

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

**PROBLEMATIKA ZPRACOVÁNÍ DŘEVNÍ BIOMASY
ŠTĚPKOVAČI**

Bc. Pavel Kalvas

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce

Doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Obor: Agroekologie

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Problematika zpracování dřevní biomasy štěpkovači vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části internetové databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích.

V Českých Budějovicích 29. dubna 2011

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu této diplomové práce panu doc. Ing. Antonínu Jelínkovi CSc. za podněty k vypracování, odborné vedení, poskytnutí cenných rad, doporučení materiálů a ochotu konzultovat každý problém který nastal při řešení této práce.

Téma: Problematika zpracování dřevní biomasy štěpkovači

Anotace:

Problematika mé diplomové práce se zabývá porovnáním vybraných štěpkovačů dostupných v ČR, popisem konstrukčního řešení štěpkovačů dřevní hmoty, následné zhodnocení u vybraných strojů energetické náročnosti a kvalitu konečného produktu v závislosti na objemu zpracované dřevní biomasy, posléze vyhodnocuji ekonomickou stránku sledovaného stroje.

Klíčová slova: biomasa, dřevo, štěpkovač, drtič, stroj

Subject: The issue of processing of wood biomass chipper

Annotation:

Problems of this thesis presents a comparison of selected chippers available in the Republic, describing the structural design of wood chippers, subsequent evaluation of selected machinery energy consumption and quality of the final product depending on the volume of processed wood biomass, then evaluate the economics of machine.

Key words: biomass, timber, wood chipper, crusher, machine

ÚVOD	7
1. ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE	9
1.1. Biomasa	9
1.2. Dřevní biomasa	9
2.1.1. Druhy dřevní biomasy	9
2.1.2. Základní třídění štěpek	13
2.1.3. Původ štěpkového materiálu	14
2.1.4. Kvalita dřevní štěpky závisí především na:	15
1.2.4.1. Obsah vlhkosti	15
1.2.4.2. Velikost částic	20
1.2.4.3. Druh dřeva	20
1.2.4.4. Objemová hmotnost	20
1.2.4.5. Prach a plísňové spóry	21
1.2.4.6. Obsah popele	21
2. TECHNOLOGIE PRO ZPRACOVÁNÍ DŘEVNÍ BIOMASY A TĚŽEBNÍCH ZBYTKŮ	22
2.1. Štěpkovače	22
2.1.1. Rozdělení štěpkovačů	22
2.1.2. Způsoby vkládání materiálu do štěpkovače	26
2.1.3. Štěpkovací mechanismy	26
2.2. Drtiče	30
2.2.1. Rozdělení drtičů	30
2.2.2. Pracovního ústrojí drtičů	31
2.3. Svazkovače těžebních zbytků	33
2.4. Specifika transportu štěpek	35
2.5. Sušení dřevní štěpky	37
3. STROJE DOSTUPNÉ VE VYBRANÉM PODNIKU SOME JINDŘICHŮV HRADEC	40
3.1. Stroje pro zpracování dřevní biomasy a komunálního odpadu Pezzolato	40

3.1.1.	Diskové štěpkovače PEZZOLATO řada "PZ"	40
3.1.2.	Diskové štěpkovače PEZZOLATO řada "H"	41
3.1.3.	Bubnové štěpkovače PEZZOLATO řada "PTH"	43
3.1.4.	Drtiče PEZZOLATO řada "S"	46
3.2.	Stroje pro zpracování dřevní biomasy a komunálního odpadu Doppstadt	48
3.2.1.	Bubnové štěpkovače Doppstadt řady "DH"	48
3.2.2.	Rychloběžné drtiče Doppstadt řada "AK"	49
3.2.3.	Pomaloběžné drtiče Doppstadt řady "DW"	50
3.2.4.	Kombi drtič Doppstadt řady "DZ"	50
4.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	52
4.1.	Postup při zpracování dřevní biomasy štěpkovačem Pezzollato	52
4.2.	Metodika zkoušek	55
4.2.1.	Stanovení výkonností	55
4.2.2.	Celková spotřeba energie	59
4.3.	Charakteristika štěpek	60
4.3.1.	Metodika	60
4.3.2.	Velikostní charakteristika	62
5.	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	65
6.	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI	71
	ZÁVĚR	73

Úvod

Narůstající poptávka po obnovitelných zdrojích energie je spojena s plánovaným navýšením využití biomasy pro energetické účely. V oblasti lesního hospodářství lze za zdroje energie považovat především zbytky z těžební činnosti, nekvalitní směs dříví a potenciálně i cíleně pěstované energetické dřeviny.

Se zvyšováním využívání biomasy pro energetické účely je spojen i rozvoj technologií pro její zpracování. Štěpkovače, drtiče, popř. svazkovače musí splňovat mnoho požadavků poskytovatelů i zpracovatelů biomasy – poskytovatelů energie. Mezi hlavní požadavky patří ekonomická perspektivnost výroby, provozuschopnost a proveditelnost v daném terénu, technologické požadavky na kvalitu výstupního materiálu a šetrnost k životnímu prostředí. V této oblasti již existuje mnoho poznatků a technologie pro dezintegraci biomasy (těžebních zbytků) jsou nabízeny řadou výrobců.

Potenciál dřeva zdaleka ještě není vyčerpán. Dřevo je především neustále dorůstající surovinou, kterou lze bez problémů zapojit do technických a energetických hospodářských procesů. Na rozdíl od fosilních zdrojů energie je prakticky bez škodlivých emisí a nevyvádí ekobilanci z rovnováhy. Energie dřeva je dominantním zdrojem energie pro více než dvě miliardy lidí, a to zejména v domácnostech rozvojových zemí. Biopaliva, zejména palivové dříví a dřevěné uhlí, v současné době poskytují více než 14 procent z celkové světové primární energie. Sociální a ekonomické scénáře ukazují trvalý nárůst poptávky po dřevěných palivech, která bude pokračovat po několik desetiletí.

V rozvojových zemích, závislost na těchto palivech je vysoká a pokrývá jednu-třetinu z celkové energie v těchto zemích. Ve vyspělých zemích, je energie ze dřeva (především pro výrobu tepla a elektrické energie) stále více označována, jako zdroj energie šetrný k životnímu prostředí, který poskytuje potenciální náhradu za fosilní paliva, a má schopnost přispět ke snížení emisí skleníkových plynů.

Celková produkce dřeva v roce 2008 dosáhla přibližně 3 900.000.000m³ (CUM), z které připadlo 2 300 000 000 CUM pro dřevěná paliva. To znamená, že přibližně 60 procent z celkové světové produkce dřeva z lesů je využíváno pro energetické účely.

Na druhé straně je také velice důležité lesy chránit před přílišným vytěžováním. Ve světě vznikají programy, které se úzce zabývají využíváním energie ze dřeva, které jsou navrženy tak, aby podporovaly udržitelné systémy využívající energii dřeva, stejně tak jako udržitelné hospodaření s lesy, dále pak také obživu a zajišťování potravin.

Jeden z programů nese název FAO, který klade důraz na:

- a) Posílení kapacity zainteresovaných členských zemí pro přijetí zdravé politiky energie dřeva a provádění rentabilních projektů.
- b) Rozvíjet, podporovat a sledovat inovační iniciativy pro systémy využívání energii dřeva prováděné příslušnými zainteresovanými stranami.
- c) Snížení znečištění ovzduší prostřednictvím podpory využívání více přístupný a dostupných dřevěných paliv.
- d) Zmírnění klimatických změn díky využití energie dřeva jako ekologicky šetrný zdroj energie.

1. Základní terminologie

1.1. Biomasa

Za biomasu je v užším pojetí považována organická hmota rostlinného původu získaná na bázi fotosyntetické konverze sluneční energie. Je to substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky ve vodě, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady (Cenek, M., 2001).

Pod pojmem biomasa (fytomasa) se zahrnují veškeré přírodní produkty, které jsou výsledkem procesu fotosyntézy, schopné zachytit 1 až 3 % dopadající sluneční energie (Moudrý, J., Stražil, Z., 1998).

Biomasa je naprosto ekologické palivo s výhřevností srovnatelnou s hnědým uhlím, ale s výrazně nižším, téměř zanedbatelným obsahem síry (a tedy i SO₂) a neutrální bilancí CO₂ (množství CO₂, které vzniká při spalování biomasy je shodné s množstvím, které spotřebují rostliny při svém růstu).

Energie biomasy je v podstatě uložená sluneční energie, kterou lze v této podobě snadno využít, skladovat, převážet a která je dostupná v nejbližším okolí.

1.2. Dřevní biomasa

Dřevní biomasa je dřevní hmota z lesní i jiné těžby (sady, parky, aleje) i nekvalitní (palivové dřevo), kmeny, větve, vršky stromů, pařezy a kmínky z probírek. Vedlejší výrobky a odpady z pil a dřevo-zpracovatelských podniků, jako jsou piliny, krajinky, kůra, hobliny, odřezky z nekontaminovaného dřeva včetně nekontaminovaných dřevotřískových desek, překližek a obalů (Abrham, Z., Andert, D., Sladký, V., 2006).

2.1.1. Druhy dřevní biomasy:

Kusové dřevo je nejstarší a stále zřejmě nejoblíbenější druh biomasy, využívaný pro vytápění domácností. Jeho největší výhodou je cena. Velkým záporem však jsou vysoké nároky na skladovací prostor a v neposlední řadě také nemožnost kotle na

toto palivo výrazněji automatizovat. Požadovaná vlhkost pro spalování je průměrně 20%. Této vlhkosti dřevo dosahuje, ale až po roce skladování (při kácení má vlhkost v čerstvém stavu 50%, i více). Vlhkost totiž ovlivňuje nejen účinnost spalování, ale i životnost kotle. Výhřevnost dřeva je při vlhkosti 25% v rozpětí od 8,8 MJ/kg do 11,3 MJ/kg (buk). Největšího účinku se dosahuje při spalování kusového dřeva ve zplynovacích kotlích.

