

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Stanovení objemu klestu a vyrábění zelené  
štěpky ze smrku v mýtních těžbách**

**Bakalářská práce**

Autor: Josef Michna

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

**2022**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Josef Michna

Lesnictví

Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

**Stanovení objemu klestu a vyráběné zelené štěpky ze smrku v mýtních těžbách**

Název anglicky

**Calculation of Production Volume of Branches and Wood Chips from Spruce in Final Fellings**

---

### Cíle práce

Cílem práce je stanovení objemu klestu a vyráběného dezintegrovaného materiálu, který je možné vyrobit z klestu smrku, v závislosti na objemech těžených kmenů v mýtních těžbách. Druhým cílem je výpočet přepočtového koeficientu mezi objemem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objemem těženého kmene při výrobě energetické štěpky pro společnost Plzeňská teplárenská, a.s. Analýza a výpočet je prováděna pro dřevinu smrk.

### Metodika

Úvod a rešerše bude obsahovat informace o postupech zpracování a evidenci klestu; technologie kumulace a zpracování klestu; postup kubírování klestu; postup kubírování dezintegrovaného materiálu – štěpky; postup evidence potěžebních zbytků.

Metodika bakalářské práce bude popisovat postup výroby zelené štěpky z klestu na odvozním místě; postup kubírování klestu a štěpky po těžbě dříví a metodiku analýzy závislosti objemu vyrobeného klestu a štěpky na průměrném objemu těžených kmenů v mýtních porostech.

Výsledky práce budou obsahovat výstupy z kubírování klestu a vyrobené štěpky z vybraných smrkových porostů. Student vyhodnotí především závislost vyrobeného dezintegrovaného materiálu na průměrných objemech těžených kmenů v lesních porostech, ze kterých budou potěžební zbytky zpracovány. Z daných výstupů bude vyčíslen přepočtový koeficient.

Bakalářská práce bude vypracována v souladu s předpisy pro zpracování bakalářských a diplomových prací na FLD. Citace z literárních zdrojů budou prováděny v souladu s normou ČNS ISO 690:2011.

Pracovní harmonogram:

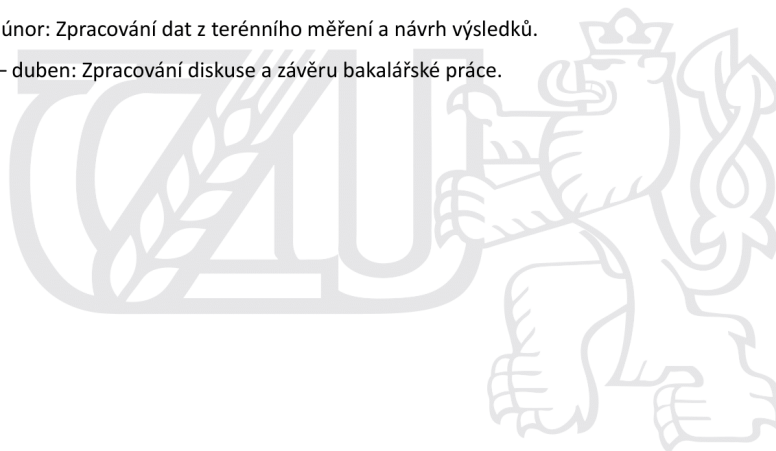
---

duben – červen: Návrh metodického postupu pro měření a kubírování klestu a vyrobené štěpky na OM;  
příprava rešeršní části bakalářské práce.

červenec – prosinec: Terénní měření.

leden – únor: Zpracování dat z terénního měření a návrh výsledků.

březen – duben: Zpracování diskuse a závěru bakalářské práce.



**Doporučený rozsah práce**

30 NS + 10 stran příloh

**Klíčová slova**

potěžeční zbytky; objem kmene; dezintegrováný materiál; štěpkovač

---

**Doporučené zdroje informací**

Alexandr P., Roček I. Technika a technologie výroby lesních štěpek. Praha: Vysoká škola zemědělská, 1991, 132 s.

Ilavský J., Laitila J., Tahvanainen T., Tuček J., Koreň M., Papaj V., Žiaková M., Bavlšík J. Štúdia o dostupných zdrojoch biomasy a ich efektívnom zabezpečení na výrobu energie vo Zvolenskej teplárenskej a.s. Zvolen: TU vo Zvolene, 2006, 76.

Ilavský J. Technológia štěpkovania dreva. Bratislava: Príroda, 1983, 99 s.

Lieskovský M., Suchomel J., Gejdoš M. Energetický potenciál vybraných druhov disponibilnej biomasy lesa. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009, 73.

RÓNAY, E. – DEJMAL, J. *Lesná ťažba*. BRATISLAVA: PRÍRODA, 1991.

Springer N., Kaliyan N., Bobick B., Hill J. Seeing the Forest for the trees: How much woody biomass can the Midwest United States sustainably produce? *Biomass and Bioenergy*, 2017, 266-277.

SVAZ ZAMĚSTNAVATELŮ DŘEVOZPRACUJÍCÍHO PRŮMYSLU. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR 2008 : platnost od 1.1.2008*. Praha [i.e. Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce, 2007. ISBN 978-80-87154-01-4.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2021

**doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 7. 2021

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 13. 12. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Stanovení objemu klestu a vyrábění zelené štěpky ze smrku v mýtních těžbách" vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Dvořáka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 10. 04. 2022

---

### **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Velký dík patří vedení a zaměstnancům akciové společnosti Jihozápadní dřevařská a.s. za poskytnutí přístupu ke sběru dat a za jejich pomoc. Děkuji také mé rodině a přátelům za jejich neustálou podporu po dobu studia.

# Stanovení objemu klestu a vyráběné zelené štěpky ze smrku v mýtních těžbách

## Abstrakt

Bakalářská práce popisuje aktuální literaturu zabývající se těžebními zbytky a lesní štěpkou, dále se zaměřuje na stanovení objemu klestu a z něj vyráběné zelené štěpky ze smrku v mýtních těžbách. Pro změření objemu klestu byla využita metodika založená na měření objemu klestu vyváženého na vyvážecím traktoru. Data se zanalyzovala pro otestování závislosti na objemech středních těžných kmenů a pro vytvoření přepočtového koeficientu pro objem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objem těžného kmene. Celkem bylo změřeno 52 výrobních bloků, na kterých bylo dohromady vytěženo 32 788,85 m<sup>3</sup> b. k., vyvezeno 30 172,97 prn klestu a vyrobeno 18 530,8 prn zelené štěpky. Objem středních těžných kmenů se pohyboval v rozmezí od 0,38 do 1,36 m<sup>3</sup> b. k. Na základě analýzy byla popsána poměrně silná lineární závislost mezi průměrným kmenovým objemem klestu (resp. štěpky) a průměrným objemem těžného kmene. Převodní koeficient pro objem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objem těžby se stanovil pro průměrný objem těžného kmene od 0,50-0,99 m<sup>3</sup> b. k. na hodnotu 0,58 pro dřevinu smrk.

**Klíčová slova:** potěžební zbytky, objem kmene, štěpkovač, objem klestu, lesní štěpky

# Calculation of Production Volume of Branches and Wood Chips from Spruce in Final Fellings

## Abstract

The bachelor thesis describes the current literature dealing with logging residues and forest woodchips. It also focuses on measuring the spruce slash pile volume and forest woodchip volume produced from clear-cut fellings in the Czech Republic. The method used for quantifying the volume of the residues was based on measuring individual forwarder loads. The data were analysed to test the correlation on mean felled log volume and create a conversion factor between total forest woodchip volume and total logging volume. The measurements took place at 52 plots, with a total felling volume of 32 788,85 m<sup>3</sup>, a total slash bulk volume of 30 172,97 m<sup>3</sup> and a total woodchip bulk volume of 18 530,8 m<sup>3</sup>. The volume of mean felled log volumes ranged from 0,38 to 1,36 m<sup>3</sup>. Both slash pile bulk volume and woodchip bulk volume were quite strongly linearly correlated with mean felled log volumes. The conversion factor for a mean felled log volume range 0,50-0,99 m<sup>3</sup> was calculated to be 0,58 for spruce trees.

**Keywords:** logging residues, trunk volume, woodchipper, slash pile volume, forest chips



## Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>12</b>
<b>2 Cíle práce</b> .....	<b>13</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>14</b>
3.1 Biomasa.....	14
3.2 Lesní těžební zbytky .....	16
3.3 Lesní štěrka.....	19
3.4 Technologie kumulace klestu.....	19
3.4.1 Ruční shazování .....	20
3.4.2 Shrnování .....	20
3.4.3 Vyvážení .....	21
3.5 Technologie zpracování klestu.....	22
3.5.1 Štěpkování .....	23
3.5.2 Drcení.....	24
3.5.3 Balení .....	25
3.5.4 Manipulace a skladování .....	26
3.6 Evidence a příjem těžebních zbytků .....	26
3.7 Příjem a přejímky lesní štěrky .....	28
3.8 Dotační programy.....	30
3.8.1 Finanční příspěvek na ekologické a k přírodě šetrné technologie při hospodaření v lese .....	30
3.8.2 Finanční příspěvek na ochranu lesa .....	30
3.8.3 Podpůrný a garanční lesnický fond.....	31
3.8.4 Kotlíkové dotace .....	31
3.8.5 Zelený bonus.....	31
<b>4 Metodika</b> .....	<b>32</b>
4.1 Objem těžených kmenů.....	32
4.2 Měření objemu klestu.....	33
4.3 Výroba zelené štěrky na odvozním místě.....	34
4.4 Měření objemu zelené štěrky.....	34
4.5 Postup analýzy .....	35
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>37</b>
<b>6 Diskuse</b> .....	<b>43</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>45</b>
<b>8 Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>46</b>
<b>9 Seznam příloh</b> .....	<b>50</b>

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Hospodářské lesy na vhodných souborech lesních typů (ÚHÚL, 2009 in Havlíčková et al. 2010).....	17
Tabulka 2 – Výsledné naměřené hodnoty.....	37
Tabulka 3 – Popisná statistika sledovaných hodnot .....	39
Tabulka 4 – Popisná statistika podílu objemu štěrky k objemu těžného kmene.....	42

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schématické rozložení lesní stromové biomasy (Lesprojekt, 1987 in Alexandr a Roček, 1991) .....	18
Obrázek 2 – Principy sekacích ústrojí (Neruda et al., 2015) .....	24
Obrázek 3 – Princip kladivového drtiče (Neruda et al., 2015) .....	25
Obrázek 4 – Sedm zobecněných skupin tvarů nahromaděných těžebních zbytků (Hardy, 1996) .....	28
Obrázek 5 – Měření vyrovnané výšky nákladu, zdroj: autor.....	33
Obrázek 6 – Měření rozměrů kontejneru nákladního vozu, zdroj: autor.....	35

## Seznam grafů

Graf 1 – Graf četností průměrných objemů těžných kmenů.....	39
Graf 2 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu klestu a průměrného objemu těžného kmene.....	40
Graf 3 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu štěrky a průměrného objemu těžného kmene.....	41
Graf 4 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu štěrky a průměrného kmenového objemu klestu .....	41
Graf 5 – Histogram podílu objemu štěrky k objemu těžného kmene.....	42

## Seznam použitých zkratek a symbolů

°C	stupeň Celsia
a. s.	akciová společnost
b. k.	bez kůry
cm	centimetr
DPMTD	Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice
EJ	exajoule
ha	hektar
CHKO	chráněná krajinná oblast
Kč/ha	česká koruna na hektar
kg/m <sup>3</sup>	kilogram na metr krychlový
km/h	kilometr za hodinu
LČR	Lesy České republiky
m <sup>3</sup>	metr krychlový, plnometr
MJ/kg	megajoule na kilogram
mm	milimetr
MW	megawatt
MWh	megawatthodina
MZe	Ministerstvo zemědělství
NP	národní park
OZE	obnovitelný zdroj energie
p. a.	per annum, úrok za rok
PGRLF	Podpůrný a garanční rolnický a lesnický fond
pm	prostorový metr
<i>r</i>	koeficient korelace
<i>r</i> <sup>2</sup>	koeficient determinace
SFŽP	Státní fond životního prostředí
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

# 1 Úvod

V České republice v posledních letech výrazně roste obchod s lesními štěpkami a s ním využívání lesních těžebních zbytků pro energetické účely. Jednak z důvodu úsilí o zvýšení poměru obnovitelných zdrojů na energetickém mixu, jednak kvůli snaze vlastníků lesů o náhradu ušlých zisků z prodeje dříví spojených s kůrovcovou kalamitou. Nejen pro potřeby evidence, fakturace a plánování je nutné kvantifikovat množství těchto vyrobených surovin. K tomu však neexistují jednotné metodické postupy, a tak jsme často nuceni vycházet pouze z odhadů a orientačních čísel. Zároveň také není vytvořený koeficient, který by mohl predikovat nebo kontrolovat objem vyrobené lesní štěrky na základě objemu vytěženého dříví.

Smyslem této bakalářské práce je popsat aktuální literaturu zabývající se těžebními zbytky a lesní štěpkou. Poté se nastaví vhodná metodika pro změření objemu klestu a štěrky při jejich výrobě v mýtních těžbách. Na základě takto změřených dat se zanalyzuje jejich závislost na objemu průměrného těžného kmene a v neposlední řadě se vytvoří přepočtový koeficient. Všechny tyto informace mohou sloužit vlastníků lesů, výrobním společnostem a odběratelům.

## 2 Cíle práce

Prvním cílem práce je zjistit objem kumulovaného klestu smrku z mylních těžeb a objem z něj vyráběného dezintegrovaného materiálu. U těchto údajů se porovná závislost objemu výroby klestu a štěrky na objemech těžených kmenů. Druhým cílem je vyčíslit ze zjištěných dat přepočtový koeficient pro objem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objem těžného kmene.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Biomasa

Za biomasu lze uvažovat jakoukoliv organickou hmotu, která vznikla prostřednictvím fotosyntézy nebo hmotu živočišného původu. Mnohdy se takto označuje rostlinná biomasa, jenž je využívána pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie (OZE) (Roček, 2015).

