

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby

Výroba lesní štěpky

Bakalářská práce

Autor: Jiří Paďour

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra lesní těžby

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Paďour

Lesnictví

Název práce

Výroba lesní štěpky

Název anglicky

Wood chips production

Cíle práce

Shromáždit informace o výrobě lesní štěpky v ČR.

Popsat a porovnat technologii pro výrobu lesní štěpky a rozdíly mezi jednotlivými druhy dřevin.

Zhodnotit výrobu a zpracování lesní štěpky na základě získaných informací z odborné literatury i od konkrétních zpracovatelů.

Metodika

Shromáždění informací o výrobě lesní štěpky v ČR studium odborné literatury.

Návštěva vybraných firem, získání konkrétních informací.

Zhodnocení výroby lesní štěpky obecně a zvláště na vybraných lokalitách.

Diskuse.

Závěr.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

lesní štěpka, biomasa, palivo

Doporučené zdroje informací

BUREŠ M. a kol. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. 2009, Č.j. 30692/ENV/2009; 2007/610/2009. ÚHÚL Brandýs nad Labem 2009.

Časopis Lesnická práce [online]. c2013, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz>>. HAVLÍČKOVÁ, K., a kol. Analýza potenciálu biomasy v České republice. 2010, 1. vyd. Průhonice, VÚKOZ. ISBN 978-80-85116-72-4.

Sdružení pro biomasu [online]. c2001-2013, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>.

ŠAFARÍK, D. Současnost a perspektivy trhu energetických štěpek v České republice a možnosti dalšího odbytu do zemí Evropské unie. 2009, Metodika disertační práce a literární rešerše. Brno, MZLU.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů [online]. c2003-2013, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz>>.

Web of knowledge [online]. c2013, [cit. 2013-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Předběžný termín obhajoby

2014/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 23. 9. 2013

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 9. 2013

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 04. 2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou / diplomovou práci na téma **Výroba lesní štěpky** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václav Štíchy, 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 20. dubna 2015

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D. za odborné vedení a neocenitelnou pomoc při vypracování této práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou a zpracováním lesní štěpky v České republice. Velká pozornost je věnována dostupným metodám, technologiím, technice a jejich srovnání. V praktické části práce provedl autor pozorování výroby štěpky na dvou různých lokalitách a porovnal různé technologie a výstupy, jež použily dvě společnosti podnikající v tomto odvětví.

Klíčová slova:

- lesní štěpka
- biomasa
- palivo
- lesnictví
- těžba dřeva

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on wood chips production in the Czech Republic. Available methodology, technology and mechanization of wood chips production is discussed and compared. The author has studied wood production in two different locations carried out by two different companies and compared techniques and outputs.

Key words:

- wood chips
- biomass
- fuel
- forestry
- wood production

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	12
3. Rozbor problematiky, řešerše	13
3.1. Dřevní štěpka, lesní štěpka – vymezení pojmů	13
3.2. Kategorizace dřevní štěpky	14
3.3. Technologie zpracování lesní štěpky	15
3.3.1. Klasická metoda.....	16
3.3.2. Metoda svazkování těžebních zbytků	17
3.3.3. Technologie zpracování pařezů a kořenů	17
3.3.4. Technologie probírky – štípací hlavice.....	18
3.3.5. Technologie za použití tzv. vyklizovacích linek	19
3.4. Technologie zpracování rychle rostoucích dřevin	19
3.4.1. Metoda kmenových výřezů.....	20
3.4.2. Svazková metoda	20
3.4.3. Metoda štěpkování	20
3.5. Technologie a technika výroby štěpky.....	21
3.5.1. Štěpkovače	21
3.5.2. Drtiče	28
3.5.3. Porovnání drtičů a štěpkovačů	29
3.5.4. Svazkovače těžebních zbytků	30
3.5.5. Shrnovače klestu	31
3.5.6. Doprava a transport lesní štěpky.....	32
3.6. Rozdíly mezi jednotlivými druhy dřevin	33
3.6.1. Jehličnaté dřeviny	33
3.6.2. Listnaté dřeviny	34
4. Metodika	35
4.1. Popis lokalit.....	35
4.2. Měření na lokalitách.....	36
5. Výsledky	38
5.1. Lokalita č. 1 - Vysoké Mýto	38
5.2. Lokalita č. 2 - Bělá pod Bezdězem	40
6. Diskuse.....	43

7.	Závěr	45
8.	Seznam literatury a použitých zdrojů	46

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Tabulka č. 1: Porovnání štěpkovačů a drtičů.....	str. 29
Tabulka č. 2: Spotřeba nafty při štěpkování (Lokalita č. 1)	str. 38
Tabulka č. 3: Doba nakládky kontejneru (Lokalita č. 1)	str. 38
Tabulka č. 4: Rychlost otáček motoru štěpkovače při štěpkování (Lokalita č. 1) ..	str. 39
Tabulka č. 5: Hmotnost odvozové soupravy (Lokalita č. 1)	str. 39
Tabulka č. 6: Doba, po kterou zůstaly štěpkovací nože ostré (Lokalita č. 1).....	str. 40
Tabulka č. 7: Spotřeba nafty při štěpkování (Lokalita č. 2)	str. 40
Tabulka č. 8: Doba nakládky návěsu (Lokalita č. 2)	str. 40
Tabulka č. 9: Rychlost otáček motoru štěpkovače při štěpkování (Lokalita č. 2) ..	str. 41
Tabulka č. 10: Hmotnost nákladu štěpky (Lokalita č. 2)	str. 41
Tabulka č. 11: Doba, po kterou zůstaly štěpkovací nože ostré (Lokalita č. 2).....	str. 42
Obrázek č. 1 – Štěpkovač na podvozku nákladního automobilu Tatra	str. 37
Obrázek č. 2 – Štěpkovač nakládající kontejner	str. 38
Obrázek č. 3 – Kontejner se štěpkou při nakládání na přívěs nákl. automobilu	str. 39
Obrázek č. 4 – Nákladní automobil Scania s návěsem.....	str. 41

1. ÚVOD

Riziko klimatických změn související s využíváním fosilních paliv a rostoucí spotřeba energie vyústily v posledních desetiletích ve snahu o hledání alternativních zdrojů energie, především z obnovitelných zdrojů. Česká republika jako členský stát Evropské unie se zavázala navyšovat podíl vyrobené energie (především elektřiny a tepla) z obnovitelných zdrojů tak, aby celá EU dosáhla v roce 2020 podílu 20 % obnovitelných zdrojů.¹ V podmínkách České republiky jsou nejperspektivnějšími zdroji obnovitelné energie slunce, voda, vítr a biomasa.² V roce 2013 dosáhl podíl elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie v ČR 13.17 %, přičemž biomasa se na tom podílela zhruba 18 %.³

Produkce biomasy k energetickým účelům v České republice zahrnuje zpracování nadprodukce zemědělské výroby (např. výroby bioethanolu, bionafty), využití cíleně pěstovaných energetických plodin (především dřevin), využití biologického odpadu (komunální odpad, průmyslová výroba) a zpracování vedlejších produktů zemědělské a lesnické výroby (např. sláma, odpadní dřevní hmota). Právě využívání odpadních biologických materiálů pro energetické zpracování se jeví jako poměrně elegantní řešení, neboť se využívá odpadní surovina, jež bývá často k dispozici ve větším množství. V případě lesního hospodářství přichází do úvahy zpracování odpadní dřevní hmoty, především klestu, vrcholků stromů, pařezů apod.⁴ Nejčastějším produktem je dřevní štěpka, dřevní hmota nadrcená nebo nasekaná na velikost několika milimetrů až centimetrů. Dřevní štěpka má řadu výhod, snadno se skladuje a převáží, je využitelná ve většině konvenčních spalovacích zařízení bez nákladných investic do nových technologií (nabízí se například přimíchávání štěpky do uhlí v klasických tepelných

¹ Renewable energy directive. *European Commission* [online] 2015 [Cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>>

² Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online] Srpen 2012 [Cit. 2015-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf>>

³ Roční zpráva o provozu ES ČR 2013. *Energetický regulační úřad* [online] 2014 [Cit. 2015-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2013.pdf/20c3f587-a658-49f7-ace9-56be8a66b7b9>

⁴ MURTINGER, K.; BERANOVSKÝ, J.: *Energie z biomasy*. Praha : ERA group s.r.o., 2011. 106 str., ISBN: 80-7366-115-2

elektrárnách a teplárnách). Kromě dřevní štěpky vyráběné z odpadní dendromasy při lesní těžbě je štěpka rovněž výsledným produktem cíleného pěstování rychle rostoucích dřevin plantážním způsobem nebo vzniká využitím odpadů pilařské a truhlářské výroby. Zpracování lesní štěpky jako vedlejšího produktu lesní těžby má svá úskalí. Její výroba z lesnického odpadu je poměrně náročná na práci, technická zařízení i energii, proto je volba správné technologie naprosto klíčová pro to, aby byla produkce ekonomicky rentabilní. Jakkoliv zkušenosti ukazují, že k lesním porostům šetrná a zisková výroba lesní štěpky je v podmínkách České republiky možná, potenciál tohoto odvětví ještě nebyl zcela vyčerpán především kvůli chybějícím zkušenostem mnoha vlastníků a správců lesa. Autor této práce si uvědomuje důležitost tohoto tématu a jejím vypracováním se chce podílet na šíření informovanosti o této problematice.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je shromáždit informace o výrobě a použití lesní štěpky v České republice. Hlavním zaměřením by měl být rozbor technologie výroby lesní štěpky s přihlédnutím k technickým problémům (metody, postupy, mechanizace atd.), k ekonomickým faktorům (porovnání jednotlivých metod podle nákladů) a k místním podmínkám, které se odvíjejí od klimatu, způsobů lesního hospodaření, situace na trhu se dřevem a energetickými komoditami aj. Úkolem výzkumné části této práce bude porovnání výroby lesní štěpky na dvou lokalitách prováděné dvěma různými společnostmi. Hlavním výstupem by mělo být porovnání výroby štěpky z různého materiálu (listnaté vs. jehličnaté dřevo).

3. ROZBOR PROBLEMATIKY, REŠERŠE

3.1. Dřevní štěpka, lesní štěpka – vymezení pojmů

Pod pojmem **dřevní štěpka** se rozumí strojně nakrájená a nadrcená dřevní hmota o délce minimálně 3 a maximálně 250 mm. Získává se z odpadů lesní těžby, průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin, zejména japonských topolů. V případě dřevní štěpky vzniklé jako vedlejší produkt lesní těžby bývá používán termín **lesní štěpka**.