Obrázek č. 1: kusové dřevo



Pramen: (www.biomasa-sro.cz)

Dřevěné brikety

Vyrábějí se z dřevěného odpadu (např. pilin, hoblin, výjimečně z kůry) vysokotlakým lisováním bez přidaných chemických pojiv. Důležité je, aby se nerozpadávaly, jinak je lze používat jen při spalování spolu s kusovým dřevem nebo hnědým uhlím. Nespornou výhodou briket je, že materiál pro jejich výrobu je tuzemský, obvykle se přepravuje na minimální vzdálenosti. Většina výrobců dřevních briket má lis pro jejich výrobu napojen přímo na truhlářský nebo pilařský provoz. Samozřejmostí je, jako u všech těchto paliv, jejich obnovitelnost. Materiál pro jejich výrobu stále dorůstá a navíc tento materiál vzniká při jiných činnostech, jako odpadní. Ani popel vzniklý při spalování briket není nijak nebezpečný a lze ho použít, jako vynikající kompostovatelný materiál. Menší brikety lze dopravovat šnekovým dopravníkem, větší jsou vhodné jen pro ruční přikládání. Jejich vlhkost a tím i výhřevnost je dána vlhkostí vstupního materiálu, tedy pilin a hoblin z pilařské výroby. Výhřevnost se pohybuje podle dřeviny okolo 17 až 19 MJ/kg.

Obrázek č. 2: dřevní brikety



Pramen: (www.jbpaliva.cz)

Dřevní pelety

Vyrábějí se ze stejného materiálu i stejným způsobem, jako dřevěné brikety, liší se jen ve velikosti. Díky menší velikosti jsou vhodné pro automatické kotle, čímž dosáhneme podobného komfortu, jako při topení plynem. Nejsou však vhodné pro zplynovací kotle.

Obrázek č. 3: dřevní pelety



Pramen: (www.biomasa-sro.cz)

Alternativní pelety

Jsou většinou vyráběny lisováním ze zemědělských odpadů a energetických rostlin. Poskytují stejný komfort, jako pelety dřevěné, ale mají vyšší nároky na vhodnou konstrukci kotle a jeho správné seřízení. Popelnatost je vyšší než u dřevěných pelet, popel lze využít jako minerální hnojivo.

Piliny

Piliny jsou sypký materiál obsahující jemné částice dřevní hmoty o různé vlhkosti. Vznikají jako vedlejší produkt při mechanickém dělení dřeva řeznými pilovými nástroji. Využití pilin: výroba dřevních pelet a briket přímé spalování v elektrárnách, teplárnách a při výrobě cihel (během zpalování zvyšují teplotu uvnitř cihly, díky čemuž vznikají póry a zlepšují se termoizolační vlastnosti cihel).

Obrázek č. 4: piliny



Pramen: (www.briklis.cz)

Dřevní štěpky

Jsou dezintegrovaným dřívím z klestu, prořezávkového materiálu, celých stromů, neodvětvených vrcholových částí stromů, tlustších listnatých větví, i z odřezků kmenového dříví vznikajících při druhování a adjustaci dříví v manipulačních skladech. Mimo lesních štěpek, obsahující dřevo, kůru i stromovou zeleň, známe ještě hnědé štěpky – vyráběné z kmenového dříví, a proto obsahují pouze dřevo a kůru a bílé štěpky – vyráběné z odkorněného dříví obsahují pouze dřevo. Tyto druhy štěpek jsou však určeny k technologickému zpracování a jejich energetické využití by bylo nevýhodné. (Simanov, V., 1995).

Obrázek č. 5: dřevní štěrka



Pramen: (www.biomasa-sro.cz)

2.1.2. Základní třídění štěpek

Charakter vstupního materiálu má zásadní vliv na vlastnosti paliva a je ovlivněn zejména druhem dřeviny a poměrem zastoupení dřeva, kůry, asimilačních orgánů a případně plodů. Podíl těchto komponentů v lesní štěpce kolísají v závislosti na druhu těžby, ročním období a dalších faktorech. (Simanov, V., 1995)

Zelená štěrka – (lesní štěrka) obsahuje podíl dřeva, kůry i asimilačních orgánů. Získává se především štěpkováním celých stromů z předmyšných zásahů těžebního odpadu. Její další využití mimo energetického zpracování se omezuje na krmivářské nebo kosmetické použití. (Simanov, V., 1995) Čerstvá zelená štěrka má nejenom vysokou vlhkost, ale současně obsahuje vysoký podíl živin, což poskytuje vhodné prostředí pro život mikroorganismů. Jejich zvýšená aktivita je pak doprovázena hnilobnými procesy a zahříváním štěrky, což může vést až k samovznícení. Opatření je třeba směřovat k omezení podmínek pro rozvoj aerobních mikroorganismů. Zejména je vhodné ponechat materiál před štěpkováním proschnout, štěrku skladovat v podmínkách umožňující další vysychání a omezit přístup vlhkosti z okolního prostředí. Například je možné hromady materiálu připraveného ke štěpkování chránit před dešťovými srážkami přikrytím geotextílií. Ve Skandinávii je k tomuto účelu používán papír s voděodpudivou úpravou. (SLEJŠKA, 2006)

Hnědá štěpka – se skládá z podílu dřeva a kůry. Jedná se o materiál určený zejména k technickému použití v papírenském průmyslu nebo na výrobu aglomerovaných desek. Musí ovšem splňovat určité kvalitativní předpoklady. K energetickým účelům se používá hnědá štěpka horší kvality, kterou není možné využít k technickým účelům. Může ale dojít k nežádoucímu stavu, kdy výkupní ceny energetické štěpky díky vysoké poptávce a dotacím na „zelenou energii“ přerostou ceny štěpky technické. V takovém případě je na místě regulace výkupních cen energetické štěpky, aby nedocházelo k plýtvání kvalitní dendromasou.

Bílá štěpka – je získávána štěpkováním odkorněného materiálu. Tato štěpka je určena výhradně k technickému použití. (Simanov, V., 2004)

2.1.3. Původ štěpkového materiálu

Zbytky z lesní těžby

- *klest*: vrcholová část stromů do tloušťky nehroubí (do 6 cm) a větve po odvětvení, oklestu nebo ořezu.

- *těžební odpad*: klest po odvětvení spolu s odřezky z kmenové části vzniklé při manipulaci s kmenem.

- *celé stromky* z prořezávek a prvních probírek, kde jedinci nedosahují dostatečných dimenzí umožňujících jiné použití nebo je takové využití neekonomické. Soustředování těžebního odpadu vlečením nebo shrnováním způsobuje znečištění zeminou a omezuje nasazení štěpkovacích zařízení. Především takovému znečištění je možné použitím vyvážecích souprav. Další možností je paketování (rozšířen zejména ve Finsku) při kterém se klest lisuje do balíků, které je možné přímo spalovat ve speciálně upravených topeništích nebo použít jako mezioperační zásobu a následně dezintegrovat. (Simanov 1995, ALAKANGAS 1999)

Rychle rostoucí dřeviny

V oblastech, kde zbytky z lesní těžby nepokrývají potřeby odběratelů, mohou produkci dendromasy zajišťovat i zemědělské pozemky. Pro tento účel je využíváno zejména porostů tzv. rychlerostoucích dřevin zejména topolů a vrb.

Odpady z dřevozpracujícího průmyslu

Pokud se jedná o dřevní štěpku z odkorněného materiálu s minimálními příměsí kůry, je vhodnější dát přednost technickému využití před energetickým. Zvýšená pozornost musí být věnována znečištěné dřevní hmotě různými příměsemi, jako jsou lepidla, syntetické pryskyřice, materiály na povrchové úpravy. Tyto jsou důvodem k zařazení takového spalovaného materiálu mezi odpady a jejich likvidaci spalováním. Poté musíme hodnotit z hlediska emisních limitů spalin podle předpisů platných pro spalovny (zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší). Mezi takové odpady patří i zbytky z dřevotřískových desek, starý nábytek a obalové materiály znečištěné zbytky umělých hmot. (LINHART, 1999)

2.1.4. Kvalita dřevní štěpky závisí především na:

- obsahu vlhkosti
- velikosti částic
- druhu dřeva
- objemové hmotnosti
- úrovni prachu a spór plísní ve dřevě
- obsahu popelovin

Kvalitní dřevěné štěpky se vyrábí stroji s ostrými noži, se schopností měnit velikost štěpky. Ostatní stroje používají kladiva nebo cepy ke snížení velikosti částic a produkují relativně nekvalitní štěpku, která je nevhodná pro použití v malých zařízeních. U velkých zařízení mohou však také nastat problémy při manipulaci a spalování. Pro lesní prořezávky a jiné dříví, je toto sekání naopak preferovanou možností. Tato poznámka se týká pouze dřevní štěpky, i když existují i jiná dřevěná paliva, jako piliny, palivové dřevo, slupky, plotové sloupky, atd. Kvality paliva je uvedena v IS CEN TS 14961:2005 Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy (k dispozici od NSAI: www.standards.ie). (Pieter D. Kofman, 2006)

1.2.4.1. Obsah vlhkosti

Vlhkost je vyjádřena jako procento vody z celkové hmotnosti, a určuje do značné míry, kde mohou být použity dřevěné třísky a jestli štěpky mohou být uloženy. Čerstvě pokácené stromy mají obsah vlhkosti rozmezí 40-60%. Jehličnany (měkké dřevo), mají obsah vlhkosti nejméně 55%, zatímco tvrdá dřeva, jako dub

a buk mohou mít obsah vlhkosti kolem 50%. Výjimkou je jasan, který má nízký přirozený obsah vlhkosti kolem 40%. Vrba, na straně druhé má velmi vysoký obsah vlhkosti, mezi 55 a 60%. Dřevo, které má být použito, jako palivo je obvykle dále upravováno před použitím. Odvoz pokácených stromů z lesa v podobě celých stromů v průběhu léta, může vést ke snížení obsahu vlhkosti v rozmezí 10 až 15%. Další výhodou je to, že jehličí bude opadávat, což snižuje riziko koroze v kotli a zachovávání živin v lese. Při obsahu vlhkosti kolem 30% má být dřevo uloženo v podobě kulatiny na přikryté hromadě. Vzhledem k času přirozeného sušení může dojít ke snížení obsahu vlhkosti minimálně o 20%. Pokud požadujeme nižší vlhkost, je nutné sušení, toho lze dosáhnout pomocí umělého sušení větráním s teplým vzduchem nebo suchou parou. Požadovaná vlhkost závisí do značné míry na velikosti zařízení, ve kterém bude štěpka spalována. U malých zařízení, tj. pro jednotlivé domácnosti nebo podobné stavby do 250 KW, jsou suché štěpky zapotřebí s nejvýše 30% vlhkosti. Pro mírně větší zařízení, jako jsou topné kotle v hotelech a další větší budovy do 500 KW, je možné použít hranolky s obsahem vlhkosti až o 40%. Velká zařízení, nad 1 MW nejsou obvykle velmi náročné na obsah vlhkosti. Konzistence obsahu vlhkosti je důležitější než skutečná úroveň. Kotle jsou obvykle upraveny tak, aby mohli být seřízeny, jestliže se obsah vlhkosti v palivu významně mění. Pro všechna zařízení platí pravidlo, že čím sušší paliva tím vyšší účinnost kotle. Když jsou uloženy dřevěné štěpky a to i po krátkou dobu, proces biologického rozkladu začne okamžitě. Vlhkost a živiny jsou nezbytné složky pro degradaci dřeva: mokřejší štěpky s vyšším obsahem živin rychleji podléhají degradaci. Z procesu rozkladu se uvolňuje teplo, voda a oxid uhličitý, což má za následek úbytek sušiny. Při skladování hromad třísek z čerstvě pokácených jehličnanů dochází k velmi rychlému samozahřátí až na 280 ° C, což vede dokonce až k samovznícení. Pro skladování štěpky, by měla být ideální vlhkost nižší než 30%. U těchto štěpek nastává biologická aktivita minimálně. Biologická aktivita se zvyšuje se zvýšením obsahu vlhkosti. Štěpka s méně než 40% vlhkosti se smí skladovat na krátkou dobu – až několik měsíců, zatímco štěpka s více než 40% vlhkosti by měla být spálena okamžitě. Štěpka z čerstvě pokácených jehličnanů, ztratí skladováním až 2-3% sušiny za měsíc, zatímco ztráty sušiny u suchého dřeva jsou minimální. (Mikko Helin, 2005).

