

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra lesnických technologií a staveb



**Stanovení objemu hroubí ve špičkách a větvích stromů  
ponechaných po těžebním zásahu pro vybraný druh  
dřeviny.**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Miroslav Skořepa

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

Praha, 2024

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Miroslav Skořepa

Lesní inženýrství

Název práce

**Stanovení objemu hroubů ve špičkách a větvích stromů ponechaných v porostech po těžebním zásahu pro vybraný druh dřeviny.**

Název anglicky

**Calculation of the Volume of Top Trees and Branches Left in Stands after Fellings for Selected Tree Species.**

### Cíle práce

Cílem práce je vyčíslení objemu dříví – hroubů, které zůstává po výrobě dříví harvesterovou technologií v lesních porostech především ve špičkách stromů popř. větvích. Výsledky budou demonstrovat jednu z faktických ztrát vznikajících při těžbě dříví.

### Metodika

Úvod a rešerše bude obsahovat informace o faktických a fiktivních ztrátách, které jsou spojeny s výrobou dříví; rizika těchto ztrát především v závislosti na metodikách kubírování dříví, na těžebních či dopravních technologiích atd.

Metodika diplomové práce bude popisovat postup výběru vzorníků pro měření ztrát ve špičkách; postup evidence vybraných špiček a kubírování potenciálních ztrát. Práce bude prováděna v mýtních těžbách s nasazením harvesterové technologie na dřevině smrk. Data budou zpracována základní matematicko-statistickou analýzou.

Výstupem práce bude vyčíslení výše uvedených ztrát, ale naopak i potenciálních "přebytků", které mohou vzniknout při výrobě sortimentů s čepovou tloušťkou pod 7 cm (např. při výrobě vlákniny). Závěrem bude stručný návrh opatření pro omezení faktických ztrát ve špičkách při výrobě dříví.

Harmonogram:

červen – září 2023 – Příprava rešeršní části.

říjen – prosinec 2023 – Sběr dat terénním měřením.

leden – březen 2024 – Zpracování dat do výstupních sestav.



### Doporučený rozsah práce

40 NS + 10 příloh

### Klíčová slova

faktické ztráty; potěžeční zbytky; harvesterová technologie; druhování dříví.

### Doporučené zdroje informací

- Dvořák J., Bystrický R., Hošková P., Hrib M., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová P. The Use of Harvester Technology in Production Forests. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2011, 156.
- Dvořák J., Lowe R., Natov P., Jankovský M., Lowe Monika. Unrecorded volume of Norway spruce timber in cut-to-length harvesting. Scandinavian Journal of Forest Research, 35(7): 383-393.
- LÖWE, Radim; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ FAKULTA. *Analýza struktury sortimentů vyráběných harvestory při pni a rozklad přesnosti metodik pro výpočet jejich objemu : disertační práce*. Disertační práce. Praha: 2021.
- Lowe R., Sedmínková M., Natov P., Jankovský M., Hejzmanová P., Dvořák J. Differences in Timber Volume Estimates Using Various Algorithms Available in the Control and Information Systems of Harvesters. Forests, 10(5): 1-14.
- Natov P., Dvořák J., Jankovský M. Guidelines for Scaling Timber by Harvesters in the Czech Republic 2018. Czech University of Life Sciences Prague, 2020, 96.
- Simanov, V. Rozdíly v evidovaném objemu dříví. Lesnická práce, 2003, 82(2,3).
- 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.
- Ulrich R. a kol. Harvesterové technologie a jejich optimální užití v praxi. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 79 s.

### Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

### Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

### Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 25. 4. 2023

**doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 1. 2024

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Stanovení objemu hroubí ve špičkách a větvích stromů ponechaných v porostech po těžebním zásahu pro vybraný druh dřeviny* 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 diplomové 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 5. 4. 2024..... Bc. Miroslav Skořepa

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za věnování svého osobního času při poskytování odborných konzultací, cenné rady a připomínky, metodické vedení a také trpělivost. Mé poděkování patří i panu Janu Klečkovi, majiteli harvestoru. Obrovské díky i mé rodině za toleranci a podporu nejen při zpracování této práce ale i při celém studiu.

## **Abstrakt**

Harvestorová technologie je v poslední době často diskutovaným tématem nejen v České republice, ale také v Evropě. Její významnou předností je automatizovaná výroba, která vede k vyšší efektivitě práce a snižování pracovních sil. Dalšími výhodami jsou např. optimalizovaná výroba na podkladě zadaných cenových matic a evidence dříví ve výrobně-evidenčních softwarech. Nicméně s jejím využitím vzniká vyšší riziko faktických ztrát ponechaných ve špicích. Cílem diplomové práce je vyčíslení objemu dříví (hroubí), které zůstává po výrobě dříví harvestorovou technologií v lesních porostech, především ve špičkách stromů popř. větvích. Výsledky jsou zjišťovány z vybraného počtu vzorníků standardními dendrometrickými postupy. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na informace o faktických a fiktivních ztrátách, které jsou spojeny s výrobou dříví. Jsou zde zaznamenány rizika ztrát v závislosti na metodikách kubírování dříví, na těžebních či dopravních technologiích apod. Praktická část zahrnuje konkrétní postup výběru vzorníků pro měření ztrát ve špičkách. Dále postup evidence špiček a kubírování vzniklých ztrát. Práce je prováděna v mýtních nahodilých těžbách s nasazením harvestorové technologie při zpracování smrku. Data jsou zpracována základní matematicko-statistickou analýzou. Výstupem práce je vyčíslení výše uvedených ztrát, které vznikají při zpracování špičky v tloušťce nad 7 cm a přebytků, které vznikají při výrobě sortimentů s čepovou tloušťkou pod 7 cm (např. při výrobě vlákniny). Vyčíslené ztráty dříví ve špicích se pohybují s ohledem na výčetní tloušťku v intervalu  $0,00 - 0,0876 \text{ m}^3$ , což činí podíl  $0 - 4,23\%$ . Průměrná výše ztrát ve špicích činí za všechny vzorníky  $0,33\%$ .

## **Klíčová slova**

Faktické ztráty, potěžeční zbytky, harvestorová technologie, druhování dříví.

## **Abstract**

Harvester technology is a frequently discussed topic not only in the Czech Republic but also in Europe. Its significant advantage is automated production, which leads to higher work efficiency and reduction of labour. Other advantages are e.g. optimised production based on specified price matrices and timber registration in production-recording software. The aim of the thesis is to quantify the volume of timber (compact wood) that remains after timber production by harvester technology in forest stands, mainly in the tops of trees or branches. The results will be demonstrated on the basis of actual losses occurring during timber harvesting. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part focuses on information about actual and fictitious losses associated with timber production. Recorded are the risks of losses depending on the methodologies of cubing timber, on harvesting or transport technologies, etc. The practical part includes a specific procedure for the selection of samplers for measuring peak losses. Furthermore, the procedure for recording selected peaks and cubing potential losses is included. The work is carried out in the clearings with the use of harvester technology on spruce. The data is processed by basic mathematical and statistical analysis. The output of the work is the quantification of the above-mentioned losses that occur during the processing of the tip thickness above 7 cm and the surpluses that occur during the production of assortments with a tip thickness below 7 cm (e.g. during the production of fibre). The thesis concludes by proposing measures to reduce the actual losses in the tips during timber production. The calculated losses of wood in the peaks vary with respect to the calculated thickness in the interval 0.00 - 0.0876 m<sup>3</sup>, which amounts to a share of 0 - 4.23%. The average peak loss for all samplers is 0.33%.

## **Keywords**

Actual losses, logging residues, harvester technology, timber grading.

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Teoretická část</b> .....	<b>10</b>
2.1 Základní pojmy .....	10
2.1.1 Popis stavby stromu .....	10
2.1.2 Podzemní část stromu .....	10
2.1.3 Nadzemní část stromu .....	11
2.1.4 Špička stromu .....	12
2.2 Vnitřní a vnější struktura stromu.....	13
2.3 Ztráty při výrobě dříví.....	15
2.2.1 Fiktivní ztráty .....	15
2.2.2 Faktické ztráty .....	16
2.2.3 Poškození vyráběného dříví.....	17
2.2.4 Přirozené ztráty.....	18
2.3 Rozdíly objemu dříví mezi Národní lesnickou inventarizací a lesní hospodářskou evidencí.....	20
2.4 Ztráty ve špičkách .....	24
2.5 Harvestorová technologie .....	25
2.5.1 Výhody harvestorové technologie .....	26
2.5.2 Nevýhody harvestorové technologie.....	27
<b>3 Praktická část</b> .....	<b>28</b>
3.1 Metodika .....	28
3.1.1 Technologie výroby .....	28
3.1.2 Popis těžných porostů.....	28
3.2 Měření a výpočet dat.....	30
3.3 Metodika – výpočty .....	31
<b>4 Výsledky</b> .....	<b>33</b>
4.1 Charakteristika a rozdělení vzorníků.....	33
4.2 Popisná statistika.....	39
4.3 Regresní analýza .....	42
<b>5 Diskuse</b> .....	<b>44</b>
<b>6 Závěr</b> .....	<b>46</b>
<b>7 Použitá literatura</b> .....	<b>47</b>
<b>8 Přílohy</b> .....	<b>52</b>

## 1 Úvod

Výroba dříví je komplexní proces, který je spojen s řadou faktických i fiktivních ztrát. Tyto ztráty mohou mít významný dopad na celkovou efektivitu a udržitelnost lesního hospodářství. Faktické ztráty jsou ty, které jsou přímo spojeny s procesem výroby dříví, jako je například ztráta dříví ve špičkách stromů nebo větvích, které zůstávají v porostu po těžebním zásahu. Na druhé straně, fiktivní ztráty jsou ty, které jsou spojeny s potenciálními příjmy, které by mohly být získány, pokud by byly využity všechny dostupné zdroje.

Rizika těchto ztrát jsou různá a závisí na řadě faktorů. Jedním z klíčových faktorů je metodika kubírování dříví. Různé metodiky mohou vést k různým výsledkům a mohou tak ovlivnit množství dříví, které je považováno za 'ztracené'. Dalším důležitým faktorem jsou těžební a dopravní technologie. Například použití harvesterové technologie může vést k vyšším ztrátám ve špičkách stromů, protože tyto části stromů jsou nezpracovatelné.

V následujících kapitolách se práce nejprve zaměří na podrobný popis stavby biomasy stromu. Tento popis umožňuje efektivně plánovat a provádět těžební operace. Vědomí o distribuci biomasy ve stromu, například kolik dřeva se nachází v kmeni, ve větvích nebo v kořenech, umožňuje maximalizovat výnos a minimalizovat ztráty. Dále je důležité pochopit, jak různé faktory, jako jsou metodiky kubírování dříví nebo těžební technologie, ovlivňují množství a distribuci biomasy ve stromu.

Konečně, popis stavby biomasy stromu je také klíčový pro modelování a predikci výnosů lesa. Pochopení, jak se biomasa stromu mění v čase a jak je distribuována, může pomoci lépe předpovědět budoucí výnosy a plánovat těžební operace. To je obzvláště důležité v kontextu udržitelného lesnictví, kde je cílem dosáhnout rovnováhy mezi ekonomickými a ekologickými hodnotami.

Cílem práce je poskytnout komplexní přehled této problematiky a navrhnout možnosti, jak ztráty dříví minimalizovat a zvýšit tak efektivitu a udržitelnost lesního hospodářství.

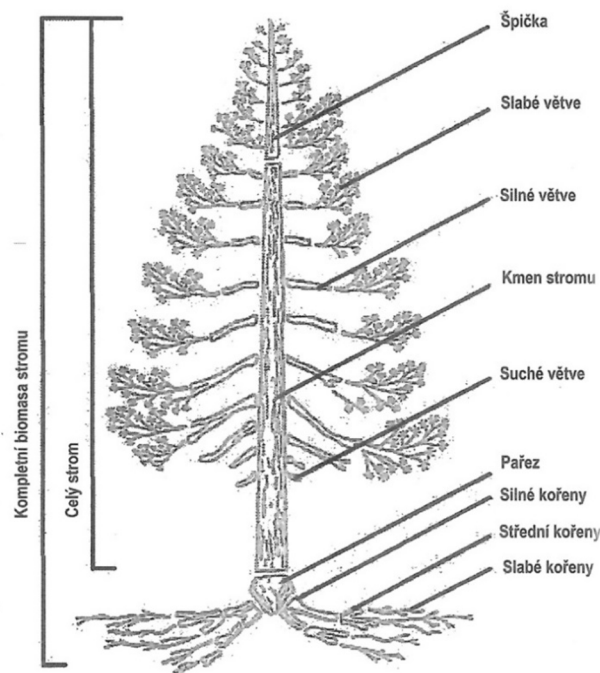
## 2 Teoretická část

### 2.1 Základní pojmy

Lidé mají přirozenou potřebu k věcem přiřazovat definice. Pokud jde o základní definici stromu, velice záleží, kdo se na strom zrovna dívá. Je-li to lesník, ekolog, morfolog, básník nebo pěstitel (Hrušková, 2018).

#### 2.1.1 Popis stavby stromu

Strom je „vyšší dřevnatá rostlina, která má v nadzemní části výrazný kmen, zpravidla rozvětvenou korunu skládající se z větví porostlých asimilačními orgány jako jsou listy nebo jehlice zajišťující fotosyntézu a dýchání, ale i komunikaci s dalšími organismy a další funkce“ (Tomášková, 2016). Různé části stromu můžeme rozdělit do dvou základních částí podle umístění nad zemí a pod zemí, jak lze pozorovat na obrázku 2.1 (Young, 1964).



Obrázek 2.1 – stavba stromu (Young, 1964 – vlastní překlad popisků)

#### 2.1.2 Podzemní část stromu

Stavbu stromu můžeme rozdělit na podzemní část stromu a nadzemní část stromu. Podzemní část je tvořena kořenovým systémem. „Kořen (lat. Radix) je mnohobuněčný,



*vysoce diferencovaný rostlinný orgán, který nenese nikdy listy, rozvětňuje se endogenně a má radiální stavbu cévních svazků“ (Čabart, 1960). Kořen plní především funkci výživnou, absorbuje a vede vodu a minerály (Marek, 2017), uchovává živiny a upevňuje celý strom v zemi.*

U stromů rozlišujeme především kořeny kulovité (*Quercus*, *Fraxinus*), jež pronikají hluboko do půdy společně s vedlejšími kořeny. Srdčité (*Tilia*, *Fagus*), kde kulovitý kořen zaniká a jeho funkci nahrazují kořeny srdčité pronikající hluboko do země. Ploché (*Picea*, *Abies*, *Populus*), které rostou těsně pod povrchem a jsou dosti náchylné k vývrátům. Stavba kořene stromu předurčuje k funkcím jako jsou meliorační či zpevňující (Čabart, 1960).