Definice dřevní štěpky a její kategorizace podle zdroje surovin (lesní, plantážové a jiné původní dřevo; vedlejší produkty a zbytky z dřevozpracujícího průmyslu; chemicky neupravené použité dřevo) a podle morfologických nebo fyzikálně chemických vlastností (velikost částic, sypané hmotnosti, vlhkosti) je uvedena v technické normě ČSN EN ISO 17225-4⁵, která nahrazuje dříve platnou evropskou normu EN 14961-4:2011⁶.

Dřevní štěpka je biomasou ve smyslu zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie⁷, je tedy považována za obnovitelný zdroj energie. Dřevní štěpka z dřevin pěstovaných plantážním způsobem (tj. pěstováním rychle rostoucích energetických dřevin na orné půdě) je podle vyhlášky č. 477/2012 Sb.⁸ zařazena do kategorie 1 biomasy, ostatní druhy dřevní štěpky včetně lesní štěpky spadají do kategorie 2. Od této kategorizace se odvíjí státní podpora pro výrobu tepla a elektrické energie.

⁵ ČSN EN ISO 17225-4. *Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Tříděná dřevní štěpka*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 13 s.

⁶ ČSN EN ISO 17225-4. *Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Dřevní štěpka pro malooběratele*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

⁷ Česko. Parlament České republiky. *Zákon č. 165/2012 Sb. ze dne 31. ledna 2012, o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů*. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 59, s. 2482. Dostupné také z WWW: <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=77573&nr=165~2F2012~20Sb.&ft=pdf>

⁸ Česko. Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Vyhláška č. 477/2012 Sb. ze dne 20. prosince 2012, o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů*. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 180, s. 6354. Dostupné také z WWW: <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=79181&nr=477~2F2012~20Sb.&ft=pdf>.

Dřevní štěpka se podle kvality používá buď přímo jako energetická surovina (výroba tepla, elektřiny), nebo jako meziprodukt pro další zpracování (např. pro výrobu dřevních pelet a briket nebo dřevotřísky a jiných materiálů). Hnědá lesní štěpka může také sloužit k mulčování v zahradnictví. Pro energetické zpracování štěpky, což je dominantní forma využití, je klíčová vlhkost materiálu, jež zásadním způsobem ovlivňuje výhřevnost. Voda obsažená v palivu absorbuje na své odpaření značnou část energie vyprodukované hořením a tím snižuje energetickou výtěžnost spalování. Výhřevnost dřevní štěpky při 10% vlhkosti se pohybuje okolo 16 MJ/kg zatímco výhřevnost štěpky s 40% obsahem vody je jen zhruba 10 MJ/kg⁹. Vlhkost štěpky je ovlivněna zdrojem dřevní hmoty, klimatickými faktory (roční období, vlhkost) a technologií zpracování.

3.2. Kategorizace dřevní štěpky

Dřevní štěpku je možné třídit podle mnoha kritérií. Například podle vlhkosti, výhřevnosti, velikosti částic, štěpku z listnatého nebo jehličnatého dřeva, podle zdroje dřevní hmoty atd.

Dělení podle původu materiálu:

- **Lesní štěpka ze zbytků lesní těžby** - zbytky ponechané na zemi po těžbě či z nadbytku produkce, která se nevyužije. Ve většině zemí, kromě Finska, Švédska, Rakouska, Německa a několika málo dalších, nejsou využívány. Obsah vody v hotové štěpce přímo po těžbě činí více než 55 % a celková hmotnost kubického metru je až 300 kg. Po vysušení hmotnost i obsah vody výrazně klesnou. Vlhkost 30 % a hmotnost 250 kg na m³. Výhřevnost se pohybuje v rozmezí 8 až 12 MJ/kg a závisí především na obsahu vody.
- **Dřevní štěpka ze zbytků z průmyslového zpracování dřeva** - jedná se především o odpad průmyslového zpracování (zbytky z pilařské výroby a truhlářské výroby). Obsah vody štěpky z pilařského odpadu bývá okolo 45 %, u

⁹ NOVÁK, J. Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva. *Technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energií*. [online] 2015 [Cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>>

truhlářské výroby je vlhkost štěpky podstatně menší okolo 15 %. Výhřevnost činí 9 - 16 MJ/kg.¹⁰

- **Dřevní štěpka z cíleně pěstovaných energetických dřevin** – pěstování rychle rostoucích dřevin (v našich podmínkách především různých kultivarů topolů a vrb) se v České republice rozvíjí pomalu. Tímto způsobem je obhospodařováno zhruba 1500 hektarů půdy.¹¹

Popularizující třídění lesní štěpky podle způsobu zpracování a kvality uvádí Stupavský a Holý v článku na serveru Biom.cz:

- **Zelená štěpka** - štěpka vyráběná ze zbytků po lesní těžbě. Jedná se především o části větví, listů a jehličí. Velmi často bývá zpracovávána v čerstvém stavu, proto bývá její vlhkost velmi vysoká.
- **Hnědá štěpka** - štěpka vyráběna z částí kmenů nebo ze zbytků částí kmenů, odřezků, pařezů apod. Dřevní hmota se před zpracováním neodkorňuje, proto štěpka kromě dřeva obsahuje i kůru. Pařezy a kořeny tvoří více než 20 % suché biomasy stromu. Technologie jsou nyní schopny tyto části těžít a zpracovávat pro účely vysoce kvalitní štěpky.
- **Bílá štěpka** - štěpka vyráběná z dřeva a dřevních částí, které jsou před zpracováním zbavené kůry. V této štěpce nenalezneme ani zbytky asimilačních orgánů, ani zbytky kůry. Proto se na rozdíl od předchozích dvou druhů využívá především k výrobě dřevotřískových desek a mnohem méně k energetickým účelům.¹²

3.3. Technologie zpracování lesní štěpky

Zpracování lesních těžebních zbytků na dřevní štěpku je energeticky i ekonomicky náročné, proto je volba správné technologie naprosto klíčová, aby byla energetická a

¹⁰ STUPAVSKÝ, V.; HOLÝ, T.: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655. Dále jen: TUPAVSKÝ, V.; HOLÝ, T.: *Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá*.

¹¹ Rychle rostoucí dřeviny. *Dřevošrot a.s.* [online] 2015 [Cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.drevošrot.cz/stranka-exit-33>>

¹² STUPAVSKÝ, V.; HOLÝ, T.: *Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá*.

ekonomická bilance celého procesu pozitivní a aby náklady vynaložené do sběru, zpracování a dopravy nepřekročily hodnotu hotového produktu.

3.3.1. *Harvestorová metoda*

Jedná se o technologii nejčastěji využívanou většinou podniků v České republice.

Klest je po těžbě vyklizována harvestorem a vyvážena vyvážecí soupravou na odvozní místo, kde se skladuje do vzdušných a soudržných hromad. Hromada bývá vysoká zpravidla 3 až 4 metry. Šířka a délka je závislá na objemu těžebního odpadu. Přes hromadu nesmí harvestor, vyvážecí souprava ani žádný jiný stroj jezdit, aby nedošlo k promíchání klestí se zeminou a kameny, čímž by došlo k znehodnocení materiálu. Hromadu je vhodné přikrýt lepenkou. Hromady klestu je vhodné nechat důkladně proschnout několik měsíců až rok v závislosti na klimatických podmínkách. Následně se klest štěpkuje nebo drtí na odvozním místě přímo do kamionu či kontejneru

Způsob těžby musí být přizpůsoben požadavkům na následnou výrobu paliva z těžebních zbytků. Nejvhodnější způsob z hlediska soustředování klestu, je využití technologie harvestoru a vyvážecí soupravy. Klest by měla být sbíraná hydraulickou rukou a rovnána na odvozní soupravu. Méně výhodné je shrnování klesti, neboť ta potom může obsahovat zbytky hlíny a kamenů, což způsobuje rychlé otupení nožů ve štěpkovači.¹³

Z lesa se štěpka vyváží nákladními automobily, nejčastěji tovární značky SCANIA, TATRA, MAN. Zmiňované vozy mají velkou průchodnost terénem, a proto se pro daný úkon hodí nejlépe. Dalším vylepšením automobilů bývá návěs s posuvnou podlahou nebo přívěs s oddělovacími kontejnery. Největší množství, které uveze jeden kamion je až 80 prostorových metrů sypané štěpky o váze až 25 tun.

Proces vyvážení, štěpkování, naložení a odvezení může trvat jeden rok, ale i více. To záleží především na počasí, hlavně pak srážkách a vlhkosti. Dopravní technologie, zejména kamiony jsou závislé na sjízdnosti lesních cest. Těžební odpad se vrství na

¹³ WANTULOK, M.: Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky a možnosti rozvoje trhu s ní. *Biom.cz* [online]. 2011-02-14 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-vyrobou-lesni-energeticke-stepky-a-moznosti-rozvoje-trhu-s-ni>>. ISSN: 1801-2655. Dále jen: WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky*.

hromady od zimy do podzimu a za vhodných podmínek je pak drcen a následně rozvážen zákazníkům v zimě příštího roku, kdy je připraven na topení.

3.3.2. Metoda svazkování těžebních zbytků

„Lesní zbytky či klestí jsou sesbírány a vloženy do balíkovacího stroje, který je dále zpracuje do balíku. Délka pořezaných kmenů je přibližně 3 metry, průměr balíků 60 – 70 cm a váha činí cca 300 – 500 kg. Balíky jsou pevně svázány provazem. Každý balík představuje asi 1 MWh energie v závislosti na druhu a vlhkosti. Stroje dopravují špičky stromů a větve a umísťují je na dopravník. Jeden hektar těžební plochy poskytuje zhruba 100 – 150 balíků, ve Finsku a Švédsku jsou schopni vyrobit 20 – 30 balíků za hodinu. Délka balíků je optimalizována, nákladová kapacita je tedy plně využita.“¹⁴

Balíky vzniklé svazkováním jsou vyváženy z paseky standardním vyvážecím strojem na okraj cesty, kde jsou skladovány do doby, než budou odvezeny do tepláren, elektráren apod. Balíky se poté drtí přímo ve skladech u elektráren. V případě delšího převozu se vyplatí použít metodu svazkování. Další výhodou této metody je, že balíky z klestu je možné skladovat delší dobu.

