tvořena pořadovými čísly jednotlivých měření. Pořadí jednotlivých měření Pořadové číslo 1 – 16 byly odměrné nádoby o velikosti 5 sprm, 17 – 22 byly nádoby s velikostí 2,5 sprm a nádoby 23, 24 byly odměrné nádoby s velikostí 1,25 sprm. Podle uvedeného grafu lze říci, že s klesající velikostí odměrné nádoby klesá i převodní číslo. Toto tvrzení dokazoval Pearsonův korelační koeficient  $r = 0,4979$ .



Obr. 13: Analýzy rozptylu pro jednotlivé metody zjišťování objemu štípaného dříví.

Porovnání jednotlivých metod zjišťování objemu dříví volně sypaného do připravené odměrné nádoby bylo provedeno analýzou rozptylu (ANOVA). Metody byly označeny (metoda přímého měření – 1, váhová metoda – 2, váhová metoda upravená podle zastoupení dřevin – 3). Z uvedeného grafu vyplývá, že mezi převodními čísly zjištěnými jednotlivými metodami není statisticky významný rozdíl.



Obr. 14: Závislosti převodního čísla na délce polen a štěpin.

Uvedený graf byl vytvořen z dat měření pouze na odměrné nádobě o velikosti 5 sprm. Pro tuto velikost nádoby byla zjištěna převodní čísla pro 3 různé délky polen a štěpin, a to 250 mm, 300 mm a 350 mm.

Z uvedeného grafu lze říci, že s klesající délkou polen a štěpin klesá i velikost převodního čísla. Podle Pearsonova korelačního koeficientu  $r = -0,2413$  se jedná o klesající závislost, která není silná.

Tab. 21: Převodní čísla pro dříví rovnané zjištěná pro délku polen a štěpin 300 mm.

číslo rámu	číslo bedny		
	1	2	3
1	0,756	0,752	0,759
2	0,759	0,765	0,789
3	0,750	0,775	0,760
4	0,738	0,755	0,765
5	0,763	0,682	0,738
6	0,727	0,665	0,809
7	0,843	N	N
Σ	5,334	4,394	4,620
průměr bedny	0,762	0,732	0,770
celkový průměr	0,755		

Tyto jednotlivé hodnoty byly zjištěny při měření objemu analýzou obrazu. Jednotlivé

převodní čísla nabývaly hodnot od 0,665 do 0,843. V některých buňkách tabulky 21 je uvedena hodnota N. To bylo způsobeno počtem rámu při měření konkrétní odměrné nádoby. Z nádoby 2 a 3 bylo narovnáno pouze 6 rámu a u nádoby číslo 1 bylo narovnáno rámu 7. Tento rozdíl byl způsoben výškou narovnání dříví v jednotlivých rámech. Převodní číslo pro dříví rovnané délky 300 mm bylo 0,755.

Tab. 22: Převodní čísla pro dříví rovnané zjištěná pro délku polen a štěpin 350 mm.

číslo rámu	číslo bedny					
	1	2	3	4	5	6
1	0,724	0,713	0,746	0,735	0,738	0,774
2	0,737	0,717	0,760	0,749	0,743	0,756
3	0,736	0,744	0,730	0,742	0,732	0,745
4	0,726	0,761	0,739	0,747	0,709	0,736
5	0,717	0,738	0,718	0,730	0,690	N
6	N	N	N	0,729	0,711	0,712
$\Sigma$	3,639	3,671	3,693	4,431	4,324	3,724
průměr bedny	0,728	0,734	0,739	0,739	0,721	0,745
<b>Celkový průměr</b>	<b>0,734</b>					

Jednotlivá převodní čísla byla zjištěna v Biometrické laboratoři Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa Mendelovy univerzity v Brně při analýze obrazu. Jednotlivá převodní čísla nabývala hodnot od 0,690 do 0,774. V některých buňkách byla uvedena hodnota N. Tyto jednotlivé rámy nebyly měřeny pro nedostatečnou výšku hraně v rámu. U těchto rámu bylo při výpočtu převodního čísla pro dříví sypané použito průměrné převodní číslo konkrétní odměrné nádoby. Převodní číslo pro dříví rovnané délky 350 mm bylo 0,734.