Vlhkost paliva ovlivňuje:

- aktuální výhřevnost
- sypnou hmotnost
- intenzitu degradace a snižování kvality paliva
- produkci spór hub tvořící zdravotní riziko
- omezuje využití paliva u menších topenišť
- zvyšuje riziko samovznícení

(HARTMANN, H., 2004)

Přestože množství energie akumulované v dendromase je srovnatelné například s hnědým uhlím, není tato energie využitelná v celém jejím rozsahu. U pevných biopaliv podstatně kolísá výhřevnost paliva právě pod vlivem aktuální vlhkosti materiálu. Dřevo lze obecně rozlišovat na dřevo mokré a suché, kde hranicí je hodnota relativní vlhkosti 30%. U čerstvě pokáceného, mokrého dřeva po vytěžení se obsah vody pohybuje i nad w_r 60 %. Velice rychle však obsah vody klesá atmosférickým sušením. Nad hodnotou w_r 60 % je spalování dřeva z energetického hlediska značně problematické, protože spotřeba tepla pro odpaření tak velkého množství vody v palivu činí spalování skoro nemožným a zejména neefektivním. Obdobný efekt snižující účinnost spalování má použití dřeva zmrzlého. (LINHART 1999)

Obecně lze říci, že dříví do vlhkosti w_r 30 % lze spalovat v kotlích běžné konstrukce. Dříví o vlhkosti w_r v rozmezí 30 % až 60 % je spalitelné pouze v kotlích vyšších výkonů a speciální konstrukce, kde je zaručeno jeho předsušení a stabilizace teploty spalování. Dále bývají tyto kotle vybaveny kondenzačním zařízením odnímající tepelnou energii vodní páře unášené spalinami a umožňující její další využití. (KLEPÁRNÍK 2005)

V praxi je možné se setkat se dvěma způsoby vyjadřování vlhkosti: absolutní vlhkost (w_a) a relativní vlhkost (w_r).

Absolutní vlhkost (wa) je běžná v dřevo-zpracujícím průmyslu, kde se obsah vody v dřevní hmotě vyjadřuje jako poměr hmotnosti vody a hmotnosti absolutně suchého dřeva podle vzorce:

$$w_a = H1 - \frac{H1}{H2} \cdot 100 (\%)$$

legenda:

H1 - hmotnost vzorku surové dřevní hmoty (kg)

H2 - hmotnost vzorku po vysušení (kg)

Relativní vlhkost (wr) se užívá v energetice, kde vyjadřuje poměr hmotnosti ve dřevě obsažené vody a hmotnosti vlhkého dřeva podle vztahu:

$$w_r = H1 - \frac{H2}{H1} \cdot 100 (\%)$$

Metody zjišťování vlhkosti dřeva

A) Přímé metody

Spočívají v přímém zjištění skutečného množství vody ve dřevě pomocí vážení. Mezi nejznámější metody patří metoda gravimetrická, v praxi nazývaná váhovou metodou a destilační metoda.

Pomocí těchto metod je možné stanovit vlhkost u většiny dřevních materiálů a to prakticky v rozmezí vlhkosti od 0 % až po maximální nasycení. Přesnost měření je dostačující, jak pro výzkumné, tak i pro praktické účely. Nevýhodou je naopak časová náročnost, a proto se nehodí ke kontinuálnímu měření vlhkosti. (POŽGAJ 1997)

Gravimetrická metoda

Principem metody je stanovení hmotnosti vlhkého a vysušeného dřeva vážením. Vzorek dřeva je vysušen v sušárně při teplotě 103 ± 2 °C do dosažení konstantní hmotnosti vzorku.

Dřevo je možné také vysoušet i v prostředí s nulovou vlhkostí. Takové prostředí vytvoříme například požitím kyseliny sírové, silikogelu nebo chloridu vápenatého. Voda ve dřevě má vyšší tlak par než okolní prostředí, a proto její molekuly unikají ze dřeva do okolního prostředí až do jeho úplného vysušení. Tento proces je mnohem náročnější a zdlouhavější. (POŽGAJ 1997).

Destilační metoda

Principem této metody je získání hmotnosti vody ve dřevě na základě jejího objemového množství. Požívá se zejména ke stanovení vlhkosti dřeva impregnovaného olejovými látkami, kde je problematické použít gravimetrickou metodu. Zvážená štěpka se uloží do baňky s kapalinou, která se nemísí s vodou a má odlišnou hustotu (xylen, benzen, atd.) spojenou s kalibrovanou předlohou. Baňka se ohřívá ve vodní koupeli. Páry vody a použité kapaliny zkondenzují v chladiči a stékají do kalibrované předlohy v dolní části, kde se stanoví objemové množství obsažené vody a přepočte se na hmotnostní podíl. (POŽGAJ 1997)

B) Nepřímé metody

Při těchto metodách se vlhkost dřeva zjišťuje na základě známých zákonitostí zjištěných teoreticky nebo empiricky mezi vlhkostí dřeva a jinou veličinou, přičemž není potřebné stanovit hmotnost vody nebo dřeva.

Elektrické metody

Sem patří elektrické vlhkoměry, které jsou založené na principu měření určité elektrické vlastnosti, nejčastěji elektrického odporu nebo vodivosti, kapacity či ztrátového činitele. Podle měření uvedených fyzikálních veličin se vlhkoměry dělí na jednotlivé typy.

- odporový (měření elektrického odporu)
- kapacitní (měření permitivity)

- absorpční a mikrovlnný (ztrátový činitel)

Výhodou těchto vlhkoměrů je poměrně krátký čas potřebný pro vyhodnocení. (POŽGAJ 1997).

1.2.4.2. Velikost částic

Velikosti částic dřevní štěpky jsou závislé na typu štěpkovače, nastavení nožů a úroveň údržby stroje. Pro rozdělení dřevěné štěpky na frakce, jsou stroje vybaveny řadou sítí různých velikostí. IS normy CEN klasifikuje štěpku jako P16, P45, P63 a P100, které vyžadují, aby 80% všech částic ze vzorku mohlo propadnout přes vyznačené velikosti v mezerách síta. Nicméně, testy ukázaly, že třídy nesplňují správné velikosti spektra. Obecně lze říci, čím menší kotel, tím menší velikosti štěpky. Jestliže vybereme více částic ze vzorku, lze snadno vidět způsob, jakým byly řezány. Šířka řezu je nominální velikost štěpky, která se přímo vztahuje k nastavení nože štěpkovače.

1.2.4.3. Druh dřeva

Druh dřeva má vliv na kvalitu paliva. Moc tvrdé dřevo, jako jsou dub, buk, jasan a javor mají mnoho tuhých částí, která budou poskytovat příliš dlouhé částice do paliva. Měkké dřevo, jako břízy mají ohebné větve, které budou obsahovat mnoho tenkých dlouhých částic. Objemová hmotnost tvrdého dřeva je mnohem vyšší než u měkkého dřeva. To znamená, že menší množství tvrdého dřeva musí být vloženo do kotle, abychom získali stejné množství energie, jako u měkkého dřeva. Nicméně jednotka sušiny pro získání určitého množství energie je prakticky stejná pro všechny druhy dřeva. Jasanová štěpka má mnohem nižší obsah vody než štěpka od jiných druhů tvrdého dřeva, zejména při porovnání čerstvě sklizeného materiálu. (Pieter D. Kofman, 2006)

1.2.4.4. Objemová hmotnost

Mokrý objemová hmotnost ze štěpky je vyjádřena jako hmotnost na jednotku objemu štěpky, obvykle v kg / m³ objemu. Typicky pro měkké dřevo, jako je smrk, představuje hmotnost na metr krychlový s 45% vlhkostí zhruba 270 do 300 kg. Pro stejný objem buku, představuje hmotnost v řádu 320 - 370 kg. Suchá objemová hmotnost je hmotnost suché štěpky na jeden krychlový metr.

Pro jehličnany je suchá objemová hmotnost v rozmezí od 150 do 165 kg sušiny na metr krychlový. U buku by to bylo 180 do 205 kg. (Edberg, U., Engstrom, L., Hartler, N., 1973)

1.2.4.5. Prach a plísňové spóry

Dřevní štěpka bude vždy obsahovat prach a pokud byla uložena, bude také obsahovat plísňové a bakteriálních spóry. Prach je generován při procesu sekání a lze jen málo udělat, aby se tomu zabránilo. Bakterie a spóry plísní jsou všudypřítomné a dobrým růstovým médiem pro jejich rozvoj se jeví štěpka z vlhkého dřeva. Teplota ve vlhké dřevěné štěpce vzrůstá rychle od úvodní 10-20 ° C až na 90 ° C. Při tak vysokých teplotách bude hromada sterilizovat sama sebe a houby a bakterie odumírají, ale ne dříve, než se z nich utvoří velké množství spór. Spóry plísní mohou být příčinou vážné alergie. Pro každou expozici spóry, bude alergie odlišná. Při první reakci je projev spíše mírný s malým podrážděním dýchacích cest, později to může způsobit horečku. Pokud je expozice prodloužena, a člověk je citlivý, pak by měl dělat jinou práci, kde se vyhne kontaktu s dřevěnými třískami. Z těchto důvodů se doporučuje, že vnitřní skladování štěpek by mělo být umístěno co nejdál od frekventovaných míst lidí. Skladovací prostory by také měla být dobře větrané. Pro větší zařízení, se doporučuje, aby vzduch po vypalování byl vyveden z štěpkového sila, následně dojde k vytvoření podtlaku v oblasti skladování a došlo ke snížení objemu spor v okolním vzduchu. (Pieter D. Kofman, 2006)