### **2.1.3 Nadzemní část stromu**

Nadzemní část stromu je složena z pařezu, kmene a koruny. Pařez je zbytek nadzemní části stromu, která udává lokaci jeho smýcení. Význam pařezů v lese je všeobecně známý návratem živin do půdy, zpevňujícím účinkem ve svazích nebo provětráváním a zvlhčováním půdy rozkládajícími se kořeny. Pařezy se klučí v případech zakládání nových lesních skladů, stavbě lesních cest nebo zakládání lesních školek (Čabart, 1960).

Pařez je v České republice v podstatě zatím málo ekonomicky využitá podzemní dendromasa, která však nalézá své uplatnění v ekologii lesa společně s kořeny. V blízké budoucnosti se očekává, že využívání dendromasy pro energetické účely bude pravděpodobně intenzivnější a že bude docházet i ke klučení pařezů pro výrobu dřevní štěpky (Ulrich, 2022).

Stromy vytváří více méně přímý kmen, který je v zápoji v pokročilejším věku ve spodní části bez větví. U solitérních stromů je koruna kmene tvořena již od spodní části. „*Kmen je nosným, vodivým a zásobním orgánem stromu (překlad vlastní)“ (Pentti, 2009). Nejceněnější část nadzemní biomasy je kmen stromu. Kmen je hlavní vertikální část stromu, která podpírá korunu a je základem pro větve, listy a plody. Poskytuje cestu pro transport vody a živin mezi kořeny a listy. Živý kmen je pokryt kůrou, která ho chrání před vnějšími vlivy, jako je poškození hmyzem, počasí, houbové choroby atd. Uvnitř se nachází xylém, který transportuje vodu a minerální živiny nahoru od kořenů. Floém, kterým se transportují produkty fotosyntézy vyrobené v listech dolů ke kořenům stromu, se nachází mezi kůrou a dřevem (Tomášková, 2016).*

Za začátek kmene je možné považovat příčný řez na pařezu a za konec je považován čep v ideálním případě v tloušťce 7 cm. Jde o tloušťku stromu, která předurčuje jeho budoucí použití. Při výrobě dříví je nejhodnotnější částí kmene oddenek neboli spodní část kmene, ze kterého jsou vyráběny nejcennější sortimenty (Pentti, 2009).

Koruna se skládá z větví (živých i neživých) a špičky. Primární funkcí koruny je dýchání a fotosyntéza. Další její významnou funkcí je funkce zásobní. Délka koruny je závislá na způsobu pěstování, druhu genetického materiálu a dřevině. Při růstu stromu do výšky, spodní větve zůstávají ve stínu a světelné podmínky zde nejsou příznivé a dochází k defoliaci a jejich odumírání. Tím se více živin dostává do špičky a koruna stromu roste do výšky (Pentti, 2009).

Tento proces je nejrychlejší u dřevin náročných na světlo jako je borovice lesní, kde je koruna kratší a kmenové dřevo delší, zatímco u smrku ztepilého, který jako stinná dřevina má delší a vitálnější korunu. V současné době dochází ke zpracování špiček a větví pocházejících z korun stromů k energetickým účelům (Pentti, 2009).

#### 2.1.4 Špička stromu

Z biologického hlediska se špička stromu, také známá jako terminál nebo vrcholek, odkazuje na nejsvrchnější bod stromu, kde se nachází poslední část hlavního kmene předtím, než se větví na menší větve a větvičky.

Tato část stromu je důležitá z několika pohledů:

- **Růst.** Špička stromu obsahuje terminální pupen, což je místo, odkud strom primárně roste do výšky.
- **Dominance.** Ve fenoménu zvaném „apikální dominance“ produkuje terminální pupen hormony, jako je auxin, které potlačují růst postranních (laterálních) pupenů. Tím strom udržuje kontrolu nad správným růstem.
- **Konkurence.** Na úrovni ekosystému lesa je špička stromu klíčovou součástí v boji o sluneční světlo. Stromy se snaží dosáhnout co největší výšky, aby získaly co nejvíce denního světla a slunečního svitu, což je nezbytné pro růst a fotosyntézu.

- **Reprodukce.** U mnoha jehličnanů kvete strom na špičce. Maximalizuje se tím expozice rostliny pro opylování a šíření semen do co největšího areálu (Lowman, 2004).

Z hlediska dendrometrie se termín špička stromu obvykle vztahuje na vrcholovou část stromu, která následuje po nejtenčí části kmene. Vrchol stromu je určujícím bodem pro měření celkové výšky stromu pomocí různých metod. Hranice mezi kmenem a špičkou je na tenčím konci kmene, kde je tloušťka rovna nebo menší než 7 cm s kůrou (Kuželka a spol., 2017).

Další její význam je důležitý pro vytváření číselníku dlouhého dříví, kdy je za špičku označen každý další výřez za oddenkem, další terminál, nebo větve, které dosahují dimenzí hroubí. Ke stávajícímu oddenku se přičítává objem této suroviny, aby bylo možné správně určit průměrný objem kmene pro účely lesnické evidence (Kuželka a spol., 2017).

Při výrobě dříví sortimentní i kmenovou metodou se tato hranice často mění z důvodů požadavku odběratele na minimální čepovou tloušťku vyráběných sortimentů, nebo zlomením špičky při výrobě (Wojnar a spol., 2007).

## 2.2 Vnitřní a vnější struktura stromu

Stavba stromu je složena z vnitřní a vnější struktury stromu a uspořádání dřevní suroviny. Stromy mají komplexní a hierarchickou stavbu, která se skládá z různých vrstev, včetně kůry, dřeva a mízy. Důležitými složkami objemové stavby stromu jsou cévy a tracheidy, které jsou zodpovědné za transport vody a živin v rostlině (Tomášková, 2016).

Významnou částí stromu je kůra, která je přírodním obalem všech částí stromu, jež obsahují dřevo. Stromy generují různý objem kůry, závislý na kombinaci mnoha faktorů. Přímá závislost tloušťky kůry je na věku, výšce, tloušťce a druhu stromu. Zeměpisná šířka, klima nebo orientace svahu, je výčetem jen několika faktorů, které ovlivňují rozdílné tloušťky kůry s ohledem na různé rychlosti růstu stromů (Jankovský, 2019).

U slabších kmenů a větví se objem kůry zvyšuje s klesajícím objemem dříví. U větví o tloušťce menší než jeden centimetr dokonce převyšuje objem kůry objem dřeva. (Pentti, 2009). Po odečtení asimilačních orgánů stále hroubí ze špiček

a větvi obsahuje v průměru 20 až 45 % kůry (Pentti, 2009). V současné době je pro odhad tloušťky kůry na kmenech používána polynomiální rovnice dle doporučených pravidel pro měření a třídění dříví (Wojnar a spol., 2007).

Z hlediska lesní těžby a zpracování dřeva je důležitá znalost jednotlivých struktur a podílu jednotlivých částí stromu pro plánování a optimalizaci procesu výroby dříví, jeho zpracování a obchodu se dřevem i potěžebními zbytky. Znalost objemové stavby stromu má významný vliv na efektivitu a využití dřevní suroviny s ohledem na požadované hospodářské výsledky lesních podniků (Pentti, 2009).

Komplexní biomasa stromu je součtem nadzemní a podzemní biomasy. Za nadzemní biomasu je považován kmen v kůře s výjimkou pařezu, včetně všech větví a špičky též v kůře a asimilačních orgánů (listů, jehličí a plodů). Objem nadzemní biomasy, tedy včetně samotného kmene, představuje 65 - 70 % z celého objemu stromu. Výška živé koruny jako procento z celkové výšky stromu je korunový poměr. Každá dřevina má charakteristický korunový poměr, který je ovlivněn vitalitou stromů a zápojem. Korunový poměr je možné ovlivnit již na počátku obnovy výběrem vhodné porostní skladby a poté i výchovnými zásahy, jako jsou prostřihávky, prořezávky a probírky v pozdějším věku. Množství suroviny z koruny vyplývá z mnoha faktorů, jako je např. věk, velikost, stáří, hustota porostu, dominance stromu v porostu a druhu dřeviny. Stromy v hustých neobhospodařovaných lesích mají menší objem biomasy v koruně než stromy v obhospodařovaných, opakovaně vychovávaných porostech. Největší objem korun je u solitérů. Objem biomasy v koruně stromu tvoří podstatnou část zásob dřeva (Pentti, 2009).

## **2.3 Ztráty při výrobě dříví**

V rámci komplexního přístupu k těžebním činnostem a obchodu se dřívím je analýza vznikajících ztrát při výrobě dříví prováděna s ohledem na surové dříví jako na obnovitelný zdroj a s ohledem na jeho úlohu jako důležitou součást kapitálu lesnických podniků a společností. Pro vlastníky je důležitá zejména produkční funkce lesa, zvláště pak finanční příjmy z prodeje dříví. Vzhledem ke snaze o zvyšování ekonomické efektivnosti prodeje dříví, není hodnota potenciálních ztrát zanedbatelná (Šafařík, 2015).

Během procesu výroby a zpracování dříví dochází k úbytku počátečního objemu dříví. Tento úbytek je nazván ztrátami, ty mohou být faktické, způsobené skutečnými ztrátami nebo fiktivní, vznikající např. měřením a výpočtem objemu vytěženého dříví různými metodami, rozdílným způsobem evidence dříví, zaokrouhlováním tloušťek surových kmenů nebo výřezů (Simanov, 2003). Při evidenci vyráběného dříví harvestorem se můžeme setkat s oběma druhy těchto ztrát.

### **2.2.1 Fiktivní ztráty**

V evidovaném objemu dříví jsou způsobeny například využitím různých algoritmů nastavitelných ve výrobně-evidenčním softwaru harvestoru. Tedy můžeme říct, že nejčastější rozdíly této kategorie vznikají při předávkách dříví, kdy obě obchodující strany používají odlišné způsoby měření objemu dříví, nebo při samotném prodeji uskutečňujícím se v rozdílných měrných jednotkách (Löwe, 2019).

Největší fiktivní ztráty jsou způsobovány odlišným měřením při výrobě dříví v lese a při přejímce dříví odběrateli, například je-li objem vlákniny měřen na odvozním místě prostorově a u odběratele následně Atro-metodou, kde se zjišťuje hmotnost dříví ze sušiny, nebo Lutro-metodou, kde se zjišťuje hmotnost v čerstvém stavu (Wojnar a spol., 2007; Simanov, 2003).

### 2.2.2 Faktické ztráty

Faktické ztráty bývají množstevního charakteru a vznikají při samotné těžební činnosti. Patří mezi ně např. vyzdravování kmene, nadměrky, ztráta při každém příčném řezu stromem, ulomení vršku stromu způsobené pádem, nezpracování vrcholové části stromu harvestorem či v případě listnatých dřevin nezpracování větví patřících svojí tloušťkou do hroubí stromu. Faktické ztráty způsobují skutečné ztráty jako nezpracování vrcholových částí stromů s tloušťkou nad 7 cm po příčném řezu, ať už sečném nebo zkracovacím. Dále objemové ztráty vznikající při odkorňování nebo přetřídování sortimentů. Další ztráty mohou vznikat nevidováním objemu dříví v nadměrcích ke jmenovitým délkám výřezů (Simanov, 2003) (Dvořák, 2018).

Sortimenty surového dříví jsou vyráběny harvestorem na základě hodnot nastavených ve výrobně-evidenčním softwaru harvestoru dle požadavků odběratele. Jednou z nastavovaných hodnot je i hodnota nadměrku. Jedná se o přídavek k délce sortimentu vyžadované odběratelem (Natov, 2018).

Přídavek k délce sortimentu u harvestorové technologie bývá složen ze dvou hodnot – nadměrku ke jmenovité délce výřezu a řezacího okna. Nadměrek je doporučován ke dříví vhodném pro pilařské zpracování ve výši 2 % nebo dle dohody s odběratelem k dorovnání ztrát na příčných řezech nebo na ztrátách sesycháním dříví. Je poskytován odběrateli zcela bezplatně (Wojnar a spol., 2007).

U sortimentů pro chemické zpracování, nebo výrobu dezintegrovaného materiálu, např. vlákniny, není nadměrek vyžadován, zde většinou dochází k přejímce dříví hmotnostní metodou. Řezací okno je specifický přídavek pro harvestorovou technologii a je doporučován v rozmezí 0 – 4 cm. Nastavuje se pro všechny sortimenty včetně vlákniny. U harvestorové technologie vznikají faktické ztráty i nedodržováním pravidelných kontrolních měření s případnou potřebou následné kalibrace měřících systémů (Natov, 2018).

Mezi další faktické ztráty patří ztráta vzniklá na objemu dříví kubírovaného bez kůry a odběratelům dodávaného s kůrou. Je zároveň rovna objemu kůry dodaného společně se dřívím (Kopřivík, 2022).

Ztráta příčným řezem je přímo úměrná součtu všech řezných spár a tloušťce druhoovaných výřezů a může dosahovat 0,2 % z objemu evidovaného dříví (Kopřivík, 2022).

Při odkorňování harvestorovou hlavicí vzniká faktická ztráta při nesprávném nastavení přítlaku odvětvovacích nožů, při čemž se nože zaseknou až do dříví. S touto ztrátou souvisí i ztráta při nesprávné obsluze při odvětvování nebo odkorňování a tím poškození kmene podávacími válci, kdy je dřevo z výřezu vytrháno a výřez je poté zaříděn do horšího sortimentu (Kopřivík, 2022).

Špatné zařídění sortimentů je ztrátou způsobenou lidskou chybou při skladování sortimentů. Dochází k ní na odvozních místech nebo u odběratele, kdy zařídí kus do jiné zpravidla horší jakostní třídy (Kopřivík, 2022).

Ztráty způsobené u listnatých dřevin nezpracováním dříví do průměru 7 cm, dle smluv na výrobu dříví pro Lesy české republiky, s.p., ale do průměru 10 cm se dají zařadit také do faktických. Není to jen zpracování špiček, ale i materiálu hroubí z větví (Kopřivík, 2022).