Pro porovnání převodních čísel pro rovnané dříví pro délku polen a štěpin 300 mm a 350 mm byl zvolen Dvouvýběrový T-test. Při testu došlo k zamítnutí nulové hypotézy, z čehož vyplývá, že délka polen a štěpin má statisticky významný vliv na převodní číslo pro rovnané dříví.

## 6. Diskuse

Diplomová práce byla zpracována pro zjištění použitelnosti jednotlivých metod a zjištění jednotlivých převodních čísel pro štípané dříví, které je volně sypané do odměrné nádoby. Hlavním problémem je zpřesnění evidence prodaného dříví a také deklarace prodáváného množství dříví zákazníkům.

Porovnání těchto metod jako takových nebylo v literatuře, nalezeno. Většina autorů se zabývala porovnáním pouze v rámci jedné metody popřípadě porovnání více metod, ale v obecné rovině. Například Korf a kol. (1972) a Fiala (2010) porovnávali pouze jednotlivé stereometrické vzorce. Další autoři například Dejnožka (2001) a Vaca (1999) se zabývali obecně rozdíly mezi druhy přejímek (metody zjišťování objemu dříví) a s tím způsobenými problémy s lesnickou evidencí. Ani jeden z autorů se nezabýval konkrétním porovnáním jednotlivých metod, například porovnání váhové metody vůči stereometrickým vzorcům a uvedením jestli metoda nadhodnocuje nebo podhodnocuje výsledky.

V diplomové práci byly uvedeny jako faktory ovlivňující velikost převodního čísla štípaného dříví, které byly ověřeny, délka polen a štěpin, a velikost odměrné nádoby. Pro faktor velikosti odměrné nádoby byly použity tři rozměry. Pro faktor délky byly použity tři rozdílné délky polen a štěpin a měření probíhalo pouze na velikosti odměrné nádoby 5 sprm. Dřevina by mohla být také faktorem, ale z důvodu smíšení štípaného dříví, nebyla dřevina jako faktor ověřena. Z průměrných hodnot pro danou velikost odměrné nádoby a délku polen a štěpin vždy váhová metoda (s průměrnou i upravenou hustotou a vlhkostí) podhodnocovala. Výjimku tvořila měření, při kterých byla použita velikost odměrné nádoby 5 sprm. Při průměrném měření odměrných nádob s 300 mm dlouhými poleny a štěpinami váhová metoda nadhodnocovala o 3,63 % u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí o 6,79 % u váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí. Při průměrném měření odměrných nádob s 250 mm dlouhými poleny a štěpinami, vyšly totožné výsledky pouze u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí byl výsledek nadhodnocen o 0,21 %. Při měření, kdy byla použita odměrná nádoba s velikostí 2,5 sprm došlo při průměrném měření k nejvyššímu podhodnocení, a to u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí o 20,73 % a u váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí o 20,38 %. Při měření, kdy byla použita odměrná nádoba

s velikostí 1,25 sprm došlo při průměrném měření k podhodnocení u váhové metody s průměrnou hustotou a vlhkostí o 10,41 % a u váhové metody s upravenou hustotou a vlhkostí o 5,06 %. Tyto rozdíly mohly být způsobeny především stanovením vlhkosti jednotlivých dřevin, popřípadě volbou hustoty dřeva. Měření vlhkosti probíhalo na 4 kusech náhodně vybraných štěpin při zjišťování hmotnosti dříví. Při náhodném výběru mohlo dojít k tomuto ovlivnění. Dále by tento rozdíl mohl být způsoben hustotou dřeva. Existují různé publikované hodnoty hustot dřeva, které se od sebe liší. Pro toto měření byly použity hodnoty dle Bozděch (1984). S největší pravděpodobností budou rozdíly způsobené touto vlhkostí a rozdílnou vlhkostí v jedné nádobě, jak potvrzuje měření 5 sprm s délkou polen a štěpin 250 mm. Měřením před rozštípáním a měřením hmotnosti by tento rozdíl neměl být způsobem, protože měření prováděla pouze jedna osoba.