1.2.4.6. Obsah popele

Obsah popele z čistého dřeva bez kůry je poměrně malý, dosahuje pouze 0,5%. Pokud je spalováno dřevo s kůrou, podíl se zvýší na přibližně 1%. Pokud je spalována dřevo štěpka s kůrou a jehličím, procentuální podíl popele může ještě mírně vzrůst. Bylo-li dřevo znečištěno zeminou, pískem nebo kamením, pak obsah popele může snadno dosáhnout 5-10%. Z tohoto důvodu by dřevní štěpka měla být tak čistá, jak jen to je možné. Zahradní a zahradnické odpady, které často zahrnují pařezy atd., často mají obsah popele nad 5 nebo dokonce nad 10%. (Pieter D. Kofman, 2006)

2. Technologie pro zpracování dřevní biomasy a těžebních zbytků

Rozdružování těžebních zbytků probíhá dvěma odlišnými metodami. První je metodou štěpkování, kde je vstupní materiál dělen ostrými noži na homogenní štěpku. Druhým způsobem rozdělení těžebních zbytků je drcení, kde je materiál dělen pomocí kladiv umístěných po obvodu rotoru. Další metodou zpracování těžebních zbytků je lisování a následné svazkování větví a stromových vršků do svazků. (Příhoda, J., 2008)

2.1. Štěpkovače

Jsou to zařízení k beztržskému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

2.1.1. Rozdělení štěpkovačů

Podle provedení rozlišujeme štěpkovače na:

- **štěpkovače přívěsné za traktory**
- **štěpkovače zavěšené na tříbodový závěs univerzálního traktoru**
- **štěpkovače umístěné na podvozcích lesních traktorů**
- **štěpkovače na samostatném podvozku s vlastním motorem**
- **štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů**
- **štěpkovače umístěné na podvozcích vyvážecích souprav**

Přívěsné štěpkovače za traktor

Řešení i použitelnost jsou jako u štěpkovačů na tříbodový závěs univerzálních traktorů. Některé štěpkovače agregované s traktory vyšších výkonových tříd jsou

vybavené hydraulickými rukama s podávacím zařízením. (Kára, V., et al., 1997).

Obrázek č. 6: přívěsný štěpkovač



Pramen: (www.mikes-cz.eu)

Štěpkovače umístěné na podvozcích lesních traktorů

Jsou určeny k sekání dřeva přímo na těžebním místě nebo na přibližovací lince. Mohou také pracovat na odvozních místech. Hlavní pracovní uzly (sekací agregát a podávání dřeva) jsou konstruovány tak, aby byly vhodné hlavně k sekání větví, vršků i ostatních zbytků po těžbě. Jsou vybaveny hydraulickou rukou a většinou separátním motorem k pohonu technologické nástavby. Většina z nich má kontejner, do kterého je štěpka pneumaticky dopravována při práci na těžebním místě nebo přibližovací lince. Po naplnění kontejneru vyveze stroj štěpku na odvozní místo a přesype ji na korbu nákladního automobilu nebo do velkokapacitního kontejneru, popř. uloží na meziskládku. (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

Štěpkovače na samostatném podvozku s vlastním motorem

Pracují bez nutnosti připojení k vozidlu. Stroje se samostatným pohonem, vybavené dálkovým ovládním základních prvků a často s vkládáním vstupního materiálu externím strojem. (Vyslyšel, K., et al., 2007)

Obrázek č. 7: štěpkovač s vlastním pohonem



Pramen: (www.doppstadt.de)

Štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů

Jedná se o skupinu nejvýkonnějších štěpkovačů. Mají obvykle vlastní pohon technologické nastavby. Nasazení těchto strojů vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti těžby a přibližování dříví ke štěpkovači a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby byl štěpkovač plně využit. (Příhoda, J., 2008)

Obrázek č. 8: štěpkovač na nákladním automobilu



Pramen: (www.pezzolato.it)

Štěpkovače umístěné na podvozcích vyvážecích souprav

Jsou určeny ke štěpkování dřeva mimo zpevněné cesty. Mohou pracovat přímo na pasece bez předešlého shrnutí klestu nebo na odvozních místech a kontinuálně zpracovávat velké skládky po těžebních zbytcích. Jsou vybaveny hydraulickou rukou ovládanou z kabiny operátora. Většinou je štěpkovač poháněn samostatným motorem. (Příhoda, J., 2008)

Podle velikosti rozlišujeme 3 kategorie štěpkovačů:

I. kategorie - malé - vlastní podvozek, připojitelné za traktor

- (výkon motoru 25 - 50 kW)

II. kategorie - střední – jedno - dvounápravový přívěs

- (s výkonem motoru 50 - 100 kW)

III. kategorie - velké - nesené na traktorovém podvozku nebo samojízdné

- (výkon motoru pro vlastní štěpkovače 100 - 450 kW)

(Jelínek, A., Hejátková, K.,2002).

Malé štěpkovače jsou většinou vyráběny jako nesené do tříbodového závěsu traktoru nebo jako jednonápravové „přívěsy“, které lze připojit i za osobní automobil. Pro pohon těchto štěpkovačů je potřeba výkon přibližně v rozmezí od 25 až do 50 kW. Tyto štěpkovače je již možno běžně použít pro přípravu energetické štěpky.

Střední štěpkovače se vyskytují v provedení, jako jedno a vícenápravová přípojná vozidla s pohonem buď od vývodového hřídele traktoru, nebo s vlastním spalovacím motorem o výkonech zpravidla od 50 do 100 kW.

Velké štěpkovače jsou konstruovány jako vícenápravové přívěsy a návěsy, popř. jako samojízdné. Tyto stroje jsou již určeny pro průmyslovou velkovýrobu štěpky, čemuž nasvědčuje také výkon motorů, které se pohybují v rozmezí 100 až 450 kW. (Celjak, 2000)

Podle mobility a začlenění do technologických linek v zásadě rozlišujeme štěpkovače:

➤ **Stacionární štěpkovače**

Sekací agregát, skládající se ze statoru a rotoru, je trvale zabudován do technologické linky na pevných základech. Před sekacím agregátem je v lince přísunové a podávací zařízení. Za sekacím agregátem je zařízení na odvod štěpky

(potrubí nebo dopravník). K pohonu štěpkovače slouží elektromotor. Upravený sekací agregát stacionárních štěpkovačů se obvykle používá, jako sekací agregát mobilních štěpkovačů. (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

➤ **Mobilní štěpkovače**

Pojízdné štěpkovače mají agregát namontován na podvozku, který je určen k přesunu štěpkovače. Naproti tomu převozné štěpkovače nemají sekací agregát trvale zabudován na pevných základech ani namontovaný na podvozcích. Na pracoviště se převážejí jiným dopravním prostředkem. (Kára, V., et al., 1997)

2.1.2. **Způsoby vkládání materiálu do štěpkovače**

Podávání materiálu do štěpkovačů bývá u malých typů štěpkovačů obvykle:

- **ruční** pro sekání tenkého odpadového dříví menších objemů.

U větších typů štěpkovačů:

- **hydraulickou rukou s drapákem**

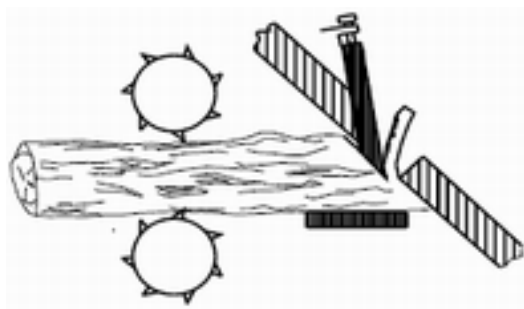
Dávkovací zařízení je obvykle hydraulická ruka, která je umístěna na stejném podvozku jako štěpkovač nebo na traktoru a může tak být ovládána z kabiny traktoru. Štěpkovače jsou obvykle vybaveny elektronickou pojistkou proti přetížení, kdy v případě přetížení motoru dojde k blokaci přísunu materiálu do té doby, než je předešlý materiál zpracován a rotor získá potřebné otáčky (Vyslyšel, K., et al., 2007) Větší štěpkovače jsou vybaveny vkládacím ústrojím tvořeným buď dvěma rýhovanými válci, z nichž jeden je výškově stavitelný nebo dvěma dopravníky, které mají na spojovacích příčkách ocelové trny. (Jelínek, A., Hejátková, K., 2002)

2.1.3. **Štěpkovací mechanismy**

- diskový (kotoučový)
- bubnový
- šnekový (šroubovicový)
- s protiběžnými hřídeli

Štěpkovače s *diskovým (kotoučovým) pracovním ústrojím* jsou nejrozšířenějším a nejvýkonnějším zařízením na tvorbu štěpek, umožňují štěpkování dřeva až do průměru 500 mm. Nevyžadují ventilátor nebo samotný kotouč, vybavený lopatkami má dostatečný vrhací a ventilační účinek. Velikost vstupního otvoru je omezen poloměrem nožového kotouče, a proto tyto štěpkovače nejsou vhodné pro štěpkování nesourodého (chaotického) materiálu. (Jelínek, A., Hejátková, K.,2002).