Podle § 2 odst. 1 písm. b) Zákona o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů č. 165/2012 Sb. se biomasou rozumí „*biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství, z lesnictví a souvisejících odvětví a z rybolovu a akvakultury, včetně rostlinných a živočišných látek, jakož i biologicky rozložitelná část odpadů, včetně průmyslových a komunálních odpadů biologického původu, přičemž zemědělská biomasa je biomasa vyrobená v zemědělství a lesní biomasa je biomasa vyrobená v lesnictví.*“

Rozvoj využívání OZE, z důvodů nahrazení fosilních zdrojů, snižování emisí skleníkových plynů, energetické bezpečnosti, snižování rizik souvisejících se změnami klimatu, přináší ohromnou příležitost pro biomasu. V současnosti biomasa tvoří ve střední Evropě největší podíl OZE, v České republice měla v roce 2020 v rámci všech OZE podíl 65,7 % (Bufka et al., 2021). U nás je oproti jiným OZE poměrně stálým zdrojem, snadno se skladuje, může se z ní vyrábět teplo, elektrická energie i pohonné hmoty, přesto se ve střední Evropě vyskytuje výrazný nevyužitý potenciál biomasy. Ten může být hodnocen z různých pohledů (technický, realizovatelný, využitelný, komerční) a vyjádřen v různých jednotkách (energetických, hmotnostních, objemových nebo kombinovaných). Vždy je však nutné zmínit obsah vody v biomase, ta má stěžejní vliv na hmotnost a výhřevnost (Havlíčková et al., 2010).

Odborníci svými propočty odhadují celosvětovou produkci biomasy na 100 miliard tun ročně, energetický potenciál takové hmoty činí 1 400 EJ, téměř pětkrát více oproti roční spotřebě fosilních paliv. Tento potenciál však není zdaleka využit k energetickým účelům. Způsobů, jak biomasu k těmto účelům zpracovat je velká řada a vhodnost pro daný typ biomasy závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech materiálu. Mezi termochemické suché procesy energetického využití patří spalování, zplyňování a pyrolýza. Do biochemických mokřých procesů zařazujeme alkoholové kvašení

s metanovým kvašením a do ostatních procesů esterifikaci bioolejů a získávání odpadního technologického tepla. Pro zbytky z lesního hospodářství se nejvíce využívá technologie spalování a v určitých podmínkách je vhodné využití zplyňování, pyrolýzy nebo metanového kvašení (Pastorek et al., 2004).

Podle způsobu vzniku můžeme biomasu vhodnou pro výrobu energie dělit na záměrně produkovanou biomasu, zbytkovou biomasu a recyklovanou biomasu z výrobků po ukončení jejich životností (Havlíčková et al., 2010). Vyhláška 477/2012 Sb. rozděluje biomasu do jednotlivých skupin podle kategorií pro účely stanovení výše státní podpory. Z ní definované skupiny vhodné pro lesnický sektor dále Soušek et al. (2020) člení podle místa vzniku následovně:

- **Zemědělská biomasa**

*„Kategorie 1 b) cíleně pěstované energetické dřeviny, tj. dřeviny vypěstované mimo lesní půdu, jejichž hmota nadzemní části je využita k energetickým účelům, případně upravené pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy,*

*kategorie 1 d) ušlechtilá paliva vyrobená z biomasy kategorie 1 uvedené pod písmenem b).“*

- **Lesní biomasa**

*„Kategorie 2 o) zbytková hmota z těžby dřeva, tzv. nehroubí, tj. dřevo do průměru 7 cm a zbytkové produkty z jejího zpracování včetně kořenů (pařezů), biomasa vzniklá v lese z probírek a prořezávek, dřevní hmota z údržby veřejné a soukromé zeleně včetně tratí, vodotečí, rozvodů elektřiny apod. a zbytkové produkty jejího zpracování, včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy.“*

- **Vedlejší produkty dřevozpracujícího průmyslu**

*„Kategorie 3 g) zbytková dřevní hmota vznikající při výrobě celulózy včetně kůry, včetně vedlejších produktů z jejího zpracování a včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy,*

*kategorie 3 h) odřezky ze dřeva určené pro materiálové využití, včetně vedlejších a zbytkových produktů jejich zpracování a včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy,*

*kategorie 3 i) štěrka vzniklá při pilařském zpracování odkorněného a neodkorněného dřeva,*

*kategorie 3 j) ušlechtilá paliva vyrobená z biomasy kategorie 3 uvedené pod písmeny a) a c) až h).“*

- **Dřevěný odpad**

*„Kategorie 2 q) použité dřevo, použité výrobky vyrobené ze dřeva a dřevěných materiálů, dřevěné obaly včetně vedlejších a zbytkových produktů jejich zpracování a včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy.“*

### 3.2 Lesní těžební zbytky

Jedná se o část biomasy lesních stromů, která po těžbě zůstává jako nevyužitý materiál kvůli nízké technologické kvalitě. Skládá se zejména z klestu, ale součástí bývají i nesourodé odřezky kmenových částí kratších než 1 metr. Nezáleží, zda jsou tlusté či tenké, zdravé nebo napadené hnilobou. Dále se mohou považovat za součást i pařezy s kořenovými systémy vyvrácených a vyklučených stromů (Neruda et al., 2015).

Klestem se rozumí stromové větve s jejich asimilačními orgány a největší tloušťkou do 7 cm s kůrou a vrcholová část stromu. Získává se odvětvením již pokácených stromů, nebo oklestem, tj. odstraňování spodních větví po celém obvodu kmene do určité výšky. Využívá se zejména pro ozdobné a energetické účely. Palivový klest se štěpkováním mění na zelenou štěrku, ta je spalována, nebo se z ní vyrábějí dřevěné brikety a pelety (Roček, 2015).

Tyto zbytky pozitivně poskytují humus a živiny na obnovované ploše. Zároveň ale tvoří vhodné prostředí pro šíření podkorního hmyzu, komplikují obnovní práce a slouží jako úkryt myšovitým hlodavcům, kteří poškozují sazenice (Neruda et al., 2015). V neposlední řadě mohou zvyšovat riziko požárů.

Využití lesních těžebních zbytků jako biomasy pro energetickou výrobu přináší skvělou příležitost pro lesní hospodářství. Podle výpočtu z ročních těžeb hroubí je roční potenciaální využitelná zásoba zbytků po těžbě 794,5 tisíc m<sup>3</sup> na cca 1 600 tisících ha pozemků určených k plnění funkce lesa (Havlíčková et al., 2010).

Pro odebrání lesní biomasy nejsou vhodné všechny plochy, ale pouze některé. Pokud se na vhodných pozemcích hospodaří v souladu s potřebami ochrany přírody



a trvale udržitelným způsobem, tak nevzniká zvýšené riziko degradace ekosystému. Takto vhodné typy souborů lesních typů a funkčních zaměření tvoří přibližně 62 % porostních ploch v České republice a jsou uvedeny v tabulce 1.

*Tabulka 1 – Hospodářské lesy na vhodných souborech lesních typů (ÚHÚL, 2009 in Havlíčková et al. 2010)*

Soubor lesních typů	Cílové hospodářství
0K	Hospodářství na chudých stanovištích nejnižších poloh
1K, 2K, 1I, 2I, 1S, 2S	Kyselá stanoviště nižších poloh
1B, 2B, 1H, 2H, 1D, 2D	Hospodářství živných stanovišť nižších poloh
3K, 4K, 3I, 4I	Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh
3S, 4S, 3B, 4B, 3H, 4H, 3D, 4D	Hospodářství živných stanovišť středních poloh
5K, 6K, 5I, 6I	Hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh
5S, 6S, 5B, 6B, 5H, 6H, 5D, 6D	Hospodářství živných stanovišť vyšších poloh

Naopak nevhodné lesní pozemky, na kterých hrozí vyšší riziko degradace při odebírání těžebních zbytků, se vylučují zejména z důvodu technologických, stanovištních, ochrany půdního a vodního režimu a ochrany přírody. Mezi takové lesy patří:

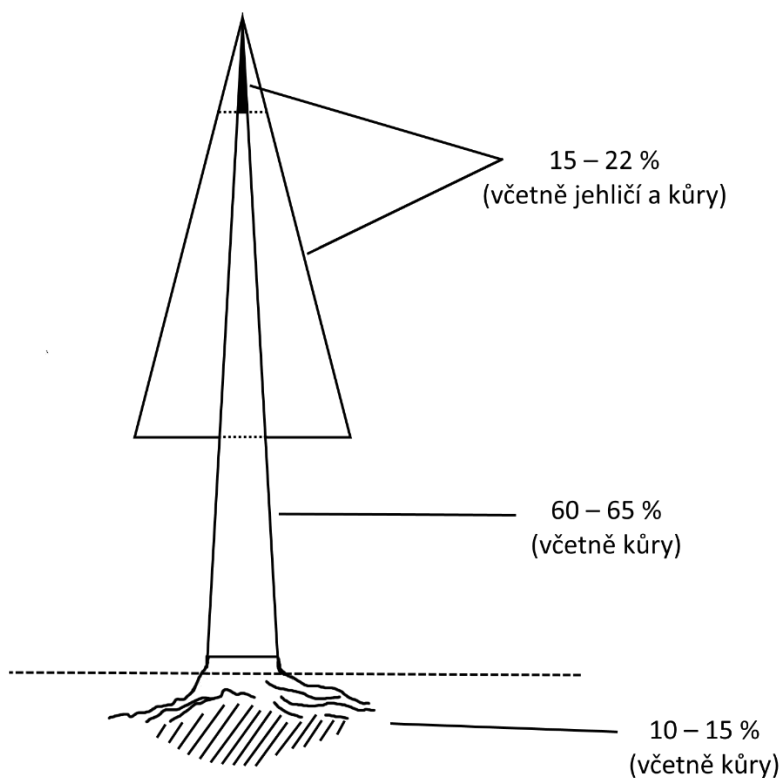
- *lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích,*
- *vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace chránící níže položené lesy a lesy na exponovaných hřebenech,*
- *lesy v klečovém lesním vegetačním stupni,*
- *lesy se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodoochrannou, klimatickou nebo krajínovornou,*
- *lesy pro zachování biologické různorodosti,*
- *lesy v I. zónách CHKO a NP,*
- *lesy v přírodních rezervacích a národních přírodních rezervacích,*
- *lesy na území genové základny (Havlíčková et al., 2010).*

Klest by se také neměl odebírat pro energetické využití z oblastí s nezpevněnými cestami, z půd s nízkou nosností, ze suchých borových lesů se slabou vrstvou humusu a hrubší půdou a z rašelinišť. S ohledem na živiny a kvůli mechanické náročnosti se na pasekách při odebírání ponechá asi 30 % těžebních zbytků (Wantulok, 2007).

Springer et al. (2017) tvrdí, že se ve Spojených státech amerických odhaduje odebraný materiál na 65 % těžebních zbytků s tím, že závisí na sklonu terénu v porostu. 30 % se ponechává v porostech se sklonem menším než 40 %, 40 % materiálu v porostech se sklonem mezi 40 % a 80 % a ve svahu nad 80 % se všechny potěžební zbytky v porostu nechávají.

Zároveň ne ze všech ploch je sběr potěžebních zbytků efektivní. Převažuje sběr pro další zpracování především po mýtních těžbách.

Podíl jednotlivých složek stromové biomasy znázorňuje obrázek 1. Z něj je zřejmé, že se z lesa formou hroubí vyveze 60 až 65 %. Pokud dále vyvezeme z technologických a ekologických důvodů 70 % těžebních zbytků, stále zůstává z této hmoty v porostu 4,5 až 6,6 %. Také je potvrzeno, že se část živin a humusu vytváří každoročním opadem asimilačních orgánů a drobných větviček (Havlíčková et al., 2010). Dalších 10 až 15 % biomasy se ponechá v porostu ve formě pařezu a kořenového systému.



Obrázek 1 – Schématické rozložení lesní stromové biomasy (Lesprojekt, 1987 in Alexandr a Roček, 1991)

### 3.3 Lesní štěpka

Na konci první poloviny 20. století se ve Spojených státech amerických začalo vyvíjet štěpkování dřeva pro zpracování zbytků při pilařské výrobě. Jako metoda zpracování zbytků při těžbě dříví a dříví menší kvality a rozměrů, s využitím mobilních sekaček pracujících v lese, se začalo štěpkování rozšiřovat později v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století. Spolu s tím se u nás objevil nový sortiment lesních štěpek (Roček, 2015).

Sortiment lesních štěpek je dezintegrovaný materiál, který neodpovídá jakostním a rozměrovým požadavkům sortimentů dříví. Obsahují různý poměr částic dřeva, kůry a asimilačních orgánů dřevin a mohou vznikat během různých fází výrobního procesu těžby dříví. Lesní štěpka se kvůli obsahu asimilačních orgánů, kůry a dřeva označuje jako **štěpka zelená**. Dále můžeme rozlišovat štěpku hnědou a bílou. **Hnědá štěpka** obsahuje pouze dřevo a kůru a v lesnické praxi se získá štěpkováním částí stromů bez asimilačních orgánů. **Štěpka bílá** vzniká štěpkováním pouze dřeva bez kůry (Neruda et al., 2015).

Minimální obsah dřeva u hnědé štěpky je 70 % a u zelené štěpky 45 %. Mezi další kvalitativní znak patří velikost frakce, ta může vyhovovat, být příliš velká, nebo příliš malá, v takovém případě by odběrateli při zpracování propadávala. Rozměr frakce a další technické podmínky materiálu jsou stanoveny dohodou mezi dodavatelem a odběratelem. Maximální přípustná velikost frakce nesmí přesahovat délku 100 mm a šířku 50 mm, nejvýše však do 10 % hmotnostní dodávky (DPMTD, 2007).

Kvalifikovaný odhad ze Zprávy o stavu lesa v roce 2020 (MZe, 2021) udává objem dodávky těžebních zbytků a lesní štěpky (tj. prodaný objem včetně vlastní spotřeby vlastníků lesů) zhruba na 2,5 mil. m<sup>3</sup> v roce 2019 a 2,7 mil. m<sup>3</sup> v roce 2020.

### 3.4 Technologie kumulace klestu

Od druhé poloviny 20. století se začal klest z pasek odstraňovat z důvodu přípravy pracoviště před umělým zalesňováním. Do té doby byly zbytky po těžbě zejména na venkově ještě žádaným palivem, a tak je vlastníci lesů mohli považovat za výnosy oproti pozdějšímu nákladovému pohledu. Postupný vývoj mechanizované technologie a znik lesních štěpek jako nového sortimentu dopomohl k tomu, že se odstraňování klestu neprovádí pouze z důvodu přípravy stanoviště, ale stává se z něj opět výnosová položka (Chytrý, 2007).