### **2.2.3 Poškození vyráběného dříví**

Poškození vyráběného dříví může nastat zejména při těžbě, dopravě nebo manipulaci se dřívím. Při těžbě dochází k výrobním trhlinám, zlomům případně k obdobnému poškození dříví na sousedních stromech, pokud došlo k jejich vyvrácení. Výše uvedené škody jsou způsobeny především lidským faktorem, ale i vlivem terénních podmínek např. kamenitým terénem, sklonem atd., které mohou být příčinou významného poškození těženého kmene zlomením nebo rozštípaním v různých místech stromu (Šafařík, 2015).

Při soustřeďování vyrobených surových kmenů či výřezů v plném závěsu nebo v polo závěsu úvazkovou metodou pomocí univerzálního nebo lesního kolového traktoru dochází k poškození kmenů třením po povrchu terénu. Poškození při tažení dříví smykem je závislé na délce přibližovací vzdálenosti a dosahuje i 2,5% z objemu kmene (u modřínu až dvojnásobku) (Šafařík, 2015).

Při soustřeďování dříví dochází i k odírání stojících stromů podél přibližovacích linek, zvláště pak v zatáčkách. Tyto stromy jsou náchylné k napadení houbami a můžeme je považovat za výrobní vady, které se odrážejí na kvalitě produkce dřevní hmoty v dalším období. Zde je třeba uvažovat o co největším napřimení přibližovacích

tras tzv. technologických linek. I při těžbě harvesterovou technologií dochází ke škodám, i když v menším rozsahu, např. ke zlomení špiček nebo k odření stojících stromů až do výšky několika metrů při pádu pokáceného stromu. Minimální škody vznikají při nakládání dříví vyrobeného sortimentní metodou na vyvážecí traktor. Podíl poškozených stojících stromů se při konvenčních technologiích (dřevorubec + traktor) pohybuje do 25 %, u harvesterové technologie do 10 % (Malík a Dvořák, 2007). Většina škod je způsobena nepozorností operátorů těchto lesních strojů.

#### 2.2.4 Přírozené ztráty

Přírozené ztráty jsou způsobeny vyšší mocí, jako jsou abiotičtí činitelé např. vítr o síle orkánu, dlouhotrvající sucho, požáry nebo napadení stromů biotickými činiteli především hmyzími škůdci (Malík a Dvořák, 2007).

Při větrných kalamitách může dojít k poškození stojících stromů. V roce 2022 byl celkový objem nahodilých těžeb způsobených abiotickými činiteli 6,6 miliónů m<sup>3</sup>, z toho z toho přibližně 73 % bylo způsobeno větrem a cca 130 tis. m<sup>3</sup> bylo způsobeno mokřím sněhem a námrazou (MZe, 2023). Dochází ke kvalitativnímu poškození dříví, ale i ke kvantitativním škodám na objemu. Většinou z důvodu odřezávání rozštípaných špiček a u vývrátů k ponechávání delších pařezů z důvodu bezpečnosti práce a ponecháním tohoto dříví v lese, popř. k jeho menšímu zhodnocení pro energetické účely. Další ztrátou jsou i vyšší finanční náklady na výrobu dříví v nahodilých těžbách (Malík a Dvořák, 2007).

S rostoucím rozsahem požárů v posledních letech dochází nejvíce ke ztrátám na mladších porostech. Dříví znehodnocené požáry se stává neprodejné.

*Tabulka 2.1 – Lesní požáry*

Rok	2018	2019	2020	2021	2022
Škoda způsobená lesními požáry (mil. Kč)	15	17,4	18,6	8,02	49,46
Uchráněné hodnoty (mil. Kč)	271,1	319,5	256,7	164,9	298,2
Počet požárů (ks)	2 033	1 963	2 081	1 517	2 473
Rozloha lesních požárů (ha)	492	519,9	484,4	410,99	1 715,25
Zraněno a usmrceno (osob)	35+0	31+0	21+2	15+0	63+0

*(Zdroj: MZe, 2023)*



Tabulka 2.1 znázorňuje četnost a rozlohu požárů lesních porostů, způsobené finanční škody a materiální škody na lesních porostech a také množství uchráněných hodnot hasičskými sbory v letech 2018 až 2022. Nutno podotknout, že výrazný nárůst rozlohy lesních požárů a újmy na porostech za rok 2022 má na svědomí požár v Národním parku České Švýcarsko, který zasáhl plochu 1060 ha a který byl svým rozsahem bezprecedentní (MZe, 2023).

Napadení stromů hmyzími škůdci nezpůsobuje ztráty na objemu dříví, ale snižuje kvalitu vyráběného dříví, které je řazeno do nižších jakostních tříd a tím vznikají ekonomické ztráty. V roce 2022 bylo evidováno 8,3 mil. m<sup>3</sup> vytěženého smrkového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým, který byl doprovázen lýkožroutem lesklým a severským. Oproti předchozím letům došlo k poklesu napadeného dříví. Do přirozených ztrát u vyrobeného dříví můžeme zařadit i dříví, které nebylo včas odvezeno k odběrateli a došlo k jeho napadení např. houbami na lesních skladech (Malík a Dvořák, 2007).

## **2.3 Rozdíly objemu dříví mezi Národní lesnickou inventarizací a lesní hospodářskou evidencí**

Národní inventarizace lesů v České republice (NIL) je zdrojem informací o stavu a vývoji našich lesů. Základem metody je výběrové šetření založené na teorii matematické statistiky. Poskytované informace jsou získávány na základě opakovaného šetření na trvalých inventarizačních plochách. Výstupem inventarizace jsou odhady daných cílových veličin jako jsou přírůst, lesnatost, výše těžeb atd. přenesené na úroveň celé České republiky. Přesnost výsledků je vyjádřena formou intervalových odhadů, eventuálně směrodatných chyb. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem (ÚHÚL) realizoval tři inventarizační cykly v letech 2001 až 2004, 2011 až 2015 a 2016 až 2020 (Máslo, 2023).

Lesní hospodářská evidence se řídí vyhláškou č. 202/2021 Sb. s účinností od 1. 1. 2022, která upravuje obsah a způsob vedení lesní hospodářské evidence o plnění závazných ustanovení plánu evidence o provedené obnově lesa v jednotlivých porostech, vč. způsobu předávání souhrnných údajů těchto evidencí místně příslušnému orgánu státní správy lesů (Česká republika, 2021). Tato evidence je následně postoupena Českému statistickému úřadu (ČSÚ) k vyhodnocení (Máslo, 2023).

Při porovnání odhadu celkové roční těžby dříví na území České republiky v období mezi NIL2 a NIL3 činila její výše  $22,94 \pm 1,52$  mil.  $m^3$ /rok bez kůry, zatímco vážený průměr celkových ročních těžeb podle ČSÚ (vycházející z LHE) za období od roku 2011 (počátek NIL2) do konce roku 2020 (ukončení NIL3) činil 18,94 mil.  $m^3$ /rok bez kůry. Výše těžeb podle lesní hospodářské evidence tedy dosahuje 85,7 % pro území s platným lesním hospodářským plánem nebo osnovou (Máslo, 2023).

Rozdíl až 25 % mezi lesní hospodářskou evidencí a Národní inventarizací lesa je způsoben několika možnými faktickými ztrátami, které lesní hospodářská evidence nezahrnuje. Především dříví zjištěné inventarizací je dopočítáno matematickou statistickou analýzou, resp. metodikou kalkulující s veškerým objemem dříví-hroubí. Pro LHE jsou využívány jiné metodiky výpočtu objemu a tyto výpočty nezahrnují a ani nemohou zahrnovat objemy dříví ve formě nevyklizeného hroubí větví a části stromů, které zůstalo z různých důvodů v lese, dále nadměrky, řezací okna, ztráty dané

přepočtovými koeficienty na kůru nebo přepočtovými koeficienty mezi prostorovými metry a plnometry (Šafařík, 2015).

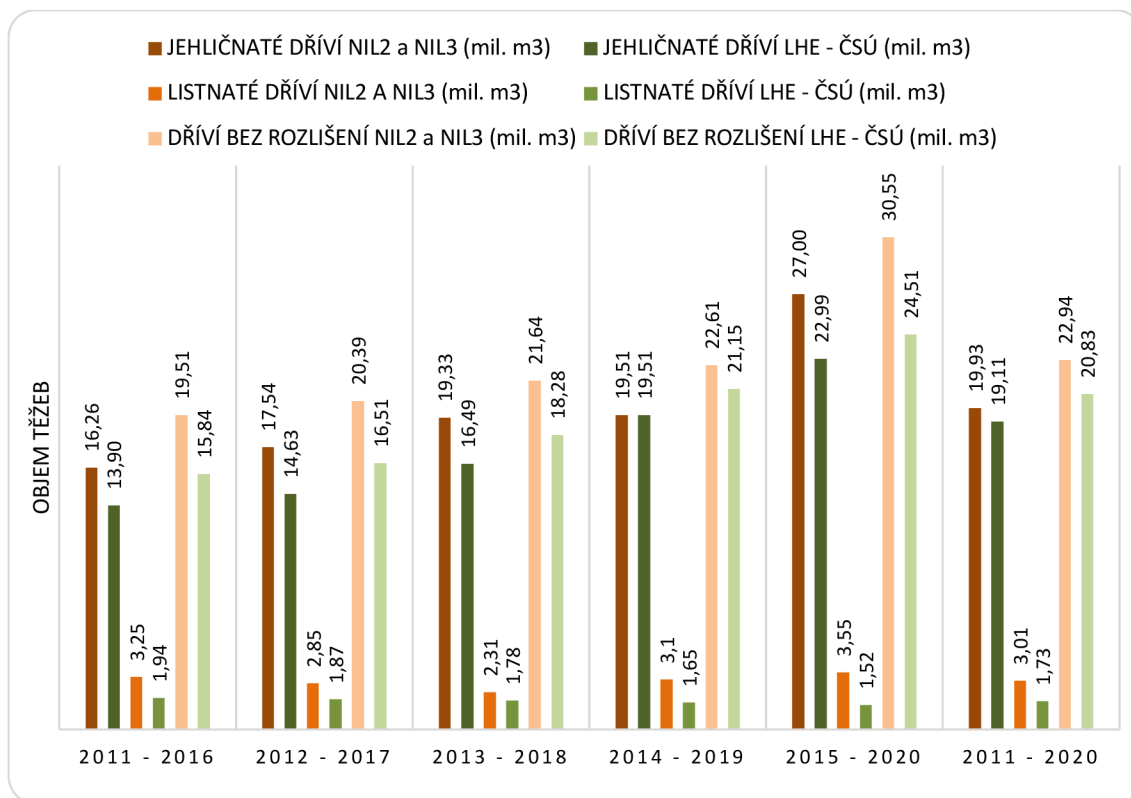
Další příčinou rozdílů mezi LHE a NIL je stav, kdy do lesní hospodářské evidence jsou vkládána data z přejímek u odběratelů a příjem není prováděn řádně na lesních skladech. Tyto objemy dříví se stanovují dle podmínek popsanych v kupních smlouvách, tj. existují různé způsoby přejímek dříví – váhová přejímka LUTRO nebo ATRO, objemová přejímka, 2D/3D přejímka atd. Rozdílné metody přejímek dříví neposkytují objektivní objemy dříví proti skutečnému objemu kmene bezprostředně po jeho pokácení v konkrétním lesním porostu (Šafařík, 2015).

*Tabulka 2.2 - Výsledky porovnání průměrné roční výše těžby dříví podle skupin dřevin v jednotlivých dílčích změnových obdobích NIL2, NIL3 a LHE*

Druh dříví	jehličnaté dříví NIL2 a NIL3 (mil. m <sup>3</sup> )	jehličnaté dříví LHE-ČSÚ (mil. m <sup>3</sup> )	listnaté dříví NIL2 A NIL3 (mil. m <sup>3</sup> )	listnaté dříví LHE-ČSÚ. (mil. m <sup>3</sup> )	dříví bez rozlišení NIL2 a NIL3 (mil. m <sup>3</sup> )	dříví bez rozlišení LHE-ČSÚ (mil. m <sup>3</sup> )
2011-2016	16,26	13,90	3,25	1,94	19,51	15,84
2012-2017	17,54	14,63	2,85	1,87	20,39	16,51
2013-2018	19,33	16,49	2,31	1,78	21,64	18,28
2014-2019	19,51	19,51	3,10	1,65	22,61	21,15
2015-2020	27,00	22,99	3,55	1,52	30,55	24,51
2011-2020	19,93	19,11	3,01	1,73	22,94	20,83

*Zdroj: (Máslo, 2023)*

V tabulce 2.2 jsou uvedena data, která byla převzata z výsledků Národní inventarizace lesů z let 2016 - 2020 a k tomu dopočtena data ze Zpráv o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2011 - 2021 (Máslo, 2023).



Obrázek 2.2 - Grafické znázornění porovnání průměrné roční výše těžby dříví podle skupin dřevin v jednotlivých dílčích změnových obdobích NIL2, NIL3 a LHE (Máslo, 2023; MZe, 2011-21)

Obr. 2.2 graficky znázorňuje hodnoty z tabulky 2.2. Zde jsou patrné rozdíly mezi NIL a LHE. Sloupce hnědých odstínů zobrazují hodnoty národních inventarizací a sousední sloupce zelených odstínů zobrazují objemy dle lesní hospodářské evidence. Na ose X je zobrazeno šest dílčích změnových období a osa Y zobrazuje těžené objemy v miliónech metrů krychlových.

Dále znázorňuje průměrnou roční výši těžby dříví za celé období šetření NIL2 a NIL3 a za pět dílčích změnových období, z jejichž celkového období byla data použita. K těmto šesti obdobím byl dopočítán objem dříví zjištěný dle lesní hospodářské evidence zveřejněný ve Zprávách o stavu lesa a lesního hospodářství 2011 až 2021. Je zde patrný stoupající trend těžného objemu jehličnatého dříví způsobený kůrovcovou kalamitou (Máslo, 2023).

Z obrázku je dále patrné, že těžba listnatého dříví stagnuje téměř na stálých hodnotách. V prvních dvou sloupcích jsou hodnoty jehličnatých těžeb podle NIL a LHE v porovnávaném období. Zde je patrný rozdíl mezi objemem těžného dříví daného LHE

a NIL, kde Národní inventarizace lesů stavy nadhodnocuje a lesní hospodářská evidence podhodnocuje. Rozdíl je zde až v řádech milionů metrů krychlových dříví za rok. S pokračujícím měřením se zdá být trend vyrovnanější a blížící se ke shodě mezi těmito evidencemi. Ve třetím a čtvrtém sloupci jsou zobrazeny hodnoty těžného objemu listnatého dříví a zde je patrný ještě větší poměrový rozdíl mezi NIL a LHE opět v porovnávaném období. V posledních dvou sloupcích je uveden těžný objem bez rozlišení druhů dřevin v období opět dle národní inventarizace (Máslo, 2023; MZe, 2011-21).