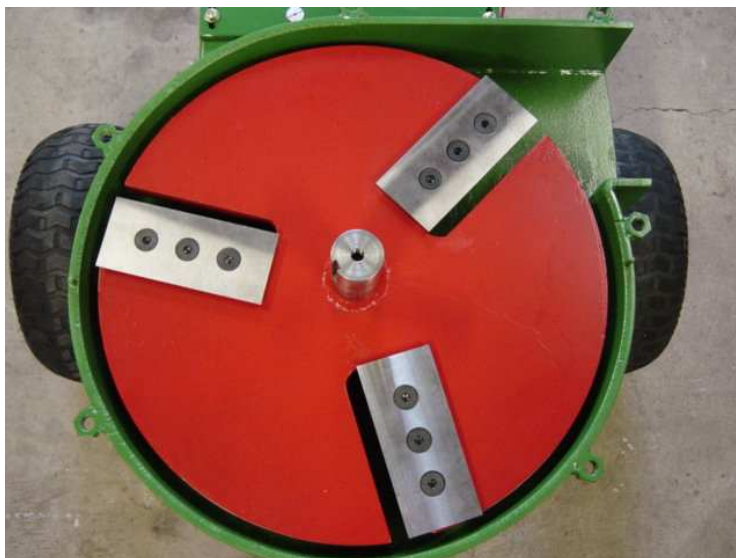
Obrázek č. 9: diskové prac. ústrojí



Pramen: (www.carborobot.hu)

Obrázek č.10: diskové prac. ústrojí

Obrázek č. 10: diskové prac. ústrojí



Pramen: (www.bedair.org)

Původně byly řešeny jako stacionární s průměrem disku od 1 000 do 2 000 mm, s počtem nožů od 2 do 16 a potřebným instalovaným příkonem až 500 kW. Štěpkovače byly řešeny tak, že dřevo šikmo klouzalo po žlabu k rotoru. Výkonnost těchto štěpkovačů je velmi vysoká: 250 až 300 při sekání rovnaného dřeva nebo

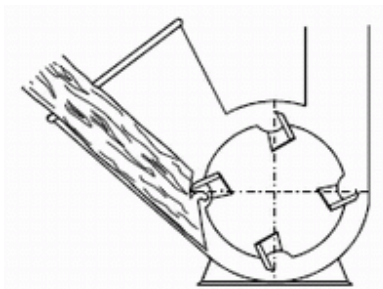
krácených výřezů délky 2 až 4 metry. (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

Rozlišujeme dva druhy diskových štěpkovačů:

- 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. Uvedená síla má velký význam při vtahování a formování koruny stromů podávacím zařízením. (Kára, V., et al., 1997).
- Štěpkovače, jejichž rovina sekání je kolmá na osu dopravníku a pootočená k ose dopravníku o úhel β , umožní i při velkých průměrech sekacího disku zmenšit celkovou výšku podávacího zařízení, pokud sekání probíhá ve spodní části disku. Pohon celého zařízení je jednodušší, protože úhel β je vytvořen v horizontální poloze a spalovací motor je uložen vodorovně, což je vyhovující. Konstrukce takového štěpkovače však má nevýhody v tom, že podávací zařízení musí být vybaveno vertikálními válci, které zachytí účinek sekacích nožů na vtahovací dopravník do vertikálních válců a protinůž musí být řešen v rovině horizontální i vertikální. (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

U štěpkovačů s *bubnovým pracovním ústrojím* jsou nože umístěny na povrchu rotujícího válce rovnoběžně s jeho osou, častěji však šikmo. Velikost vstupního otvoru pro podávání materiálu ke štěpkování lze relativně snadno při konstrukci zvětšovat prodlužováním válce a zvětšováním jeho průměru. Proto je tato konstrukce vhodná zejména pro štěpkování chaoticky uspořádaného materiálu např. klestu, vyžadujícího velký vstupní otvor a použití mačkáčích podávacích válců. (Jelínek, A., Hejátková, K., 2002).

Obrázek č. 11: bubnové prac. ústrojí



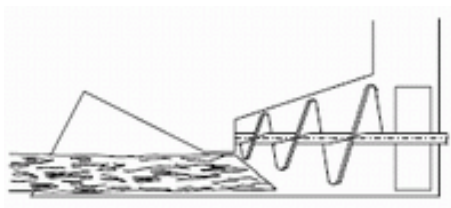
Obrázek č. 12: bubnové prac. ústrojí



Pramen: (www.carborobot.hu)

U štěpkovačů s *pracovním ústrojím spirálovým (šnekovým)* je dřevo vtahováno do pracovního prostoru směrem k většímu průměru, až nakonec v posledním závitě šroubovice dojde k oddělení štěpky a jejímu vypadnutí z pracovní komory. Bývají provedeny často jako traktorové nesené s vkládacím hrdlem směřujícím dozadu. (Jelínek, A., Hejátková, K.,2002)

Obrázek č. 13: šnekové prac. ústrojí



Pramen: (www.carborobot.hu)

Obrázek č. 14: šnekové prac. ústrojí



Pramen: (www.fluidyrenz.250x.com)

2.2. Drtiče

Jedná se o stroje určené k drcení větví, kůry nebo zelené hmoty. Drť je vhodná k tvorbě kompostovací zakládky. Na materiál působí více druhů namáhání, úderem, pomalým tlakem nebo ostřím. U drcených částic pak dochází k lámání, štípání a jejich rozmělnění. Drtič lze použít v případech přítomnosti cizorodých látek. Je méně citlivý, což je výhoda oproti štěpkovačům, nabízí možnost zpracování nehomogenních materiálů. Zpracovává se celá řada dřevnatého i nedřevnatého materiálu. Velikost výstupních částic z drtiče je dost nerovnoměrná. Nevýhodou drtičů je velmi vysoká energetická náročnost. (Šenkeřík, J. 2010)

2.2.1. Rozdělení drtičů

Podle rychlosti otáčení pracovního orgánu dělíme drtiče na rychloběžné, pomaloběžné a kombinované.

Rychloběžné drtiče

Rychloběžné drtiče jsou vybaveny rychle se otáčejícím rotorem s volně uloženými kladivy. Velikost výstupního materiálu je možné volit použitím celé řady dodrcovacích košů s různou velikostí otvorů (50-280 mm). Tyto drtiče jsou vhodné pro zpracování bioodpadů, starého dřeva, palet, zahradních a parkových odpadů, ořezů ze stromů. Mohou být nasazeny na zpracování zbytků dřeva po těžbě. Podle tvaru drtičícího orgánu je můžeme rozdělit na diskové a bubnové. Disk diskových drtičů je umístěn vertikálně s malými nožíky instalovanými v čelní ploše disku.

Dřevo k disku přitlačuje hydraulicky ovládaná protilehlá stěna. Tyto drtiče jsou vhodné na drcení pařezů, kusového odpadu, těžebního odpadu a podobných surovin. (Some, 2009)

Pracovní orgán bubnových rychloběžných drtičů může být vybaven spirálovitě rozmístěnými noži nebo kladívky. Drtiče vybavené noži jsou vhodné na drcení větví, kusového odpadu apod. Drtiče opatřené kladívky je vhodné využít na drcení tenkých větví, křovin, kůry a podobných materiálů. (Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004)

Pomaloběžné drtiče

Jsou určeny pro hrubé zpracování materiálu podélně uloženým rotorem se zuby, které materiál protlačuje přes hydraulicky jištěný hřeben. Činným orgánem je obvykle válec, po jehož obvodu jsou spirálovitě rozmístěné nožičky různých tvarů (hranaté, trojúhelníkové). Podle tvaru nožů je tvarován i protinůž. Podle počtu rotujících válců jsou drtiče jednoválcové nebo dvouválcové. Dvouválcové drtiče mohou být i bez protinožů, se směrem otáčení válců proti sobě. Jsou vhodné pro drcení starého dřeva (nábytek, stavební dřevo, železniční pražce, pařezy), dále pak k drcení tuhého komunálního odpadu. Tyto stroje mohou být řešeny jako mobilní nebo stacionární. (Some, 2009)

Kombinované drtiče

Tento stroj kombinuje výhody pomaloběžného a rychloběžného drtiče do jednoho zařízení. Díky tomuto spojení lze na vstupu zpracovávat hrubý materiál a na výstupu získat menší frakci podrceného materiálu. Drtiče mohou být vybaveny magnetickými separátory kovových příměsí. (Some, 2009)

2.2.2. Pracovního ústrojí drtičů

Pracovní ústrojí drtičů rozlišujeme:

- a) talířové (osazeno 1, 2, nebo více noži, talíř uložen kolmo nebo šikmo k přiváděnému materiálu)
- b) nožové (2 – 4 zahnuté nože v kombinaci s nožovou hvězdicí tzv. systém „mixér“)
- c) spirálové ostří (kotouč uložen kolmo nebo šikmo k přiváděnému materiálu,

- tlumí rázy a způsobuje větší plynulost řezu u silnějších materiálů)
- d) kladívkové (použití k drcení na malé částice)
 - e) kombinované

Nově dochází k použití mechanismů s pomalu se otáčejícími pracovními orgány.

Zde rozlišujeme pracovní ústrojí:

- 1) s frézovacím válcem
- 2) se šnekovým řezacím mechanismem

Podobně jako u štěpkovačů se vyskytují drtiče hnané elektrickou energií, spalovacím motorem nebo pohonem od vývodové hřídele traktoru.

Podle způsobu dopravy pak rozlišujeme drtiče přenosné a převozné. Převozné drtiče mohou být nesené traktorem na jednonápravovém nebo dvounápravovém podvozku.

Pracovní ústrojí se vyrábí z houževnatého materiálu, protože zde dochází k značnému namáhání činných částí (nože, kladívka, frézovací hlavy či šneky). (Šenkeřík, J. 2010)

Podle osy rotace rozlišujeme drtiče:

- s vertikální osou rotace
- s horizontální osou rotace

Drtiče s vertikální osou rotace jsou určeny k drcení kůry, malých větví a zeleného odpadu. Základními parametry jsou nízká hmotnost, jednoduchá konstrukce a nízký příkon. Pracovní ústrojí bývá talířové, nožové nebo kombinované. Drtiče s nožovým rotorem jsou poháněny elektromotorem a jsou velmi hlučné. Bez vtaňovacího mechanismu hrozí nepříjemný zpětný ráz. Drtiče s frézovacím válcem jsou méně hlučné bez zpětných vrhů. Lze zpracovat materiál do průměru 40 mm. Drtiče se šnekovým řezacím mechanismem charakterizuje šikmo uložený přímý šnek s ostrými hřbety závitů. Nejčastěji se vyskytují na dvoukolovém lehkém podvozku.

Drtiče s horizontální osou rotace jsou stroje určené k náročnější práci. Tvoří je pracovní ústrojí kladívkové, hřebenové, talířové a kombinované. Materiál je vkládán do hrdla ručně nebo pomocí hydraulické ruky. U velkých drtičů je vkládací ústrojí tvořeno dvojicí válců nebo dvojicí řetězových dopravníků. Mohou být opatřeny stavitelným výfukovým potrubím.

Pomaluběžné drtiče se používají pro hrubé drcení. Vyrábí se v mobilním i stacionárním provedení. Určeny jsou pro drcení starého dřevního odpadu, pařezů a kořenů i jiné dřevěné hmoty z údržby veřejné zeleně. Při rozhodování volby vhodného zařízení je nutné brát ohled na kvalitu materiálu, technologii zpracování a jeho dalšího využití. (Šenkeřík, J. 2010)

2.3. Svazkovače těžebních zbytků

Svazkovače těžebních zbytků neboli paketovací stroje, balíkovače vznikly, jako reakce na zvýšený zájem o využívání biomasy v severských zemích. Podle dostupných informací vyrábí svazkovací jednotky firmy John Deere, Valmet a Pinox a všechny pracují na podobném principu. Popsán bude svazkovací stroj John Deere. John Deere 1490D sbírá klest a dřevní odpad vzniklý po těžbě a zakládá ho do svazkovací jednotky, v níž je dřevní hmota lisována a svazkována do kompaktních balíků.