Tato metoda je hojně využívána ve Švédsku a Finsku, kde mají optimální logistiku balíků klestu a vybudovány dodavatelské vztahy včetně adaptace elektráren a tepláren na toto palivo. V našich podmínkách se svazkování zatím jeví jako ekonomicky nevýhodné z mnoha důvodů. Vyvážečky s balíkovacím strojem jsou poměrně nákladné, při balíkování je vyvážečka nevyužita (řešením by bylo oddělit balíkováč od vyvážečky, tím by ale vzrostly pořizovací náklady, náklady na přepravu techniky a obsluhu), balíky vyžadují speciální drtiče, které si poradí i se svazujícími provázky, jež u nás nejsou běžné (tzn. další investiční náklady), vzhledem k menším mýtním plochám rostou relativní náklady na přepravu techniky.¹⁵

3.3.3. Technologie zpracování pařezů a kořenů

Pařezy se dostávají ven z půdy buď bagrem se shrnovací hlavicí, nebo bagrem se štípacími kleštěmi. Výhoda druhé metody spočívá v tom, že pařez ze země nejen vytrhne, ale i rozštípně a očistí povrch od hlíny a kamení. Když pařezy vyschnou a

¹⁴ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky.*

¹⁵ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky.*

následně se jim sníží hmotnost, jsou vyvážečkou vyvezeny na odvozní místo, nebo na sklad, kde budou následně drceny. Před drcením jsou skladovány nejméně rok pod širým nebem, především kvůli prosychání a promývání dešťovými srážkami. Pařezové dřevo je velmi tvrdé a proto se nejlépe hodí jako palivo do tepláren v zimních měsících. Hlavní nevýhoda této metody spočívá v nedostatečném odstranění nečistot (hlíny a kamenů) po vyzvednutí ze země a následnému otupení nožů štěpkovače.

Největších úspěchů tato metoda opět sklízí ve Finsku. V našich podmínkách tato metoda naráží na podobná úskalí jako metoda svazkování. Vzhledem k nižší poptávce je pořízení speciální nákladné techniky příliš ekonomicky riskantní.¹⁶

3.3.4. Technologie probírky – štípací hlavice

V lesních porostech, kde se hospodaří, se musí v příslušných růstových fázích provádět prořezávky a probírky, aby bylo zajištěno kvalitnějšího porostu s více cennými stromy. Prořezávky se provádí většinou ručně, probírky ručně nebo harvesterovou technologií. Vytěžené dřevo může obsahovat dřevo do průměru 7 cm (nehroubí) což bývají nejčastěji větve, nebo stromy s kmenem menších rozměrů, ale i s průměrem 7 cm a více (hroubí). Obě varianty se dobře hodí pro výrobu lesní štěpky.

Pro probírku v menších porostech je lepší použít harvestory, nebo vyvázečí soupravy s akumulativní štípací hlavicí. Tato technologie je předně určena ke kácení a manipulaci mladých stromů. Její výhoda spočívá především v možnosti vytěžit a svázat několik stromů náraz, aniž by stromy spadly na zem. Na jeden záťah může být nahromaděno maximálně 12 stromů, což však závisí na druhu dřeviny a na tvaru stromů. Listnatých stromů sebere hlavice najednou méně než jehličnatých. Pokud je operace prováděna harvesterem, jsou větve vrstveny na hromadu, v případě vyvážečky jsou ukládány do vyvázečí klece a odváženy na odvozní sklad, kde budou následně drceny. Tato metoda má největší uplatnění v severských zemích, konkrétně nejvíce ve Švédsku a Finsku. Je to metoda vysoce efektivní, ale u nás chybí především odbornost pracovní síly a dostatečné znalosti o ovládnání této technologie.

¹⁶ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky.*

3.3.5. Technologie za použití tzv. vyklizovacích linek

Lesní porost musíme při těžbě rozčlenit na části pomocí vyklizovacích linek. Linka by měla mít šířku ideálně 2,5 m a procházet celým porostem ve vzdálenosti 50 m od sebe. Porost musí být k těmto účelům přizpůsobován a vychováván už od založení. Je zde používáno hlavně směrového kácení označených stromů. Vyklízení na vyvážecí místo se provádí koňským potahem. Stromy se přibližují v celých délkách a neodvětvené. K vyvážení se používají především malé vyvážecí soupravy s hmotností maximálně 5 tun. Štěpkování a drcení probíhá na odvozním místě, kam materiál vrství na hromadu malá vyvážecí souprava. Výhodou je malé poškození porostu, především zamezíme odření kůry stojících stromů při manipulaci. Lesní porost je také bez zbytků po těžbě, tedy čistý, uklizený a rovnou připravený pro případnou výsadbu. Veliká nevýhoda je, že koňský potah tahá kmeny menší hmotnosti a musí uskutečnit více cest než při přibližování odvětvených kmenů.

Zkušenosti s touto metodou popisuje Michal Wantulok: „*Situace před naším zásahem: soukromý majitel lesa dostává dotaci 3 – 4 tis. Kč/ha. Z jednoho hektaru vytěžil a přiblížil na odvozní místo 4 – 10 m³ hroubí – v sortimentu tyče nebo slabé surové kmeny, kdy realizační cena je mnohdy nižší než výrobní náklady a nehroubí ponechané v porostu je nutné rozřezat na cca 1,5 m kusy. U tohoto soukromého majitele lesa jsme pokusně výše popsanou metodou zpracovali 12 hektarů porostu, ze kterých jsme vytěžili 600 m³, které jsme seštěpkovali a prodali do elektrárny. Firmě to jednak pokrylo náklady spojené s prací, navíc jsme generovali přiměřený zisk. Vlastníkovi lesa zůstaly dotace.*“¹⁷

3.4. Technologie zpracování rychle rostoucích dřevin

Rychle rostoucí dřeviny se pěstují převážně na zemědělských půdách. U nás se nejčastěji jedná o japonské topoly. Náklady na těžbu a zpracování tvoří až 50 % celkových nákladů,¹⁸ proto je volba technologie zásadním faktorem ovlivňujícím ekonomiku výroby. Jedná se o poměrně mladé průmyslové odvětví, proto není

¹⁷ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky.*

¹⁸ LIPOVSKÁ, L.; ČERNÍČEK, T.: *Jak (ne)zbohatnout na pěstování japonského topolu.* Praha : Powerprint, 2014, 190 str. ISBN 978-80-87994-03-0. Dále jen: LIPOVSKÁ, ČERNÍČEK: *Jak (ne)zbohatnout na pěstování japonského topolu.*

k dispozici dostatek zkušeností a výsledků. Výzkum probíhá hlavně ve Skandinávii a v Německu a Rakousku. Při skladování jemnější štěpky dochází k degradaci materiálů houbami a plísněmi při nedodržení přiměřené vlhkosti. Hrubší štěpka je k tomu náchylná méně, protože snáze provětrává a vysychá, ale přesto není tohoto rizika zcela zbavena.

3.4.1. Metoda kmenových výřezů

Tato metoda vyžaduje relativně dlouhou dobu obmýtí. Za optimum bývá považováno zhruba 10 let.¹⁹ Tyto porosty bývají označovány jako lignikultury. Těžba se provádí pomocí ruční motorové pily, nebo harvestorem s kácecí hlavicí. Poražené kmeny se odvětvují a krátí na požadované délky. Odvětvené kmeny jsou odváženy na sklady. Větve a vrchy stromů se drtí buď přímo na místě, nebo jsou svazkovány a vyváženy také na sklady.

3.4.2. Svazková metoda

Tato metoda bývá také někdy označována jako metoda sběrací. Hlavním principem této metody je sesbírání stromů rovnou po jejich skácení. Kácení a sbírání provádí jeden pracovník. Porosty s delší dobou obmýtí zpracovává harvestor s kácecí a svazkující hlavicí. Svazky mohou být volně ložené nebo drátem ovíjené. Porosty s kratší dobou obmýtí jsou zpracovávány sekacími svazkovači. Jejich hlavní výhoda je, že v jednom pracovním úkonu jsou skáceny, svázány na ložné ploše a dopraveny na okraj porostu, kde mohou být uskladněny i více než rok, než dojde k jejich drcení a odvezení.

3.4.3. Metoda štěpkování

Tato metoda je v praxi při těžbě rychle rostoucích dřevin nejběžnější a nejvíce využívaná. Používají se především sklízecí řezačky a štěpkovače. Obě zmíněné technologie dosahují vysokých plošných výkonů. Jsou však určeny především pro mladé topolové a vrbové plantáže s průměrem kmenu u země maximálně 70 mm. Metodu rozdělujeme podle druhu štěpkování na jednofázovou a dvoufázovou.

U dvoufázové těžby je bezprostředně po nakácení vzniklý materiál sbírán sběracím bubnem a štěpkován mobilním štěpkovačem. Vzniklý materiál je nakládán na odvozní

¹⁹ LIPOVSKÁ, ČERNÍČEK: *Jak (ne)zbohatnout na pěstování japonského topolu.*

soupravu kamionu. Při této metodě je kácena jen jedna řada, která se musí nejdříve drtit proti směru kácení, respektive zpracovává se od vrchní části stromu. Až po jejím zpracování se může kácet řada druhá.

K jednofázové těžbě se používají štěpkovače s nastavnými agregáty. Ty umožňují v jednom pracovním úkonu strom pokácet i rozštěpkovat. K těmto účelům se hodí i stroje určené ke sklizení zemědělských plodin. Nejlepšími výrobci této technologie jsou společnosti Austoft/Case (Austrálie) a speciální sklízecí řezačky německých společností Claas, HTH a čelní sekací štěpkovač, který je společným vynálezem Franze Wienekera a Karla Döhrera.²⁰

3.5. Technologie a technika výroby štěpky

3.5.1. Štěpkovače

Štěpkovače jsou „zařízení, která umožňují dělit dřevní hmotu rotujícími ostrými noži. Lze je také definovat jako zařízení k beztržskému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože.“²¹

Nože jsou umístěny na rotujícím disku nebo bubnu, který se soustavně točí a tím dochází k rozřezání. Největší vliv na opotřebení štěpkovače má kvalita zpracovávaného materiálu. Pokud je materiál příliš znečištěný hlínou a kamením, dochází k otupení nožů. Tupé či méně ostré nože značně snižují výkon stroje. To se projeví jednak na zvýšené spotřebě pohonných hmot a na kvalitě vzniklé štěpky. V provozu se často nože brousí i třikrát za směnu (délka jedné směny je 8 hodin).

Znečištění klestu a kmenů lze předejít mnoha způsoby. Větší části (například kmeny) je možno před zpracováním odkornit, ale tato metoda je velmi nákladná a pracná. Mnohem lepší metodou je přizpůsobit těžbu přímo k výrobě paliva ze štěpky. Nejlépe toho dosáhneme, pokud těžbu dřeva bude provádět harvester a klest bude vrstvit na

²⁰ SCHOLZ, Volkhard: Rychle rostoucí dřeviny - technologie sklizně. *Biom.cz* [online]. 2009-07-01 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-technologie-sklizne>>. ISSN: 1801-2655.