Rozdíly v objemech zjištěných národní inventarizací a lesní hospodářskou evidencí lze nazvat ztrátami, které jsou dnes ve značném rozsahu doložitelné. Jejich výčet je uveden v předchozích odstavcích.

## 2.4 Ztráty ve špičkách

Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice uvádějí, stejně jako smlouvy o výrobě a prodeji dříví Lesů ČR, jako minimální čep vyráběného dříví 7 cm tloušťky. V ideálním případě dojde k poslednímu řezu v této tloušťce a nevznikne žádná ztráta ve špičce. Většinou však při pádu těžného stromu dojde k ulomení vrcholové části stromu. U harvestorové technologie vznikají dvě možná specifika ztrát dříví ve špičkách, kdy:

1. není možné odvětvit kmen díky velké tloušťce větví. U harvestorové technologie je již téměř nemožné koncovou část stromu se špicí opět sevřít do odvětvovacích nožů a podávacími válci kmen rozjet a odvětvit, jelikož tyto nože potřebují určitý švih k osekání větví.
2. výrobně-evidenční software harvestoru může vyhodnotit, že další výřez již nebude splňovat zadané rozměry žádného zadaného sortimentu dle cenové matice a operátor rozhodne, že nechce další výřez menších dimenzí a zařízne čep v silnější tloušťce nad 7 cm. Toto hroubí se tak opět započítává do faktické ztráty. Ztráta může nabývat i záporných hodnot, pokud dojde ke zpracování kmene do slabší tloušťky čepu, než je sedm centimetrů tloušťky a zpracuje i část nehroubí v rámci posledního výřezu z kmenu. Toto je běžné pro vlákninu nebo tyčovinu.

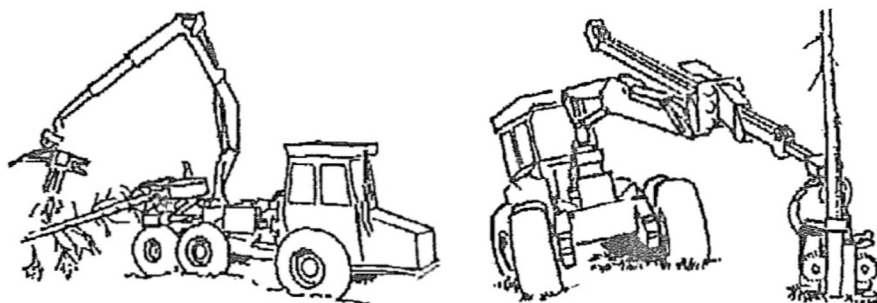
Dle dlouholetých zkušeností autora této práce je u motomanuální těžby možné po ulomení špičky ji ještě zpracovat a hmotu hroubí odvětvit a dopravit na odvozní místo. Poslední řez je dřevorubci zpravidla standardně prováděn v tloušťce 7 cm a ztráty ve špičkách jsou ve srovnání s harvestorovou technologií zanedbatelné.

U těžby dříví pomocí harvestorové technologie je možné strom pouze odříznout od pařezu a určit směr pádu, rychlost ani síla dopadu nelze téměř ovlivnit. Zabránit těmto ztrátám je tak možné pouze volbou místa dopadu. Operátor nesmí kácet stromy na pařezy, balvany a vyrobené dříví u linek o které dochází k ulomení případně roztříštění špiček. V případě motomanuálních těžeb je třeba směrově kácet a dopravovat dříví pomocí vhodných technologií.

## 2.5 Harvestorová technologie

Velkým krokem k rozvoji mechanizace byl vynález tzv. harvestorů. Harvestor je samopojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu. Jednotlivé výřezy zůstávají v porostu v neurovnaných, či urovnaných hraních. Celkový cyklus je plně mechanizovaný a automatizovaný. Podle výkonu motoru harvestorů je lze rozřadit na malé, středně velké a velké (Schlaghamerský, 2001).

Harvestor má na hydraulickém jeřábu těžební hlavici s kácecím ústrojím. Jeho odvětvovací ústrojí je nožové. Protahování zajišťují ozubené podávací válce a zkracování provádí hydraulicky poháněná řetězová pila. Měření délek sortimentů je elektronické pomocí měřicího kolečka. Velkou výhodou harvestorů je možnost třídít zkracovanou hmotu podle délky a tloušťky na oddělené hromádky. To významně usnadní práci návazným vyvážecím soupravám (Bílek, 2013). Harvestory jsou zobrazeny na obrázku 2.3.



*Obrázek 2.3 – Harvestory (Bílek, 2013)*

Důvodem zvyšování využití harvestorové technologie je, že mechanizovaná výroba surového dříví zvyšuje produktivitu a v zemích s vysokými osobními náklady snižuje výrobní náklady oproti motomanuální těžbě. Podíl sortimentní metody (která je úzce spjata s harvestorovou technologií) na roční těžbě dříví může v budoucnu dosáhnout až 50 % a výrobní podmínky jsou pro využití harvestorové technologie vhodné až na více než 70 % rozlohy lesů (Dvořák a spol.,2018). Nelze také opomenout, že těžba harvestorem je s ohledem na zdraví a život lesních dělníků významně bezpečnější než motomanuální těžba.

### 2.5.1 Výhody harvestorové technologie

***Snížení mzdových sil*** – tato úspora se odráží v nákladech na pracovní sílu, která by musela být vynaložena k odvedení stejné práce bez použití harvestorové technologie. Další úspory pracovních sil získáme na manipulačních skladech, protože dříví je vyrobeno v lese a následuje transport zpravidla přímo k odběratelům. Výsledkem je snižování vícesměnného provozu a investic. Budeme-li vycházet z výstupů normativních, narůstá výkonnost harvestoru v porovnání s motomanuální těžbou tři- až šestinásobně v závislosti na objemu těžného stromu ve středoevropských podmínkách. V severských státech se uvádí výkonnost harvestoru až desetkrát vyšší než motomanuální těžba (Kováč, 2017).

***Přehlednější záznam a dokumentace*** - záznam o vyrobeném objemu dříví je zaznamenán v elektronické podobě, který zároveň vytváří lepší přehled o počtu a objemu zpracovaného dříví. Uspadňuje se tak následná kontrola práce a je možné provádět velmi pružný způsob organizace práce od těžebně dopravních činností až po odvoz dříví k odběratelům (Kováč, 2017).

***Lepší bezpečnost práce*** – je významně snížena fyzická náročnost práce a následně tak dochází ke zvýšení bezpečnosti práce. Ta se projevuje zejména při nasazení v nepříznivých klimatických podmínkách. Harvestory jsou často nasazované v kalamitních těžbách, kde mohou provádět kompletní výrobu od těžby počínaje, nebo v případě motomanuálně předkácených stromů nahrazovat práci procesoru a dokončit zbývající fáze výroby (Kováč, 2017).

***Větší možnost zpracování dané suroviny*** - během celé fáze výroby je možná manipulace s danou surovinou. Tato manipulace je uvážená a šetrná, od přenosu hydraulickým jeřábem v harvestorové hlavici při kácení, přes odvětvování a druhování sortimentů, přenosu hydraulickou rukou vyvážecího traktoru až po samotný transport na odvozní místo (Kováč, 2017).

***Snížení škod na lesních dřevinách*** - podíl poškozených lesních dřevin se odhaduje pod 10 %, nižší podíl v porovnání s klasickou technologií není však příliš ovlivněný samotnou mechanizací, jako spíše zvolenou těžební metodou. V případě kmenové metody může dosahovat podíl škod způsobených strojem až 10 % z celkového počtu, 90 % škod je však způsobeno samotnými soustředěnými kmeny. Harvestor může způsobit stejný počet



škod jako traktor v kmenové metodě, nevznikají však škody na porostech od vyváženého dřeva (Kováč, 2017).

### **2.5.2 Nevýhody harvestorové technologie**

*Vysoká investice a návratnost této investice* - Pořizovací finanční prostředky harvestorové technologie jsou vysoké. Návratnost těchto prostředků se odvíjí od vytiženosti konkrétního stroje. Jakékoliv prostoje, které nejčastěji souvisí s poruchou nebo s převozem stroje na jiné pracoviště, zvyšují výrobní náklad na jednotku ( $m^3$ ) (Kováč, 2017).

*Nákladné zaškolení operátorů harvestorů* - provoz a řízení harvestorových strojů musí vykonávat osoba se zodpovědným přístupem. Současná legislativa však nevyžaduje žádné speciální oprávnění k obsluze harvestorů. Podmínkou je pouze vlastnictví řidičského průkazu skupiny T (k přepravě harvestoru po veřejných komunikacích), dále získané znalostmi z technických oborů strojírenství, elektrotechniky a lesnictví. Některé lesní společnosti proto pořádají školící kurzy pro své zaměstnance, které jsou však dosti nákladné a leckdy i ztrátové, neboť na trhu práce je kvalitních operátorů nedostatek. Častokrát se tedy stává, že přecházejí k jiným zaměstnavatelům za lepší finanční nabídkou (Kováč, 2017).

## 3 Praktická část

### 3.1 Metodika

#### 3.1.1 Technologie výroby

Podíl vyrobeného surového dříví sortimentní metodou, která se z velké části spojuje s harvesterovou technologií se v roce 2022 pohyboval na úrovni více než třetiny z celkového vytěženého objemu dříví (MZe, 2023). Důvodem k využití sortimentní metody harvesterovou technologií je vysoký výkon harvestoru spojený s vysokou přesností měření při správném nastavení výrobně-evidenčního softwaru (Natov, 2018).

Sběr dat probíhal na základě dohody s majitelem harvestoru a s lesnickou společností plnící komplexní lesnickou zakázku s prodejem dříví u Lesů České republiky v okrese Děčín. Majitelem a zároveň operátorem harvestoru byla fyzická podnikající osoba s dlouholetou praxí. Poskytování dat z výroby a vlastní měření bylo prováděno ve třech porostech. Základní popis těžebního stroje a těžební hlavice, jehož data byla použita jsou v následující tabulce 3.1 a fotografie harvestoru (viz. příloha 6).

Tabulka 3.1: Základní popis harvestoru a těžební hlavice

harvestor	výkon motoru	hmotnost stroje	výrobně-evidenční software	typ jeřábu	maximální dosah	těžební hlavice	hmotnost hlavice	maximální úřez
	(kW)	(t)			(m)		(kg)	(mm)
John Deere 1170E	145	17,9	Timbermatic 1.21.14	CH6	10	Waratah 414	1100	620

Zdroj: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/komunalni-technika/lesni-technika-harvestory-john-deere/1170-e-1142751>, <https://waratah.b-cdn.net/wp-content/uploads/2020/08/H414Specs-en.pdf>

#### 3.1.2 Popis těžených porostů

##### Měření I. - Pracoviště 203B08

Těžená část porostu byla napadena hmyzím škůdcem, Lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*). Předmýtní nahodilá těžba probíhala v porostu nacházejícím se v katastrálním území Bynov, okr. Děčín, LHC 404 002 – Sněžník, oddělení 203, dílec B, porostní skupina 08 o velikosti 8,32 ha. Rovinatý terén umožnil nasazení harvesterové technologie. Obmýtlí je stanoveno na 110 let s obnovní dobou 30 let. Stáří porostu bylo 83 let a nacházelo se na lesním typu 5K6. Zastoupeny byly dřeviny Smrk ztepilý (*Picea*

*abies*), jež byl předmětem nahodilé těžby, v zastoupení 75 %, Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) v zastoupení 21 % a Modřín opadavý (*Larix decidua*) jednotlivě přimíšen v množství 4 %. Výčetní tloušťka u smrku ztepilého je dle lesnického hospodářského plánu stanovena na 28 cm a průměrná výška porostu na 19 m. Zadávacím listem bylo zadáno 148 ks napadeného smrku v objemu dříví 150 m<sup>3</sup>. Do výrobně-evidenčního softwaru harvestoru byly zadány hodnoty následujících sortimentů dle tabulky 3.2.

*Tabulka 3.2: Sortimentální tabulka pro výrobu smrku s uvedením odběratelů dřevní hmoty*

Kvalita	rozměr čepu	sortiment	jmenovitá délka	Nadměrek	odběratel	poznámka
	(cm)		(cm)	(cm)		
III.B/C	15 - 44	pilařská kulatina	400	10	Labewwod s.r.o.	
III.B/C/D	45 +	pilařská kulatina	400	10	Less & Timber	
III.D	15 - 44	pilařská kulatina	300	10	Labewood s.r.o.	
III.D	25 +	pilařská kulatina	250	6	HS Timber, GMBH	tvrdá hniloba
VI.		vláknina	200	-	Mondi štětí a.s	+měkká hniloba

#### Měření II. – Pracoviště 256A08

Opět byl zadán porost napadený hmyzím škůdcem v katastrálním území Bynov okr. Děčín. Porost obhospodařován Lesy ČR, s.p., Lesní správou Děčín, revír Celnice, LHC 404 002, oddělení 256, dílec A a porostní skupina 08 o velikosti 4,76 ha. Doba obmýetí je stanovena na 110 let s obnovní dobou 30 let a porost se nacházel na lesním typu 5K1 a lesním vegetačním stupni 4. Mírný svah jihovýchodní expozice a balvanitý terén byl limitní pro použití harvestorové technologie. V tomto porostu bylo zastoupení Smrku ztepilého 100 %. Zásoba porostu dle lesního hospodářského plánu činila 1802 m<sup>3</sup>. Objem dříví zadaný k těžbě činil 130 m<sup>3</sup> a 145 ks. Výčetní tloušťka dle LHP je 25 cm a výška porostu je 25 m. Vyráběny byly sortimenty dle tabulky x. Tato část lesa je součástí chráněné krajinné oblasti Labské pískovce.