#### Porovnání výsledků dosažených v diplomové práci s výsledky jiných autorů.

Pro porovnání jednotlivých převodních čísel (koeficientů) s ostatními autory byla zvolena metoda měření před rozštípáním s výpočtem objemu podle Huberova vzorce. Kolektiv (2007) uvádějí koeficienty pro špalky 25 – 60 cm sypané. Pro toto porovnání byl vypočítán průměr ze všech zjištěných průměrných koeficientů pro všechny měřené délky polen a štěpin. Průměrný koeficient zjištěný v diplomové práci se lišil o 0,004. Koeficient pro dříví rovnané podle Kolektivu (2007) je pro stejnou délku špalků. Průměrný koeficient zjištěný v diplomové práci se lišil o 0,105. Tento rozdíl může být způsobený metodikou zjišťování, také může být rozdíl způsobený zastoupením jednotlivých délek polen a štěpin u koeficientu pro dříví sypané bylo měření provedeno na délkách 25 cm, 30 cm a 35 cm. Koeficient pro dříví rovnané byl v předkládané práci zjišťován pouze pro délku 30 cm a 35 cm. Tento rozdíl může být do jisté míry způsoben rovnáním dříví (pečlivostí měřiče). Kolman uvádí pouze převod mezi koeficienty pro dříví rovnané a sypané, tudíž nelze jeho hodnoty porovnat s výsledky předkládané práce. Šmelko (2003) udává koeficient pouze pro dříví rovnané listnaté a neodkorněné. V porovnání s výsledky této práce je rozdíl 0,205. Tento rozdíl je vysoký, ale jako u přechozích autorů není známa metodika zjišťování tohoto koeficientu a ani délka polen a štěpin, pro kterou je stanoven. Progles s.r.o. uvádí koeficient, jak pro dříví rovnané, tak pro dříví sypané. Koeficient je uváděn pouze pro buk. Koeficient pro dříví rovnané se liší pouze o 0,005 a koeficient pro dříví sypané o 0,044. Dřevo-produkt SV, spol. s r.o. uvádí koeficienty pro dříví rovnané

i pro dříví sypané. Rozdíl koeficientu pro dříví rované je 0,045 a pro dříví sypané 0,084. Rozdíly mohou být způsobené jako u předchozích autorů metodikou zjišťování, ale také tím, že uvedené koeficienty jsou stanoveny pro dříví s délkou polen a štěpin 33 cm. Městské lesy Vysoké Mýto uvádí podobně jako Kolman převod mezi koeficienty pro dříví rované a sypané. Sladký a kol. (2002) uvádí koeficienty, jak pro dříví rované, tak pro dříví sypané. Rozdíly s výsledky této práce jsou pro dříví rované 0,045 a pro dříví sypané 0,094. Bartoš (2009) uvádí koeficienty pro dříví rované i pro dříví sypané. Koeficient pro dříví rované se liší o 0,020 a koeficient pro dříví sypané se liší také o 0,020. U této práce je známá metodika, kdy Bartoš (2009) zjišťoval koeficienty stejnými metodami jako v předkládané práci. Jediný rozdíl oproti předkládané práci je v počtu jednotlivých měření pro různou délku polen a štěpin. Dále metoda analýzy obrazu, kterou Bartoš (2009) použil pro zjištění koeficientu pro rované dříví, byla odlišná. V předkládané práci byl použit na zpracování fotografií program Adobe Photoshop CC a výsledky zpracování fotografií z biometrické laboratoře Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa Mendelovy univerzity v Brně. Bartoš (2009) zpracovával fotografie pouze v biometrické laboratoři Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa Mendelovy univerzity v Brně. Pro zjištění koeficientu sypaného dříví použil pouze metodu měření před rozštípaním. V ČSN 480089 jsou uvedeny převodní čísla pro listnaté, palivové rované, neodkorněné dříví. Rozdíl oproti těmto hodnotám byl 0,205. V ČSN 480090 jsou uvedeny převodní čísla pro rované průmyslové dřevo, pro neodkorněné štěpiny. Rozdíl oproti těmto hodnotám byl 0,135.