Kumulace těžebních zbytků je různorodá. Klest se zpočátku odstraňoval z pasek ručně, s nástupem mechanizace byla tato metoda nahrazena shrnovači klestu. Spolu s vyvážecími traktory nebo s vyvážecími soupravami přišla možnost vyvážet klest na odvozní místo.

#### 3.4.1 Ruční shazování

Tato metoda byla primárním způsobem likvidace klestu. Klest se ručně shazuje do hromad, které se následně pálí, nebo se ponechá v hromadách či valech přirozenému rozpadu. Při této metodě není využita zbytková biomasa a dnes se používá v nedostupných terénech pro mechanizaci.

Z důvodu zvýšeného rizika požáru v letních měsících se v této části roku spalování neprovádí, i když tomu žádné vyhlášky nebrání. Pálení klestu musí být nahlášeno hasičům a průběh by měl být pod dohledem odpovědné osoby. Po spálení zůstávají v popelovině minerální látky, které jsou ale koncentrované pouze na ohništi o průměru cca 2 metry (Dvořák et al., 2006).

Obecně není vhodné těžební zbytky pálit přímo v lese, živiny se nevrací do půdy, je to nákladný výkon spojený s rizikem požáru a může mít i negativní ekologické důsledky (používání ojetých pneumatik, nafty aj. k podpalu) (Alexandr a Roček, 1991).

Státní podnik Lesy České republiky (LČR) při smluvním vztahu se zpracovatelem zavádějí zásady požární ochrany (viz příloha 1). V těch se například zakazuje pálení od dubna do října, pálit hromady mohou nejméně dvě osoby, které musí být vybavené nářadím k zamezení šíření ohně a přikládání je povoleno do 14:00. Pokud není v době pálení alespoň 5 cm souvislá vrstva sněhu nebo vydatný déšť, musí být na místě zdroj vody nebo přenosný hasící přístroj a po dobu 5 dnů se provádí pravidelná kontrola třikrát za den.

#### 3.4.2 Shrnování

Shrnovače jsou adaptérem neseným na přední, nebo zadní části univerzálních nebo speciálních kolových traktorů. Skládají se z výškově nastavitelného rámu a na něm připevněných shrnovacích ocelových prstů. Prsty jsou individuálně odpružené, díky tomu se vyhýbají překážkám a kopírují nerovnosti. Záběr shrnovačů je 2-2,5 metru a pracovní rychlost se podle terénu pohybuje mezi 4 až 7 km/h. Směnová výkonnost podle druhu odpadu a terénu činí 0,7-1,3 ha. Klest se může shrnovat do pruhů orientovaných

s podélnou osou pasek, do porostních okrajů, nebo do hromad. Takto shrnuté zbytky se mohou ponechat rozkladu, spálit, nebo vyvézt pro další zpracování (Neruda et al., 2015).

Mechanizované shrnutí klestu se často využívá při motomanuelních mýtních těžbách v kombinaci s adaptérem na vyvážení klestu. Takto shrnutý klest obsahuje hodně nečistot, proto ho není možné zpracovávat štěpkováním, ale musí se použít pro svou robustnost drtič (Chytrý, 2007).

### 3.4.3 Vyvážení

Pro potřeby vyvážení by měla být těžba přizpůsobena tak, aby se co nejvíce zachovala kvalita klestu pro energetické využití. K tomu výborně slouží harvesterové uzly. Těžební zbytky se při odvětvování harvesterovou kácecí hlavicí ukládají do hromad vedle linek a pak se kumulují vyvážecím traktorem nebo vyvážecí soupravou na odvozní místo. To by nemělo být s kamenitým podkladem, podmáčené a pod vedením elektrického proudu. Klest se kumuluje do soudržných hromad, které jsou tři až čtyři metry široké a vysoké. Pro zvýšení kvality materiálu Wantulok doporučuje přikrýt hromady lepenkou zesílenou vlákny (Wantulok, 2007).

System se využívá primárně ve Švédsku a jeho efektivita je největší při zásobování více menších spotřebitelů (cca 2 MW) na kratší vzdálenosti (Ulrich et al., 2006).

Zpracování těžebních zbytků není vhodné při výchovných zásadách, jelikož se využívají k ochraně kořenového systému (Ulrich et al., 2006). Erozivní působení stroje na povrch se snižuje tím, že se těžební zbytky nechávají v lince, aby po nich bylo možné přejíždět a zároveň se tím snížil tlak lesnické mechanizace na půdu (Dvořák et al., 2006).

Pro zvýšení výkonnosti vyvážení se mohou využít různé speciální technologie. Klasické drapáky k nakládání dřeva špatně pronikají do hromad klestu a snadno se pláty na koncích drapáku nabere půda s kamením. Ve Finsku byl proto zkonstruován speciální drapák pro nakládání těžebních zbytků, tzv. prstový drapák. Drapák má na každé straně dva nebo tři prsty. Jelikož lépe proniká do hromad, je náklad kompaktnější, nenabírá nečistoty a má až o 30-45 % větší objem. Zrychlí se tak nakládka i vykládka. Dalším trendem je zvýšení ložné kapacity. Hustota nákladu těžebních zbytků na metr krychlový je nižší než u vyvážení hroubí, udává se v rozmezí 80-150 kg/m<sup>3</sup>. Z toho důvodu není využita užitečná nosnost ložné plochy, která je konstruovaná na vyvážení dříví. Mezi

nejčastější úpravy ložného prostoru patří prodloužení klanic do výšky, prodloužení ložného prostoru a instalace předních a zadních zábran. Systém firmy Havu-Hukka umožňuje kompresy těžebních zbytků bočními stěnami. Může se díky tomu přepravit až 45 prn klestu s hmotností 10 tun. Nástavby na forwardér firmy Allan Bruks umožňují jak kompresi, tak následné vyklopení těžebních zbytků (Příhoda, 2007).

### 3.5 Technologie zpracování klestu

Kumulovaná lesní biomasa může být zpracována různými způsoby. Ty nezvyšují výhřevnost vyrobeného dezintegrovaného materiálu a ani jiným způsobem ho nezušlechťují. Toto zpracování se provádí výhradně za účelem úpravy rozměrů potěžebních zbytků pro jejich následnou snadnější manipulaci při dopravě a zpracování u spotřebitele. Minimalizace nákladů při této části výroby energetické lesní biomasy znatelně zefektivňuje celý proces výroby energie. Způsoby zpracování můžeme dělit podle lokalit, na kterých ke zpracování dochází a podle technologie k tomu použité. Tyto technologie lze rozlišit na dvě rozdužovací metody, tj. **štěpkování** a **drčení** a na metodu lisování s následným svazkováním, tzv. **balíkování**. Lokalita nejbližší zdroji materiálu je samotná **paseka (u pařezu)**. Zde se využívají terénní mobilní stroje, často s vlastním kontejnerem. Štěpku vyrobí přímo u pařezu a následně jí vyvezou na odvozní místo (OM), kde dochází k přeložení. Nejčastěji se klest zpracovává na lokalitě **odvozní místo**, k tomu dochází po předchozím vyvezení klestu vyvážecím traktorem nebo vyvážecí soupravou. Za další lokalitu se považuje lokalita **u odběratele**. Těžební zbytky se dopravují na místo odběru nezpracované a tam se následně štěpkují (Chytrý, 2007).

Nasazená technologie musí být vybrána dle řady požadavků. Roli například hraje ekologická šetrnost, požadavky na technologickou kvalitu materiálu, ekonomická výhodnost výroby, pravidelnost v terénu a dostupnost jednotlivých technologií v České republice (Příhoda, 2007).

Proces výroby a zpracování těžebních zbytků od vytěžení porostu po odvezení dezintegrovaného materiálu spotřebiteli může trvat téměř dva roky. Poptávka po energetické biomase sezóně roste během zimy. Proto se často materiál nahromadí během jara, léta a podzimu, a až poté se hromady štěpkují a rozváží spotřebiteli. Doba zpracování také závisí na naplánovaných logistických trasách štěpkovače a na nosnosti odvozních cest (Wantulok, 2007).

### 3.5.1 Štěpkování

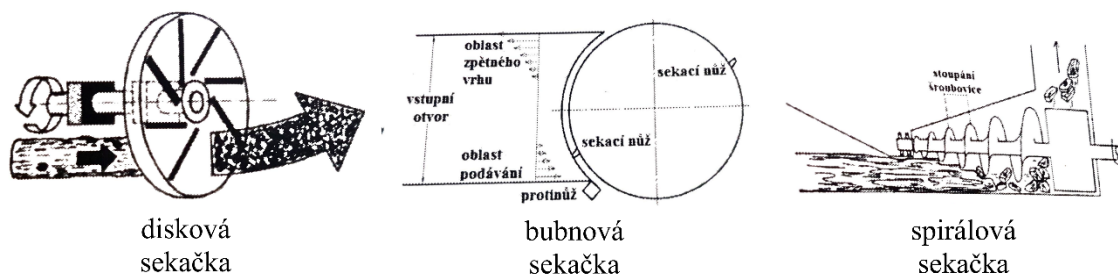
U této technologie se vstupní materiál dělí na dezintegrovanou štěpku řezným účinkem ostrých nožů, které se nacházejí nejčastěji na rotujícím disku nebo bubnu. Štěpkovače se rozlišují mnoha vlastnostmi:

- **způsobem dávkování materiálu,**
  - ruční dávkování,
  - mechanické dávkování;
- **způsobem podávání,**
  - bez podávacího zařízení,
  - s mechanickým zařízením;
- **sekacím ústrojím,**
  - diskové,
  - bubnové,
  - spirálové;
- **celkovým technickým řešením,**
  - zavěšené na tříbodovém závěsu,
  - přívěsné za traktory,
  - na samostatném podvozku,
  - umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů,
  - umístěné na podvozcích vyvážecích souprav (Příhoda, 2007).

**Diskové sekačky** mají na setrvačnicku radiálně uloženo kolmo na osu otáčení 2-7 nožů. Z důvodu větší obvodové rychlosti nožů blíže okrajům je malý podávací otvor umístěn blíže obvodu. Výkon těchto štěpkovačů není příliš vysoký, jelikož umožňuje podávání pouze samostatných větví. Oproti tomu málo vznikají nadrozměrné frakce, a tak se kvalita štěpek moc nemění.

U **bubnových sekaček** se nože nacházejí rovnoběžně s osou otáčení na plášti bubnu. Díky šířce a průměru bubnu může být vstupní otvor velký. Proto se spolu se vstupním žlabem a mačkacím válcem hodí na hromadné zpracování klestu. Válec usměrňuje vstupní materiál do spodní poloviny bubnu, aby nedocházelo ke zpětnému vrhu. Snadno dojde k přetížení a ztrátě otáček, tomu zabraňuje pojistka, která zpomaluje a zastavuje přísun materiálu. Stáčením materiálu může dojít k vzniku dlouhých vláken podélným štípáním, a tak není kvalita štěpek příliš vysoká.

**Spirálové sekačky** nevyrábí štěpky sekáním, ale odřezáváním. Oproti předchozím typům zde není možnost regulovat velikost štěpek seřízením nožů a protinožů, musela by se vyměnit celá šroubovice za jinou. Výhodou je nízký příkon, ale musí se zpracovávat pouze samostatné větve. Využití nachází jen v malovýrobních technologiích (Neruda et al., 2015). Zjednodušená schémata jednotlivých pracovních ústrojí lze vidět v obrázku 2.



Obrázek 2 – Principy sekacích ústrojí (Neruda et al., 2015)

Oproti drcení je kvalita materiálu vyrobeného touto technologií vysoká a odběratelé ji preferují. Musí se využívat kvalitní vstupní surovina bez příměsí zemin a hornin, aby se zabránilo opotřebení nožů, a tak se snížily náklady na opravy. Z tohoto důvodu není vhodné využívat jako metodu kumulace shrnování. Náklady na technickou jednotku vyrobené štěpky také klesají se zvyšujícím se výkonem štěpkovače (Chytrý, 2007).

### 3.5.2 Drcení

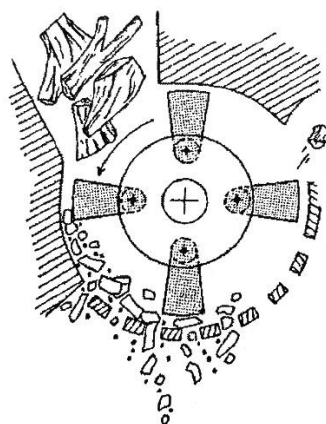
Drcení probíhá dělením zbytků pomocí rotujících kladiv umístěných po obvodu rotoru, viz obrázek 3. Lámáním a rozvlákněním kladivy vzniká různorodý, rozlámaný produkt. Odběratelé tento materiál nepreferují, jelikož nemohou využít stejné dopravníky vyvinuté pro uhlí, které se běžně používají. Nákladovost této technologie je srovnatelná se štěpkováním (Chytrý, 2007).

Zejména se využívá ke zpracování dříví, které není vhodné pro štěpkování. Odolnost i výkon mají větší a mohou se využít i ke zpracování velmi znečištěného klestu, nehrozí poškození nožů. Z důvodu většího výkonu by se mělo drcení využívat při větší koncentraci klestu, až stovky metrů krychlových (Soušek et al., 2020).

Samotná kladiva se speciálně tvarují pro drcení nebo mohou být vybavena výměnnými hranami. Pokud kladiva narazí na tvrdý předmět (kámen, kov),



tak se na rotoru protočí a tím se snižuje riziko poškození. Obvykle se velikost výsledné frakce určuje pomocí třídícího koše umístěného za rotorem s kladivý (Příhoda, 2007).



Obrázek 3 – Princip kladivového drtiče (Neruda et al., 2015)

### 3.5.3 Balení

Další metoda kombinuje lisování a svazkování těžebních zbytků do balíků přímo na pasece pomocí specializované mechanizace, tzv. **svazkovače**. Vhodná je zejména na zpracování čerstvého jehličnatého klestu, který se dá dobře slisovat a drží dobře tvar. Oproti tomu není vhodné takto lisovat těžební zbytky z listnatých dřevin, které svazkovač není schopný zabalit do rozměrů potřebných k dopravě. Balíky se nesmí dlouho ponechat v porostu nebo na odvozním místě, opadem asimilačních orgánů a postupným vysycháním se začínají rozpadat. Balíky se svazkovačem ukládají podél linek a pro jejich vyvezení z pasek na odvozní místo se používají standardní vyvážecí soupravy a vyvážecí traktory. Dopravu ke spotřebiteli zajišťují klasické odvozní soupravy. Výhodou balíků jsou lepší možnosti pro dlouhodobé skladování na skladu odběratele oproti štěpce, využívají se ke tvorbě zásob. V České republice není výskyt této technologie příliš běžný. V našich podmínkách nemají odběratelé prostředky k pálení celých balíků, a tak je musí štěpkovat před využitím k výrobě energie. Proto se na metodu pohlíží jako na další nákladovou položku, která nijak nezhodnocuje materiál (Chytrý, 2007).