²¹ PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIC s.r.o. 2004, 286s, ISBN 80-86534-06-5. Dále jen: PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*.

hromady už v porostu. Vyvážecí soupravy klest a zbytky z těžby dopraví ke štěpkovači čisté a bez hlíny (viz. kapitola 2.3.1).

Hlavní výhodou štěpkovačů je jejich menší hmotnost, než hmotnost drtičů, tudíž menší zatížení na půdní vrstvu a lepší mobilita, jak uvádí Jan Příhoda.²²

Dělení štěpkovačů podle mobility:

- **Stacionární štěpkovače** - hlavní část stroje tvoří sekací agregát. Ten je složen ze statoru a rotoru a je pevně připevněn k technologické lince na pevných základech. Materiál ke zpracování je k sekacímu agregátu dopravován přísunovým nebo podávacím zařízením. Hotová štěpka je ze sekacího agregátu odváděna potrubím nebo dopravníkem. Stacionární štěpkovače bývají zpravidla poháněny elektromotorem 380w. Upravený sekací agregát stacionárních štěpkovačů se obvykle používá jako sekací agregát mobilních štěpkovačů.²³
- **Mobilní štěpkovače** - agregát je připevněn k podvozku, který umožňuje jejich přesun. Naproti tomu převozní štěpkovače nemají sekací agregát trvale zabudován na pevných základech ani namontovaný na podvozcích. Na pracoviště se převážejí jinými dopravními prostředky. Poháněny jsou buď vývodovou hřídelí traktorů, nebo spalovacím motorem. V současnosti jsou doplňovány i o alternativní zdroj energie, kterým je elektřina 380w. Jejich hlavní výhodou je jejich všestrannost použití. Svůj účel splní nejen na skladech závodů, ale i přímo v terénu na odvozních místech. V České republice je zákonem dána jednohektarová velikost mýtní plochy, proto je nutné s častými přesuny stroje počítat.²⁴

²² PŘÍHODA, Jan: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků. *Biom.cz* [online]. 2008-06-09 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>>. ISSN: 1801-2655. Dále jen: PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

²³ PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie.*

²⁴ PŘÍHODA, Jan: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků II. *Biom.cz* [online]. 2008-06-23 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku-ii>>. ISSN: 1801-2655. Dále jen: PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků II.*

Dělení štěpkovačů podle sekacího agregátu:

- **Diskové štěpkovače** - jedná se o štěpkovače nejvýkonnější a nejvíce rozšířené. Jejich hlavní výhodou je, že nepotřebují ventilátor, protože kotouč doplněný o lopatky má dostatečný vrhací i ventilační účinek. Umožňují zpracovávat dřevo až do průměru 500 mm. Velikost vstupního otvoru je omezen poloměrem nožového kotouče, a proto tyto štěpkovače nejsou vhodné pro štěpkování nesourodého (heterogenního) materiálu.²⁵ Jsou tedy využívány spíše pro výrobu lesní štěpky z kmenů, nebo celých stromů z probírek.

Nejprve se jednalo o stacionární štěpkovače s průměrem disku 1000 až 2000 mm. Počet nožů byl od 2 do 16 a potřebný příkon k provozu 500 kW. Dřevo klouzalo po žlabu k rotoru, kde docházelo ke štěpkování. Výkonnost těchto štěpkovačů je velmi vysoká, především pokud se jedná o sekání rovnaného dřeva nebo krácené výřezy o délkách 2 až 4 m.²⁶

Diskové štěpkovače dělíme do dvou skupin:

- štěpkovače, jejichž rovina sekání je skloněna pod úhlem α k ose dopravníku se vyznačují konstrukcí sekacího zařízení, která vyvolává přímo sekacími noži sílu potřebnou ke vtahování dřeva k sekacímu rotoru.²⁷ Tato technologie má veliký význam a je důležitá především při zpracovávání vrcholových částí stromů, kde je koruna pak vtažením přímo formována podávacím zařízením;
- štěpkovače, jejichž rovina sekání je kolmá na osu dopravníku a pootočená k ose dopravníku o úhel β . Pohon celého zařízení je jednodušší, protože úhel β je vytvořen v horizontální poloze a spalovací motor je uložen vodorovně.²⁸

²⁵ JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním*. Praha : VÚZT, 2003. ISBN: 80-238-9749-7. Dále jen: JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním*.

²⁶ PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVÍČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*.

²⁷ KÁRA, J.: *Stanovení možností využití odpadní biomasy ze zemědělské a potravinářské výroby pro výrobu tepla ekologicky šetrným způsobem*. Praha : VÚZT, 1997. Dále jen: KÁRA, V.: *Stanovení možností využití odpadní biomasy*.

²⁸ PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVÍČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*.

- **Bubnové štěpkovače** - štěpkovače určené k výrobě většího množství biomasy. Jejich výkony mohou dosahovat hranice až 200 m³ za hodinu, proto se hodí především pro velkoobjemovou výrobu lesní štěpky na energetické účely. Jsou umístěovány na robustní samostatné podvozky, na podvozky nákladních automobilů nebo vyvážecích souprav. Umožňují štěpkování do průměru až 900 mm měkkého dřeva a zhruba 700 mm tvrdého dřeva.

Velikost vstupního otvoru pro podávání materiálu ke štěpkování lze relativně snadno při konstrukci zvětšovat prodlužováním válce a zvětšováním jeho průměru.²⁹ Tento systém se proto nejlépe hodí pro štěpkování zbylého materiálu z lesní těžby, kterými jsou především větve. Ty pro zpracování potřebují veliký vstupní otvor a mačkáci podávací válce. Konstrukčně jsou mnohem složitější než štěpkovače diskové, zejména proto, že je zde systém podávání, systém kontroly výkonu a systém přetížení. Systém podávání slouží k souvislému dodávání dendromasy k bubnu s noži. Systém kontroly výkonu zajišťuje, aby stroj udržoval vhodné otáčky, při kterých motor funguje souvisle. Systém přetížení funguje především jako pojistka, pokud hrozí vlivem přetížení poškození stroje. V případě přetížení motoru dojde k blokadě přísunu materiálu do té doby, než je předešlý materiál zpracován a rotor získá potřebné otáčky.³⁰

- **Šroubové štěpkovače** - tento druh štěpkovačů bývá používán zpravidla k štěpkování velmi malých průměrů kmenů nebo větví. Sekací agregát v podobě šroubovice se stoupajícím průměrem se při otáčení postupně zařezává do dřeva a zároveň vtahuje dřevo k většímu průměru.³¹ Bývají provedeny často jako traktorové, nesoucí vkládací hrdlo směřující dozadu.³²

Štěpkovače můžeme rozdělit do tří tříd kategorií podle jejich velikosti:

- **1. kategorie: malé** – vlastní podvozek, připojitelné za traktor s výkonem motoru v rozmezí 25 až 50 kW. Malé štěpkovače se často zavěšují do tříbodového

²⁹ JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním.*

³⁰ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

³¹ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

³² JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním.*

závěsu traktorů nebo jsou umístěny na podvozek, především jednonápravový a mohou být i připojeny a taženy osobním automobilem. Větší typy, zejména o výkonu až 50 kW, už mohou být použity pro výrobu energetické štěpky.

- **2. kategorie: střední** – jedno až dvounápravový přívěs s výkonem motoru v rozmezí 50 až 100 kW. Střední štěpkovače jsou povětšinou jedno a vícenápravová přípojná vozidla tažená traktorem nebo nákladním automobilem. Poháněny jsou buď vývodovým hřídelem traktoru, nebo vlastním spalovacím motorem.
- **3. kategorie: velké** – nesené na traktorovém podvozku nebo samojízdné s výkonem motoru 100 až 450 kW. Velké štěpkovače jsou zpravidla vícenápravové přívěsy a návěsy tažené nákladními automobily nebo konstruovány jako samojízdné pracovní jednotky. Tyto stroje jsou již určeny pro průmyslovou velkovýrobu lesní štěpky.³³

Dělení štěpkovačů podle způsobu dávkování materiálu do štěpkovače:

- **ručním dávkováním dřeva do štěpkovače** - materiál je zde do zařízení podáván bez použití mechanizace. Obsluha a práce se strojem bývá často velice náročná a nebezpečná. Často se s tímto typem můžeme setkat v okrasných či lesních školkách, kde se pomocí těchto štěpkovačů připravuje mulčovací vrstva na povrch záhonů jako náhrada za mulčovací kůru.
- **mechanické dávkování dřeva do štěpkovače** – materiál do zařízení je podáván nejčastěji za pomoci hydraulické ruky. Ta je umístěna stejně jako štěpkovač na společném podvozku. Ovládání je umístěno v kabině nebo kokpitu ve formě páčkového rozvaděče či joysticku. Obsluhu stroje tak ovládá jeden pracovník, který kontroluje štěpkovač a zároveň zařizuje dávkování. S tímto systémem se nejčastěji setkáme u klasické metody, kdy jsou větve a zbytky z výroby sbírány a dávány do štěpkovače z hromad. Dosah hydraulické ruky je až 8 metrů.

Dělení štěpkovačů podle technického řešení:

³³ JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním.*

- Štěpkovače nesený **na tříbodovém závěsu traktorů** - štěpkovač je nesen na zadní hydraulice traktoru a je zavěšen na třech bodech. Jedná se většinou o diskové štěpkovače. Výhodou tohoto zavěšení je lepší průjezdnost a manévrovatelnost především v lesních porostech. Některé štěpkovače agregované s traktory vyšších výkonnostních tříd jsou vybavené hydraulickou rukou s podávacím zařízením.³⁴
- Štěpkovače nesený **na podvozku traktorů** - používají se především k zpracování dendromasy přímo na těžebním místě nebo na přibližovací lince. Jsou vybaveny funkcí podávání materiálu a sekacím zařízením. Konstruovány jsou tak, aby štěpkovaly hlavně větve a vršky stromů zbylé po těžbě. Ke štěpkování celých kmenů se používají jen výjimečně. K jejich výbavě patří i hydraulická ruka a separátní motor k pohonu technologické nástavby. Bývají doplněny o kontejner, do kterého je štěpka dopravována na těžebním místě, nebo přibližovací lince. Po naplnění kontejneru vyveze stroj štěpku na odvozní místo a přesype ji na korbu nákladního automobilu nebo velkokapacitního kontejneru, popř. uloží na meziskládku.³⁵ Jejich hlavní výhodou je dostupnost a průjezdnost terénem a vysoká výkonnost.
- Štěpkovače nesený **na samostatném podvozku s vlastním motorem** - k jejich funkci není potřeba tažné vozidlo, mají samostatný pohon. Dnešní štěpkovače jsou vybaveny dálkovým ovládním a často vkládáním vstupního materiálu je uskutečňováno externím strojem.³⁶ Nepochybnou výhodou těchto štěpkovačů je jejich vysoká výkonnost. Nevýhodou je jejich špatná dostupnost v terénu, větší spotřeba pohonných hmot při přemísťování a v neposlední řadě vyšší pořizovací cena.
- Štěpkovače nesený **na podvozcích nákladních automobilů a návěsů** - Jedná se o skupinu nejvýkonnějších štěpkovačů. Mají obvykle vlastní pohon technologické nástavby. Při použití těchto technologií musí být pečlivě

³⁴ KÁRA, V.: *Stanovení možností využití odpadní biomasy*.