U většiny autorů a publikací kromě Bartoš (2009) není známá metodika zjišťování tohoto převodního čísla. Problém může být způsoben, jak samotnou použitou metodou zjišťování objemu, tak u rovaného dříví způsobem rovnání (pečlivost a svědomitost) a u sypaného dříví způsobem plnění odměrné nádoby (kontejneru, vlečky). Dalším problémem může být délka polen a štěpin. Někteří autoři ji neuvádějí vůbec, jiní uvádějí koeficient pro rozpětí délek, a někteří uvádějí pouze jednu délku. Problémem by mohla být i velikost odměrné nádoby. V předkládané práci byla zjištěna závislost velikosti převodního čísla na délce štěpin a polen a na velikosti odměrné nádoby.

### **Použitelnost dosažených výsledků pro provozní praxi.**

Převodní čísla zjištěná v předkládané práci lze s jistotou použít pro evidenci a prodej štípaného palivového dříví na Školním polesí Valšovice.

Převodní čísla zjištěná pro dříví sypané lze použít při prodeji dříví v kontejneru, jelikož má hladké vnitřní stěny bez vyztužení. Při prodeji dříví v traktorové vlečce může dojít ke zkreslení, protože vlečka nemá hladké vnitřní stěny. Diskutabilní je velikost odměrné nádoby (kontejner, vlečka). V předkládané práci byla zjištěna závislost převodního čísla na velikosti nádoby. Při porovnání dosažených převodních čísel s výsledky, kterých dosáhl Bartoš (2009) byly rozdíly 0,020 u koeficientu pro dříví sypané. Tento autor při měření použil jako odměrnou nádobu kontejner, ve kterém je dříví většinou prodáváno. Tento autor koeficient určil průměrem z koeficientů pro různé délky polen a štěpin. V jeho práci byla jako střední délka stanovena 350 mm. V předkládané práci byla střední délka stanovena na 300 mm. Bartoš (2009) dále ve své práci uvádí naměřené koeficienty pro jednotlivé délky. Při porovnání koeficientu v předkládané práci s výsledky tohoto autora pro délku polen a štěpin 300 mm došlo ke snížení rozdílu na 0,015.

Možnost použití autorem DP zjištěných převodních čísel mimo Školní polesí Valšovice je možné za předpokladu dodržení metodiky plnění nádoby, která by měla mít vnitřní hladké stěny.

Použití metod zjišťování objemu štípaného dříví. Metody porovnané v předkládané práci jsou vhodné pro zjišťování objemu dříví. Pro zjišťování koeficientu je většinou použita metoda zjišťování objemu před rozštípnutím. V praxi by bylo možné použít i váhovou metodu při prodeji našťipaného dříví pouze jedné dřeviny a za použití nájezdové váhy, jako při atro přejímce dříví na skladech dřeva. Tato metoda by z tohoto hlediska byla nejméně náročná, problém by mohl nastat při měření vlhkosti a zjišťování podílu sušiny v daném objemu dříví. Bylo by důležité vytvořit reprezentativní vzorek pro toto měření. Dalším problémem by mohlo být stanovení hustoty dřeva pro měřené dříví. Metoda analýzy obrazu je pro praxi nepoužitelná z důvodu potřeby sypané dříví narovnat do hrání. Při použití pro zjištění převodního čísla pro rovnané dříví, by se tato metoda mohla uplatnit, pokud by šlo pouze o měření za účelem zjistit převodní číslo, které bude používáno pro zjištění objemu. Problémem je náročnost počítačového zpracování fotografií.



## 7. Závěr

V diplomové práci byly porovnány metody zjišťování objemu štípaného dříví. Zároveň bylo při tomto porovnání zjištěno převodní číslo (koeficient) pro dříví rované a volně sypané z pásového dopravníku do kontejneru popřípadě traktorové vlečky s délkou polen a štěpin 35 cm, 30 cm a 25 cm.