Proces balení probíhá průběžně a není tak omezena délka balíku. Tu si nastavuje sám operátor podle možností transportu z lesa. Balík o délce 3,2 metru poskytuje přibližně 1 MWh energie, hodnota se liší v závislosti na vlhkosti materiálu a dřevině. Z plochy o velikosti 1 hektar je možné vyrobit 100-150 balíků. Svazkovač vyrábí ve skandinávských podmínkách průměrně 20-30 balíků za hodinu (Příhoda, 2007).

Tento systém je nejvíce využíván ve Finsku. Tam se díky jednoduché dopravě a možnosti dlouhodobého skladování systém s úspěchem osvědčuje při transportu do velké centrální elektrárny na větší vzdálenosti (Ulrich et al., 2006).

#### 3.5.4 Manipulace a skladování

Manipulací se při výrobě lesních štěpek myslí všechny technologické operace, které je nutné vykonat pro zajištění dodávky k odběrateli z odvozního místa. Například se jedná o foukání vyráběných štěpek na hromady a jejich pozdější přeložení na nákladní automobil. Další možnost představuje nafoukání štěpky do menších nákladních automobilů a traktorových vleků, které kumulují materiál na překladišti. Ten se nakladačem překládá na nákladní vagón pro dopravu na železnici nebo na velkoobjemový dopravní prostředek. Je nutné minimalizovat tyto zbytné nákladové operace a zefektivnit logistiku. Náklady na manipulaci a dopravu rozhodují o efektivitě a výnosnosti výroby lesních štěpek pro energetické využití. Mělo by být cílem dodavatelů zavést spolehlivý systém dodávek „just in time“ (Chytrý, 2007).

Pokud se štěpky skladují na zemi například z důvodu překládání, musí se dbát zvýšené opatrnosti při nakládce, aby se zabránilo nakládání cizích těles. Hromady skladované štěpky by se měly skladovat do kuželovitého tvaru, díky tomu může déšť a sníh stékat po stranách. Lehce se do hromady dostane vlhkost, jestliže je nerovná a obsahuje mnoho kapes (Wantulok, 2007).

Během prvního týdne skladování čerstvé štěpky může teplota vystoupat až na 70 °C. Proto se hromady štěpek přemísťují a rozhrnují pro urychlení sušení, tím se uvolní horký vzduch nasycený vlhkostí. Dlouhodobým skladováním však dochází k degradaci materiálu. Ztráta spalného tepla po roce skladování na vzduchu bez přístřešku dosahuje 20 až 40 % (Alexandr a Roček, 1991).

### 3.6 Evidence a příjem těžebních zbytků

Podle zákona o státní statistické službě č. 89/1995 Sb. a jeho aktuální vyhlášky o Programu statistických zjišťování pro daný rok musí subjekt hospodařící na lesních pozemcích s rozlohou větší než 200 hektarů splnit po vyzvání Českým statistickým úřadem svoji zpravodajskou povinnost. Ta spočívá ve vyplnění a odevzdání formuláře Les 8-01. Jednou z částí formuláře jsou ostatní lesnické produkty (viz příloha 2), ve kterých se uvádí objem prodané vyrobené lesní štěpky v plnometrech a tisících korun

a objem spotřeby z vlastní spotřeby produkce v plnometrech. Z tohoto vyplývá, že je nutné vést evidenci takovým způsobem, aby byl daný subjekt schopný poskytnout všechny potřebné informace. Pro tyto účely se vypočte objem obchodovaných těžebních zbytků jako součin prostorových metrů a převodního čísla 0,35. Obdobné údaje se vyplňují i pro štěpku, zde se použije převodní číslo 0,40. Hodnoty se uvádějí pro jehličnaté a listnaté dřeviny dohromady a ani u převodních čísel se nebere ohled na druh dřeviny. Doporučená pravidla (DPMTD, 2007) uvádí, že se pro zjištění plného objemu bez kůry u klestu násobí prostorový objem převodním číslem 0,30 – 0,40.

Evidence a příjem těžebních zbytků se dále provádí například z důvodů fakturace práce, účetnictví a pro potřeby kupní smlouvy. U státního podniku Lesy České republiky by měl podle smluv (viz příloha 3) být příjem vyvezených těžebních zbytků deklarován v plnometrech výpočtem podle vzorce:

- **Prostorové metry skládek - (délka \* šířka \* výška) \* 0,7 (koeficient).**

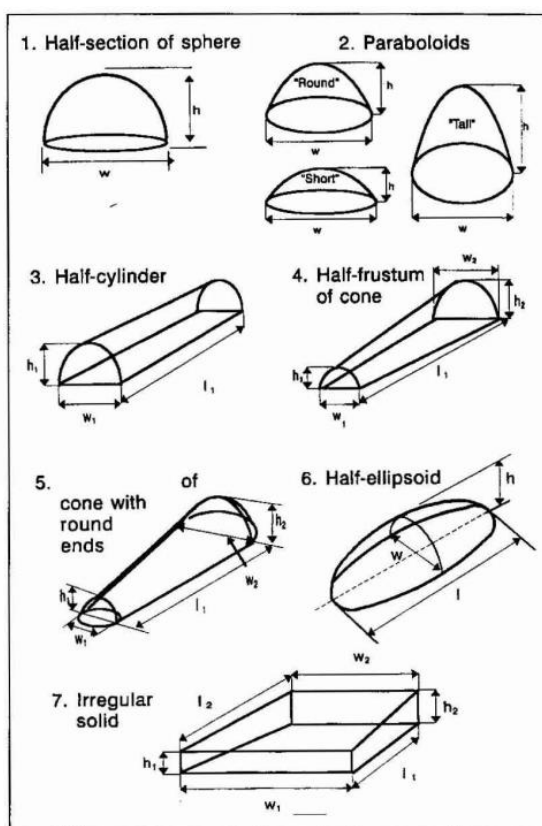
Není však v praxi jasné, jakým způsobem má konkrétní měření prostorových hodnot probíhat. Z toho důvodu se tento vzorec nevyužívá a místo něj se nastavilo pravidlo, ve kterém se objem těžebních zbytků rovná vytěženému objemu hroubí. Následně se pro potřeby fakturace a evidence násobí odhadnutým koeficientem, jenž vyjadřuje procento vyvezených zbytků z lesa.

Objem těžebních zbytků se zjišťuje několika dalšími způsoby. Mohou se využít empirické tabulky, které se odvozují z výzkumu údajů smýcených vzorníků pomocí některé z fyzikálních metod. Dále se může tento objem stanovit rozdílem stromového a kmenového objemu z objemových tabulek pro jednotlivé dřeviny, u kterých jsou tyto údaje uvedené (Sequens, 2007).

Další možná metoda odhadu objemu nazývaná „Line-Intersect Method“ se zakládá na principu Buffonovi jehly. Vytěžená porostní plocha, na které jsou těžební zbytky, se proloží transekty. Zbytky protnuté transektem se změří a na základě těchto údajů se dopočítá odhad celé plochy. Tato metoda se ve světě využívala na zbytky hrubých úlomků větších rozměrů, ale jsou prováděny výzkumy, které metodu doporučují i na sortimentní těžební metodu (Karpachev et al., 2020).

Ve Spojených státech amerických zavedl Hardy (1996) pokyny pro odhadování objemu kumulovaných hromad potěžebních zbytků na základě různých tvarů. Tyto tvary

jsou klasifikovány do sedmi obecných skupin (půl koule, paraboloidy, půlválec, půlka ležícího komolého kužele, půlka komolého ležícího kužele se zaoblenými konci, poloviční elipsoid a nepravidelný tvar se zarovnanými stranami, které se vzájemně nerovnají). Jednotlivé tvary s jejich příslušnými rozměry potřebnými k dalším výpočtům jsou znázorněny v obrázku 4. Ke každé skupině uvádí konkrétní postup měření a vzorec potřebný pro vypočítání prostorového objemu. Koeficienty pro přepočet na plnometry se pohybují mezi 0,10 a 0,25, ale pro potřeby České republiky jsou nepoužitelné, jelikož byly zjišťovány v jiných výrobních podmínkách s jinou hranicí hroubí a nehroubí a s jinými dřevinami.



Obrázek 4 – Sedm zobecněných skupin tvarů nahromaděných těžebních zbytků (Hardy, 1996)

### 3.7 Příjem a přejímky lesní štěpky

Prvotní příjem většinou probíhá změřením prostorového objemu po nafoukání materiálu do přepravního kontejneru. Dodávat a fakturovat odběrateli je možné v tunách, atrotunách, prostorových metrech, gigajoulech obsažených v dodaném materiálu, gigajoulech vyrobených z dodaného materiálu a v plnometrech. Záleží na dohodě dodavatele s odběratelem, kterou z metod použijí. Odběratel většinou nese náklady spjaté

s přejímkou. Ta musí být provedena jednoduše, rychle, transparentně a tak, aby poskytla všechny potřebné informace k fakturaci (Chytrý, 2007).

Průvodní dodací listy by měly obsahovat označení kvality, celkové množství prostorových metrů v dodávce, expediční datum, číselné označení dodacího listu a název odběratele. Pro potřeby evidence dodávky v metrech krychlových bez kůry se zjistí tento údaj jako součin prostorového objemu štěpek s kůrou a převodního čísla. Podle technické normy ON 48 00 95 z roku 1985 se objem zelené štěpky v metrech krychlových bez kůry vypočítal vynásobením prostorového objemu převodním číslem 0,38 (Alexandr a Roček, 1991).

Dezintegrované dříví se pro potřeby pozdějšího zpracování přejímá v hmotnostních jednotkách (nejčastěji v tunách). Hmotnost ovlivňuje obsah vody a podíl dřeva v jednotce prostoru. Měření se skládá ze dvou hlavních částí, měření v čerstvém stavu (zelená hmota – metoda Lutro) a měření v suchém stavu (suchá hmota – metoda Atro). Jako výsledek celkového měření a příjmu dříví slouží protokol o příjmu dodávky.

- **Metoda Lutro**

Každá dodávka štěpky se zváží na stanovené váze při vjezdu k odběrateli. Po složení nákladu se cestou ze závodu změří váha prázdného vozidla (tzv. tára – hmotnost obalu). Rozdíl váhy vozidla + nákladu a táry udává celkovou váhu materiálu v čerstvém stavu. Na vážní lístek se zapíše potřebné identifikační prvky dodávky a změřená hmotnost.

- **Metoda Atro**

Při této metodě se odebírají vzorky štěpky z každého kamionu bezprostředně před nebo po zvážení metodou Lutro. Lopatkou se odebere nejméně jeden litr vzorku na 8 odběrových místech minimálně 25 cm pod povrchem ložného nákladu. Takto získaných 8 litrů se zamíchá a zajistí do obalu zabraňujícím vysychání a přístupu nečistot. Vzorek se nezaměnitelně označí a přiřadí k vážnímu lístku z předchozí metody. Pro analýzu se vysype na suchou a rovnou plochu do kužele. Ten se viditelně rozdělí na čtyři části. Jedna čtvrtina se využije pro analýzu sušiny a zbylé tři se použijí na další analýzy nebo se vyhodí. Analýza sušiny začíná zvážení vzorku v čerstvém stavu, poté se vzorek suší minimálně 10 hodin při teplotě  $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  v laboratorní sušárně. Okamžitě po ukončení sušení se vzorek zváží v suchém stavu. Podíl hmotnosti v suchém

stavu a hmotnosti v čerstvém stavu vyjadřuje hodnotu sušiny. Následně se součinem hodnoty sušiny a hmotnosti dodávky v čerstvém stavu vypočítá výsledná suchá hmotnost celé dodávky.

Pro potřeby fakturace se musí zjistit následná výhřevnost dodané biomasy. Ta se počítá z exaktně změřené vlhkosti a přesné stanovení uvádí odběratel ve svých technických podmínkách. V nich také stanoví minimální hodnotu výhřevnosti, která bývá alespoň 7 MJ/kg (DPMTD, 2007).

### 3.8 Dotační programy

K problematice lesních těžebních zbytků, štěpkování a využívání biomasy se váže několik podpor a dotačních titulů, jejichž úkolem je podpořit nejen vlastníky lesa a výrobce štěpky, ale i spotřebitele.

#### 3.8.1 Finanční příspěvek na ekologické a k přírodě šetrné technologie při hospodaření v lese

Příspěvek zakotvený v nařízení vlády č. 30/2014 Sb., o stanovení závazných pravidel poskytování finančních příspěvků na hospodaření v lesích a na vybrané myslivecké činnosti, poskytuje příslušné ministerstvo vlastníkovi nebo pachtýři lesa. Mimo jiné se příspěvek poskytuje za **likvidaci klestu štěpkováním nebo drčením při obnově lesa s rozptýlením hmoty v obnovovaném porostu**. Od roku 2022 se navýšila částka tohoto příspěvku na 25 000 Kč/ha. V roce 2020 se při původní náhradě 18 000 Kč/ha celkem vyplatilo 57 milionů korun za 3 165,1 ha (MZe, 2021).

#### 3.8.2 Finanční příspěvek na ochranu lesa

Obdobně jako u příspěvku předchozího je právním základem nařízení vlády č. 30/2014 Sb. Zde je relevantním předmětem **odstranění jehličnatých dřevin z lesního porostu do 40 let věku poškozených suchem, lýkožrouty nebo václavkou smrkovou za podmínky seštěpkování vytěženého dřeva a ponechání části štěpky rovnoměrně rozmístěné na ploše odstraněného lesního porostu**. Sazba pro tento příspěvek činí 28 000 Kč/ha. Podle Zprávy o stavu lesa v roce 2020 (MZe, 2021) se finanční příspěvek za seštěpkování poškozených porostů využil na 21,2 ha.