#### Měření III. – Pracoviště 257B08a

Těžba probíhala ve stejném katastrálním území v měsících červenec a srpen 2024. Oddělení 257 dílec B a porostní skupina 08a byla kmenovina orientovaná na jihozápad místy balvanitá, ale dopravně přístupná. Zde bylo obmýetí 120 let s obnovní dobou 30 let, jednalo se tedy o těžbu nahodilou předmýtní. Zastoupení smrku ztepilého bylo 84 %,

Borovice lesní 10 % a vtroušeného modřínu 6 %. Výčetní tloušťka u dřeviny Smrk ztepilý byla 30 cm dle LHP a výška této dřeviny dle LHP je 24 m. Sortimentní metodou bylo vyráběno dříví dle tabulky x. Zadáno zde bylo v celém období 279 ks a 280 m<sup>3</sup>. Tato část lesa je také součástí chráněné krajinné oblasti Labské pískovce.

### 3.2 Měření a výpočet dat

Před měřením v lesním porostu byla připravena tabulka, kde v záhlaví byly sloupce s pořadovými čísly vzorníků,  $d_0$  (pařez) (cm),  $d_{1,3}$  (výčetní tloušťka) (cm), čep posledního sortimentu (cm),  $l_{jm}$  (po sortimentech) (m),  $l_{celková}$  (m),  $l$  ( $d_{\check{c}}$  do 7 cm) (m) a  $l$  ( $d_{\check{c}}$  do špice) (m). Všechny tloušťky byly měřeny lesnickou průměrkou zn. Kinex o délce 50 cm i včetně kůry a u průměrů nad 50 cm lesnickou průměrkou o délce 80 cm, zaokrouhlené vždy na celé centimetry dolů. Délka byla měřena lesnickým samonavíjecím pásmem (viz. příloha 2).

Kontrolní měření (viz. příloha 4) a kalibrace nastavení měřícího zařízení harvestoru probíhalo vždy před započítáním práce. Kontrolní měření tlouštěk pomocí elektronické průměrky Haglof a délek výřezů pomocí lesnického pásma (viz. příloha 5) probíhalo častěji než je obvyklé v běžném provozu za účelem snížení rizika chyb z nesprávného měření tlouštěk měřícím systémem harvestorové hlavičky.

Samotné měření probíhalo za práce harvestoru pouze na dřevině smrk ztepilý. Nejdříve byla měřena výčetní tloušťka  $d_{1,3}$  u stromu na stojato a zapsána do tabulky, která je přílohou č. 1 této práce. Poté došlo k uchopení káceného stromu těžební hlavicí harvestoru a odříznutí stromu od pařezu (viz. příloha 7). Po pádu stromu byl strom odvětčován a zároveň druhován do sortimentů (viz. příloha 8). Po vyrobění posledního výřezu, kdy výrobně-evidenční software harvestoru vyhodnotil, že další výřez již nebude splňovat vstupní hodnoty, byla odříznuta špice (viz. příloha 9). Po zpracování celého kmene bylo přikročeno k měření pařezu. U této dřeviny nebylo zpracováno hroubí z větví, protože jejich tloušťka nepřesahuje 7 cm.

Pařez byl měřen shora na řezu ve dvou měřeních na sebe kolmých vždy v celých centimetrech zaokrouhlených vždy na celé dolů, ze kterých následně spočítán aritmetický průměr a ten byl zapsán jako  $d_0$ .

Jmenovitá délka  $l_{jm}$  byla zjištěna součtem jmenovitých délek jednotlivých výřezů a celková délka  $l_{celková}$  byla opsána z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru. Následně byl změřen čep posledního sortimentu (viz. příloha 3) a zaokrouhlen opět na celé centimetry dolů a zaznamenám do stejné tabulky. V případě, že tloušťka čepu posledního výřezu byla menší než 7 cm, bylo nalezeno místo na tomto výřezu s tloušťkou odpovídající 7 cm, tj. hranici mezi hroubím a nehroubím kmene a změřeni vzdálenosti k čepu výřezu a toto zapsáno jako minusová hodnota do sloupce  $l_{do7cm}$ . V opačném případě, kdy tloušťka čepu posledního výřezu byla větší než 7 cm bylo doměřeno místo se 7 cm na nezpracované špici a změřena délka k tomuto místu od čela špičky a délka zaznamenána jako  $l_{do7cm}$  s kladnou hodnotou. Poté byla doměřena celá délka špice nehroubí a odečtena délka hroubí a toto zaznamenáno jako  $l$  ( $d_\xi$  do špice).

### 3.3 Metodika – výpočty

Po naměření a sběru dat byly data převedeny do MS Excel a vytvořena tabulka v příloze 1, kde byly z dat vypočítány kruhové základny  $g_0$ ,  $g_{\text{čep}}$ ,  $g_{\text{čep}7}$  pomocí vzorce 3.1:

$$g = \frac{\pi}{4} * d \quad (3.1)$$

kde  $g$  je kruhová základna v  $m^2$ ,  $\pi$  je konstanta a  $d$  je tloušťka kmene v místě měření v  $m$ .

S ohledem na naměřená data a data z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru, kdy nebylo možné doměřit středovou tloušťku kmene potřebnou pro výpočet objemu Huberovo nebo Newtonovo metodou díky výrobní technologii, byl ke stanovení objemu celého kmene i objemů hroubí a nehroubí ve špici použit Smalianův vzorec 3.2, i přes to, že nadhodnocuje objem dříví v kmeni o hodnotu cca 5 % oproti nejčastěji používanému Huberovo vzorci (Hojgr, 2010).

$$V = \frac{1}{2} * (g_0 + g_n) * l \quad (3.2)$$

kde  $V$  je objem kmene nebo výřezu v  $m^3$ ,  $g_0$  je kruhová základna čela výřezu nebo kmene v  $m^3$ ,  $g_n$  je kruhová základna čepu v  $m^3$  a  $l$  je délka jmenovitá délka výřezu či kmene v  $m$ . U smalianovo metody je třeba znát tloušťky čela a čepu kmene, z kterého za pomocí vzorce 3.2 byly vypočteny kruhové základny čela kmene (pařezu) a čepu kmene (čela špice). Jejich aritmetický průměr byl vynásoben délkou kmene a tím zjištěn jeho objem. U hroubí špiček byla tloušťka čela špičky (čepu kmene) a hranice mezi hroubím

a nehroubím kmene v tloušťce 7 cm a objem vypočten pomocí násobení délkou hroubí špičky. U nehroubí špičky byla použita tloušťka 7 cm jako čelo výřezu a tloušťka čepu byla stanovena jako nulová hodnota a násobeno délkou špičky nehroubí. Po základních výpočtech byla provedena základní matematická analýza a rozdělení do tloušťkových tříd.

Data byla vyhodnocena základními statisticko-matematickými metodami za účelem vyhodnocení (ne)závislosti ztrát dříví ve špicích na výčetní tloušťce (regresní analýza) resp. tloušťkových stupních (analýza rozptylu – ANOVA).

## 4 Výsledky

### 4.1 Charakteristika a rozdělení vzorníků

Bylo měřeno 138 vzorníků smrku ztepilého v šesti tloušťkových třídách zobrazených v tabulce x v příloze. Všechna zjištěná data byla zpracována v Microsoft Excel 2023. Níže uvedená tabulka zaznamenává vzorníky rozdělené do tloušťkových tříd, zobrazuje počet vzorníků v tloušťkové třídě, objem kmenů s tloušťkou větší nebo menší než hranice mezi hroubím a nehroubím v 7 cm, jejich počty a podílové zastoupení vzorníků v procentech.

Největší vyrobený objem surového dříví byl v tloušťkové třídě 34 obsahující kmeny s výčetní tloušťkou mezi 32,1 a 36 cm, kde zároveň byl i zastoupen největší počet kmenů a tato třída tvořila nejzastoupenější tloušťky z měření. Nejméně byla zastoupena nejsilnější tloušťková třída 42, kde se výčetní tloušťky pohybovaly v intervalu 40,1 až 44 cm.

V níže uvedené tabulce 4.1 je patrné na jak velkém množství vzorníků se podařilo zpracovat všechno hroubí kmene, jaká je ztráta nevyrobením hroubí, ale i kolik činí přebytek z celkového množství v jednotlivých třídách.

*Tabulka 4.1: Popisná charakteristika vzorníků v šesti tloušťkových třídách 22-42 cm*

Tl. třída	počet vzorníků	objem kmenů s tloušťkou čepu		počty kmenů s tloušťkou čepu		podílové zastoupení vzorníků dle objemu		podílové zastoupení vzorníku dle čepu	
		≥ 7 cm	< 7 cm	≥ 7 cm	< 7 cm	≥ 7 cm	< 7 cm	≥ 7 cm	< 7 cm
	(ks)	(m <sup>3</sup> )		(ks)		(%)		(%)	
22	17	13,5454	0,7100	16	1	5,1315	0,2690	11,5942	0,7246
26	13	12,1749	7,1876	8	5	4,6123	2,7229	5,7971	3,6232
30	26	41,8480	3,5696	24	2	15,8536	1,3523	17,3913	1,4493
34	56	98,8540	17,8574	48	8	37,4498	6,7651	34,7826	5,7971
38	23	51,3370	7,1517	20	3	19,4485	2,7093	14,4928	2,1739
42	3	9,7288	0,0000	3	0	3,6856	0,0000	2,1739	0,0000

V následujících tabulkách 4.2 – 4.7 je uveden rozpis vzorníků po tloušťkových třídách. Tabulky 4.2 až 4.7 mají v prvním sloupci zleva pořadová čísla vzorníků z tabulky v příloze 1. Plocha čela a čepu, vypočtená podle vzorce na výpočet kruhové základny kmene 3.1 (kruhová základna) v metrech čtverečních, která byla využita k výpočtu objemu vyrobeného dříví v plnometrech dle Smalianova vzorce. Plocha špičky vypočtená

dle kruhové základny v tloušťce 7 cm nabývá pro všechny vzorníky stejné hodnoty z důvodu neměnnosti tloušťky. Objem hroubí vypočten dle Smalianova vzorce ve špici v plnometrech vyjadřuje hodnotu ztráty nebo přebytku u jednotlivého vzorníku v dané tloušťkové třídě

a v posledním sloupci je ztráta vyjádřena procentním zastoupením ztráty nebo přebytku z vyrobeného kmene. V posledním řádku jsou vždy zvýrazněny součty všech objemů a průměrná ztráta z celkového množství vyrobeného dříví v tloušťkové třídě.

Zde je vhodné připomenout, že hroubí ve špičkách tvoří ztrátu při výrobě dříví s čepovou tloušťkou větší než 7 cm a přebytek čepovou tloušťkou pod touto hranicí. Nehroubí se do ztrát nebo přebytků nezapočítává, je součástí spolu s větvemi standartních potěžebních zbytků.

Tabulka 4.2: Vzorníky v tloušťkové třídě 22

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_č$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
9	0,0616	0,0064	0,8244	0,0038	0,0087	0,0046	1,05
19	0,0661	0,0038	0,8475		0,0000	0,0047	0,00
38	0,0661	0,0064	0,8016		0,0046	0,0055	0,57
40	0,0616	0,0038	0,8639		0,0035	0,0045	0,40
51	0,0661	0,0050	0,8661		0,0080	0,0055	0,92
56	0,0616	0,0050	0,8165		0,0058	0,0054	0,71
63	0,0804	0,0050	0,9754		0,0040	0,0063	0,41
87	0,0616	0,0050	0,7762		0,0050	0,0043	0,65
97	0,0661	0,0064	0,8071		0,0041	0,0057	0,51
100	0,0661	0,0050	0,8711		0,0078	0,0054	0,89
103	0,0661	0,0038	0,7853		0,0000	0,0054	0,00
106	0,0804	0,0028	0,9295		0,0007	0,0055	0,07
107	0,0661	0,0050	0,8234		0,0053	0,0028	0,65
120	0,0804	0,0064	0,9698		0,0054	0,0066	0,55
133	0,0616	0,0050	0,7839		0,0040	0,0041	0,51
135	0,0616	0,0020	0,7164		-0,0039	0,0040	-0,55
138	0,0661	0,0064	0,8034	0,0041	0,0063	0,51	
<b>Celkem</b>			<b>14,2618</b>		<b>0,0669</b>	<b>0,0868</b>	<b>0,47</b>



Tabulka 4.3: Vzorníky v tloušťkové třídě 26

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_6$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
4	0,1134	0,0028	1,5878	0,0038	-0,0020	0,0077	-0,13
12	0,0804	0,0028	0,9191		-0,0017	0,0087	-0,18
14	0,1521	0,0050	1,8268		0,0051	0,0067	0,28
29	0,1134	0,0064	1,4738		0,0017	0,0061	0,11
50	0,1521	0,0020	2,1786		-0,0026	0,0067	-0,12
60	0,1195	0,0020	1,5985		0,0046	0,0040	0,29
84	0,1075	0,0028	1,5018		0,0013	0,0048	0,09
89	0,0855	0,0038	1,0346		0,0000	0,0043	0,00
94	0,1195	0,0064	1,5621		0,0028	0,0064	0,18
101	0,1452	0,0050	1,8293		0,0071	0,0049	0,39
112	0,0804	0,0020	1,1184		-0,0034	0,0052	-0,30
115	0,1195	0,0028	1,3837		-0,0013	0,0052	-0,09
122	0,1134	0,0064	1,3480		0,0105	0,0052	0,78
<b>celkem</b>			<b>19,3625</b>			<b>0,0222</b>	<b>0,0759</b>

Tabulka 4.4: Vzorníky v tloušťkové třídě 30

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_č$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
3	0,1257	0,0079	1,7631	0,0039	0,0010	0,0054	0,56
5	0,1320	0,0095	1,7995		0,0130	0,0062	0,72
21	0,1134	0,0050	1,6167		0,0049	0,0051	0,30
23	0,1195	0,0079	1,6182		0,0123	0,0064	0,76
30	0,1320	0,0020	1,9006		-0,0026	0,0046	-0,14
31	0,1257	0,0039	1,9252		0	0,0044	0,00
34	0,1735	0,0039	2,4917		0	0,0048	0,00
35	0,1195	0,0020	1,6690		-0,0025	0,0056	-0,15
37	0,1320	0,0113	1,8583		0,0178	0,0060	0,96
41	0,1134	0,0028	1,4937		0,0018	0,0060	0,12
43	0,1452	0,0039	2,0817		0	0,0060	0,00
46	0,1320	0,0063	1,7790		0,0092	0,0002	0,52
57	0,1134	0,0050	1,5131		0,0049	0,0048	0,32
72	0,1134	0,0039	1,6311		0	0,0035	0,00
79	0,1320	0,0064	1,7582		0,0046	0,0062	0,26
83	0,1320	0,0079	1,8569		0,0111	0,0057	0,60
93	0,1385	0,0095	1,6530		0,0184	0,0061	1,11
96	0,1195	0,0039	1,7399		0	0,0050	0,00
108	0,1257	0,0064	1,6668		0,0046	0,0063	0,28
111	0,1257	0,0095	1,6903		0,0127	0,0056	0,75
121	0,1257	0,0039	1,7394		0	0,0054	0,00
126	0,1257	0,0039	1,5898		0	0,0041	0,00
128	0,1320	0,0079	1,5904		0,0076	0,0055	0,48
129	0,1257	0,0039	1,5134	0	0,0051	0,00	
131	0,1195	0,0064	1,6055	0,0064	0,0061	0,40	
137	0,1320	0,0113	1,8734	0,0131	0,0052	0,70	
<b>celkem</b>			<b>45,4175</b>		<b>0,1472</b>	<b>0,1349</b>	<b>0,33</b>