V předkládané práci byly porovnány 4 metody zjišťování objemu štípaného dříví. Z hlediska použitelnosti se jako nejlepší jeví metoda přímého měření dříví před rozštípáním, dále by za určitých předpokladů mohla být použita i váhová metoda (atro). Metoda analýzy obrazu pro zjišťování objemu štípaného dříví volně sypaného není vhodná pro praxi. Z hlediska přesnosti byla jako „přesná“ metoda stanovena metoda měření objemu dříví před jeho rozštípáním a k ní byly ostatní metody porovnány.

Průměrné koeficienty zjištěné jednotlivými metodami. Koeficient pro dříví sypané byl zjištěn pro 3 velikosti odměrné nádoby. Pro odměrnou nádobu o velikosti 5 sprm a délku polen a štěpin 30 cm byl koeficient 0,498, pro délku polen a štěpin 25 cm 0,519 a pro délku polen a štěpin 35 cm 0,532. Pro nádobu o velikosti 2,5 sprm a délku polen a štěpin 30 cm byl koeficient 0,469. Pro nádobu o velikosti 1,25 sprm a délku polen a štěpin 30 cm byl koeficient 0,503. Průměrný koeficient pro celé měření v předkládané práci pro dříví sypané byl stanoven 0,504.

Pro dříví rované byl zjištěn koeficient pro délku polen a štěpin 30 cm 0,755 a pro délku polen a štěpin 35 cm 0,734. Průměrný koeficient pro celé měření v předkládané práci pro dříví rované byl stanoven 0,745.

Během těchto měření byla zjištěna závislost převodního čísla na některých faktorech. Jednou z těchto závislostí byla závislost převodního čísla na velikosti odměrné nádoby. S klesajícím objemem odměrné nádoby klesá i velikost převodního čísla. V tomto případě se jedná o silnou závislost. Další zjištěnou závislostí byla závislost převodního čísla na délce polen a štěpin. S klesající délkou polen a štěpin klesá i velikost převodního čísla. Závislost podle Pearsonova korelačního koeficientu není silná.

Z uvedených výsledků lze konstatovat předběžné doporučení, že stávající použití převodních čísel využívaných v praxi může vést k relativně velkým nepřesnostem při zjišťování objemu štípaného dříví a tím i k velkým rozdílům v evidenci dříví. Převodní

čísla zjištěná v této práci by měla být využita, ale za předpokladu použití metodiky plnění nádoby a použití vhodné velikosti této nádoby. Použitím těchto převodních čísel by mělo dojít ke zpřesnění evidence dříví a deklarace prodaného dříví zákazníkům.

## 8. Summary

This thesis was composed for comparison methods determination volume of chopped wood. Simultaneously conversion number (coefficient) was found out for stacked chopping wood and chopping wood loose fill from a conveyor belt into a container or tractor trailer with lengths logs 350 mm, 300 mm, 250 mm during this comparison.

In this thesis was comparison 4 methods determination volume of chopped wood. In terms of usability seems to be the best method of measurement of wood before chop, under certain conditions could be used as weight method (atro). Method of image analysis for determination volume of chopped wood loose fill in a container isn't fit for practice. In terms of accuracy was selected as "exact" method, method measurement volume wood before chop and other methods were compared. Average coefficients determined individual methods. Coefficient for chopping wood loose fill was found for 3 sizes graduated container. For graduated container size 5 sprm and length log 30 cm was coefficient 0,498, for length log 25 cm was coefficient 0,519 and length log 35 cm was coefficient 0,532. For graduated container size 2,5 sprm and length log 30 cm was coefficient 0,469. For graduated container size 1,25 sprm and length log 30 cm was coefficient 0,503. The average coefficient for loose fill wood was found out 0,504 in this thesis.

Coefficient 0,755 was found out for stacked chopping wood and length log 30 cm. Coefficient 0,734 was found out for stacked chopping wood and length log 35 cm. The average koeficient for stacked choping wood was 0,745 in this thesis.