³⁵ PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*.

³⁶ VYSLYŠEL, K. et al. *Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví : Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích* [online]. 2007 [cit. 2015-03-11]. Těžebně-dopravní technologie „šetrné k přírodě“. Dostupné z WWW: < www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/UKPSTPHVL.pdf >

rozmyšleno jejich stanoviště. Stroje jsou nesené na nákladních automobilech, které jsou konstruovány na hladký povrch silnic. Jejich průjezdnost a dostupnost v terénu je proto velmi špatná a často i nedostačující. Proto musí být naplánována nejen jejich dopravní linka, ale i roční období a klimatické vlivy. Nejlépe suché léto nebo mráz v zimě. Dále si je potřeba uvědomit, že nasazení těchto strojů vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti těžby a přibližování dříví ke štěpkovači a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby byl štěpkovač plně využit.³⁷ Štěpkovač má zpravidla dva válce horní i dolní přítlačný válec. Dopravníky vydrží průměrně 3000 hodin provozu. Každá firma konstruuje stroje tak, aby jejich díly byly snadno vyměnitelné a dostupné. Není ani výjimkou elektrický ovládací box s barevným displejem v kabině.

- Štěpkovač nesený **na podvozku vyvážecí soupravy** - podobně jako štěpkovače nesené na podvozcích traktorů, i tento se používá při zpracovávání dendromasy mimo zpevněné cesty. Materiál mohou štěpkovat přímo na pasece nebo na přibližovací lince. Díky vestavěné hydraulické ruce ovládané z kabiny operátora mohou pracovat bez předešlého shrnutí klestu. Štěpkovač bývá zpravidla poháněn samostatným motorem.³⁸

Dělení štěpkovačů podle místa použití - v posledních letech se začaly štěpkovače přizpůsobovat i prostorům, kde jsou používány. Hlavními kritérii při tomto rozdělení je velikost, výkonnost, pořizovací cena, množství a kvalita materiálu, který může být štěpkován. Štěpkovače jsou buď namontovány na vlečný vozík, nebo jsou napojené na traktor.

- Štěpkovače řady **zahrady** – uplatnění těchto štěpkovačů je především v místech s omezeným prostorem. Jedná se o malé štěpkovače, které se používají spíše pro zpracovávání menších větví. Vzniklá štěpka se využívá především k mulčování.
- Štěpkovače řady **park** – je zde uplatněn vertikální úhel řezání. Vzniká rovnoměrná štěpka s krátkými vlákny. Štěpkuje nejen větve, ale i kmeny menších průměrů. Velikost štěpky je od 8 do 13 mm.

³⁷ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

³⁸ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

- Štěpkovače řady **les** – tento typ je určen pro zpracování dřeva z celých stromů a má dostatečně velkou výrobní kapacitu. Využívají nastavitelného úhlu řezání, proto lze volit požadovanou velikost štěpky. Vzniklá štěpka se používá především k pálení a hoření. Velikost štěpky je od 12 do 40 mm.

3.5.2. *Drtiče*

Jedná se o stroje pracující na principu rotujících kladiv, které jsou připevněny po obvodu k rotoru. „*Pohyblivě umístěná kladiva při nárazu na tvrdý předmět mění svou polohu a snižují tak riziko poškození. Kladiva mohou být opatřena výměnnými hranami nebo jsou bez ostrých ploch speciálně tvarována pro drcení.*“³⁹ Materiál je podroben více druhům namáhání a tím zpracováván. Působí na něj údery, pomalý tlak nebo ostří. U drcených částic pak dochází k lámání, štípání a jejich rozmělnění.

Tato zařízení bývají zpravidla mnohem větších rozměrů a hmotností, než jsou štěpkovače. Umístěny jsou buď na masivním kolovém podvozku, nebo na pásech. „*Příkladem drtičů jsou i v ČR pracující americké drtiče Vermeer, Morbark nebo Peterson, nebo evropské Doppstadt a Jenz.*“⁴⁰ Původně se jednalo o stroje sestavené pro drcení stavebního dříví v USA. V České republice a evropských zemích se drtiče používají nejvíce k produkci lesní energetické biomasy.

Jejich hlavními nevýhodami jsou velmi vysoká energetická náročnost⁴¹ a špatná manipulace. Drcení se tedy musí provádět buď přímo na skladech, nebo na zpevněných plochách skládek dříví. Výjimku tvoří umístění drtiče na pásový podvozek (např. Vermeer HG 365 TX). V tomto provedení je i při hmotnosti 20 tun možné drcení těžebních zbytků na nezpevněných plochách nebo dokonce přímo na pasekách.⁴²

Výkony drtičů mohou dosahovat vysokých hodinových hodnot. Není problém dosáhnout produkce až 450 m³ za hodinu. To se ovšem v praxi a provozu stane pouze výjimečně, zejména pokud je zpracováván chaotický materiál ve formě zbytků z těžby (klest, vrcholové části stromů). Drtiče dosahují zpravidla vyšších výkonů než

³⁹ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

⁴⁰ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků II.*

⁴¹ ŠENKERÍK, J.: *Technika a technologie zpracování odpadů z veřejné zeleně.* (dip.p.) Brno : MENDELU, 2010, 52 s.

⁴² PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků II.*

štěpkovače, proto je zapotřebí zajistit kontinuální přísun velkého množství materiálu. Přísun velkého množství dendromasy je důležitý hlavně pro efektivní fungování strojů, což je především v České republice veliký problém. Samotná biomasa vytvářená drtiči, nedosahuje kvalit jako materiál vytvořený štěpkovači. Vznikají třísky rozměrově převážně heterogenní. Tomuto problému zamezíme tak, že vyměníme dodrcovací koše, používané k třídění biomasy za koše s menšími oky. Získáme sice kvalitní materiál, ale výkon stroje se výrazně zmenší.

Dělení drtičů:

- **Vysokootáčkové** - mají rychle se otáčející rotor s volně uloženými kladivy. Podle tvaru drtícího orgánu je dělíme na diskové a bubnové. Diskové drtiče jsou vhodné na drcení pařezů, kusového odpadu, těžebního odpadu a podobných surovin. Bubnové se používají k drcení větví.
- **Pomalootáčkové** - mají podélný rotor se zuby. Materiál je zde přitlačován přes hydraulicky jištěný hřeben. Činným orgánem je zde válec, na jehož obvodu jsou umístěny nože různých tvarů. Podle počtu válců je dále dělíme na jednoválcové nebo dvouválcové. Tyto stroje mohou být řešeny jako mobilní, nebo jako stacionární.
- **Kombinované** - tento typ drtičů kombinuje výhody obou předchozích drtičů vestavěné do jednoho zařízení. Drtiče mohou být vybaveny magnetickými separátory kovových příměsí.

3.5.3. Porovnání drtičů a štěpkovačů

Hlavní výhoda drtičů oproti štěpkovačům je vysoká odolnost drtících nástrojů. To uplatníme zejména při zpracování znečištěného klestu. Lze tedy dosáhnout vysoké výkonnosti strojů při menší provozní údržbě a větší provozní robustnosti. Obecně lze říci, že drtiče se hodí ke zpracování shrnovaného klestu. Štěpkovače naopak produkují kvalitnější štěpku, nezanedbatelnou výhodou je i nižší pořizovací cena.

Tabulka 1. Porovnání štěpkovačů a drtičů⁴³

Štěpkovače	Drtiče
------------	--------

⁴³ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků II.*

Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
nižší pořizovací náklady	náchylnost k otupení nožů	vyšší odolnost dělicího agregátu	vysoká hmotnost
nižší hmotnost	malý vstupní otvor pro chaotický materiál	vysoký výkon	vysoká cena
obvykle jednodušší konstrukce	nižší výkon	rozměrný podávací pás	konstrukční složitost
kvalita štěpky		možnost podávání i čelním nakladačem	rozměrově různorodý výstupní materiál
možnost rychlé změny velikosti štěpky		možnost drtit i materiál s příměsí železa	

3.5.4. Svazkovače těžebních zbytků

Jedná se o stroje, které vznikly v severských zemích. Často se můžeme setkat i s označením paketovací stroje. Mezi přední výrobce patří společnosti John Deere, Valmet a Pinox, jejichž princip výroby svazků z klestu je velmi podobný. V České republice se nejčastěji setkáme se svazkovačem společnosti John Deere, který bude podrobně popsán.