Obrázek č. 15: svazkovač John Deere



Pramen: (www.kuepfer-forst.ch)

Proces balení je průběžný bez omezení délky. Operátor si může nastavit délku balíku v závislosti na možnostech transportu z lesa. Každý takto vytvořený balík nabízí přibližně 1 MWh energie (balík o délce 3,2 metru). Tato hodnota se mění v závislosti na typu dřeviny a vlhkosti materiálu. V porostu o velikosti plochy 1 hektar může být vyrobeno 100-150 balíků s průměrnou hodinovou výrobou 20–30 balíků (v podmínkách skandinávských zemí).

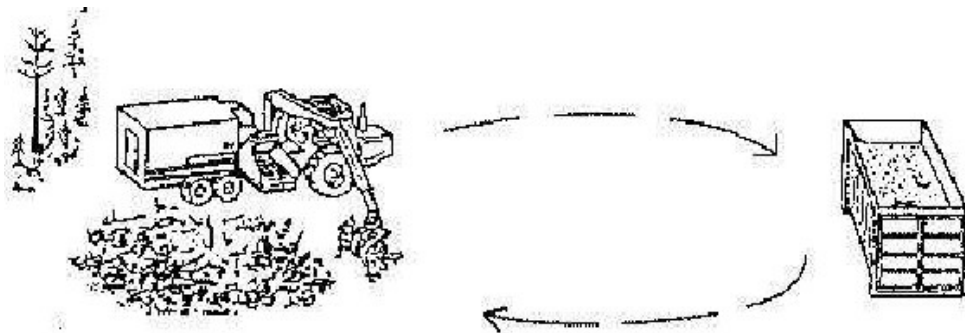
Proces lisování je zcela automatický, operátor musí pouze umístit materiál hydraulickou rukou na podávací stůl. Svazkovací jednotka se skládá ze dvou pevných lisů a jednoho pohyblivého lisu. Lisováním je objem materiálu zredukován na cca 20 % původního objemu. Lisovací tlak je nastaven tak, aby byly vyráběny kompaktní balíky bez poškození materiálu. Balík je posouván pohyblivým lisem a strojem pevně vázán tak, že se motouz po uvolnění lisu napne. Parametry (například délka balíků, odstup mezi vinutím motouzu a kompresní intervaly) jsou nastavovány pomocí palubního počítače, který vyhodnotí, kolik vinutí je zapotřebí, aby balíky vykazovaly potřebnou pevnost pro nakládání a transport. Objem balíku činí dle materiálu 0,7 - 0,8 m³. Svazkovač je umístěn na podvozek vyvážecí soupravy v 6 nebo 8 kolové verzi. Výrobce uvádí náklady na výrobu balíků ve výši 3 % získané energie. Svazkovače těžebních zbytků jsou v největší míře provozovány ve Finsku, v menší míře i v dalších zemích. Hlavní výhodou metody svazkování spočívá v jednoduchosti celého výrobního postupu, kdy dochází ke svazkování připraveného těžebních zbytků přímo na pasece, následně vyvezení již svázaného, tedy minimálně objemného materiálu vyvážecí soupravou na odvozní místo, odkud jsou balíky odvezeny standardní odvozní soupravou přímo ke spalování. Samotné štěpkování svázaného materiálu by mělo probíhat u zpracovatele, který musí před své dopravníky předřadit výkonný štěpkovač. Velkou výhodou je relativně jednoduchá manipulace bez nutnosti využití speciálních, nebo upravených strojů pro přepravu svazků. Dle informací výrobce je objem svazků nižší než objem štěpky při stejné hmotnosti. 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. (Příhoda, J., 2008)

2.4. Specifika transportu štěpek

Při štěpkování chaoticky uspořádaného materiálu je nejlépeší metodou štěpkovat terénními štěpkovači co nejbliže místu jeho vzniku a již homogenizovaný materiál (štěpky) dále transportovat v zásobníku terénního štěpkovače, nebo samostatným terénním dopravním prostředkem, a tak co nejlépe využít ložný prostor dopravních prostředků. Praxe však názor o vhodnosti štěpkování materiálu na místě jeho vzniku nepotvrzuje. Koncentrace materiálu ke štěpkování nebývá na těžební ploše tak veliká, aby umožnila plné využití technické výkonnosti štěpkovače. Jeho přejížděním a ustavováním do pracovní polohy vznikají velké časové ztráty a tím dochází k markantnímu poklesu jeho výkonnosti.

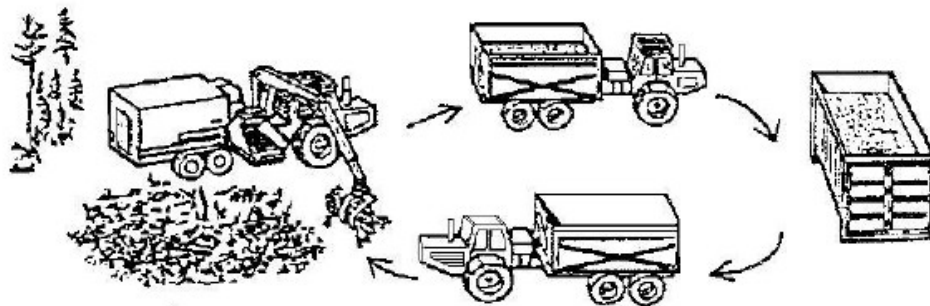
Ani přeprava štěpek místo klestu není tak jednoznačně výhodnější. Hustota volně nasypáných, nesetřesených štěpek je asi $194 \text{ kg} \cdot \text{pm}^{-1}$. Při experimentech zjištěná průměrná hustota klestu loženého a hutněného drapákem hydraulické ruky sortimentní vyvážecí soupravy činila $173,55 \text{ kg} \cdot \text{pm}^{-1}$. Z tohoto zjištění vyplývá, že objemové využití ložného prostoru klestem může být téměř srovnatelné s objemem využitelného ložného prostoru štěpkami, resp. že z hlediska ekonomiky provozu může být ztráta přepravních kapacit překryta zvýšenou výkonností štěpkovače na odvozním místě. Vzhledem k vysokým hmotnostem štěpkovačů na terénních podvozcích, jejich nízké svahové dostupnosti, bude použití technologií se štěpkováním u komunikace univerzálnější a méně závislé na porostních a půdních podmínkách. Přitom soustředování klestu před štěpkováním je technicky snadno řešitelné sortimentními vyvážecími soupravami, nebo terénními nosiči kontejnerů. Ve všech uvedených příkladech se jedná o výrazně levnější prostředky, než jsou terénní štěpkovače. (Simanov, V., 1995)

Obrázek č. 16: Pracovní schéma štěpkování na těžební ploše za použití štěpkovače na terénním podvozku s vyvážením štěpek v zásobníku sekačky na odvozní místo



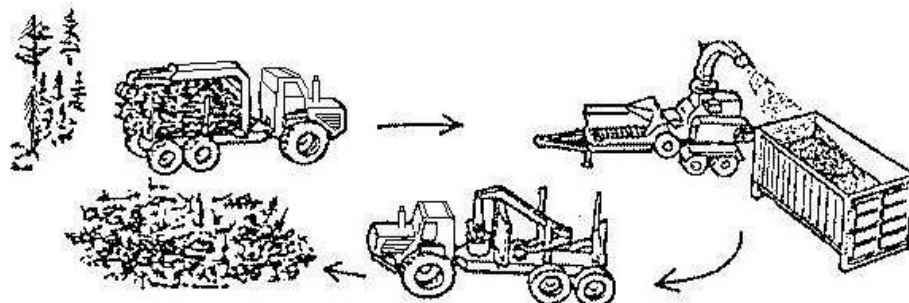
Pramen: (Simanov, V., 1995)

Obrázek č. 17: Pracovní schéma štěpkování na těžební ploše štěpkovačem na terénním podvozku s vyvážením štěpek na odvozní místo samostatným terénním prostředkem



Pramen: (Simanov, V., 1995)

Obrázek č. 18: Pracovní schéma soustředování těžebního odpadu neupravenou sortimentní vyvázečskou soupravou se štěpkováním na odvozním místě štěpkovačem na silničním podvozku



Pramen: (Simanov, V., 1995)

2.5. Sušení dřevní štěpky

Sušení je proces, při němž se snižuje obsah vody, aniž by se měnilo chemické složení látky. Voda se jímá hygroskopickým sušícím prostředím. Pojmem sušení se zpravidla označuje tepelná dehydratace látek. Dochází při ní k inaktivaci enzymů, takže produkt sušení – úsušek není vhodným prostředím pro činnost mikroorganismů ani pro rozvoj biochemických pochodů. (Slavík, L., 2004)

Obecný popis

Obecně lze materiál podle množství vody a druhu vazby se sušením rozdělit do tří skupin. (Maloun, J., 2001)

- kapilárně porézní, zde převládá vazba kapilárními silami (např. mokry písek)
- koloidní, zde převládá strukturální nebo osmotická vazba, (např. želatina, těsto)
- koloidně kapilárně porézní, voda je vázána osmoticky i kapilárně.

Z hlediska sušení lze klasifikovat vlhké zemědělské produkty, jako koloidní kapilárně porézní hmoty (Slavík, 2004). Při sušení vzduchem se odebírá sušené látce voda nenasyceným vlhkým vzduchem. Vzduch proudí okolo sušeného materiálu a odnímá u jeho povrchu vodu. Tím mezi vnitřkem a vnějškem materiálu vzniká vlhkostní potenciál, způsobující proudění vlhkosti z vnitřku materiálu na povrch.

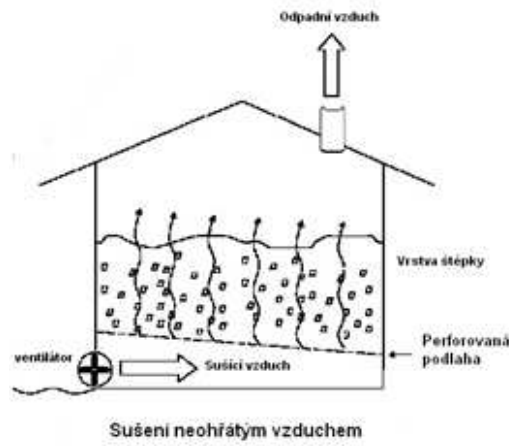
Sušení dřevní štěpky

Tradiční sušení celého stromu nebo štěpkové hromady (umělé/nucený sušení dřeva). Vyhřívané sušení vzduchem pomocí:

- solární energie ohřátým sušícím vzduchem z boileru s vodou
- ohřátým sušícím vzduchem od spalín z kotle.