Tabulka 4.6: Vzorníky v tloušťkové třídě 38

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_c$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
1	0,1590	0,0079	1,8559	0,0038	0,0155	0,0061	0,84
2	0,1521	0,0133	1,8401		0,0291	0,0060	1,58
6	0,1452	0,005	1,9066		0,0058	0,0056	0,30
8	0,1521	0,0038	2,2949		0	0,0048	0,00
10	0,1521	0,0095	2,4161		0,0100	0,0056	0,41
13	0,1452	0,0079	2,0236		0,0070	0,0051	0,35
16	0,1662	0,0064	2,5969		0,0056	0,0049	0,22
17	0,1257	0,0038	1,8876		0	0,0066	0,00
20	0,1521	0,0079	2,3842		0,0115	0,0057	0,48
22	0,1662	0,0064	2,1655		0,0084	0,0054	0,39
24	0,1590	0,005	2,0714		0,0060	0,0052	0,29
25	0,1521	0,0038	2,0883		0	0,0056	0,00
26	0,1452	0,0095	1,7097		0,0120	0,0098	0,70
27	0,1590	0,0079	2,0946		0,0073	0,0064	0,35
28	0,1452	0,0113	1,7805		0,0083	0,0091	0,47
32	0,1521	0,0346	2,0676		0,0876	0,0054	4,23
33	0,1662	0,005	2,4261		0,0016	0,0045	0,06
36	0,1385	0,0028	2,1284		-0,0011	0,0040	-0,05
42	0,1590	0,0095	1,9273		0,0127	0,0081	0,66
44	0,1886	0,002	2,8562		-0,0035	0,0054	-0,12
45	0,1662	0,0038	2,2760		0	0,0077	0,00
47	0,1452	0,0079	2,0221		0,0099	0,0065	0,49
48	0,1662	0,005	2,3037		0,0022	0,0083	0,10
52	0,1521	0,002	2,0307		-0,0026	0,0048	-0,13
53	0,1590	0,0064	1,8798		0,0138	0,0060	0,73
54	0,1521	0,002	2,2756		-0,0026	0,0053	-0,11
55	0,1452	0,0079	1,7933		0,0070	0,0040	0,39
59	0,1521	0,0079	2,3866		0,0088	0,0056	0,37
61	0,1521	0,0079	2,1571		0,0064	0,0062	0,30
62	0,1590	0,0038	2,2072		0	0,0061	0,00
64	0,1521	0,0038	2,1132		0	0,0042	0,00
67	0,1590	0,005	1,8802		0,0042	0,0062	0,22
68	0,1735	0,0038	2,2771		0	0,0050	0,00
74	0,1662	0,0028	2,1237		-0,0010	0,0065	-0,05
78	0,1521	0,0038	2,3736		0	0,0062	0,00
80	0,1452	0,005	1,9750		0,0035	0,0065	0,18
81	0,1521	0,0064	1,6911	0,0129	0,0056	0,76	
82	0,1452	0,0113	1,7633	0,0250	0,0056	1,42	
85	0,1452	0,005	1,9742	0,0064	0,0053	0,33	
90	0,1590	0,0028	2,4693	-0,0028	0,0061	-0,11	
92	0,1195	0,0038	1,8200	0	0,0074	0,00	
95	0,1320	0,0028	1,8819	-0,0026	0,0055	-0,14	

Tabulka pokračuje na další straně.

Pokračování tabulky z předchozí strany.								
98	0,1452	0,0079	2,0305	0,0038	0,0097	0,0063	0,48	
102	0,1590	0,0064	1,9824		0,0119	0,0063	0,60	
104	0,1521	0,0028	2,0917		-0,0015	0,0057	-0,07	
105	0,1590	0,0064	1,8401		0,0123	0,0061	0,67	
109	0,1590	0,0038	2,1966		0	0,0061	0,00	
110	0,1590	0,0064	1,8467		0,0128	0,0059	0,69	
114	0,1257	0,0050	1,6696		0,0024	0,0060	0,15	
116	0,1257	0,0038	1,7983		0	0,0070	0,00	
119	0,1662	0,0079	2,2260		0,0114	0,0045	0,51	
124	0,1590	0,0095	1,9695		0,0124	0,0051	0,63	
130	0,1521	0,0177	1,9077		0,0264	0,0060	1,38	
132	0,1521	0,0050	2,0208		0,0069	0,0055	0,34	
134	0,1662	0,0038	2,2726		0	0,0052	0,00	
136	0,1886	0,0079	2,6626		0,0108	0,0056	0,41	
<b>celkem</b>			<b>116,71</b>			<b>0,4278</b>	<b>0,3311</b>	<b>0,39</b>

Tabulka 4.6: Vzorníky v tloušťkové třídě 38

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_6$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	( $m^2$ )	( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	(%)
7	0,1735	0,0039	2,3400	0,0039	0	0,0071	0,00
11	0,1886	0,0154	2,6893		0,0443	0,0029	1,65
15	0,1735	0,0028	2,6105		-0,0025	0,0054	-0,09
18	0,1810	0,0050	2,4559		0,0053	0,0059	0,22
39	0,1662	0,0095	2,2304		0,0140	0,0050	0,63
58	0,1735	0,0039	2,2975		0	0,0060	0,00
65	0,1385	0,0028	1,9318		-0,0015	0,0060	-0,08
66	0,1886	0,0039	2,9152		0	0,0059	0,00
69	0,1886	0,0020	2,6094		-0,0024	0,0048	-0,09
70	0,2043	0,0064	3,1649		0,0056	0,0064	0,18
71	0,2206	0,0095	3,1354		0,0107	0,0050	0,34
73	0,1735	0,0050	2,3217		0,0027	0,0033	0,11
75	0,1886	0,0050	2,5013		0,0020	0,0087	0,08
76	0,2043	0,0064	2,7879		0,0038	0,0065	0,14
77	0,1735	0,0079	2,5616		0,0076	0,0054	0,30
86	0,1810	0,0039	2,5974		0	0,0078	0,00
88	0,1810	0,0113	2,5523		0,0292	0,0034	1,14
91	0,1810	0,0050	2,5591		0,0051	0,0055	0,20
113	0,1810	0,0039	2,4847		0	0,0056	0,00
118	0,1810	0,0050	2,5126		0,0058	0,0055	0,23
123	0,1810	0,0050	2,4903	0,0044	0,0056	0,18	
125	0,1735	0,0050	2,3672	0,0024	0,0038	0,10	
127	0,1810	0,0050	2,3722	0,0031	0,0052	0,13	
<b>celkem</b>			<b>58,4887</b>		<b>0,1396</b>	<b>0,1263</b>	<b>0,23</b>

Tabulka 4.7: Vzorníky v tloušťkové třídě 42

pořadové číslo vzorníku	Plocha čela kmene - $g_0$	Plocha čepu kmene (plocha čela špičky) $g_6$	Objem vyrobeného dříví $V$	Plocha špice v tl. 7 cm $g_7$	Objem hroubí ve špici $V_{hr}$	Objem nehroubí ve špici $V_{nehr}$	Celková ztráta (-) přebytek (+)
	( $m^2$ )	( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^2$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	(%)
49	0,2376	0,0039	3,6601	0,00385	0	0,0056	0,00
99	0,2043	0,0039	3,1480		0	0,0042	0,00
117	0,2043	0,0133	2,9207		0,0163	0,0061	0,56
<b>celkem</b>			<b>9,7288</b>		<b>0,0163</b>	<b>0,0159</b>	<b>0,19</b>

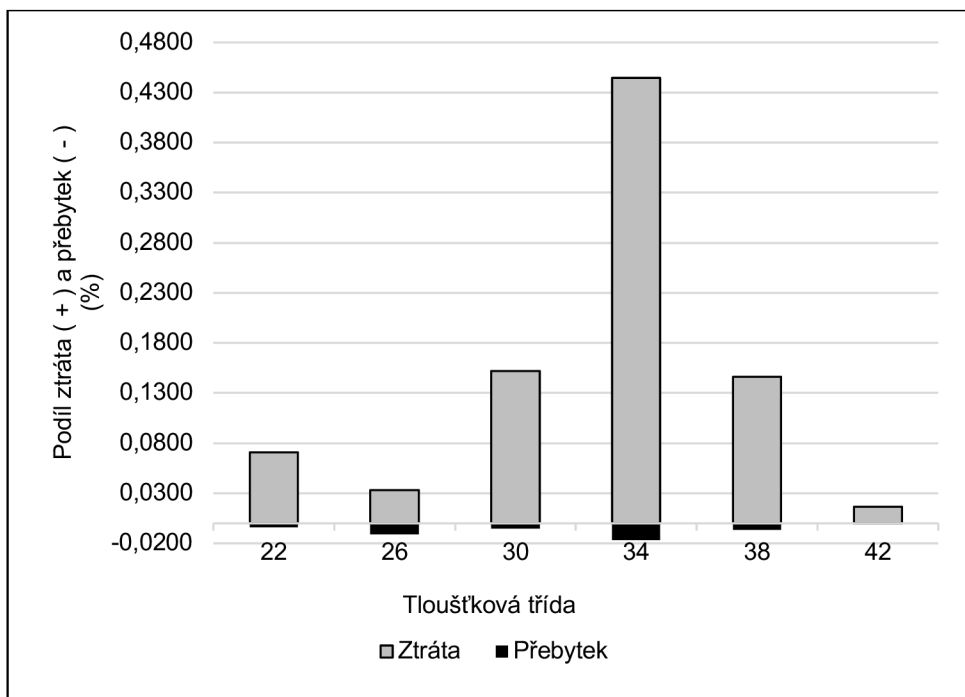
## 4.2 Popisná statistika

Základní informace z popisné statiky jsou shrnuty v tabulce 4.8. Rozsah výčetních tloušťek se pohyboval od 28 cm do 55 cm, které jsou zařazeny do šesti tloušťkových tříd 22 – 42.

Tabulka 4.8: Popisná statistika souhrn výsledků

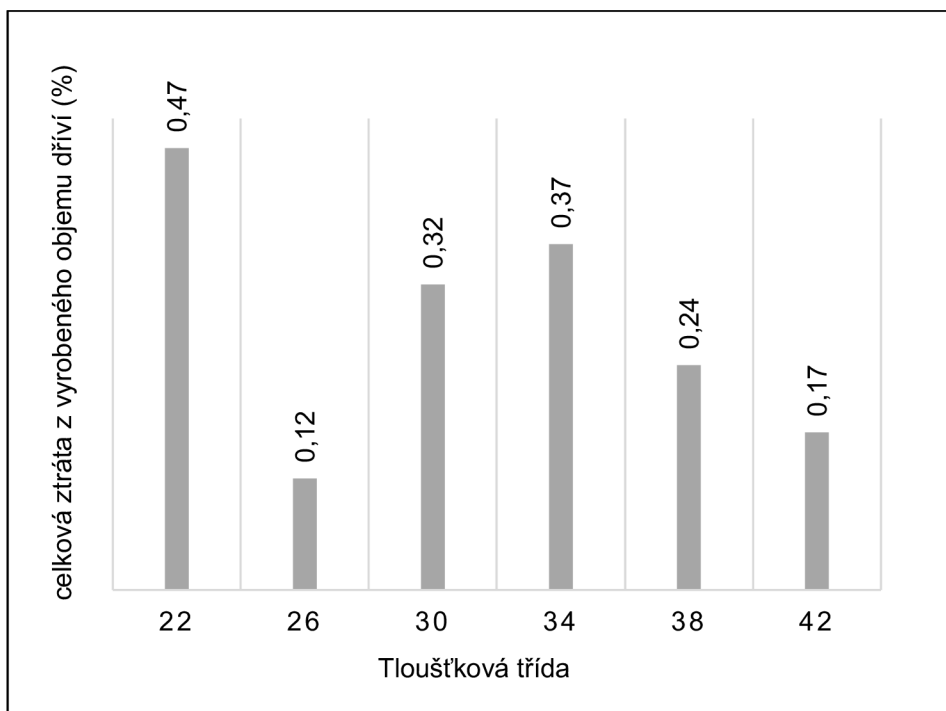
tl. třídy	Ztráta	Přebytek	Celková ztráta (-) Celkový přebytek (+)			Rozptyl	Směrodatná odchylka
			podíl z vyrobeného objemu	Průměr	Medián		
(4cm)	( $m^3$ )	( $m^3$ )	(%)	( $m^3/ks$ )	( $m^3/ks$ )	(-)	( $m^3/ks$ )
22	0,0708	0,0039	0,47	0,0038	0,0038	0,0000000	4,4703E-19
26	0,0331	-0,0110	0,12	0,0017	0,0013	0,0000161	0,00417361
30	0,1523	-0,0051	0,32	0,0057	0,0047	0,0000379	0,00627774
34	0,4445	-0,0167	0,37	0,0076	0,0062	0,0001685	0,01309759
38	0,1460	-0,0064	0,24	0,0061	0,0031	0,0003188	0,01071363
42	0,0163	0,0000	0,17	0,0054	0,0000	0,0000588	0,00939095

Již z vypočítaných dat je patrná vysoká variabilita objemových ztrát dříví mezi jednotlivými tloušťkovými třídami. Ztráty se pohybují od 0,0163  $m^3$  do 0,4445  $m^3$ , nicméně mohou být eliminovány potenciálními přebytky, kdy bylo zpracováno pro komerční účely i nehroubí. Výše přebytků se v jednotlivých tloušťkových třídách pohybovaly od hodnoty nulové hodnoty až do 0,0167  $m^3$ . Podíl přebytků a ztrát je vyjádřen graficky v obr. 4.1.