### 3.8.3 Podpůrný a garanční lesnický fond

Podporuje nejen lesní hospodářství formou dotace části úroků z podnikatelských úroků. Dělí se na různé programy dle hospodářského odvětví. V rámci programu Lesní hospodář může vlastník, pachtýř či podnikatel zažádat o dotaci části úroku až do výše 5 % p. a. na lesnickou mechanizaci, zejména na štěpkovače a drtiče, shrnovače klestu, vyvážecí stroje a klanicové vyvážecí přívěsy s hydraulickou rukou (PGRLF, 2020).

Za rok 2020 bylo schváleno v tomto programu 402 žádostí z 655 podaných a celkový objem úvěrů 1 487,9 milionů korun byl snížen o 31,8 milionů korun (MZe, 2021).

### 3.8.4 Kotlíkové dotace

Je to jedna ze složek programu Nová zelená úsporám Ministerstva životního prostředí zacíleného na úspory energií v rodinných a bytových domech. Konkrétně se jedná o dotace na výměnu starých neekologických kotlů za nové. Lze žádat (mimo jiné) o podporu ve výši až 50 % způsobilých výdajů při výměně za kotel na biomasu (SFŽP, 2022).

### 3.8.5 Zelený bonus

Zelený bonus patří mezi výrazný způsob podpory obnovitelných zdrojů energie státem. Motivuje výrobce elektřiny a tepla k využívání obnovitelných zdrojů (například biomasy) příplatkem k běžné ceně na trhu. Podpora vychází ze zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, který zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a také podporuje využití obnovitelných zdrojů, zvyšuje jejich podíl na konečné spotřebě a přispívá k šetrnému využívání přírodních zdrojů v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí. Energetický regulační úřad každoročně vydává cenové rozhodnutí pro podporované zdroje energie, ve kterém stanovuje výši podpor pro následující rok. Výše bonusu se liší podle různých kritérií, např. druhu podporované energie, stáří výroby, a jedná-li se o biomasu, tak i podle kategorie biomasy z vyhlášky 477/2012 Sb., viz kapitola 3.2.

## 4 Metodika

V období od března 2021 do března 2022 proběhlo terénní měření dat z lesní výroby, kterou pro jednotlivé vlastníky lesů zajišťovala svoji mechanizací Jihozápadní dřevařská a.s. Tato společnost se sídlem v Sušici působí převážně v jižních, jihozápadních a západních Čechách a poskytuje komplexní nabídku těžebních a pěstebních činností nejen pro státní lesy, ale i lesy městské a soukromé. S vedením společnosti bylo dohodnuto poskytování informací o plánovaných těžbách a možnost sběru dat během výrobního procesu.

Výběr vyhovujících porostů pro získávání dat nebyl podmíněn konkrétní oblastí. Firma provozovala výrobu na více lokalitách, ale pro sběr dat byly vybrány pouze vhodné operační bloky. Těžební zbytky se nezpracovávají ve všech těžbách, a ne vždy jsou všechny pracovní operace výroby štěpek (těžba, vyvážení, štěpkování) zajišťovány touto firmou, mohou být poskytovány i jednotlivě. Musely být vybrány takové těžby, ve kterých nebyl výrobní řetězec nijak přerušen. Výroba lesní štěpky kompletně vlastní mechanizací je pro tuto společnost poměrně novou záležitostí a zároveň novou poskytovanou službou. Často se tak stává, že se z lesa vlastníkovi vyváží i starší nakumulovaný klest, a proto se zvolily porosty, ze kterých se na odvozní místo vyvážely výhradně čerstvé těžební zbytky. Jelikož je pozorovanou dřevinou smrk, byl brán ohled na to, aby objem ostatních dřevin z celkového objemu těžby v porostu nepřesahoval 5 %. Dále nemohlo jít o porosty, ve kterých by terénní, technologické, nebo jiné výrobní podmínky zamezily odběru těžebních zbytků.

### 4.1 Objem těžných kmenů

Těžba a soustředování dříví probíhalo sortimentní metodou s využitím harvestorových uzlů. U harvestorů této společnosti se pravidelně provádí kontrolní měření (viz příloha 4 a 5) a kalibrace měřících senzorů, aby výsledné výstupy ze softwaru byly validní. Detailní postup kontroly měřících zařízení a kalibrace popisují Natov s Dvořákem (2018). Odchylna objemu kontrolního měření by neměla překročit přibližně 3 %. Z výkazu výrobně-evidenčního softwaru harvestorů byly pro potřeby této práce převzaty informace o celkovém objemu těžby v metrech krychlových bez kůry na daném pracovišti a informace o průměrném objemu středního těžného kmene.



## 4.2 Měření objemu klestu

Všechny těžební zbytky se vyvážely vyvážecími traktory. Pro potřeby stanovení objemu klestu byla díky možnosti přístupu k mechanizaci využita nová metodika. Tato metoda se inspirovala způsobem měření objemu dříví na odvozní soupravě. U nenaložených vyvážecích traktorů se změřily s přesností na centimetry rozměry nákladového prostoru, viz příloha 6. Z nich se vypočítal základní objem prostoru. Nestačilo změřit tento objem, jelikož operátoři kvůli využití nosnosti strojů běžně ukládají klest nad klanice vyvážecího traktoru do kupy, tzv. „čepice“. Podle doporučených pravidel (DPMTD, 2007) se pro určení objemu vyššího nákladu při měření objemu dezintegrovaného dříví v prostorových mírách zjišťuje výška nákladu myšleným vyrovnáním nákladu po celé naložené ploše. Tento postup byl využit i pro zjištění vyrovnané výšky kupy klestu nad klanicemi s pomocí teleskopické měřicí tyče před každým složením vyvážecího traktoru na odvozním místě. To lze vidět na obrázku 5. Šířka a délka nákladového prostoru vynásobená takto zjištěnou výškou nám dala objem navršeného nákladu. Sečtením základního a navršeného objemu se získal celkový objem jednotlivého nákladu. Celkový prostorový objem vyvezeného klestu z porostu se vypočítal jako součet jednotlivých objemů nákladů.



Obrázek 5 – Měření vyrovnané výšky nákladu, zdroj: autor

### 4.3 Výroba zelené štěpky na odvozním místě

Výroba zelené štěpky probíhala na odvozním místě samojízdným bubnovým štěpkovačem Albach Diamant 2000. Základní technické údaje tohoto štěpkovače shrnuje příloha 7. Doba mezi vyvezením klestu a jeho štěpkováním byla rozdílná. Závisela především na plánovaných trasách štěpkovače. Síto a nože štěpkovače byly pro potřebu sběru dat nastaveny po celou dobu na jednotnou velikost frakce, konkrétně se používalo síto s velikostí regulačních otvorů 100 mm. Detail podávacího zařízení a bubnové sekačky tohoto stroje je možné vidět v příloze 8. Vyrobena štěpka byla foukána komínem a rozprostřena na připravené nákladní vozy, viz příloha 9 a 10. Ty následně odvážely dezintegrováný materiál přímo odběrateli, nebo na překladiště.

### 4.4 Měření objemu zelené štěpky

Pro změření objemu zelené štěpky v prostorových mírách byl použit postup dle doporučených pravidel (DPMTD, 2007). Před výrobou bylo nutné změřit vnitřní prostorový objem prázdných nákladních vozů s přesností délky, šířky a výšky na jeden centimetr, viz obrázek 6. Šířka kontejneru se měří ve středu a krajích bočních stěn na horním okraji, ve střední výšce a na dně. Z těchto devíti měření se vypočte průměrná hodnota šířky. Průměrná hodnota délky se vypočte ze čtyř měření, tj. dvě délky u stěn na dně a dvě délky u stěn ve středu výšky. Výšky se měří v každém rohu a následně se vypočte jejich průměrná hodnota. Ihned po výrobě se určila výška nákladu v porovnání s krajem bočnic. Jestliže byla štěpka nafoukána nad bočnice, zjistila se celková výška nákladu myšleným vyrovnáním nákladu po celé ploše, tj. přičtení vyrovnané výšky k výšce kontejneru. Pokud štěpka nedosahovala výšky bočnic například z důvodu překročení povolené váhy nákladního vozu nebo nedostatku materiálu na odvozním místě, změřil se volný prostor nad nákladem. Výška nákladu se pak rovnala rozdílu výšky kontejneru a volného prostoru. Měření rozdílu nákladu nad nebo pod bočnicemi se při rozdílu do 20 centimetrů provádí ve stupních po centimetru a při rozdílu nad 20 centimetrů ve stupních po 5 centimetrech. Celkový prostorový objem štěpky z jednoho odvozního místa se pak odvodil jako součet objemů jednotlivých nákladů kontejnerů.



Obrázek 6 – Měření rozměrů kontejneru nákladního vozu, zdroj: autor

#### 4.5 Postup analýzy

Statistická analýza pro potřeby této práce proběhla v programu STATISTICA 14 (TIBCO Software Inc., 2020). Celý soubor měřených dat byl popsán základní popisnou statistikou. Na jednotlivých veličinách byly zjišťovány míry polohy (aritmetický průměr, medián, minimum, maximum, dolní a horní kvartil) a míry variability (rozptyl, směrodatná odchylka a variabilita).

Pro analýzu závislosti objemu vyrobeného klestu a štěpky na průměrném objemu těžných kmenů se využila korelační a regresní analýza. Pro potřeby těchto analýz se pomocí objemu těžeb ve výrobních blocích a z nich odvozeného průměrného objemu těžného kmene vypočítal průměrný objem klestu na těžný kmen a průměrný objem štěpky na těžný kmen. Analýza Pearsonova korelačního koeficientu se použila pro změření těsnosti lineární závislosti naměřených dat. Výsledný koeficient korelace  $r$  nabývá hodnot od mínus jedné do jedné. Čím více se blíží hodnota k nule, tím menší je mezi veličinami závislost a naopak. Kladný koeficient představuje přímou lineární závislost a negativní nepřímou. Následně byla aplikována jednoduchá lineární regrese pro kvantitativní popis závislostí jednotlivých veličin. Zde musela být předem určena závislá a nezávislá proměnná. Pomocí metody nejmenších čtverců odchylek se získaly parametry pro vytvoření lineární regresní funkce s předpisem  $y = b \times x + a$ .

Druhou mocninou koeficientu korelace se stanovil koeficient determinace  $r^2$ , který udává míru kvality regresního modelu. V rozsahu od nuly do jedné nebo v procentech ukazuje, jak moc je závislá proměnná (průměrný objem vyrobeného klestu a štěrky na těžný kmen) ovlivněna nezávisle proměnnou (průměrný objem těžného kmene) (Kába a Svatošová, 2012).

Nakonec byl vytvořen soubor podílů mezi objemy vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objemy vytěženého hroubí. Popsala se jeho základní statistika a průměrem se vytvořil přepočtový koeficient pro praktické využití.

## 5 Výsledky

Soubor hodnot zjišťovaných podle výše popsané metodiky obsahuje Tabulka 2. V prvním sloupci se nachází identifikační číslo dané lokace. Ve druhém sloupci je uveden průměrný objem těžného kmene v metrech krychlových bez kůry. Třetí sloupec obsahuje celkový objem vytěženého hroubí na lokalitě v metrech krychlových bez kůry. Ve čtvrtém sloupci se nachází změřený obsah vyvezených těžebních zbytků v prostorových metrech a v pátém obsah vyrobené lesní štěpky také v prostorových metrech.

Tabulka 2 – Výsledné naměřené hodnoty

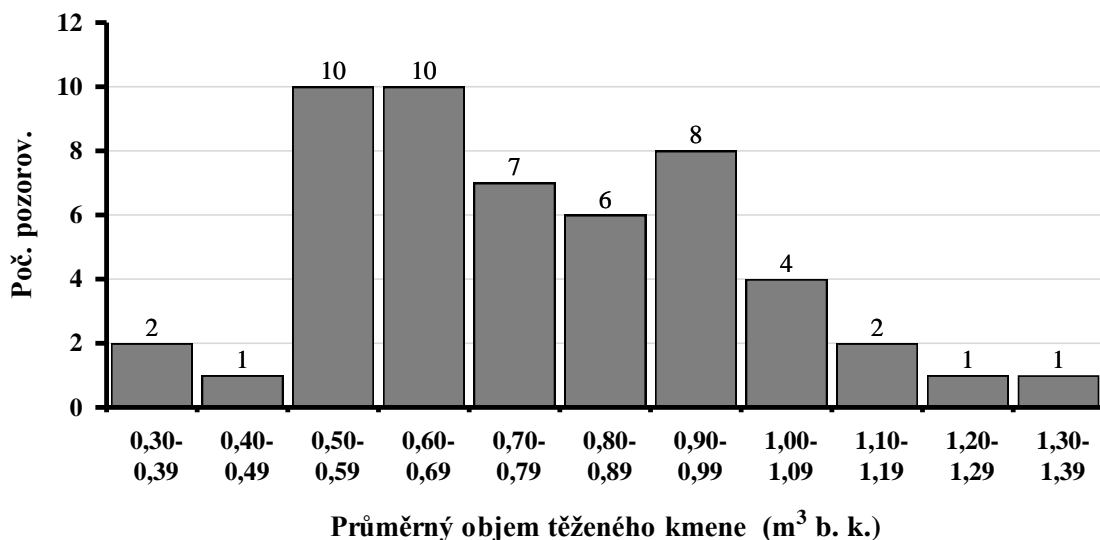
<b>ID</b>	<b>Průměrný objem těžného kmene (m<sup>3</sup> b. k.)</b>	<b>Objem těžby (m<sup>3</sup> b. k.)</b>	<b>Objem klestu (prm)</b>	<b>Objem štěpky (prm)</b>
1	0,59	462,52	443,23	279,47
2	0,58	140,86	131,62	78,11
3	0,90	1 725,48	1 530,5	1 074,9
4	0,78	966,28	874,78	575,21
5	0,48	1 104,10	847,83	488,94
6	0,38	1 009,68	828,73	451,96
7	0,62	240,76	262,81	149,63
8	0,38	526,14	445,09	234,78
9	0,73	638,34	622,29	390,41
10	0,96	206,30	133,47	86,73
11	0,98	62,99	46,04	30,95
12	0,53	577,45	532,96	294,07
13	0,57	1 467,51	1 091,52	664,29
14	0,61	407,97	579,02	340,88
15	0,58	1 131,19	930,21	549,5
16	0,75	183,87	177,86	111,67
17	0,94	288,40	356,56	220,28
18	0,51	41,54	35,2	21,79
19	0,98	310,50	445,45	294,71
20	1,00	1 520,69	917,84	595,67
21	1,36	1 481,58	1 307,26	802,4
22	1,09	534,83	379,2	240,41
23	1,25	471,06	423,36	251,96
24	0,94	715,18	684,45	405
25	0,87	525,44	468,51	291,29
26	1,10	577,58	850,08	528,43
27	0,62	869,27	913,44	527,93
28	0,61	547,26	584,32	352,37
29	1,05	489,19	782,4	489,42
30	0,60	1 213,18	1 151,09	632,74
31	0,69	72,64	67,43	44,91