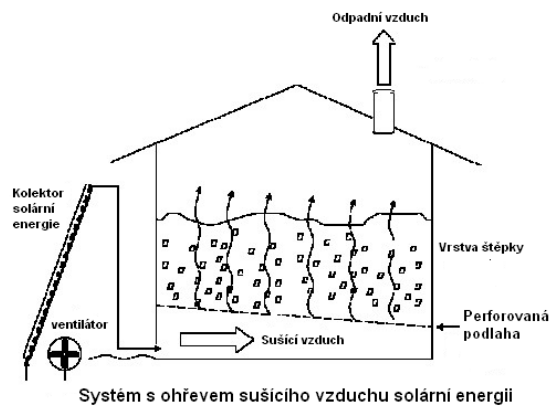
Modely sušiček

Obrázek č. 19: sušárna s neohřátým vzduchem



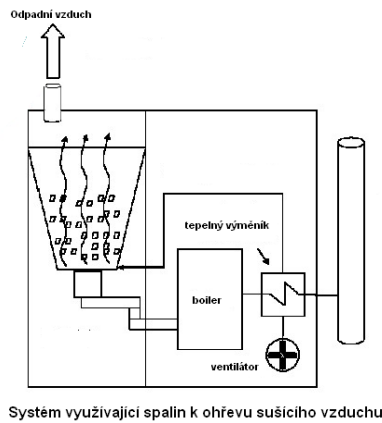
Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Obrázek č. 20: solární sušárna



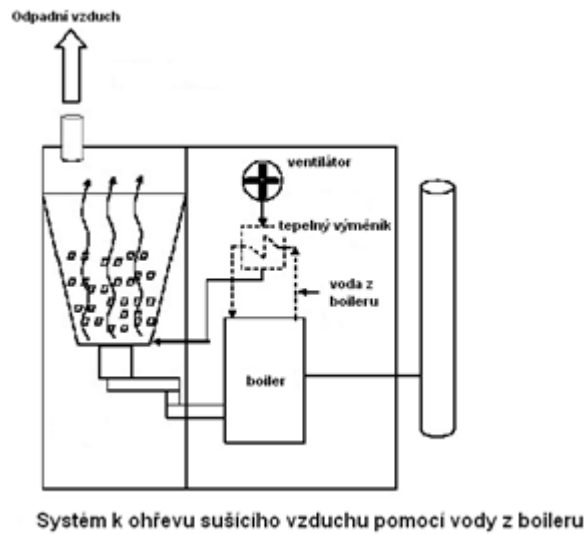
Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Obrázek č. 21: sušárna využívající spalin



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Obrázek č. 22: sušárna využívající ohřáté vody



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Obecné specifikace pro umělé sušení

Průtok vzduchu v sušičce musí být stálý a průměr průtoku ohřátého vzduchu představuje 400 - 500 m³ / h na m³ štěpky. Výška vrstvy štěpky v sušičce je 0,8 - 1,5 m. Otvory na podlaze sušícího roštu by měly být nejméně 5 - 10% podlahové plochy. Je důležité zajistit, aby průtok vzduchu byl rovnoměrný a dostatečně velký k odstranění vlhkosti.

3. Stroje dostupné ve vybraném podniku SOME Jindřichův Hradec

3.1. Stroje pro zpracování dřevní biomasy a komunálního odpadu Pezzolato

3.1.1. Diskové štěpkovače PEZZOLATO řada "PZ"

PZ 100

Je profesionální stroj, který zvládá klády a větve do průměru 100 mm, což zaručuje hodinovou produkci 6 / 8 m³. PZ100 štěpkovací stroj zvládá jakýkoliv druh stromu, včetně odstranění zbytků, jako ostružiní, odumřelých rostlin, křovin a funkce vyplývající z čištění podrostu nebo prací na zahradě spočívající v rozduřování materiálu na malé fragmenty.

PZ 110

PEZZOLATO nabízí tento kompaktní stroj vybavený dvěma vodorovnými vkládacími válci, který vyrábí materiál působením setrvačnicku s noži. Přívodní potrubí mohou být sklopena, aby se snížily celkové rozměry a došlo k optimalizaci tažení stroje.

PZ 140

Profesionální stroj, který zvládá klády a větve do průměru 140 mm, zajišťuje hodinovou produkci 6 / 8 m³.

PZ 150

Jedná se o profesionální stroj, který zvládá klády a větve do průměru 150 mm, zajišťující hodinovou produkci 8 / 10 m³. Velký otvor, spolu se značnou šířkou vodorovných válců, které umožňují snadné zavedení velkých kusů odpadů živých plotů, dřeva a ostružiní.

PZ 190

Tento stroj je ideální pro obecní údržbu, který se stará o sezónní údržbu zeleně v městských oblastech (ozdobné stromy, zahrady, ekologické ostrovy), jakož

i pravidelnou údržbu hřbitovů. Hodinové produkce 12/14 m³. Stroj může být vybaven podávacím pásem, s cílem optimalizovat vydávání krátkého materiálu.

PZ 210

Středně vysoký, profesionální stroj, který zvládá klády a větve do průměru 210 mm s cílenou tvorbou velmi malých fragmentů s hodinovou produkcí 15/18 m³. Stroj zpracovává materiál na štěpku pomocí setrvačnicku s noži. Díky optimální velikosti vstupního otvoru a značné šířky ozubených válců, které se starají o vkládání materiálu, je stroj ideální pro obsáhlé materiály (dřevní odpad, ostružiní, živé ploty, atd.).

PZ 250

Největší model z řady PEZZOLATO, navržený a postavený, aby splňoval požadavky všech zemědělských a lesnických podniků, zejména velkých "dodavatelských firem", které zpracovávají značné množství zeleného a suchého materiálu v průběhu sezónních údržeb.

Tabulka č. 1: diskové štěpkovače, modelová řada PZ

<i>model</i>	<i>max. průměr materiálu(mm)</i>	<i>min. výkon traktoru (HP)</i>	<i>výkon vlast. motoru (HP)</i>	<i>vstupní otvor (mm)</i>	<i>počet nožů</i>	<i>velikost štěpky (mm)</i>	<i>teor. hodin. výkon (m/h)</i>	<i>hmot. stroje (kg)</i>
PZ 100	100	15	11-13	100x115	2	5-12	2-3	365
PZ 110	110	15	11-13	110x115	2	5-12	3-4	455
PZ 140	140	20	20	140x180	3	5-12	6-8	570
PZ 150	150	20		150x180	2	5-15	8-10	750
PZ 190	190	40		190x195	2	5-20	12-14	870
PZ 210	210	50		210x215	2	5-20	15-18	1180
PZ 250	250	60		250x320	2	5-30	20-25	1500

Pramen: (Some, 2010)

3.1.2. Diskové štěpkovače PEZZOLATO řada "H"

Tyto stroje se používají hlavně pro snížení objemu pokáceného dřevního materiálu, včetně kulatiny s omezeným průměrem. Tento materiál může být použit pro šnekové ústřední vytápění, pro první fázi výroby pelet, nebo pro jednoduché snížení objemu. Tyto štěpkovače jsou specifické pro průmyslová odvětví lesního hospodářství, parky a zahradní údržby.

H 780/200

Nejmenší diskový štěpkovač s vertikálními válci. Stroj je vhodný pro materiál a kulatinu o průměru až 20 cm. Ideální pro malé lesní podniky, soukromé uživatele, nebo pro majitele kotlů na dřevo. Zvláštní systém sekání umožňuje získání velmi homogenního materiálu.

H 880/250

Středně velký diskový štěpkovač s vertikálními válci. Stroj je vhodný pro materiál a kulatinu o průměru až 25cm. Speciální řezací systém skládající se z nože a mikro nože umožňuje získat velmi homogenní materiál, který je optimální pro dávkování materiálu do kotlů prostřednictvím šnekového dopravníku. Standardní stroj je vybaven pouze ručním dávkováním, nicméně verze se speciálním otvorem umožňuje dávkování štěpkovače přídatným chapadlem.

H 980/300

Největší diskový štěpkovač s vertikálními válci je vhodný pro materiál a kulatinu o průměru až 30 cm. Speciální řezací systém skládající se z nože a mikro nože umožňuje získat velmi homogenní materiál, který je optimální pro dávkování materiálu do kotlů prostřednictvím šnekového dopravníku. Standardní stroj je vybaven pouze ručním dávkováním, nicméně verze se speciálním otvorem umožňuje dávkování štěpkovače přídatným chapadlem.

Tabulka č. 2: diskové štěpkovače, modelová řada H

<i>model</i>	<i>max. průměr materiálu(mm)</i>	<i>min. výkon traktoru (HP)</i>	<i>výkon vlast. motoru (HP)</i>	<i>počet nožů</i>	<i>velikost štěpky (mm)</i>	<i>teor. hodin. výkon (m/h)</i>	<i>hmot. stroje (kg)</i>
H780/200	200	60	51;52;60	3	5-20	14-18	885
H880/250	250	80	70;80	4	5-25	30-40	1370
H980/300	300	90	150	4	5-25	55-65	2040

Pramen: (Some, 2010)

3.1.3. Bubnové štěpkovače PEZZOLATO řada "PTH"

PTH 250, PTH 300, PTH 400

Řada profesionálních malých až středně velkých bubnových štěpkovačů. Mohou být poháněny traktorem, vlastním agregátem na naftu nebo elektrickým motorem.

Snadné dávkování je zajištěno díky:

- velkému vstupnímu otvoru
- velkému ozubenému válci podavače s řetězem (jehož rychlost je kontrolována hydraulicky a synchronizována)
- přídatnému jeřábu nakladače (mohou být integrovány s čipem, pro mechanické krmení)
- elektronickému "No Stress" zařízení (přizpůsobuje dávkování stroje podle dostupného výkonu motoru)
- velkému ventilátoru
- vyměnitelné prosévací mřížce (vybere štípaný materiál požadované velikosti a konečný produkt je homogenní a jednotný).

PTH 480/660

Třetí bubnový štěpkovač z produkce PEZZOLATO navržený tak, aby byl poháněn traktorem, nebo nezávislým motorem (dieselovým motorem nebo elektrickým). Tento stroj vybavený pásovým dopravníkem pro rovnoměrné dávkování může produkovat vysoce kvalitní materiál štěpky z větví a špalků o průměru až 40 cm. Šířka bubnu je 48 cm. Je to ideální stroj pro malé lesnické podniky, horské obce a podniky působící v oblasti silniční údržby a sadařství.