During these measurements was found dependence conversion numbers on some factors. Once of these dependence was dependence conversion numbers on size graduated container. With decreases line volume graduated container decreases as the size of the conversion number. In this case was strong dependence. Another findings dependence was dependence conversion numbers on length log. With decreasing length log decrease conversion numbers. Dependence by the Pearson correlation coefficient isn't strong.

From these results we can say preliminary recommendation that the current use of conversion numbers used in practice can lead to relatively large inaccuracies in determining the volume of chopped wood and thus large differences in the records of

wood. Conversion numbers found out in this thesis should be used, but using the methodology provided filling container and appropriate size of the container. Using these numbers should lead to more accurate records of wood and declaration volume of wood sold to customers.

## 9. Literární zdroje

ANTOŇŮ, P., 2012. Analýza produktivity štípaček s dopadem na návrh norem spotřeby času na Školním polesí Valšovice. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 85 s.

BARTOŠ, L., 2009. Technicko ekonomická analýza výroby štípaného dříví na ŠP Valšovice. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 49 s.

BOZDĚCH, J., 1984. Lesnický průvodce 3/1984 – Hmotnost našich hlavních hospodářských dřevin a její praktické využití. Jíloviště – Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 51 s.

ČERNÍN, R., 1999. Atro přejímka dřeva. Lesnická práce, 78 (11). 517.

ČERNÁK, J., 1979. Váhové měření dřeva v praxi. Lesnická práce, 58 (6). 276 – 277.

ČSN 480089: Sortimenty surového dříví. Vlákňinové dříví, 1968

ČSN 480090: Sortimenty surového dříví. Rovnané dříví průmyslové, 1968

ČSN 480092: Sortimenty surového dříví. Palivové dříví, 1968

DEJNOŽKA, F., 2001. Rozdílné způsoby měření objemu dříví. Lesnická práce, 80 (8). 382.

EBERT, H.-P., 2007. Topení dřevem ve všech druzích kamen. 1. české vyd. Ostrava, Hel, 159 s.

FIALA, J., 2010. Metody pro výpočet objemu dubových a bukových výřezů a jejich přesnost. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 58 s.

JANÁK, K. a kol., 2006. Příjem dříví. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 127 s.

JANÁK, K., KRÁL, P., 2003. Technologie I, pro studijní obor Nábytkářství. Praha, Informatorium, spol. s r. o., 204 s.

- KOLEKTIV, 2007. Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008. 2. aktualizované vyd. Praha, Lesnická práce, 147 s.
- KOLÁŘ, L., 2009. Hromadná laserová přejímka dříví, štěpky a biomasy. Lesnická práce, 88 (9). 22 – 23.
- KOLEKTIV, 2011. Textová část – Lesní hospodářský plán. Olomouc, Taxonia CZ s.r.o.
- KOLEKTIV, 2013. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství české republiky v roce 2013. Praha. Ministerstvo zemědělství, 138 s.
- KOLEKTIV, 2015. Kompletní katalog ČR a SR POSCH. 182 s.
- KORF, V. kol., 1972. Dendrometrie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 371 s.
- KURIC, P., 2005. Technicko – ekonomické zhodnocení štípacího adaptéru WS 800. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 50 s.
- NERUDA, J. a kol., 2013. Technika a technologie v lesnictví. Díl první. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 362 s.
- NESNÍDAL, A., 2005. Zhodnocení konstrukčních a užitných parametrů strojů štípacích strojů systému Posch pro výrobu palivové dříví. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 104 s.
- NOVÁKOVÁ, H., 2009. Pojízdne měřicí zařízení. Lesnická práce, 88 (9). 23.
- ONDRÁČEK, K., JANÁK, K., 2008. Produkce dřevní suroviny. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 129 s.
- PĚGRÍM, M., 2011. Analýza trhu palivového dříví v České republice. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 66 s.
- SIMANOV, V., KOHOUT, V., 2004. Těžba a doprava dříví. 1. vyd. Písek, Matice lesnická, 411 s
- SLADKÝ, V., a kol., 2002. Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, 55 s.