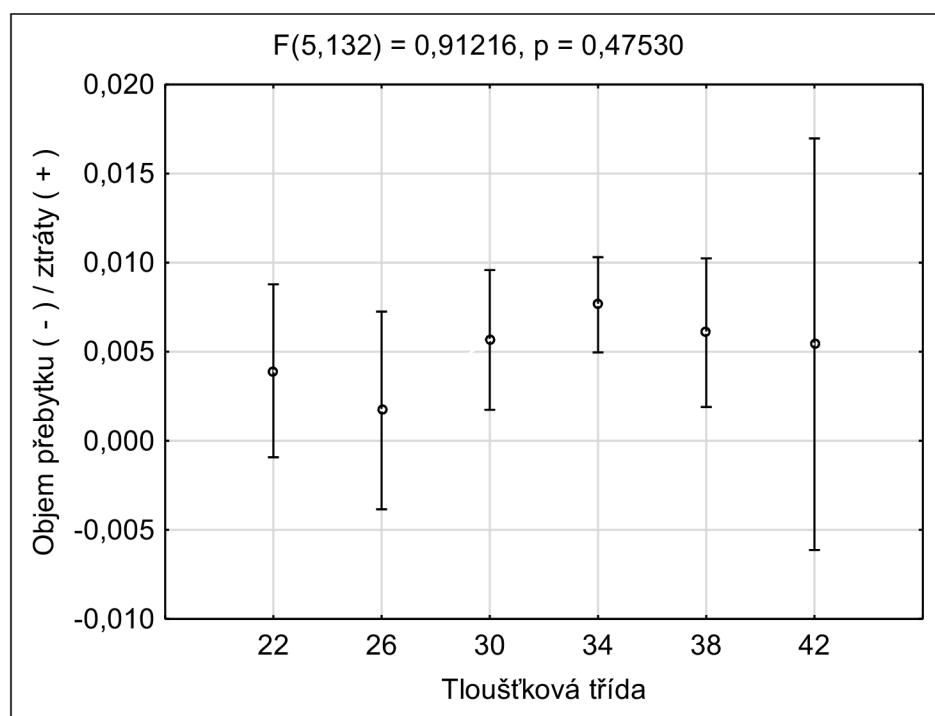
Obrázek 4.1.: Grafické vyjádření ztrát a přebytků

V rámci této kapitoly lze konstatovat, že podílová výše ztrát z objemu vyrobeného dříví se pohybuje mezi jednotlivými tloušťkovými třídami od 0,12 % do 0,47 % (viz obr. 4.2). Objemová ztráta ze všech vzorníků činila 0,33 %.



Obrázek 4.2: Celková procentuální ztráta z těžného objemu dříví v tloušťkové třídě.

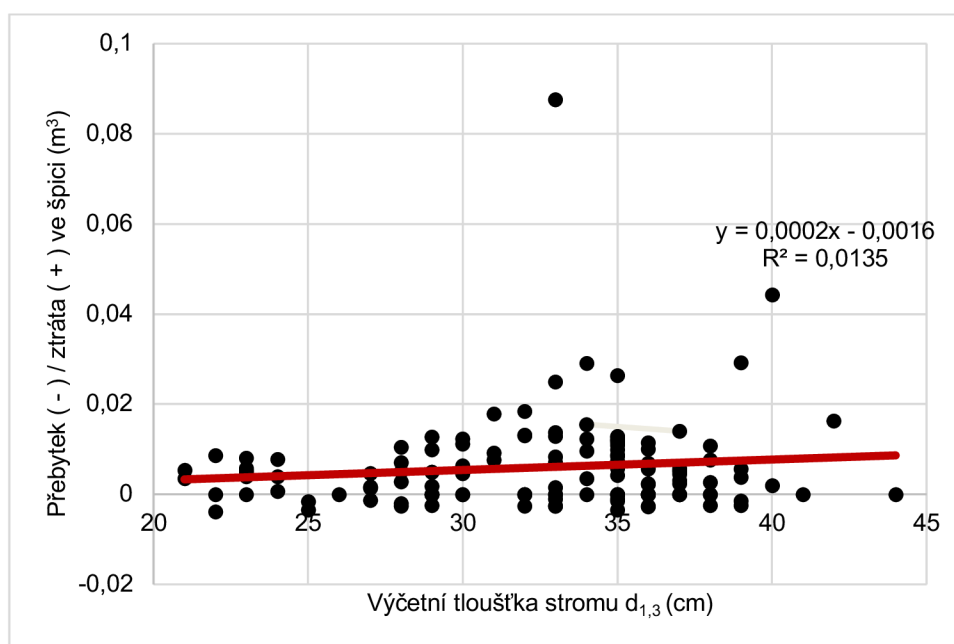
Z prvotních výsledků lze závěrem této podkapitoly konstatovat, že výše ztrát ani přebytků není závislá na výčetní tloušťce. Toto lze doložit z následujícího obr. 4.3, který tuto hypotézu potvrzuje. Jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) vykazuje  $p$ -hodnotu, která je v tomto případě rovna 0,475, nezamítá nulovou hypotézu ( $H_0$ ), že všechny průměry ztrát objemu dříví ve špicích v jednotlivých tloušťkových třídách jsou stejné. Nelze potvrdit, že by se alespoň jeden průměr jakékoliv tloušťkové třídy lišil od ostatních hodnot.



Obrázek 4.3: Porovnání průměrů ztrát napříč zkoumanými tloušťkovými třídami.

### 4.3 Regresní analýza

Pro další rozbor dat je použita „zjednodušená“ regresní analýza. Cílem analýzy je posoudit, zda lze potvrdit závislost mezi kvantitativními objemovými ztrátami hroubí a evidovanými přebytky dříví ve špicích v závislosti na výčetní tloušťce stromu. Úkolem je tedy potvrzení či vyvrácení nulové hypotézy ( $H_0$ ), o neexistenci vztahu mezi výše uvedenými proměnnými. Pro analýzu byla použita data z terénních měření. Soubor dat nebyl nijak upravován, např. vyloučením extrémních hodnot, protože výroba je prováděna za asistence operátora stroje. Různé odchylky mohou standardně vznikat vzhledem k subjektivnímu posuzování kvality dříví operátorem během výroby. Odchylující se hodnoty nelze považovat za náhodné a ojedinělé chyby při výrobě dříví. Pro četnost dat byl vybrán lineární typ regresního modelu, a to i s ohledem na minimální rozdíly mezi korelačními koeficienty jiných modelů (viz obr. 4.4).



Obrázek 4.4: Regresní model závislosti přebytku (-)/ztrát(+) objemu hroubí ve špicích v závislosti na výčetní tloušťce zpracovaného stromu.

Z výše uvedeného obrázku 4.4 je patrná nízká hodnota koeficientu determinace ( $R^2$ ), která se blíží nule. To vede k poznatku, že nelze potvrdit závislost mezi přebytky a ztrátami ve špicích stromů v závislosti na výčetní tloušťce stromu. Tato skutečnost je potvrzena i  $p$ -hodnotou ve výši 0,17 z následující tabulky 4.9. Je tak vyvrácena hypotéza o závislosti dvou výše uvedených proměnných a potvrzuje se nulová hypotéza.



*Tabulka 4.9: Výsledky lineární regrese se závislou proměnnou.*

R = 0,11616; R <sup>2</sup> = 0,0134932 F (1,136) = 1,8602; p < 0,17486; směrodatná chyba odhadu: 0,01006						
N = 138	b*	směr. chyba b*	b	směr. chyba b	t(136)	p-hodnota
Absolutní člen			-0,001555	0,005563	-0,279536	0,780258
Objem (m <sup>3</sup> )	0,11616	0,085169	0,000231	0,000170	1,363883	0,174858

Nízký podíl vysvětlené variability naznačuje, že na přebytky a ztráty mají vliv nějaké další, mnou neuvažované faktory. Jedním z nich může být například lidský faktor tzn., že výroba harvestorem je kombinací mechanizované a automatizované výroby. Výroba nevychází čistě z požadavků zadaných do ceníkových matic, ale s ohledem na kvalitu dříví (především hnilobu v patách stromu nebo vrcholové zlomy) je výroba částečně a subjektivně ovlivňována operátorem stroje. Nelze ani vyloučit skutečnost, že výčetní tloušťka stromu nebo objem těženého stromu nemá sledované ztráty žádný vliv a do budoucna by měly být ztráty sledovány např. v závislosti na struktuře zadané výroby, tj. na jmenovité délce vyráběných sortimentů, které nebyly do evidence v rámci terénního měření zahrnovány.

## 5 Diskuse

V rámci diplomové práce byly řešeny ztráty dříví, které jsou ponechány ve špicích po výrobě dříví harvestorovou technologií, jelikož po motomanuální těžbě je možné dříví zpracovat do 7 cm bez vzniku ztráty na nezpracovaném hroubí. U harvestoru již po zpracování kmene není možné tuto špicí opětovně uchytit do podávacích válců a strojově odvětvit a dále zpracovat do dalšího sortimentu.

Na základě diskuse s vedoucím diplomové práce ani z dostupné literatury není známo, že by tato problematika byla dosud ve větším rozsahu řešena. Přesto by, s ohledem na stále více diskutované rozdíly mezi Národní inventarizací lesů a Lesní hospodářskou evidencí, měl být prováděn podrobnější rozbor faktických a fiktivních ztrát u hlavních hospodářských dřevin při výrobě dříví na národní úrovni. V současnosti jsou řešeny například ztráty vznikající používáním rozdílných metodik pro výpočet objemu dříví, ztráty v nadměrcích, ztráty v příčných řezech, apod. (Natov, 2019; Löwe, 2018; Löwe, 2019; Kopřivík, 2020).

S ohledem na autorovu praxi se občas vyskytují výtky na ponechávání špicí v lesních porostech, ať už s ohledem na potenciální ztráty dříví, tak na možná rizika šíření biotických činitelů. Samotné těžební směrnice státních lesů na toto neupozorňují. V obchodních smlouvách je však uvedeno, že jako preventivní opatření je nutné krácení ponechaných špicí maximálně do délky 2 m (Lesy České republiky s.p., 2023). To byl jeden z důvodů, proč se autor rozhodl zaměřit na tuto problematiku, protože se domníval, že objemy ztrát nemusí být tak markantní, jak je často nastiňováno.

Diplomová práce je zaměřena na analýzu ztrát a potenciálních přebytků ve špicích po výrobě dříví harvestorovou technologií u dřeviny smrk, jehož podílové zastoupení je v ČR nejvyšší – 46,8 % (MZe, 2023). U větví riziko ztrát nevzniklo, protože nesplňují tloušťku 7 cm nutnou pro zpracování hroubí, které tak nebylo měřeno. Analýza byla prováděna u 138 kmenů s výčetní tloušťkou od 28 cm, které byly rozděleny do šesti tloušťkových tříd.

Podílové ztráty, v závislosti na tloušťkové třídě se pohybují od 0,10 % do 0,39 %. Základní statistické analýzy nepotvrdily žádnou závislost celkových objemových ztrát na výčetní tloušťce. Výčetní tloušťka tak není primárním faktorem, kterým by bylo možné tuto faktickou ztrátu odůvodnit. Větší váhu při odůvodnění těchto ztrát může mít

například nesprávné nastavení cenových matic, kterými se zadává výroba do harvestorů. Užší škála nastavené výroby, tak může být příčinou menší využitelnosti dříví. Bylo by vhodné prosadit na trhu větší odbyt, např. vlákniny, s větším rozsahem jmenovitých délek (např. po 10ti centimetrech) nebo hledat možnost vyššího využití tyčí a tyček, jejichž čepová tloušťka může být menší než 7 cm.

V rámci diskuse lze konstatovat, že ztráty ve špicích, jejichž interval v závislosti na tloušťkové třídě se pohybuje v intervalu 0,10 % – 0,39 %, což nelze považovat za příliš významné ve srovnání s jinými ztrátami dříví při výrobě. Lze je považovat za srovnatelné se ztrátou na příčných řezech, které se také pohybují kolem 0,3 % (Kopřivík, 2020). Větší ztráty vznikají za použití rozdílných způsobů při prvotním příjmu surového dříví - až 5 % (Natov, 2019), na neevidovaném dříví ve formě nadměrků se tato hodnota pohybuje až do 3 % (Kopřivík, 2022).

## 6 Závěr

Efektivní využívání obnovitelných zdrojů je stále vyšší prioritou společnosti. Přesto že je dříví obnovitelným zdrojem suroviny, mělo by se řádně hospodařit i s ním a minimalizovat jakékoliv faktické ztráty, které mohou při výrobě vznikat.

Špice jsou často, především po mytních těžbách, dále využívány společně s dalším klestem pro energetické účely tzn. i špice budou dále využity. Nic to však nemění na skutečnosti, že veškerý materiál s tloušťkou nad 7 cm by měl projít lesní hospodářskou evidencí dle vyhlášky 202/2021 Sb..

Průměrný vypočítaný podíl ztrát dříví ve špicích smrku činí 0,33 %. Přestože tento podíl není vysoký, tak s ohledem na roční výrobu dříví sortimentní těžební metodou, která činila v r. 2022 11,3 mil. m<sup>3</sup>, bychom se dostali až na objem 34 tis. m<sup>3</sup>. Lze předpokládat, že ztráty ve špicích u smrku budou nejnižší. S ostatními druhy jehličnatých dřevin se budou měnit a u listnatých dřevin, kde přibude hroubí z větví spíše růst.

## 7 Použitá literatura

BÍLEK, K a kol., 2013. *Učební texty z předmětu Těžba a doprava dříví*. Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek. [online]. Dostupné z: <https://www.clatrutnov.cz/skola/dokumenty/9-studium/22-ucebni-texty?download=116:tezba-a-doprava-drivi-ucebni-texty>. [cit. 2024-02-20]

ČABART, J., ed., 1960. *Naučný slovník lesnický*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN SZN č. 1000.

DVOŘÁK, J., NATOV, P. a JANKOVSKÝ, M., 2018. *Analysis of unregistered timber volume in allowance in cut-to-length logging*. Formec. Madrid, Spain., 24-28 September 2018, 2018, 91 - 111.

JANKOVSKÝ, M., NATOV, P., DVOŘÁK, J. a SZALA, L., 2019. *Norway spruce bark thickness models based on log midspan diameter for use in mechanized forest harvesting in Czechia*. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 617-626 [cit. 2024-02-17]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827581.2019.1650952

HOJGR, M., 2010. *Bakalářská práce: Metody pro výpočet objemu smrkových a borových výřezů a jejich přesnost*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 51s.