<b>ID</b>	<b>Průměrný objem těžného kmene (m<sup>3</sup> b. k.)</b>	<b>Objem těžby (m<sup>3</sup> b. k.)</b>	<b>Objem klestu (prm)</b>	<b>Objem štěpky (prm)</b>
32	0,54	475,29	467,39	294,04
33	0,63	737,26	619,49	368,97
34	0,55	551,67	441,83	280,64
35	0,98	852,71	732,48	468,56
36	0,81	827,74	828,16	543,39
37	0,73	713,80	539,92	351,38
38	0,54	944,21	623,52	419,65
39	0,77	1 093,55	869,27	570,14
40	1,11	790,54	1 106,8	701,7
41	0,87	491,20	651,68	347,25
42	0,63	899,41	863,02	524,93
43	0,82	557,07	559,27	323,08
44	0,83	351,20	389,23	228,3
45	1,03	62,03	83,45	46,1
46	0,67	485,86	420,67	268,94
47	0,72	616,90	453,84	290,33
48	0,91	202,04	273,41	146,35
49	0,87	515,06	595,8	350
50	0,57	613,38	363,21	207,39
51	0,79	185,86	194,32	126,12
52	0,61	312,29	251,66	172,73

Celkem bylo provedeno měření na 52 lokalitách, resp. výrobních blocích. Na těchto lokalitách proběhly těžby ve výši 32 788,85 m<sup>3</sup> b. k., z nichž vyvezený objem klestu byl změřen na 30 172,97 prm, ze kterých se vyrobilo 18 530,8 prm štěpky. Velikost těžeb se pohybovala od 41,54 m<sup>3</sup> b. k. do 1 725,48 m<sup>3</sup> b. k. Pro představu o rozdělení středních těžných kmenů byl vytvořen graf četností (viz graf 1), ve kterém byly objemy zařazeny do stupňů po desetínách. Průměrné těžné kmene se pohybovaly mezi 0,38 a 1,36 m<sup>3</sup> b. k. a největší zastoupení měly těžby v intervalu 0,50-0,99 m<sup>3</sup> b. k. Další popisné statistiky jsou uvedené v tabulce 3.

Tabulka 3 – Popisná statistika sledovaných hodnot

Parametr	Průměrný objem těženého kmene (m <sup>3</sup> b. k.)	Objem těžby (m <sup>3</sup> b. k.)	Objem klestu (prm)	Objem štěpky (prm)
Průměr	0,77	630,56	580,25	356,36
Medián	0,74	549,47	549,60	331,98
Minimum	0,38	41,54	35,2	21,79
Maximum	1,36	1725,48	1530,5	1074,9
Dolní kvartil	0,60	331,75	371,21	224,29
Horní kvartil	0,94	860,99	838,28	507,18
Rozptyl	0,05	160 390,62	111 718,99	45 350,60
Směrodatná odchylka	0,22	400,49	334,24	212,96
Variační koeficient	28,60	63,51	57,60	59,76



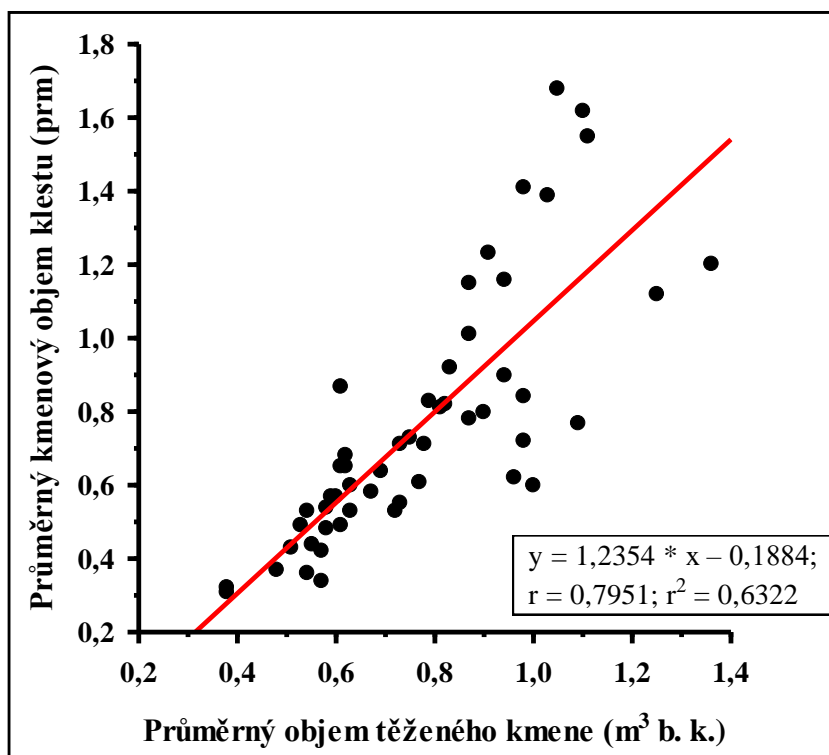
Graf 1 – Graf četností průměrných objemů těžených kmenů

Korelační analýzou se pomocí koeficientu korelace určila těsnost závislosti průměrného kmenového objemu klestu a štěpky na objemech průměrných těžených kmenů. Pro závislost mezi klestem a těženým kmenem vyšel tento koeficient  $r = 0,7951$  a mezi štěpkou a těženým kmenem  $r = 0,8141$ . Oba tyto koeficienty ukazují poměrně silnou přímou lineární závislost mezi jednotlivými veličinami.

Dále se popsala závislost regresní analýzou. Objem průměrných těžených kmenů se označil jako nezávislá veličina a průměrný kmenový objem klestu (resp. štěpky) jako veličina závislá. Pro lepší vizuální zobrazení závislostí se vytvořily bodové grafy 2 a 3 s nezávislou veličinou na ose X a závislou veličinou na ose Y. Aby mohla být body proložena přímkou vytvořila se lineární regresní funkce pro obě závislosti, předpis lze vidět

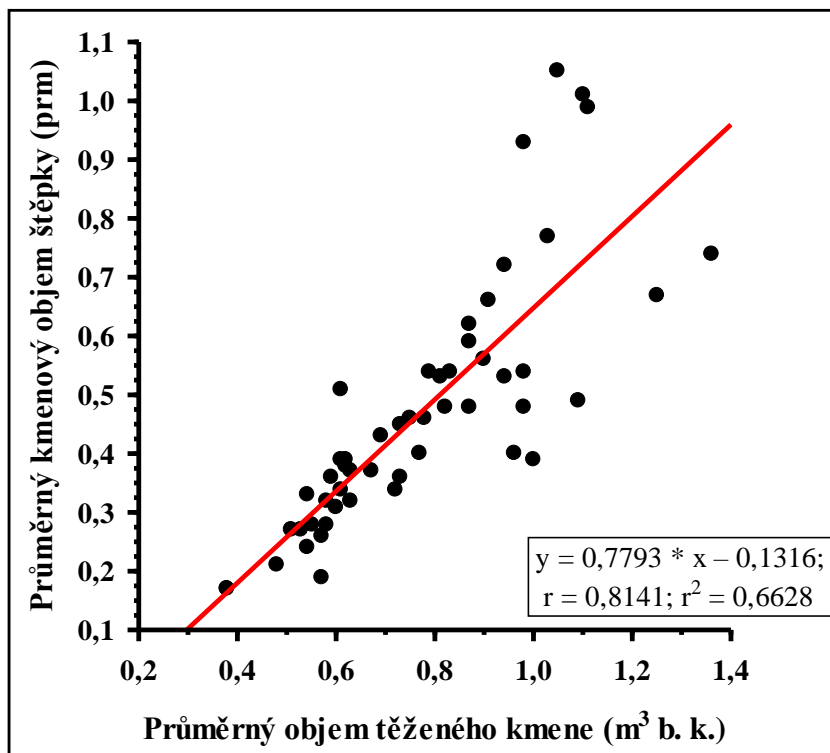
v jednotlivých grafech. Kvalita tohoto modelu se porovnala koeficientem determinace. Ten je pro vztah mezi klestem a těžným kmenem  $r^2 = 0,6322$  a mezi štěpkou a těžným kmenem  $r^2 = 0,6628$ . Říká nám, že se dá 63 % (resp. 66 %) variability závislé proměnné popsat vytvořeným regresním modelem.

Z bodových grafů a výsledků analýz se dá předpokládat, že existuje poměrně velká závislost mezi průměrným kmenovým objemem klestu a štěpky. Tuto lineární závislost potvrzuje bodový graf 4, variační koeficient  $r = 0,9878$  a determinační koeficient  $r^2 = 0,9758$ .

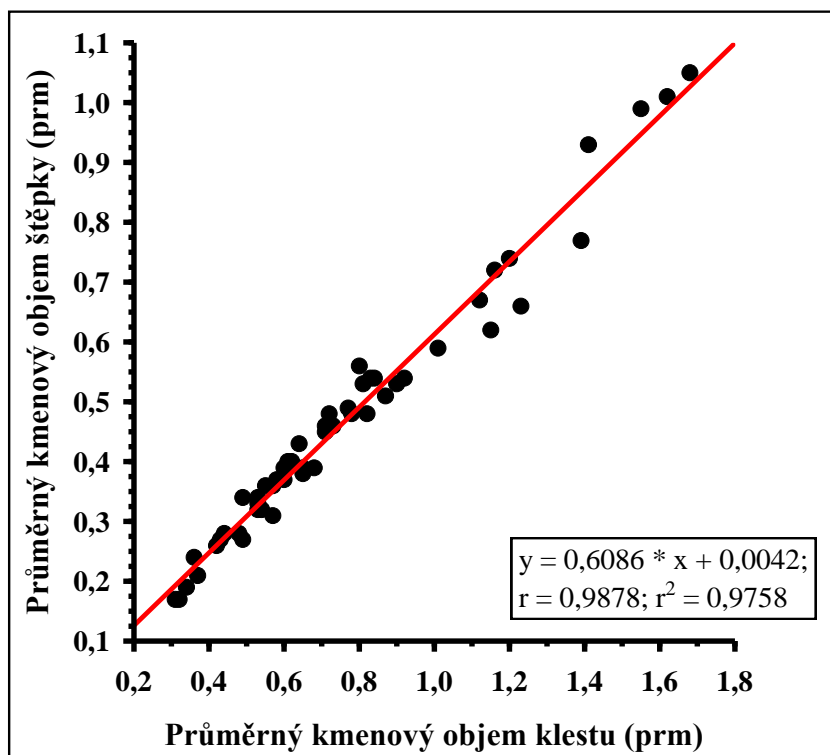


Graf 2 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu klestu a průměrného objemu těžného kmene





Graf 3 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu štěpky a průměrného objemu těžného kmene

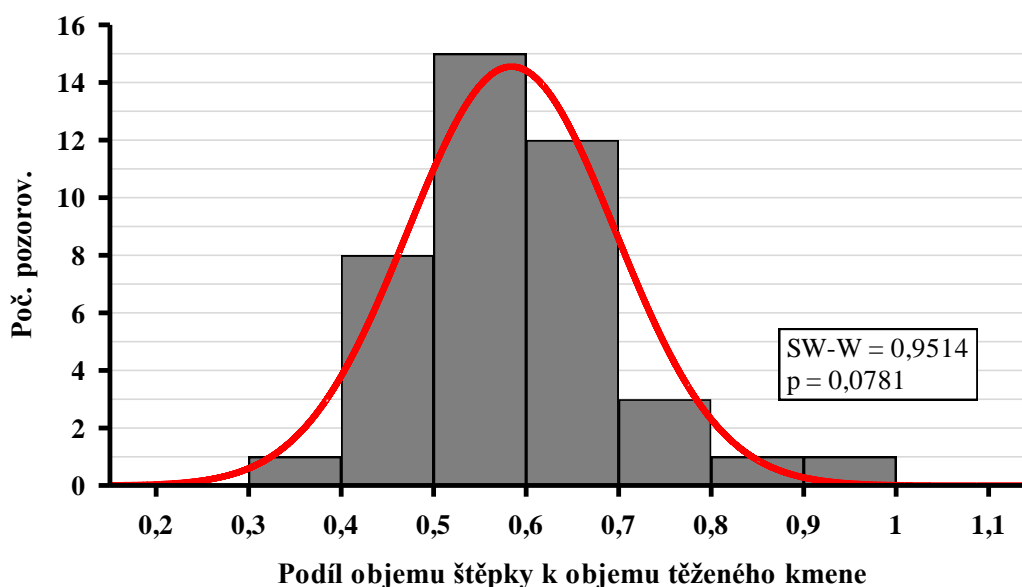


Graf 4 – Bodový graf závislosti průměrného kmenového objemu štěpky a průměrného kmenového objemu klestu

Přepočtový koeficient pro objem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objem těžného kmene byl pro přesnější aplikovatelnost v praxi vypočítán pouze z lokalit s průměrným objemem těžného kmene v rozmezí 0,50-0,99 m<sup>3</sup> b. k. V tomto rozmezí se nacházelo 41 lokalit. Také zde Shapiro–Wilkův test normality nezamítá nulovou hypotézu o normalitě na hladině významnosti 0,05, viz graf 5. Základní popisné statistiky tohoto souboru jsou popsány v tabulce 4. Výsledný koeficient pro tento podíl vycházející z průměru je tedy 0,58.