ŠMELKO, Š., a kol., 2003. Meranie lesa a dreva. Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva, 239 s.

ŠTIPL, P., 2000. Hospodářská úprava lesa – dendrometrie. Hranice, Střední lesnická škola Hranice, 204s.

VACA, D., 1999. Váhová přejímka dřeva. Lesnická práce, 78 (10). 468 – 469.

ZBYTOVSKÝ, O., 2011. Zjištění objemu hráně rovnaného dříví pomocí počítačové analýzy obrazu a jeho verifikace. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 64 s.

### **Elektronické zdroje:**

BGU maschinen, technical data, [online] citováno 15. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: < [http://www.bgu-maschinen.de/en/products/product-detail.html?tx\\_sybgumaschinen\\_pi1\[kat\]=4&tx\\_sybgumaschinen\\_pi1\[gruppe\]=15&tx\\_sybgumaschinen\\_pi1\[prod\]=379&tx\\_sybgumaschinen\\_pi2\[showFstProd\]=15&tx\\_sybgumaschinen\\_pi2\[katid\]=4&cHash=f359012168ac02aa1cdc86c40927e831](http://www.bgu-maschinen.de/en/products/product-detail.html?tx_sybgumaschinen_pi1[kat]=4&tx_sybgumaschinen_pi1[gruppe]=15&tx_sybgumaschinen_pi1[prod]=379&tx_sybgumaschinen_pi2[showFstProd]=15&tx_sybgumaschinen_pi2[katid]=4&cHash=f359012168ac02aa1cdc86c40927e831)>.

Dřevoprodukt, s.r.o., Měření palivového dříví, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.drevoprodukt.cz/upload/mereni\\_paliv\\_drivi.pdf](http://www.drevoprodukt.cz/upload/mereni_paliv_drivi.pdf)>.

Flexweb.cz, Štípačky westech, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.karlow-karlshof.eu/stipacky.php?str=stipacky-westtech-w>>.

Flexweb.cz, Štípačky westech, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.karlow-karlshof.eu/images/stipacky2/stipacky-westtech-w/foto1.jpg>>.

Husqvarna, návod k obsluze, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.husqvarna.com/ddoc/HUSO/HUSO2001\\_EUenAPen/HUSO2001\\_EUenAPen\\_\\_1019196-26.pdf](http://www.husqvarna.com/ddoc/HUSO/HUSO2001_EUenAPen/HUSO2001_EUenAPen__1019196-26.pdf)>.

KOLMAN, Palivové dřevo, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <[http://www.palivo-kolman.cz/?page\\_id=43](http://www.palivo-kolman.cz/?page_id=43)>.

KUBALEK, V., Kuželový štípač dřeva, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.vkubalek.cz/stipac/>>.

KUBALEK, V., Kuželový štípač dřeva, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.vkubalek.cz/stipac/obrazky/ram.jpg>>.

Městské lesy Vysoké mýto, spol. s r.o., Ceník palivového dříví, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://lesyvm.cz/data/fotogalerie/13/cenik.pdf>>.

Progles, s.r.o., Měrné jednotky, [online] citováno 29. dubna 2013. Dostupné na World Wide Web: <[http://stipanedrivi.progles.cz/cs/merne\\_jednotky.html](http://stipanedrivi.progles.cz/cs/merne_jednotky.html)>.

SOUČEK, J., ELBEZ, WHT-860 hrotový vlhkoměr, [online] citováno 15. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tecpel.cz/zbozi/3588/WHT-860-hrotovy-vlhkomer.htm>>.

Volvo, specifications, [online] citováno 7. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.volvoce.com/dealers/en-sg/VolvoMalaysia/products/wheelloaders/compactwheelloaders/L35BPro/Pages/specifications.aspx>>.

Zeman váhy s.r.o., Závěsná váha OCS – L1 300 kg, [online] citováno 15. dubna 2015. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.vahy-pokladny-systemy.cz/890-zavesna-vaha-ocs-l1-300-kg.html?menux=92&page=2>>.