John Deere 1490D: těžební zbytky, jako jsou například větve a vrchy stromů, vkládá stroj do svazkovací jednotky hydraulickou rukou. Ve svazkovací jednotce je hmota lisována a svazkována do kompaktních balíků. Délka balíků je zvolena operátorem stroje a její volba je závislá především na možnostech transportu z lesa. „Z porostu velikosti plochy 1 hektar může být vyrobeno 100-150 balíků s průměrnou hodinovou výrobou 20–30 balíků (v podmínkách skandinávských zemí).“⁴⁴ Základ stroje tvoří hydraulická ruka a svazkovací jednotka. Hydraulická ruka podává materiál ke zpracování z paseky na podávací stůl. Svazkovací jednotka je složena ze dvou pevných lisů a jednoho lisu pohyblivého. Tlak lisování musí být nastaven, aby nedošlo k poškození materiálu, ale přitom byl objem zredukován na 20 % původního objemu. Balík je posouván pohyblivým lisem stroje a přitom pevně vázán. Když se lis uvolní, motouz, který balík obepíná, se pevně napne. Parametry (například délka balíků, odstup

⁴⁴ John Deere 1490D. Merimex s.r.o. : Prodejce speciální lesní techniky John Deere [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z WWW: < <http://www.merimex.cz/produkty/john-deere/zpracovani-biomasy/john-deere-1490d/> >

mezi vinutím motouzu a kompresní intervaly) jsou nastavovány pomocí palubního počítače. Objemy balíků jsou průměrně 0,6 až 0,8 m³. Svazkovače jsou instalovány na podvozky vyvážecích souprav v 6 nebo 8 kolových verzích.⁴⁵

Největší výhodou celého výrobního procesu je jeho jednoduchost a rychlost. Svazkovač vyrobí balíky přímo na pasece a ty mohou být vyvážecí soupravou vyvezeny na odvozní místo. Další velká výhoda je jejich skladnost zapříčiněná menším objemem materiálu. Balíky jsou pak odváženy podobně jako klády klasickou odvozní soupravou přímo ke zpracovateli. *„Dle informací výrobce je objem svazků nižší než objem štěpky při stejné hmotnosti. Štěpkování probíhá tedy přímo u zpracovatele. Jedinou podmínkou zde je vysoce výkonný štěpkovač. V České republice není producent energie, který by poptával svazky těžebních zbytků. Balíky vyrobené v ČR jsou exportovány k energetickému využití do zahraničí nebo štěpkovány.“*⁴⁶

3.5.5. Shrnovače klestu

Při této metodě jsou klest a těžební zbytky shrnovány do váľů nebo hromad. Shrnutý materiál je buď vyvážen vyvážecími na odvozní místo, nebo shrnut k místu, kam se dostane štěpkovač. Pokud se tato metoda používá v praxi, musí se tomu přizpůsobit už těžba. Především výška pařezů by měla být co nejnižší. Výška pařezů závisí na průjezdnosti stroje, ale obecně lze říci, že by neměla překročit 30 cm. Terén by měl být rovinný, nebo případně jen mírně svažité. Pro tuto metodu se nejlépe hodí velké plochy nebo plochy málo členité. Shrnovače bývají připevněny na universální traktory nebo speciální lesní traktory. V obou případech jsou instalovány nejčastěji na přední část stroje a ovládány pomocí hydraulických váľců.

Příklady shrnovačů:

- Shrnovač SHK-12 - je instalován na universální traktory s hnanou přední nápravou. Většinou umístěn jako adaptér místo čelního rampovače nebo lžíce. Jeho hlavní výhodou je vysoká kompaktnost. Universální traktor, který slouží na přibližování dřeva, je možno během relativně krátké doby upravit díky adaptéru na shrnovač klestu.

⁴⁵ ŠEJBR, J.: *Vyhodnocení svazkovače těžebního odpadu v mýtních a kalamitních těžbách* (bakalářská práce). Brno: MENDELU, 2008.

⁴⁶ PŘÍHODA, J.: *Technologie pro zpracování dendromasy – těžebních zbytků I.*

- Shrnovač H-10, SV 6-087 - tyto dva typy shrnovačů se umísťují jako adaptér k čelní rampovací radlici speciálních kolových traktorů. Speciální kolové traktory mají vysokou výkonnost, proto jsou pro tento typ práce vysoce efektivní. Nevýhoda je nevyváženost, a to především v zadní části stroje. Musí se proto instalovat závaží na zadní kola nebo přímo na zadní část stroje.⁴⁷

3.5.6. *Doprava a transport lesní štěpky*

Pokud je zpracovávána štěpka na přístupných lokalitách, zejména pokud je příjezdová cesta zpevněná a rovná, může být štěpka nakládána do návěsů silničních tahačů. Jestliže je terén a cesta pro silniční tahače nepřístupný, používá se k transportu štěpky na meziskládku nákladní automobil nebo traktor s velkoobjemovým návěsem speciálně upraveným pro transport štěpky.

Silniční soupravy mají v návěsech takzvanou posuvnou podlahu, neboli „walking-floor“. Ta slouží především k rychlé vykládce u odběratelů nebo k rovnoměrnému rozvrstvení materiálu po celé délce návěsu. Rozvrstvení štěpky se používá především v případech, kdy je štěpka foukána přímo štěpkovačem při zpracování klestu. Kamion tedy nemusí popojíždět, a přesto je náklad rovnoměrně rozložen. Při transportu sušší, a tím lehčí štěpky se občas používají různá kompaktační zařízení stlačující náklad. Při stlačení štěpky je docíleno většího volného prostoru ložné plochy.

Svrchní vrstvy štěpky by byly při dopravě valníkovými vozidly strhávány proudem vzduchu, proto je jejich přeprava možná jen po zakrytí plachtou nebo v uzavřených vozidlech.⁴⁸

Doprava nemusí být realizována pouze pomocí silničních vozidel, ale je využívána i železniční doprava. Například společnost Dřevošrot, a.s. tuto metodu využívá. Na svých internetových stránkách v sekci doprava píše: „*Na dlouhé vzdálenosti využívá naše společnost služeb ČD Cargo a.s., které nově provozují speciální přepravní zásobníky*

⁴⁷ ŠEJBR, J.: *Vyhodnocení svazkovače těžebního odpadu v mýtních a kalamitních těžbách* (bakalářská práce). Brno: MENDELU, 2008.

⁴⁸ SIMANOV, Vladimír: *Výroba, zpracování a využití biomasy*. Praha, Centrum rozvoje venkova - Státní zemědělský intervenční fond, [online] 2008. [cit. 2015-04-12], Dostupný z WWW: <http://www.rarsm.cz/download/cd3/vyroba_zpracovani_vyuziti_biomasy.pdf>

(kontejnery) tzv. *WoodTainer*.“ Dále firma podotýká, že: „Využití železniční dopravy významně ulehčuje nejen silnicím, ale především životnímu prostředí.“⁴⁹

3.6. Rozdíly mezi jednotlivými druhy dřevin

Pro výrobu lesní štěpky se používají listnaté a jehličnaté dřeviny. Z jehličnatých dřevin se jedná především o smrk, jedli a borovici. Listnaté dřeviny pro výrobu lesní štěpky mohou být více rozmanité. Nejčastěji se však setkáme s duby, javory, břízami a jasany a jívami. Tyto dřeviny se nejčastěji zpracovávají jako klest nebo zbytky vrchů z těžby. Pokud se jedná o celé kmeny stromů zmiňovaných dřevin, těžba v lese byla předurčena k rozštěpkování materiálu.

Další dřevinou pro výrobu biomasy je rychle rostoucí topol. Tato dřevina se v lesních porostech nevyskytuje, ale je pěstována na zemědělských půdách, které se potom označují jako plantáže topolů.

Dřeviny, jako lípa, nebo osika, se v hospodářských lesích vyskytují jen zřídka, častěji jsou součástí krajů lesa, nebo jako solitéry. Proto je klest z těchto stromů častěji pálena, než zpracovávána na štěpku.

3.6.1. Jehličnaté dřeviny

Vlhkost dřeva v energetickém vyjádření je 50 až 60 %. Vlhkost dřeva v dřevařském vyjádření představuje 100 až 150 %.⁵⁰ Výhřevnost štěpky ve zmiňovaném stavu se pohybuje okolo 5 až 7 MJ/kg. Součástí těžby dřeva nebo klestu, která probíhá v zimních měsících, může být sníh nebo led. Vlhkost materiálu může tedy být i více než 60 %. Průměrná hodnota vyschlé štěpky je 40%. Tato hodnota odpovídá hodnotám spalovaného materiálu. Při této vlhkosti je výhřevnost kolem 8-10 MJ/kg.⁵¹

Hustota jednoho prostorového metru štěpky z jehličnatých dřevin je dle Václava Sladkého 250 až 350 kg/m³.⁵²

⁴⁹Doprava štěpky. *Dřevošrot, a.s.* [online]. [Cit. 11-04-2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.drevosrot.cz/stranka-doprava-stepky-24>>

⁵⁰ HOLTHAM, Alan: *How to Season and Dry Your Own Wood*. East Sussex : Guild of Master Craftsman Publications Ltd., 2010. ISBN: 978-1861-086-419

⁵¹ Výhřevnost štěpky ze smrku. *i-EKIS : Internetové energetické konzultační středisko ČEA* [online]. 2007-10-15 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?akce=archiv&idp=5923>>

⁵² SLADKÝ, V.: Příprava paliva z biomasy. *Studij. Inform. - Zeměd. Techn.*, 1995, 3, 50s.

3.6.2. Listnaté dřeviny

Vlhkost štěrky z listnatých dřevin po sklizni je zpravidla velmi podobná dřevinám jehličnatým. Její hodnota činí 50 % a výhřevnost je okolo 8 GJ/t.⁵³ Vlhkost štěrky z listnatých dřevin je nižší v měsících vegetačního klidu, jelikož dřeviny nemají asimilační orgány. I proto sklizeň těchto dřevin, především japonských topolů probíhá v zimních měsících.⁵⁴ Průměrná váha m³ dřeva při vlhkosti 50 % je asi 740 kg/m³.⁵⁵

⁵³ El. Energie z biomasy. *i-EKIS : Internetové energetické konzultační středisko ČEA* [online]. 2007-11-30 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?akce=archiv&idp=6310>>

⁵⁴ Japonský topol : sklizeň a výhřevnost. *Japonské topoly : Jižní Čechy* [online]. 2015 [cit 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.topolyjc.cz/japonsky-topol-sklizen-a-vyhrevnost/>>

⁵⁵ SLADKÝ, Václav: Příprava paliva z biomasy. *Studij. Inform. - Zeměd. Techn*, 1995, 3.

4. METODIKA

Jádrem výzkumné části práce je pozorování, které jsem prováděl na dvou pokusných lokalitách (viz níže), kde se zpracovává dřevní štěpka. Část informací mi také prostřednictvím konzultace e-mailem nebo telefonicky poskytly společnosti provádějící těžbu, Městské lesy Vysoké Mýto, spol. s r.o.⁵⁶, Dřevošrot, a.s.⁵⁷ a další společnosti pohybující se v oboru, a to TRIOL CZ, a.s.,⁵⁸ Kaisler s.r.o.⁵⁹ a Biomass trading s.r.o.⁶⁰

4.1. Popis lokalit

Na obou lokalitách se nacházely podobné druhy dřevin, ale se zcela odlišnou morfologií lesa a krajiny.

První lokalita se nachází poblíž města Vysoké Mýto, přesněji mezi obcemi Javorník a Džbánov. Souřadnice zmíněné lokality jsou 49°53'57.801"N, 16°9'11.390"E. Jednalo se o okraj lesní zpevněné cesty, kam společnost Městské lesy Vysoké Mýto, spol. s r.o. vyvážela klest a zbytky těžebního odpadu k následnému rozštěpkování. Jednalo se o materiál ze zimní těžby prováděné toutéž společností. Na moje přání společnost ukládala na jednu hromadu klest a těžební zbytky z jehličnatých stromů (smrk, jedle) a na druhou hromadu klest a těžební zbytky ze stromů listnatých (bříza, dub). V obou případech se jednalo o klest sbíranou a vyváženou vyvázečím soupravou. Vše bylo uskutečněno za doprovodu odborného komentáře jednatele, ředitele společnosti Bohumíra Machaty a vedoucího provozu Marka Vomočila.