Tabulka 4 – Popisná statistika podílu objemu štěpky k objemu těžného kmene

Parametr	Podíl objemu štěpky k objemu těžného kmene
Průměr	0,584
Medián	0,580
Minimum	0,34
Maximum	0,95
Směrodatná odchylka	0,11
Variační koeficient	19,24



Graf 5 – Histogram podílu objemu štěpky k objemu těžného kmene

## 6 Diskuse

Adaptace výrobců energie na vyšší využívání biomasy jako obnovitelného zdroje energie výrazně zvyšuje v posledních letech v České republice poptávku po sortimentu lesních štěpek. Tuto poptávku se zatím daří plnit díky zvýšenému ročnímu objemu zpracovaného dříví z důvodu kůrovcové kalamity. Dá se předpokládat, že tento objem do budoucna značně klesne a s ním i roční využitelný objem těžebních zbytků. Odhad ročního energeticky využitelného objemu těžebních zbytků na období do roku 2036 je 4,185 mil. m<sup>3</sup>. Zdá se, že Česká republika pravděpodobně nebude schopna dosáhnout cílů v oblasti výroby energie z lesní biomasy, ke kterým se zavázala. Současný podíl lesní biomasy na energetickém mixu z OZE je na své maximální hranici a další zvyšování by ohrozilo udržitelnost lesního hospodářství (Šafařík et al., 2022).

K efektivnějšímu nakládání s těžebními zbytky a lepšímu naplnění energetických cílů nám do budoucna může pomoci pochopení závislostí ovlivňujících objem klestu a štěpky. V této práci se podařilo popsat poměrně silnou lineární závislost mezi průměrným objemem těžného kmene a průměrným kmenovým objemem klestu (resp. štěpky). Objem těžného kmene však není jediným faktorem ovlivňujícím tyto objemy. Mezi další možné ovlivňující faktory mohou například patřit stanovištní podmínky, nadmořská výška, zakmenění, postavení stromu v porostu (stromy na kraji lesních pozemků většinou mají více větví), obsah vody, těžební metoda, způsob vyvážení a další. Také záleží na metodice měření jednotlivých objemů. Metodika měření objemu štěpky je v České republice sjednocená, ale u klestu tomu tak zatím není. U jednotlivých metodik měření objemu klestu by se také mělo rozlišovat, zda zjišťuje objem lesních těžebních zbytků v porostu nebo objem vyvezeného materiálu. Mezi metody, které zjišťují objem vyvezeného materiálu, spadá měření vyvezených hromad na OM a v této práci využitá metoda měření nákladů vyvázečích traktorů. Metoda měření hromad nastavená LČR (viz příloha 3) není kompletní a bylo by namísto její doplnění například Hardyho metodou (1996) popsanou v kapitole 3.6. Ruční měření hromad může být časově náročné a při větším objemu komplikované, proto by mohlo být vhodné využití některé z novějších metod, např. metoda fotogrammetrického snímání Structure-from-Motion pomocí dronu (Riedinger, 2020); metoda měření pomocí laserového dálkoměru vybaveným elektronickým kompasem (Long a Boston, 2014); spíše porovnávací metoda pozemního LiDAR skenování (Long a Boston, 2014). Metoda použitá v této práci se zdá

být lehce aplikovatelná v praxi, je časově nenáročná a může sloužit jako základní podklad o objemu provedené práce operátorů. Bylo by vhodné porovnat výsledky jednotlivých metod v našich podmínkách spolu s jejich aplikovatelností a časovou náročností. Mezi metody zjišťující objem lesních těžebních zbytků v porostu patří například „Line-Intersect“ metoda (Karpachev et al., 2020) a metoda rozdílu stromového a kmenového objemu z objemových tabulek. V Austrálii se vyvíjí nová metoda FIELD. FIELD je přídavný software pro harvestory, který získává údaje ze standardu StanForD a pomocí předem definované alometrické funkce pro danou dřevinu a oblast v reálném čase odhaduje objem těžebních zbytků (Woo et al., 2021). Vývoj a ověření těchto metod v českých podmínkách by přineslo zajímavé údaje pro lesní hospodářství. Byl by znám celkový objem potěžeční biomasy, který by mohl sloužit k lepšímu plánování pro vyvážení a bylo by možné zjistit v porovnání s vyvezeným klestem objem ponechané hmoty.

Vytvořený přepočtový koeficient pro výpočet prostorového objemu štěpky z celkového objemu těžby vyšel 0,58 pro rozsah objemu středních těžených kmenů 0,50-0,99 m<sup>3</sup> b. k. Koeficient udává průměrnou možnou výtěž prostorového objemu zelené štěpky z jednoho plnometru těžby. Převodní koeficient by se měl dále vytvořit a upřesnit pro další stupně středního těženého kmene a případně i pro jinou dřevinu než smrk. V mýtních těžbách smrkových porostů s tímto objemem středního těženého kmene je možné koeficient využít například pro lepší plánování zpracovatelských a přepravních operací. V literatuře nejsou podobné koeficienty příliš uváděny a výrobní podniky si tuto informaci spíše nechávají pro interní potřeby. Chytrý (2007) uvádí koeficient pro výtěž 0,8, ale blíže nespecifikuje dřevinu či průměrný objem těženého kmene. Wantulok (2007) říká, že lze předpokládat koeficient u zpracování smrkových kmenů v rozmezí 0,4-0,6. Tomuto rozmezí odpovídá výše zjištěný koeficient. Do rozmezí spadá i výsledek diplomové práce Jirouše (2017), který předkládá koeficient 0,56 pro smrk bez blíže specifikovaného objemu těženého kmene. Straka (2021) ve své diplomové práci zkoumal stejný koeficient pro dřevinu smrk v objemových třídách těženého kmene 0, 1, 2, 3 a 4 na vzornících těžených stromovou metodou. Lze tedy předpokládat, že byl vyvezen větší poměr klestu oproti sortimentní těžební metodě. Přepočtové koeficienty pro dané třídy podle něj vyšly 1,88 (0), 1,64 (1), 1,50 (2), 1,33 (3) a 1,39 (4).

## 7 Závěr

Pomocí metody měření objemu těžebních zbytků na vyvážecích traktorech bylo celkem změřeno 30 172,97 prn vyvezeného klestu z 52 lokalit, na kterých proběhly mýtní těžby smrku. Objem těchto těžeb činil 32 788,85 m<sup>3</sup> b. k. a z klestu bylo vyrobeno 18 530,8 prn štěpky. Objem jednotlivých těžeb se pohyboval od 41,54 m<sup>3</sup> b. k. do 1 725,48 m<sup>3</sup> b. k. a objem středních těžných kmenů od 0,38 do 1,36 m<sup>3</sup> b. k. Pomocí korelační a regresní analýzy byla pozorována poměrně silná lineární závislost mezi průměrným kmenovým objemem klestu (resp. štěpky) a průměrným objemem těžného kmene s koeficientem korelace  $r = 0,7951$  (resp.  $r = 0,8141$ ) a koeficientem  $r^2 = 0,6322$  (resp.  $r^2 = 0,6628$ ). Pro rozmezí středních těžných kmenů od 0,50 do 0,99 m<sup>3</sup> b. k. byl následně vypočítán převodní koeficient 0,58 pro objem vyrobeného dezintegrovaného materiálu a objem těžby. V praxi mohou tento koeficient použít vlastníci lesů, poskytovatelé služeb a odběratelé například pro lepší plánování výrobních operací, kontrolu výroby a odhad nacenění. Musí se však brát v potaz, že se jedná o koeficient pro smrk těžný v mýtních těžbách sortimentní metodou, při které zůstává část těžebních zbytků v porostu. Měl by být použit jen pro daný rozsah objemů těžných kmenů a celkový výsledek se po výrobě může lišit v závislosti na místních podmínkách stanoviště. Bylo by vhodné dále rozšířit rozsah použití koeficientu, upřesnit ho pro jednotlivé třídy objemů těžných kmenů a určit ho i pro jiné dřeviny. Navržená metoda zjišťování objemu klestu se v praxi osvědčila, ale bylo by zajímavé jí v budoucnosti porovnat s dalšími popsány metodami, které by se mohli vyvinout pro podmínky České republiky.

## 8 Seznam použitých zdrojů

ALEXANDR, Pavel a Ivan ROČEK, 1991. *Technika a technologie výroby lesních štěpek*. Praha: Editpress, 134 s. ISBN 80-213-0095-7.

BUFKA, Aleš, Jana VEVERKOVÁ, Miloslav MODLÍK a Jana BLECHOVÁ-TOURKOVÁ, 2021. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2020* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 65 s. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2020.pdf>

DPMTD, 2007. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008: platnost od 1.1.2008*, 2007. 2. akt. vyd. Praha [i.e. Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce, 147 s. ISBN 978-80-87154-01-4.

DVOŘÁK, Jiří, Jiří FRANC a Stanislav VALDMAN, 2006. *Cvičení z lesnické mechanizace*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 237 s. ISBN 80-213-1524-5.

HARDY, Colin C., 1996. *Guidelines for estimating volume, biomass, and smoke production for piled slash: Gen. tech. rep* [online]. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 28 s. [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: [https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw\\_gtr364.pdf](https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr364.pdf)

HAVLÍČKOVÁ, Kamila et al., 2010. *Analýza potenciálu biomasy v České republice*. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví s Novou tiskárnou Pelhřimov, 498 s. ISBN 978-80-7415-033-3.

CHYTRÝ, Martin, 2007. *Ekonomika zpracování těžebních zbytků*. In: PŘÍHODA, Jan, ed. *Racionální využívání lesní biomasy pro energetické účely: sborník referátů : 11. říjen 2007, Kostelec nad Černými lesy*. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 64-70. ISBN 978-80-213-1691-1.

JIROUŠ, Ladislav, 2017. *Komparativní posouzení rozdílu objemu potěžebních zbytků mezi „přesným“ měřením a výpočtem dle metodik vlastníků lesů ve vybraných výrobních podmínkách*. Praha, 67 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra lesnických technologií a staveb. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph. D.

KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ, 2012. *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Aleš Čeněk, 176 s. ISBN 978-80-7380-359-9.

KARPACHEV, Sergey, Vjacheslav ZAPRUDNOV, Maksim BYKOVSKIY a Irina KARPACHEVA, 2020. Simulation studies on line intersect sampling of residues left after cut-to-length logging. *Croatian Journal of Forest Engineering* [online]. **41**(1), 95-107 [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.531>

LONG, Justin J. a Kevin BOSTON, 2014. An Evaluation of Alternative Measurement Techniques for Estimating the Volume of Logging Residues. *Forest Science* [online]. **60**(1), 200-204 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0015-749X. Dostupné z: <https://doi.org/10.5849/forsci.13-501>

MZe, 2021. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020*, 2021. Praha: Ministerstvo zemědělství, 128 s. ISBN 978-80-7434-625-5. Dostupné také z: [https://eagri.cz/public/web/file/688968/Zprava\\_o\\_stavu\\_lesa\\_2020\\_web.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/688968/Zprava_o_stavu_lesa_2020_web.pdf)

NATOV, Pavel a Jiří DVOŘÁK, 2018. *Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestory v ČR 2018*. Praha: Produkce BPP, 135 s. ISBN 978-80-906874-7-9.

NERUDA, Jindřich et al., 2015. *Technika a technologie v lesnictví. Díl první*. Druhé přep. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 363 s. ISBN 978-80-7509-191-8.

PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ, 2004. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 286 s. ISBN 80-86534-06-5.

PŘÍHODA, Jan, 2007. Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků a rychle rostoucích dřevin. In: PŘÍHODA, Jan, ed. *Racionální využívání lesní biomasy pro energetické účely: sborník referátů : 11. říjen 2007, Kostelec nad Černými lesy*. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 73-82. ISBN 978-80-213-1691-1.

RIEDINGER, Luke, 2020. *Structure-from-Motion Photogrammetry as a Tool for Slash Pile Volume Measurement* [online]. University of Canterbury, School of forestry, 38s. [cit. 2022-03-28]. Diplomová práce. Dostupné z: <https://forestengineering.org/wp-content/uploads/2020/11/2020-SfM-Slash-Pile-Measure-Luke-Riedinger.pdf>

ROČEK, Ivan, 2015. *Produkty lesních ekosystémů*. 1. Praha: Fakulta lesnická a dřevařská České zemědělské university, 169 s. ISBN 978-80-213-2553-1.

- SEQUENS, Josef, 2007. *Dendrometrie* [online]. 152 [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: [https://katedry.czu.cz/storage/3844\\_Souhrn\\_Dendrometrie.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf)
- SFŽP, 2022. *Nová zelená úsporám* [online], 2022. Státním fondem životního prostředí ČR [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>
- SOUŠEK, Zdeněk, Martin NIKL a Miroslava REMEŠOVÁ, 2020. *Využití a pěstování biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely: Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví* [online]. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 48 s. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: [http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/2020/BIOMASA20\\_03.pdf](http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/2020/BIOMASA20_03.pdf)
- SPRINGER, Nathaniel, Nalladurai KALIYAN, Bridget BOBICK a Jason HILL, 2017. Seeing the forest for the trees: How much woody biomass can the Midwest United States sustainably produce?. *Biomass and Bioenergy* [online]. **105**, 266-277 [cit. 2021-12-13]. ISSN 09619534. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.05.011>
- STRAKA, Pavel, 2021. *Stanovení objemu vyráběné zelené štěpky z klestu smrku v závislosti na objemu těžených kmenů na LZ Kladská*. Praha, 64 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra lesnických technologií a staveb. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph. D.
- ŠAFAŘÍK, Dalibor, Petra HLAVÁČKOVÁ a Jakub MICHAL, 2022. Potential of Forest Biomass Resources for Renewable Energy Production in the Czech Republic. *Energies* [online]. **15**(1), 1-16 [cit. 2022-02-21]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/en15010047>
- TIBCO SOFTWARE INC., 2020. *STATISTICA 14.0.0.15: Data Science Workbench* [software]. Verze 14. [cit. 1. 4. 2022]. Dostupné z: <http://tibco.com>
- ULRICH, Radomír et al., 2006. *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 79 s. ISBN 80-7375-012-0.
- WANTULOK, Michal, 2007. Sekce výrobců dřevní biomasy. In: PŘÍHODA, Jan, ed. *Racionální využívání lesní biomasy pro energetické účely: sborník referátů : 11. říjen 2007, Kostelec nad Černými lesy*. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 71-72. ISBN 978-80-213-1691-1.



WOO, Heesung, Mauricio ACUNA, Byoungkoo CHOI a Sang-kyun HAN, 2021. FIELD: A Software Tool That Integrates Harvester Data and Allometric Equations for a Dynamic Estimation of Forest Harvesting Residues. *Forests* [online]. **12**(7) [cit. 2022-04-03]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f12070834>

### **Legislativa:**

Česko. Vláda. Zákon č. 89 ze dne 31. května 1995 o státní statistické službě. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, částka 19, s. 993-1004. Dostupné také z:

<https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2830>. ISSN 1211-1244.