HRUŠKOVÁ, M. a kol., 2018. *Život se stromy*. Praha: Dokořán, 159.s ISBN 978-80-7363-873-3

KOPŘIVÍK, P., 2020. *Bakalářská práce: Výpočet objemových ztrát vznikajících příčnými řezy a na přídavicích při výrobě dříví harvestorem*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 37 s.

KOPŘIVÍK, P., 2022. *Diplomová práce: Výpočet objemových ztrát vznikajících příčnými řezy a na přídavicích při výrobě dříví harvestorem*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 56 s.

KOVÁČ, J. a kol., 2017. *Technika a mechanizácie v lesníctve*. Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 354s. ISBN 978-80-228-3021-8.

MALÍK, V., DVOŘÁK, J., 2007. *Harvestorové technologie a vliv na lesní porosty*. Praha: Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 84 str. ISBN 978-80-86386-92-8.

LESY ČESKÉ REPUBLIKY s.p., 2023. *Smlouva o provádění lesnických činností s prodejem dříví 2023 – 2027*. [online]. Dostupné z: <https://smlouvy.gov.cz/smlouva/24773431?backlink=ppxkb> [cit. 23-03-2024]

LÖWE, R., SEDMÍKOVÁ, M., NATOV, P., HEJCMANOVÁ, P. a JANKOVSKÝ, M. 2018. *Differences in timber volume estimates using various algorithms available in the control and information systems of harvesters*. ,388s . Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/332801144\\_Differences\\_in\\_Timber\\_Volume\\_Estimates\\_Using\\_Various\\_Algorithms\\_Available\\_in\\_the\\_Control\\_and\\_Information\\_Systems\\_of\\_Harvesters](https://www.researchgate.net/publication/332801144_Differences_in_Timber_Volume_Estimates_Using_Various_Algorithms_Available_in_the_Control_and_Information_Systems_of_Harvesters) [cit. 21-03-2024]

LÖWE, R., SEDMÍKOVÁ, M., NATOV, P., DVOŘÁK, P. a JANKOVSKÝ, M., 2019. *Analýza nevidovaného objemu dříví v přídavných k délce výřezů při výrobě smrkového dříví harvestorovou technologií*. 207–216. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2020/01/577.pdf> [cit. 20-03-2024]

LOWMAN, V.; RINKER. H.B. *Forest Canopies*. [s.l.]: Academic Press, 2004. [online]. ISBN 978-0-08-049134-9. S. 119.

MAREK, M., 2017. *Fyziologie rostlin pro lesníky*. Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně, Ústav ekologie lesa a Centrum výzkumu globální změny Akademie věd české republiky V.V.I. [online]. 2017, Dostupné z: <https://vdocuments.mx/skripta-fyziologie-rostlin-pro-lesniky.html?page=29> [cit. 2024-04-04].

MÁSLO, J. 2023. *Těžba dříví v ČR: výsledky třetího cyklu národní inventarizace lesů 2016-2020*. Lesnická práce: časopis pro lesnicko-dřevařskou vědu a praxi. Písek: Lesnická práce: Státní zemědělské nakladatelství: Matice lesnická, 102(11), 38-44. ISSN 0322-9254.

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

NATOV, P., NUHLÍČEK, O., DVOŘÁK, J., SZALA, L. M. a SYROVÁTKOVÁ, H.. *Analýza objemových rozdílů při prvotním příjmu surového dříví dle výrobních lokalit*. [online]. 2019. Dostupné z: [https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/analýza-objemovych-rozdilu-pri-prvotnim-prijmu-suroveho-drivi-dle-vyrobnich-lokalit/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/analýza-objemovych-rozdilu-pri-prvotnim-prijmu-suroveho-drivi-dle-vyrobnich-lokalit/) [cit. 2024-02-21]

PENTTI, H. a VERKASALO, E., 2009. *Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2 - Structure and properties of wood and woody biomass*. Paper Engineers' Association. 134 – 208. ISBN 978-952-5216-32-5.

SCHLAGHAMERSKÝ, A. 2001. *Harvestorové technologie v lesních porostech, Lesnická práce*, 80(4). [online]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnickaprace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-4-01/harvestorove-technologiev-lesnich-porostech> [cit. 2024-02-27].

SIMANOV, V., 2003. *Rozdíly v evidovaném objemu dříví*. Lesnická práce: časopis pro lesnickou vědu a praxi. Lesnická práce: Kostelec nad Černými lesy, 82(2), 32-34. ISSN 0322-9254.

ŠAFAŘÍK, D. a HLAVÁČKOVÁ, P., 2015. *Losses in the Amount of Produced and Sold Timber*. Procedia Economics and Finance [online]. 34, 51-57 ISSN 22125671. Dostupné z: [doi:10.1016/S2212-5671\(15\)01600-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01600-7) [cit. 2024-02-27].

TOMÁŠKOVÁ, I. A KUBÁSEK, J., 2016. *Fyziologie lesních dřevin I.: fyziologie, produkce a stresy rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin. ISBN 978-80-213-2608-8.

ULRICH, R., STANĚK, L. a ZVĚŘINA, L., 2022. *Nová technologie pro těžbu pařezů s využitím pro energetické účely: A new technology for the extraction of tree stumps with use for energy purposes*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-885-6.

WOJNAR, T., PECHÁČKOVÁ, A., BŘEZINA, M. a LESÁK, O., 2007. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR ...: platnost od ... 2. vydání*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-01-4.

YOUNG, H.E., STRAND, L. a ALTENBERG, R. 1964. *Preliminary fresh and dry weight tables for seven species in Maine*. Maine Agricultural & Forest Experiment Station, Technical Bulletin 12. The University of Maine, Orono. str.76. ISSN 1070-1524

MZe, 2012. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic : stav k 2011*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-063-5

MZe, 2013. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2012*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-112-0

MZe, 2014. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2013*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-153-3

MZe, 2015. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2014*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-242-4

MZe, 2016. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2015*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-324-7

MZe, 2017. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2016*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-389-6

MZe, 2018. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2017*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-477-0

MZe, 2019. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2018*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-530-2



MZe, 2020. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2019*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-571-5

MZe, 2021. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-625-5

MZe, 2023. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic: stav k 2022*. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce. ISBN 978-80-7434-703-0

Vyhlášky:

ČESKÁ REPUBLIKA, 2021. Vyhláška č. 202/2021 Sb.: Vyhláška o lesní hospodářské evidenci. In: Sběrka zákonů 85/2021.

## 8 Přílohy

### Příloha 1

$d_0$ (pařez)	$d_{1,3}$ (výčetní tloušťka)	čep (kmene)	$l_{\text{jmennová}}$ (po sortimentech)	$l_{\text{celková}}$	$l$ ( $d_c$ do 7cm)	$l$ ( $d_c$ do špice)
(cm)	(cm)	(cm)	(m)	(m)	(m)	(m)
45	34	10	21	22,24	2,65	3,15
44	34	13	21	22,26	3,4	3,1
40	29	10	25	26,41	1,7	2,8
38	28	6	25	27,32	-0,6	2,3
41	32	11	24	25,43	1,95	3,2
43	35	8	24	25,38	1,3	2,9
47	37	7	25	26,39	0	3,7
44	35	7	28	29,44	0	2,5
28	22	9	23	24,27	1,7	2,38
44	36	11	28	29,91	1,5	2,9
49	40	14	25	26,37	4,6	1,5
32	25	6	21	22,08	-0,5	4,5
43	33	10	25	26,44	1,2	2,65
44	28	8	22	23,26	1,15	3,5
47	38	6	29	29,61	-0,74	2,8
46	36	9	28	30,1	1,1	2,56
40	35	7	28	29,15	0	3,45
48	37	8	25	26,41	1,2	3,05
29	22	7	23	24,25	0	2,45
44	35	10	28	29,82	1,96	2,95
38	29	8	25,5	27,3	1,1	2,65
46	35	9	23,5	25,1	1,65	2,8
39	30	10	24	25,42	2,1	3,3
45	35	8	24	25,25	1,35	2,7
44	36	7	25	26,79	0	2,9
43	35	11	21,5	22,1	1,8	5,1
45	35	10	23,5	25,1	1,25	3,35
43	33	12	21	22,75	1,1	4,75
38	27	9	23	24,61	0,33	3,15
41	32	5	26,5	28,37	-0,89	2,4
40	30	7	27	29,73	0	2,3
44	33	21	20,5	22,15	4,55	2,8
46	33	8	26,5	28,34	0,35	2,35
47	32	7	26,5	28,1	0	2,5
39	29	5	25,5	27,49	-0,85	2,9
42	33	6	28,5	30,11	-0,33	2,1

Tabulka pokračuje na další straně.

Pokračování tabulky z předchozí strany.						
41	31	12	24	25,93	2,35	3,1
29	23	9	20,5	22,14	0,9	2,85
46	37	11	23,5	25,39	2,1	2,6
28	21	7	25	26,41	0,9	2,35
38	29	6	23,5	25,7	0,55	3,1
45	35	11	23	22,87	1,9	4,23
43	29	7	25,5	27,93	0	3,1
49	35	5	28	29,98	-1,2	2,8
46	36	7	25	26,77	0	4
41	31	9	24	25,71	1,8	0,1
43	35	10	25	26,42	1,7	3,4
46	36	8	25,5	26,91	0,5	4,3
55	44	7	28	30,32	0	2,9
44	28	5	26,5	28,29	-0,9	3,5
29	23	8	23	24,37	1,8	2,85
44	36	5	25	26,37	-0,9	2,5
45	33	9	21	22,73	2,7	3,1
44	33	5	28	29,55	-0,9	2,75
43	35	10	21,5	23,43	1,2	2,1
28	23	8	23	24,52	1,3	2,8
38	29	8	24	25,55	1,1	2,5
47	38	7	24	25,91	0	3,1
44	35	10	28	29,85	1,5	2,9
39	27	5	24,5	26,33	1,6	2,1
44	35	10	25,5	26,98	1,1	3,2
45	33	7	25	27,1	0	3,15
32	24	8	21	22,83	0,9	3,3
44	36	7	25	27,11	0	2,2
42	39	6	25,5	27,33	-0,45	3,1
49	37	7	28,5	30,3	0	3,05
45	35	8	21	22,92	0,95	3,2
47	36	7	24	25,68	0	2,6
49	39	5	25,5	27,39	-0,83	2,5
51	39	9	28	30,05	1,1	3,3
53	38	11	25,5	27,25	1,6	2,6
38	29	7	25	27,82	0	1,8
47	38	8	24	26,01	0,6	1,7
46	35	6	23,5	25,13	-0,3	3,4
49	40	8	24	25,84	0,45	4,5
51	39	9	25	26,47	0,75	3,4
47	38	10	26,5	28,25	1,3	2,8
44	33	7	29	30,45	0	3,2
41	30	9	24	25,41	0,9	3,2

Tabulka pokračuje na další straně.

Pokračování tabulky z předchozí strany.						
43	34	8	25,5	26,29	0,78	3,4
44	33	9	20	21,35	2,53	2,9
43	33	12	21	22,53	3,3	2,9
41	30	10	25	26,55	1,9	2,95
37	27	6	25	27,22	0,4	2,5
43	35	8	25	26,28	1,45	2,73
48	38	7	26	28,11	0	4,05
28	23	8	22	23,31	1,13	2,25
48	39	12	25	26,55	3,85	1,77
33	26	7	22	23,15	0	2,23
45	36	6	28	30,51	-0,83	3,15
48	37	8	26	27,52	1,15	2,83
39	34	7	28	29,52	0	3,85
42	32	11	21	22,33	2,75	3,15
39	28	9	23	24,83	0,55	3,32
41	33	6	26	27,91	-0,77	2,85
39	29	7	26,5	28,22	0	2,6
29	23	9	21	22,29	0,8	2,97
43	34	10	25	26,53	1,65	3,3
51	41	7	28	30,25	0	2,2
29	24	8	23	24,51	1,75	2,8
43	28	8	23	24,35	1,6	2,55
45	35	9	22,5	23,97	2,33	3,3
29	23	7	21	22,47	0	2,8
44	35	6	25	27,01	-0,45	2,95
45	35	9	21	22,25	2,4	3,15
32	24	6	21	22,33	0,2	2,85
29	21	8	22	23,17	1,2	1,47
40	30	9	23,5	25,25	0,9	3,25
45	35	7	25	26,97	0	3,15
45	35	9	21	22,33	2,51	3,05
40	29	11	23	25,01	1,9	2,9
32	25	5	25	27,15	-1,17	2,7
48	37	7	25	26,89	0	2,9
40	36	8	24	25,55	0,55	3,1
39	27	6	21	22,63	-0,38	2,7
40	35	7	26	27,77	0	3,65
51	42	13	25	26,85	1,9	3,15
48	37	8	25	27,02	1,3	2,85
46	36	10	24	25,58	1,95	2,35
32	23	9	21	22,35	1,05	3,45
40	32	7	25	26,86	0	2,8
38	28	9	21	22,51	2,05	2,7

Tabulka pokračuje na další straně.

Pokračování tabulky z předchozí strany.						
48	37	8	25	26,78	1	2,9
45	34	11	22	23,37	1,85	2,65
47	37	8	25	26,52	0,55	1,95
40	30	7	23	24,55	0	2,15
48	37	8	24	25,51	0,7	2,7
41	31	10	21	22,74	1,3	2,85
40	32	7	22	23,37	0	2,65
44	35	15	21	22,48	2,45	3,1
39	30	9	24	25,52	1,25	3,15
44	36	8	24	25,73	1,55	2,85
28	23	8	21,5	23,54	0,9	2,15
46	36	7	25	26,73	0	2,7
28	22	5	21	22,55	-1,35	2,1
49	35	10	25	27,11	1,85	2,93
41	32	12	24	26,14	1,73	2,7
29	23	9	21	22,19	0,8	3,3

Příloha 2: Lesnická průměrka a lesnické pásmo použité při měření.





Příloha 3: Autor při měření tloušťky čepu a délky špice.



Příloha 4: Operátor při provádění kontrolního měření.





Příloha 5: Elektronická průměrka a pásma potřebné při kontrolním měření.





Příloha 6: Fotografie harvestoru využívaného při měření.



Příloha 7: Harvestor při kácení stromu.





Příloha 8: Fotografie harvestoru využívaného při druhování dříví.



Příloha 9: Harvestor při zpracování špice