Druhá lokalita se nachází poblíž obce Bělá pod Bezdězem. Souřadnice dané lokality jsou 50.5153914N, 14.8559189E. Celý lesní komplex byl protkán asfaltovými cestami. Na okraji jedné z cest byla navežena hromada klestu a těžebních zbytků jehličnatých

⁵⁶ O nás. *Městské lesy Vysoké Mýto, spol. s r.o.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.lesyvm.cz/index.php?inc=content/cz/o-nas.php>>

⁵⁷ O nás. *Dřevošrot, a.s.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.drevošrot.cz/stranka-o-nas-1>>

⁵⁸ O společnosti. *Triol CZ, a.s.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.triol.cz/index.php?nid=4155&lid=cs&oid=518351>>

⁵⁹ *Kaisler s.r.o.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.kaisler.cz/blog/kategorie/o-nas/>>

⁶⁰ O nás. *Biomass Trading : Obchodník s biomasou kategorie 1* [online] 2015 [Cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.biomtrade.cz/index.html>>

dřevin (smrk). Druhá hromada tvořená klestem z listnatých dřevin se nacházela asi 250 metrů severně od zmíněné lokality. V obou případech se jednalo o klest sbíranou a vyváženou vyvázečí soupravou. Lesní úsek, kde byly práce prováděny, patří soukromé osobě, jejíž jméno mi nebylo sděleno z důvodů ochrany soukromí. Štěpkovací práce prováděla společnost Dřevošrot, a.s. Odborný komentář a informace o výrobě mi podával obchodní zástupce společnosti pan Petr Kocman.

4.2.Měření na lokalitách

Na dvou zvolených lokalitách jsem měřil tyto hodnoty:

- spotřeba nafty na motohodinu při štěpkování,
- doba trvání naštěpkování jednoho návěsu nebo přívěsu,
- velikost otáček motoru štěpkovače,
- hmotnost štěpky v návěsu nebo přívěsu,
- rychlost otupení štěpkovacích nožů.

Hodnoty jsem měřil zvlášť pro jehličnaté a listnaté dřeviny. Pro každou hodnotu jsem mohl provést pouze dvě měření. Více měření mi společnosti nedovolily z časových důvodů. Na obou lokalitách byla použita přibližně stejná technologie, ale rozdílné typy strojů. To se týkalo především nákladních automobilů. Na první lokalitě byl použit nákladní automobil značky Man s přívěsem, na druhé nákladní automobil značky Scania s návěsem. Každé vozidlo mělo jiný objem nákladního prostoru a jinou spotřebu pohonných hmot. Hodnoty jsou tedy rozdílné a nelze lokality mezi sebou porovnávat. Lze však porovnávat hodnoty v rámci jedné lokality. Štěpkovače však byly na obou lokalitách stejné. V obou případech se jednalo o štěpkovač nesený na podvozku nákladního automobilu tovární značky Tatra s maximálním vstupním otvorem 1140x750mm a výstupním výkonem cca 300 m³/h (viz Obrázek č. 1).



Obrázek č. 1 – Štěpkovač na podvozku nákladního automobilu Tatra

Samotné měření zjišťovaných údajů jsem prováděl za pomoci hodin a s konzultací obsluhy strojů. Pracovník mi diktoval hodnoty, které jim ukazovaly řídicí jednotky na palubních deskách strojů.

5. VÝSLEDKY

5.1. Lokalita č. 1 - Vysoké Mýto

1) Spotřeba nafty na motohodinu při štěpkování (motohodina = jedna hodina práce motoru při jmenovitých otáčkách). V tomto případě jsem měřil množství nafty, které štěpkovač spotřeboval během uplynutí jedné motohodiny. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 2 zvláště pro jehličnaté a listnaté dřeviny.

Tabulka č. 2: Spotřeba nafty při štěpkování (Lokalita č. 1)

Měření	Jehličnaté dřevo (litr/motohodina)	Listnaté dřevo (litr/motohodina)
1	28	22
2	29	22

2) Doba naštěpkování odvozní soupravy. Zde se jednalo o nákladní automobil s přívěsem, na který byl překládán kontejner se štěpkou pomocí hydraulické ruky nákladního automobilu (viz Obrázek č. 2 a 3). Objem kontejneru byl 40 m³. Hodnoty byly v obou případech velice podobné. Jsou uvedeny v Tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Doba nakládky kontejneru (Lokalita č. 1)

Měření	Jehličnaté dřevo (minut)	Listnaté dřevo (minut)
1	55	49
2	50	55



Obrázek č. 2 – Štěpkovač nakládající kontejner



Obrázek č. 3 – Kontejner se štěpkou při nakládání na přívěs nákladního automobilu

3) Rychlost otáček motoru štěpkovače. V kabině nákladního automobilu jsem pomocí ručičky otáčkoměru umístěného v palubní desce určil průměrný počet otáček za jednu uběhlou motohodinu. Jsou uvedeny v Tabulce č. 4

Tabulka č. 4: Rychlost otáček motoru štěpkovače při štěpkování (Lokalita č. 1)

Měření	Jehličnaté dřevo (otáček za minutu)	Listnaté dřevo (otáček za minutu)
1	1600	1550
2	1600	1550

4) Hmotnost štěpky v nákladním prostoru automobilu. Zde jsem získal pouze jednu hodnotu, a to celkovou hmotnost odvozní soupravy u odběratele, kterou mi řidič nákladního automobilu sdělil mobilním telefonem. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 5 pro celkový objem 80 m³ štěpky.

Tabulka č. 5: Hmotnost odvozové soupravy (Lokalita č. 1)

	Jehličnaté dřevo	Listnaté dřevo
Celková hmotnost odvozní soupravy v kg	23 135	33 000

5) Rychlost otupení štěpkovacích nožů. Měřil jsem čas, za který se nože otupí od předchozího nabroušení. Ovšem, jelikož nože mohou zpracovávat materiál i jako tupé, bral jsem jako hranici otupení mez, kdy už štěpkovač nezvládl zpracovávat dřevo o větším průměru než 20 cm. Změřené hodnoty jsou v Tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Doba, po kterou zůstaly štěpkovací nože ostré (Lokalita č. 1)

Měření	Jehličnaté dřevo (hodin)	Listnaté dřevo (hodin)
1	6	12
2	6	10

5.2.Lokalita č. 2 - Bělá pod Bezdězem

1) Spotřeba nafty na motohodinu při štěpkování. Tentýž postup měření jako u lokality č. 1, hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: Spotřeba nafty při štěpkování (Lokalita č. 2)

Měření	Jehličnaté dřevo (litr/motohodina)	Listnaté dřevo (litr/motohodina)
1	30	26
2	30	26

2) Doba naštěpkování odvozní soupravy. Jednalo se o nákladní automobil s návěsem, jehož objem byl 80 m³ (viz Obrázek č. 4). Štěpkovač mohl štěpku vrstvit na jedno místo v návěsu. Návěs byl vybavený posuvnou podlahou, tudíž materiál rovnoměrně rozvrstvil po celém nákladovém prostoru, aniž by štěpkovač musel přejíždět. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Doba nakládky návěsu (Lokalita č. 2)

Měření	Jehličnaté dřevo (minut)	Listnaté dřevo (minut)
1	100	100
2	90	100



Obrázek č. 4 – Nákladní automobil Scania s návěsem

3) Rychlost otáček motoru štěpkovače. Tentýž postup měření jako u lokality č. 1, hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Rychlost otáček motoru štěpkovače při štěpkování (Lokalita č. 2)

Měření	Jehličnaté dřevo (otáček za minutu)	Listnaté dřevo (otáček za minutu)
1	1800	1700
2	1800	1650

4) Hmotnost štěpky v nákladním prostoru automobilu. I v tomto případě mám pouze jednu získanou hodnotu, jako na lokalitě číslo 1. Zde jsem však získal hmotnost samotné štěpky. Vážení jsem prováděl na cejchované váze, pro zemědělské účely v obci Bučina u Vysokého Mýta. Nejdříve jsem zvážil nákladní automobil bez zátěže, poté jsem zvážil nákladní automobil plně naložený štěpkou. Hodnoty jsem od sebe odečetl a výsledky zaznamenal do Tabulky č. 10. Objem nákladního prostoru byl 80 m³.

Tabulka č. 10: Hmotnost nákladu štěpky (Lokalita č. 2)

Měření	Jehličnaté dřevo	Listnaté dřevo
Hmotnost nákladu v kg	24 000	28 800
Hmotnost na 1m ³	300	360

5) Rychlost otupení štěpkovacích nožů. Tentýž postup měření jako u lokality číslo 1, hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 11.

Tabulka č. 11: Doba, po kterou zůstaly štěpkovací nože ostré (Lokalita č. 2)

Měření	Jehličnaté dřevo (hodin)	Listnaté dřevo (hodin)
1	6	10
2	7	10

6. DISKUSE

Z výsledků je zřejmé, že o něco výhodnější je získávat biomasu z listnatých dřevin. Jediný negativní faktor biomasy z listnatých dřevin je jejich relativně vysoká hmotnost. Ta je zapříčiněna především vyšším obsahem vody ve dřevě.⁶¹ Tento faktor se nejvíce projeví při dopravě, kdy průměrná spotřeba pohonných hmot nákladního automobilu, především v zimních měsících může vystoupat až k hodnotě 45 litrů na 100 km.

Naopak nejvýraznějším faktorem, který se kladně projevuje u štěpky z listnatých dřevin, je menší opotřebení štěpkovače. Výrazně delší doba, po kterou zůstanou nože štěpkovače ostré, byla u listnatého klestí v porovnání s jehličnatým materiálem pozorována v obou lokalitách. To je dáno především čistotou klestu.⁶² Jehličnaté dřeviny mají více asimilačních orgánů, na které se snáze zachycují nečistoty, jako jsou hlína a kamení. Tomu konec konců odpovídá i kvalita vzniklé štěpky. Nesmíme ale opomíjet ani faktor samotného výrobce štěpkovacích nožů. Nože by neměly být příliš tvrdé, aby se neodlamovaly a ani příliš měkké, aby se rychle netupily.