Česko. Vláda. Zákon č. 165 ze dne 31. ledna 2012 o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 59, s. 2482-2513. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=24254>. ISSN 1211-1244.

Česko. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Vyhláška č. 477 ze dne 20. prosince 2012 o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 180, s. 6354-6368. Dostupné také z:

<https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=25170>. ISSN 1211-1244.

Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 30/2014 ze dne 19. února 2014 o stanovení závazných pravidel poskytování finančních příspěvků na hospodaření v lesích a na vybrané myslivecké. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2014, částka 13, s. 253-290. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=26831>. ISSN 1211-1244.

Česko. Český statistický úřad. Vyhláška č. 404 ze dne 8. listopadu 2021 o Programu statistických zjišťování na rok 2022. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2021, částka 182, s. 5314-5495. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=39250>. ISSN 1211-1244.

## 9 Seznam příloh

Příloha 1 – Příloha č. Z5 Zásady požární ochrany ke smlouvě o dílo mezi LČR a zhotovitelem.....	51
Příloha 2 – Str. 4 Ročního výkazu odvětvových ukazatelů v lesnictví Les 8-01.....	52
Příloha 3 – Příloha č. Z2 Ostatní informace ke smlouvě o dílo mezi LČR a zhotovitelem.	53
Příloha 4 – Kontrolní měření délek výřezů u harvestoru, zdroj: autor .....	54
Příloha 5 – Kontrolní měření tloušťek výřezů u harvestoru, zdroj: autor.....	55
Příloha 6 – Měření rozměrů nákladového prostoru vyvážecího traktoru, zdroj: autor.....	56
Příloha 7 – Základní technické údaje štěpkovače Albach Diamant 2000, zdroj: Reparoservis spol. s r.o., <a href="http://www.lesni-technika.cz">www.lesni-technika.cz</a> .....	57
Příloha 8 – Podávací zařízení a bubnová sekačka štěpkovače Albach Diamant 2000, zdroj: autor.....	58
Příloha 9 – Štěpkování klestu do nákladního vozu, zdroj: autor .....	59
Příloha 10 – Štěpkování klestu do nákladního vozu, zdroj: autor .....	60



LESY ČESKÉ REPUBLIKY, S.P.

Lesy České republiky, s.p. [021]  
se sídlem Trnávského 1106/13, Nový Mlýnský  
500 08 Hrádce Králové  
IČ: 42196451, DIČ: CZ42196451  
Oblastní ředitelství západní Čechy  
Krušnohorská 101u/7, Rybáře, 360 10 Karlovy Vary

## Příloha č. Z5 ZÁSADY POŽÁRNÍ OCHRANY

Tato příloha obsahuje zásady pro rozdělování ohňů, pálení klestu, dále nevyužitelných těžebních zbytků, popř. kůry v lesních porostech a na lesních pozemcích.

Zhotovitel je oprávněn používat otevřený oheň pouze v souladu se Zákonem o lesích a obecně závaznými právními předpisy k požární ochraně. Při pálení klestu, kůry, dále nevyužitelných těžebních zbytků (dále jen „pálení“) je povinen dodržet tyto podmínky:

- 1) V období duben až říjen se pálení zakazuje. Výjimky může v období nepříznivém pro vznik požáru povolit objednatel z těchto důvodů:
  - a) Výrazné snížení produkční plochy uložením klestu a těžebních zbytků do pruhů.
  - b) Hrozba přemnožení hmyzích škůdců.
  - c) Neúměrné zvýšení pracnosti při snášení klestu do pruhů.
- 2) V období listopad až březen lze provádět pálení při dodržení těchto požárně bezpečnostních opatření:
  - a) zhotovitel je povinen předem oznámit objednateli termín zamýšleného pálení. Objednatel je oprávněn zamýšlené pálení zakázat. Před započítím pálení zhotovitel oznámí operačnímu středisku příslušného hasičského záchranného sboru den, dobu a místo zamýšleného pálení a jméno osoby odpovědné za pálení.
  - b) Pálení musí provádět nejméně dvoučlenná skupina s určeným vedoucím, který musí být starší 18 let. Příímý vedoucí skupinu seznámí s pracovními postupy, s pravidly pro pálení, základními požárními předpisy, způsobem přivolání pomoci a upozorní na zvláštnosti pracoviště z hlediska požární ochrany.
  - c) Na pracovišti musí být k dispozici nářadí k zamezení šíření ohně (např. motyky, lopaty, tlumice), případně další prostředky k hašení požáru.
  - d) V blízkosti suchých travin, na rašeliništích, v lesních porostech, na pařezech a jiných požárně nebezpečných místech nebo za trvání požárně nebezpečné situace jako např. za silného větru, dlouho trvajícího sucha apod. je pálení zakázáno.
  - e) Velikost ohniště musí být volena tak, aby okolí nebylo ohrožováno sálavým teplem a úletem žhavých částic z ohně. Kolem vnějšího okraje ohniště musí být v šířce nejméně 1 m odstraněn veškerý hořlavý materiál až do úrovně minerální půdy.
  - f) Přikládání na oheň musí být ukončeno nejpozději do 14:00 hod, v případě vzniku požárně nebezpečné situace ihned.
  - g) Zuhelnatělé zbytky musí být shrnuty od okraje ohniště směrem do jeho středu, a to minimálně o 0,5 metru.
  - h) Pokud není v době pálení souvislá vrstva sněhu o minimální výšce 5 cm nebo vydatný déšť 5 mm/m<sup>2</sup>/24 hodin bude zajištěn minimální požární dohled nad pracovištěm. Po dobu 5 dnů bude zajištěna kontrola ohnišť minimálně 3x za 24 hodin. O požárním dohledu a kontrole bude učiněn písemný záznam s uvedením časů a osoby, která požární dohled a kontrolu provedla.
  - i) Pokud není v době pálení souvislá vrstva sněhu o minimální výšce 5 cm, nebo vydatný déšť 5 mm/m<sup>2</sup>/24 hodin bude na místě zajištěn zdroj vody pro hašení v minimálním objemu 1000 litrů i po dobu požárního dohledu. Zdroj vody pro hašení je možno nahradit přenosným HP s hasící schopností 21A v počtu 2 ks nebo 1 ks 34A.
- 3) Zhotovitel je povinen respektovat zákaz rozdělování ohně a kouření a respektovat požární předpisy týkající se manipulací s pohonnými hmotami a oleji v lese.
- 4) Požárním dohledem se rozumí požárně bezpečnostní opatření, kdy ve stanovených intervalech s ohledem na specifické riziko je kontrolován prostor, kde hrozí vznik požáru. Interval dohledu je stanoven maximálně po jedné hodině a doba dohledu je minimálně 8 hodin.
- 5) Při pálení klestu z důvodu udělené výjimky (viz odst. 1) této přílohy) bude vždy na těchto pracovištích cisterna s minimálním množstvím hasící vody o objemu 3 m<sup>3</sup> a dále hadice a čerpadla pro případ vzniku potřeby okamžitého hašení. Ohniště budou na konci směny zcela uhašena.

119 Ostatní lesnické produkty		Měřicí jednotka [3]	Čís. řád.	Jehličnaté a listnaté celkem
11119				
Lesní štěpka vyrobená [1]	prodej	m <sup>3</sup>	01	
	spotřeba z vlastní produkce	tis. Kč	02	
Těžební zbytky [2]	prodej	m <sup>3</sup>	03	
	spotřeba z vlastní produkce	tis. Kč	04	
Vánoční stromky z lesních pozemků	prodej	m <sup>3</sup>	05	
	spotřeba z vlastní produkce	m <sup>3</sup>	06	
Ozdobná klest	prodej	ks	07	
	spotřeba z vlastní produkce	tis. Kč	08	
Sadební materiál lesních dřevin	prodej	tis. Kč	09	
	spotřeba z vlastní produkce	tis. ks	10	
	spotřeba z vlastní produkce	tis. Kč	11	
Kontrolní součet (součet všech řádků)		tis. ks	12	
			99	

[1] Lesní štěpka přepočtená na m<sup>3</sup> podle vzorce  $m^3 = prms$  (prostorový metr sypaný) x 0,40 bez ohledu na druh dřeviny.

[2] Těžební zbytky přepočtené na m<sup>3</sup> podle vzorce  $m^3 = prm$  (prostorový metr) x 0,35 bez ohledu na druh dřeviny.

[3] Údaje uváděné v tis. Kč jsou bez DPH. Údaje v tis. ks uvádějte na 1 desetinné místo.

121 Dodávky dříví		Čís. řád.	Jehličnaté dříví bez kůry		Listnaté dříví bez kůry		
10121			m <sup>3</sup>	tis. Kč [1]	m <sup>3</sup>	tis. Kč [1]	
a		1	2	3	4		
Celkem (ř.02 až 13)		01					
v tom	dříví na pni	02					
	surové kmeny	03					
	výřezy	I.-II. tř. jakosti	04				
		III. A/B tř. jakosti	05				
		III. C tř. jakosti	06				
		III. D tř. jakosti	07				
		IV. tř. jakosti	důlní výřezy a dolovina	08			
	tyčovina		09				
	dříví na výrobu dřevoviny		10				
	V. tř. jakosti - vlákna	11					
	VI. tř. jakosti - palivové dříví	12					
	ostatní surové dříví (bez štěpky)	13					
	Kontrolní součet (součet všech řádků)		99				

[1] Údaje uváděné v tis. Kč jsou bez DPH.



**Příloha č. Z2 OSTATNÍ INFORMACE**

- Vyvážení těžebních zbytků vyvážecí soupravou z lokality P (porost, plocha) na lokalitu OM (odvozní místo). Na lokalitě OM budou těžební zbytky uloženy rovnoměrně do měřitelné hraně a v maximální míře oddenky větví směrem k odvozní cestě.
  1. Pokud Zhotovitel vyváží těžební zbytky z lokality P volně ložené na ploše tak, jak napadají při těžbě dřeva, musí Zhotovitel těžební zbytky z plochy odstranit způsobem, který maximálně využije možnosti mechanizované technologie.
  2. Pokud Zhotovitel vyváží těžební zbytky z lokality P těžební zbytky snesené do hromad nebo valů na ploše, musí Zhotovitel těžební zbytky zcela odstranit tak, aby nebránily následnému zalesnění, stavbě oplocenek a ošetření kultur.
  3. Těžební zbytky musí být vyskládána u účelové komunikace, LDS nebo silnice tak, aby bylo možné pomocí mechanizace (např. mechanická ruka na nákladním vozidle) realizovat její nakládku na přistavené mobilní štěpkovací zařízení.
  4. V připravené dřevní hmotě na OM se nesmí vyskytovat cizí prvky (např. kovové předměty, plasty, kameny, hlína apod.)
  5. Objednatel je oprávněn odmítnout převzít celou hromadu těžebních zbytků nebo její část, která podle zběžné pohledové kontroly obsahuje patrný výskyt cizích prvků (viz bod. 4).
- Příjem vyvezených těžebních zbytků je deklarován v m<sup>3</sup> a to výpočtem dle vzorce (viz níže).

**Prostové metry skládek - (délka x šířka x výška) x 0,7 (koeficient) = m<sup>3</sup>**

*Příloha 4 – Kontrolní měření délek výřezů u harvestoru, zdroj: autor*



*Příloha 5 – Kontrolní měření tloušťek výřezů u harvestoru, zdroj: autor*



*Příloha 6 – Měření rozměrů nákladového prostoru vyvážecího traktoru, zdroj: autor*





*Příloha 7 – Základní technické údaje štěpkovače Albach Diamant 2000, zdroj: Reparoservis spol. s r.o., www.lesni-technika.cz*

<b>Motor</b>	<b>Typ</b>	<b>Volvo</b>	
Standardní motor	TAD1671VE	450 kW (612 hp)	
Varianta motoru I	TAD1672VE	515 kW (700 hp)	
Varianta motoru II	TAD1643VE	565 kW (768 hp)	
Počet válců		6	
Zdvihový objem	l	16,1	
Provozní otáčky motoru	ot./min.	1500-1700	
Objem nádrže	l	995	
Dvoustupňová převodovka		hydromechanická	
Náhon na všechna kola		stálý	
Cestovní rychlost	km/h	max. 80 km/h	
Poloměr otáčení	m	cca. 8,50	
<b>Štěpkovací jednotka</b>		<b>GEN 6</b>	<b>GEN 7</b>
Šířka podávacího otvoru	mm	1230 (1730)	1230 (1730)
Výška podávacího otvoru	mm	980	980
Rotor/otáčky rotoru	ot./min.	max. 420	max. 420
Maximální štěpkovací výkon	m <sup>3</sup> /h	max. 380	max. 500
Podávací rychlost		proměnlivá podle typu materiálu	
Průměr rotoru	mm	1040	1040
Počet nožů	ks	6 (na přání 12)	6
Pohon rotoru		mechanický	mechanický
Pohon fukaru		hydraulický s proměnl. otáčkami	
Sekací lišta		použitelný z obou stran (na přání dělený)	
Vzdálenost sekací lišty-nože		proměnlivá	
Ochrana proti vniknutí cizích předmětů		hydraulická ochrana proti přetížení	
Směr podávání		se zpětným chodem	
<b>Ventilátor</b>		<b>GEN 1</b>	<b>GEN 2</b>
Počet lopatek	ks	6	6
Otáčky ventilátoru	ot./min.	hydraulicky ovládané s proměnlivými otáčkami	
Průměr oběžného kola	mm	1200	1250
Úhel otáčení komínu	°	270	270
Délka komínu	m	6,2	6,5
<b>Hydraulická ruka</b>			
Hydraulická ruka Epsilon			
Maximální dosah	m	10,1	
Nosnost při maximálním vysunutí	t	1	
Průtok hydraulického oleje	l/min	200	(při 1600 ot./min)
<b>Rozměry</b>			
Délka	m	10,34	
Šířka	m	2,55	
Výška	m	3,95 (4,80 Augenhöhe)	
Výška při zvednuté kabině	m	4,80 (úroveň očí operátora)	
Pneumatiky	Typ	650/65R 42	

*Příloha 8 – Podávací zařízení a bubnová sekačka štěpkovače Albach Diamant 2000, zdroj: autor*



*Příloha 9 – Štěpkování klestu do nákladního vozu, zdroj: autor*



*Příloha 10 – Štěpkování klestu do nákladního vozu, zdroj: autor*