U rychlosti štěpkování nebyly zaznamenány pro oba druhy dřevin významné rozdíly. Materiál z jehličnatých dřevin se sice dávkuje do štěpkovače snadněji, ale kvůli většímu znečištění a následnému otupení technologické prodlevy rychlost štěpkování snižují. Naopak materiál dřevin listnatých samotný štěpkovač zpracovával velmi rychle, ovšem největší problém je dostat objemný materiál k podávacím válcům. Obecně však lze říci, že čisté dřevo se zpracovává výrazně rychleji.⁶³

Přesto se nabízí otázka, zda jsou rozdíly mezi dřevinami natolik významné, aby se vyplatilo selekci mezi jednotlivými druhy dřeva uskutečnit. Aby byla klest přípustná ke štěpkování, musí být sbíraná, ne shrnovaná.⁶⁴ V České republice se štěpka nejčastěji získává z odpadu vzniklého po mýtních či nahodilých těžbách. Podle odhadů majitelů firem TRIOL CZ a.s a Biomass trading s.r.o. se jedná z 90 % pouze o klest. Na vytěžené pasece není ekonomicky únosné provádět selekci jednotlivých dřevin a

⁶¹ SPOHN, R.: *Nový průvodce přírodou – Stromy*. Praha : Knižní klub, 2008. ISBN: 978-80-242-2044-4, 256 s.

⁶² WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky*.

⁶³ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky*.

⁶⁴ WANTULOK, M.: *Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky*.

vyvážet je zvlášť na dvě různé hromady. Výjimku tvoří monokultury, ale ty se v našich podmínkách vyskytují především jako smrkové lesy,⁶⁵ případně borové lesy, tudíž se stejně jedná o klest z dřevin jehličnatých. Vyšší kvalitu má štěpka listnatých dřevin, ale je nutné si uvědomit, že největšími odběrateli jsou elektrárny a teplárny. Všechny již dříve zmíněné společnosti štěpku dodávají do elektráren Kladno a Trutnov, méně Český Krumlov. Průměrně jeden kotel za den ve zmíněných elektrárnách spotřebuje materiál z pěti plně naložených nákladních souprav. Jedna souprava má objem 80 m³. V tomto případě, je tedy důležité, aby vůbec podniky stihly biomasu dodávat, natož selektovat jednotlivé druhy dřevin. Podle mého názoru rozdíl, které sice jsou mezi jednotlivými druhy dřevin při výrobě patrné, nedokážou ekonomicky opodstatnit náročné selektování štěpky podle původu z dřevin listnatých, nebo jehličnatých.

⁶⁵ KOŠULIČ, Milan: *Cesta k přídě blízkému hospodářskému lesu*. Praha : FSC ČR, 2010. 450 str., ISBN: 978-80-254-6434-2

7. ZÁVĚR

Zpracování odpadu lesní těžby na lesní štěpku je velmi slibné odvětví, které má v České republice potenciál k dalšímu rozvoji. Díky podpoře obnovitelných zdrojů energie se produkce lesní štěpky stává ekonomicky zajímavým doplňkem ke konvenční těžbě dřeva. Vzhledem k provozní a pracovní náročnosti je však potřeba pečlivě zvolit správnou technologii výroby, aby náklady s produkcí spojené nepřevážily potenciální výnos.

Autor se v této práci zaměřil na porovnání jednotlivých způsobů zpracování dřevního odpadu z těžby dřeva na štěpku především s ohledem na místní specifika lesního hospodářství v České republice, dostupné technologie a podmínky na trhu s energetickými surovinami. Ve výzkumné části porovnal praktické zkušenosti dvou společností při výrobě štěpky na dvou lokalitách. Výzkum přinesl srovnání rychlosti produkce, spotřebu pohonných hmot, opotřebení techniky a dalších parametrů v závislosti na vstupní surovině (listnaté vs. jehličnaté dřevo). Listnaté dřevo se ukázalo jako výhodnější z většiny sledovaných parametrů. Lze však uzavřít, že rozdíl mezi oběma typy surovin nebyl natolik významný, aby opodstatnil přednostní štěpkování z listnatého dřevního odpadu, neboť selektování suroviny ve smíšených lesních porostech by bylo velmi náročné a náklady na něj by násobně převyšovaly benefity spojené se snazším štěpkováním listnatého dřeva.

8. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ČSN EN ISO 17225-4. *Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Tříděná dřevní štěpka*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 13 s.

ČSN EN ISO 17225-4. *Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv – Část 4: Dřevní štěpka pro maloodběratele*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

Česko. Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Vyhláška č. 477/2012 Sb. ze dne 20. prosince 2012, o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů*. IN *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 180, s. 6354. Dostupné také z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=79181&nr=477~2F2012~20Sb.&ft=pdf>>

Česko. Parlament České republiky. *Zákon č. 165/2012 Sb. ze dne 31. ledna 2012, o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů*. IN *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 59, s. 2482. Dostupné také z WWW: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=77573&nr=165~2F2012~20Sb.&ft=pdf>>

Doprava štěpky. *Dřevošrot a.s.* [online]. [Cit. 11-04-2015]. Dostupné z WWW: <<http://www.drevošrot.cz/stranka-doprava-stepky-24>>

El. Energie z biomasy. *i-EKIS : Internetové energetické konzultační středisko ČEA* [online]. 2007-11-30 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?akce=archiv&idp=6310>>

HOLTHAM, Alan: *How to Season and Dry Your Own Wood*. East Sussex : Guild of Master Craftsman Publications Ltd., 2010. ISBN: 978-1861-086-419

Japonský topol : sklizeň a výhřevnost. *Japonské topoly : Jižní Čechy* [online]. 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.topolyjc.cz/japonsky-topol-sklizen-a-vyhrevnost/>>

JELÍNEK, A.; HEJÁTKOVÁ, K. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním*. Praha : VÚZT, 2003. ISBN: 80-238-9749-7.

John Deere 1490D. *Merimex s.r.o. : Prodejce speciální lesní techniky John Deere* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.merimex.cz/produkty/john-deere/zpracovani-biomasy/john-deere-1490d/>>

Kaisler s.r.o. [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW : <<http://www.kaisler.cz/blog/kategorie/o-nas/>>

KÁRA, J. : *Stanovení možností využití odpadní biomasy ze zemědělské a potravinářské výroby pro výrobu tepla ekologicky šetrným způsobem*. Praha : VÚZT, 1997.

KOŠULIČ, Milan: *Cesta k přídě blízkému hospodářskému lesu*. Praha : FSC ČR, 2010. 450 str., ISBN: 978-80-254-6434-2

LIPOVSKÁ, L.; ČERNÍČEK, T.: *Jak (ne)zbohatnout na pěstování japonského topolu*. Praha : Powerprint, 2014, 190 str., ISBN 978-80-87994-03-0

MURTINGER, K.; BERANOVSKÝ, J.: *Energie z biomasy*. Praha : ERA group s.r.o., 2011. 106 str., ISBN: 80-7366-115-2

Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online] Srpen 2012 [Cit. 2015-04-02] Dostupné z WWW: <<http://www.mpo.cz/assets/cz/2012/11/NAP.pdf>>

NOVÁK, J. Výhřevnosti a měrné jednotky palivového dřeva. *Technická zařízení budov : stavebnictví, úspory energií*. [online] 2015 [Cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>>

O nás. *Městské lesy Vysoké Mýto, spol. s r.o.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.lesyvm.cz/index.php?inc=content/cz/o-nas.php>>

O nás. *Dřevošrot, a.s.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.drevosrot.cz/stranka-o-nas-1>>

O společnosti. *Triol CZ a.s.* [online] 2015 [cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.triol.cz/index.php?nid=4155&lid=cs&oid=518351>>

O nás. *Biomass Trading : Obchodník s biomasou kategorie I* [online] 2015 [Cit. 2015-04-12] Dostupný z WWW: <<http://www.biomtrade.cz/index.html>>

PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *BIOMASA – obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIC s.r.o. 2004, 286s, ISBN 80-86534-06-5.

PŘÍHODA, J.: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků. *Biom.cz* [online]. 2008-06-09 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>>. ISSN: 1801-2655.

PŘÍHODA, J.: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků II. *Biom.cz* [online]. 2008-06-23 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku-ii>>. ISSN: 1801-2655.

Renewable energy directive. *European Comission* [online] 2015 [Cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>>

Roční zpráva o provozu ES ČR 2013. *Energetický regulační úřad* [online] 2014 [Cit. 2015-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2013.pdf/20c3f587-a658-49f7-ace9-56be8a66b7b9>

Rychle rostoucí dřeviny. *Dřevošrot, a.s.* [online] 2015 [Cit. 2015-03-20]. Dostupné z WWW:
<<http://www.drevosrot.cz/stranka-exit-33>>

SIMANOV, V.: *Výroba, zpracování a využití biomasy*. Praha, Centrum rozvoje venkova - Státní zemědělský intervenční fond, [online] 2008. [cit. 2015-04-12], Dostupný z WWW:
<http://www.rarsm.cz/download/cd3/vyroba_zpracovani_vyuziti_biomasy.pdf>

SLADKÝ, V.: Příprava paliva z biomasy. *Studij. Inform. - Zeměd. Techn.*, 1995, 3, 50s.

SPOHN, R.: *Nový průvodce přírodou – Stromy*. Praha : Knižní klub, 2008. ISBN: 978-80-242-2044-4, 256 s.

SCHOLZ, Volkhard: Rychle rostoucí dřeviny - technologie sklizně. *Biom.cz* [online]. 2009-07-01 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rychle-rostouci-dreviny-technologie-sklizne>>. ISSN: 1801-2655.

ŠEJBR, J.: Vyhodnocení svazkovače těžebního odpadu v mýtních a kalamitních těžbách (bakalářská práce). Brno: MENDELU, 2008.

ŠENKEŘÍK, J.: *Technika a technologie zpracování odpadů z veřejné zeleně*. (dip.p.) Brno : MENDELU, 2010, 52 s.

STUPAVSKÝ, V.; HOLÝ, T.: Dřevní štěrka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.

Výhřevnost štěrky ze smrku. *i-EKIS : Internetové energetické konzultační středisko ČEA* [online]. 2007-10-15 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?akce=archiv&idp=5923>>

VYSLYŠEL, K. et al. *Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví : Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích* [online]. 2007 [cit. 2015-03-11]. Těžebně-dopravní technologie „šetrné k přírodě“. Dostupné z WWW: <www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/UKPSTPHVL.pdf>

WANTULOK, M.: Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěrky a možnosti rozvoje trhu s ní. *Biom.cz* [online]. 2011-02-14 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-vyrobou-lesni-energeticke-stepky-a-moznosti-rozvoje-trhu-s-ni>>. ISSN: 1801-2655.