PTH 700/660

Střední výkonný bubnový štěpkovač z produkce PEZZOLATO. Může být poháněn traktorem, nebo nezávislým motorem (dieselovým motorem nebo elektrickým). Může produkovat vysoce kvalitní materiál štěpky z větví a špalků s průměrem až 40 cm. Šířka bubnu je 64 cm. Jedná se o kompaktní stroj (při přepravě je možné násypku hydraulicky sklopit). Tento stroj je ideální pro lesnické

společnosti, konsorcia, horské obce, dodavatelské společnosti, producenty biomasy rostlin a společnosti působící v oblasti silniční údržby a sadařství.

PTH 900/660

Největší bubnový štěpkovač z řady PTH. Buben má průměr 660 mm. Může být aktivován traktorem nebo nezávislým motorem (diesellovým motorem nebo elektrickým). Stroj může produkovat vysoce kvalitní štípaný materiál (díky výměnným sítům) zpracovává větve a špalky o průměru až 40 cm. Šířka bubnu je 95 cm, což zajišťuje podstatně vyšší produktivní schopnosti. Velké zatížení násypky umožňuje snadné zavedení objemných materiálů.

Tabulka č. 3: bubnové štěpkovače, modelová řada PTH

<i>Bubnové štěpkovače PTH</i>	<i>PTH300</i>	<i>PTH400</i>	<i>PTH480</i>	<i>PTH700</i>	<i>PTH900</i>
<i>Min. Výkon traktoru (HP)</i>	70	90	120	140	180
<i>Výkon diesellového motoru (HP)</i>	70	126	175	238	343
<i>Max. průměr dřevní hmoty (mm)</i>	300	400	400	400	400
<i>Max. vkladací otvor (mm)</i>	300x480	400x480	400x480	400x640	400x950
<i>Počet nožů (n)</i>	2	2	2	2	2
<i>Průměr bubnu (mm)</i>	520	660	660	660	660
<i>Šířka bubnu (mm)</i>	480	480	480	640	950
<i>Šířka řetězového dopravníku (mm)</i>	500	500	480	640	950
<i>Šířka podávacího stolu (mm)</i>	-	-	1360	1520	1830
<i>Hmotnost stroje (kg)</i>	2350	3140	4530	5300	6640
<i>Hodinový výkon</i>	15-20	20-25	20-30	40-50	60-70

Pramen: (Some, 2010)

PTH 900/820

Středně velký model série. Systém strukturovaného plnění je obzvláště vhodný pro štěpkování velké objemné dřevní hmoty (klády, větve, pilařský odpad, atd.), neboť má vstupní šířku 1000 mm a výšku 500 mm. Plnicí řádoprávníky pro materiál mohou být hydraulicky sklopné pro snazší přepravu stroje. Nižší válec (kromě horního válce) optimalizuje zpracování malých kousků a odpadů.

PTH 1000/1000

Největší bubnový štěpkovač z produkce PEZZOLATO. Speciálně určen pro lesnické společnosti, konsorcia a podniky vyrábějící energii z biomasy a pro společnosti, které potřebují vysokou produkci, aniž by se vzdali kvalitního štěpkového materiálu. Vyměnitelné mřížky jsou ve skutečnosti k dispozici

pro získání různých velikostí výchozího materiálu. PTH1000/1000 může vyplnit 350 kontejnerů za méně než hodinu.

Stroj je osazen bubnem o průměru 1 m, 1 m široký a s hmotností 1620 kg je navržen tak, aby zvládl materiál a kulatinu s průměrem až 70 cm. Standardní verze je poháněna motorem IVECO 430 HP nebo motorem SCANIA 590 HP se suchou spojkou. Motor je vybaven otočným ventilátorem pro čištění radiátoru. Šnekový systém umožňuje udržet pracovní prostředí čisté. Dolní válec pod hlavním válcem optimalizuje zavedení zpracovávaného materiálu. Stroj může být vybaven násypkovým rozšířením, které je možno ovládat hydraulicky obsluhou přes dálkové ovládání. Stroj je vybaven všemi bezpečnostními prvky, které vyžadují předpisy. Indikátor na ovládacím panelu ihned upozorňuje na všechny anomálie. Strojové rozměry s konstrukcí jsou navrženy podle požadavků uživatele: nakládací otvor v souladu s užitnou kapacitou zásobníku, boční zásobník s cílem zajistit kompaktnost a pružnost. Stroje mohou být vybaveny schváleným přívěsem, ale mohou být statická, nebo samohybné také mohou být montované na nákladní automobil s nezávislým motorem poháněné přes nákladní vozidlo.

Tabulka č. 4: bubnové štěpkovače, modelová řada PTH

<i>Bubnové štěpkovače PTH</i>	<i>PTH 900/820</i>	<i>PTH 1000/1000</i>
<i>Min. Výkon traktoru (HP)</i>	200	-
<i>Výkon dieselového motoru (HP)</i>	353	430
<i>Max. průměr dřevní hmoty (mm)</i>	500	700
<i>Max. vkladací otvor (mm)</i>	500x1000	700x1000
<i>Počet nožů (n)</i>	2	2
<i>Průměr bubnu (mm)</i>	820	1000
<i>Šířka bubnu (mm)</i>	1000	1000
<i>Šířka řetězového dopravníku (mm)</i>	1000	1000
<i>Šířka podávacího stolu (mm)</i>	1850	2070
<i>Hmotnost stroje (kg)</i>	14000	16500
<i>Hodinový výkon</i>	100-120	130-150

Pramen: (Some, 2010)

3.1.4. Drtiče PEZZOLATO řada "S"

S 7000

Stroj je vybaven rotorem s 64 kloubových kladiv ve čtyřech řadách a ovladačem umožňující nastavení kladiv pro úpravu velikosti sekání. Materiál ke zpracování je zaveden (buď ručně, nebo mechanicky) pomocí řetězového dopravníkového pásu společně s hydraulickými válci na spodní a horní straně upravují průchod materiálu za působení kladiv, které drtí. Tyto vlastnosti činí tento stroj ideální pro údržbu parků a zahrad, pro malé kompostové stanice a pro ekologické oblasti.

Tabulka č. 5: drtiče Pezzolato, modelová řada S

Drtič S 7000	
<i>Min. výkon traktoru (HP)</i>	50
<i>Výkon dieselového motoru (HP)</i>	70
<i>Výkon elektromotoru (kw)</i>	37
<i>Max. Průměr dřevní hmoty (mm)</i>	200
<i>Počet kladiv (n)</i>	64
<i>Průměr drtící komory (mm)</i>	530
<i>Rozměry násypky (š x d)</i>	1550 x 2900
<i>Rozměry dopravníku v násypce (š x d)</i>	630 x 2150
<i>Rozměry vynášecího dopravníku (š x d)</i>	610 x 3000
<i>Teoretický hodinový výkon (m)</i>	20
<i>Hmotnost stroje (trektor verze) (kg)</i>	1800
<i>Hmotnost stroje (vlast. pohon) (kg)</i>	2700
<i>Rozměry stroje (d x š x v) (mm)</i>	5700x1920x2840

Pramen: (Some, 2010)

S 9000

Tento velký stroj je ideální pro likvidaci organického odpadu a pro přípravu kompostu. Kapacitou násypky je tento stroj ideální pro ekologické oblasti, dodavatelské firmy a velká zahradní centra. Zpracovávaný materiál je mechanicky rozrušen, následně uložen a formován ve spodní části velké násypky, kde se nachází uzavřený řetězový dopravník a horní zubový válec, který drtí materiál a usměrňuje jeho průchod ke kladivu. Systém S9000 kladivo a Contra-kladivo umožňuje získání tenkého a homogenního nadrceného materiálu za současného snížení objemu, čímž se sníží čas na výrobu kompostu.

Tabulka č. 6: drtiče Pezzolatto, modelová řada S

Drtič S 9000	
<i>Min. výkon traktoru (HP)</i>	90
<i>Výkon diesellového motoru Iveco (HP)</i>	170
<i>Výkon elektromotoru (kw)</i>	90
<i>Max. Průměr dřevní hmoty (mm)</i>	350
<i>Počet kladiv (n)</i>	92
<i>Průměr drtící komory (mm)</i>	780
<i>Pracovní otáčky rotoru (ot/min)</i>	1200
<i>Rozměry řetězového dopravníku (š x d)</i>	1000 x 3000
<i>Rozměry násypky (š x d x h)</i>	3500x1800x800
<i>Teoretický hodinový výkon (m)</i>	30 - 40
<i>Hmotnost stroje (trektor verze) (kg)</i>	4200
<i>Hmotnost stroje (vlast.pohon) (kg)</i>	6200
<i>Rozměry stroje (d x š x v) (mm)</i>	7900x2300x3000

Pramen: (Some, 2010)

S 10000

Středně velký kladivový drtič vybaven rotorem s 96 cm v průměru. Zejména díky velké násypce, spolu s konzistentní produkční schopností dělá S10000 ideální stroj pro obec a kompostovací stanice. S10000 mohou být dodávány s pohyblivým horním řetězovým dopravníkem (místo ozubeného válce) s cílem optimalizovat dopravu zvlášť objemných materiálů. Kladivo a contra-kladivo systém umožňuje získání tenké a jednotné štěpky tak, aby mikroorganismy mohli působit na povrchu štěpky, čímž se sníží transformace a stabilizuje se čas. Rotor je vyroben mobilními kladivy s uzávěrkou disků čímž se zabráňuje jakémukoli nebezpečí prasknutí v případě materiálu, který nemůže být nasekán.

Tabulka č. 7: drtiče Pezzolato, modelová řada S

Drtič S 10000	
<i>Min.výkon traktoru (HP)</i>	110
<i>Výkon dieselového motoru Iveco (HP)</i>	230
<i>Výkon elektromotoru (kw)</i>	110
<i>Max. průměr dřevní hmoty (mm)</i>	400
<i>Počet kladiv ve čtyřech řadách (n)</i>	28
<i>Průměr drtící komory (mm)</i>	960
<i>Pracovní otáčky rotoru (ot/min)</i>	1000
<i>Rozměry řetězového dopravníku (š x d)</i>	1000 x 3000
<i>Rozměry násypky (š x d x h)</i>	3500x1800x800
<i>Teoretický hodinový výkon (m)</i>	60
<i>Hmotnost stroje (trektor verze) (kg)</i>	5600
<i>Rozměry stroje (d x š x v) (mm)</i>	7900x2300x3000

Pramen: (Some, 2010)

3.2. Stroje pro zpracování dřevní biomasy a komunálního odpadu Doppstadt

3.2.1. Bubnové štěpkovače Doppstadt řady "DH"

Předností série DH je zejména ekonomicky nenáročná výroba štěpky. Používají se pro udržování lesa a zpracování zbytkového dřeva za účelem energetické úspory. Drcení zajišťuje rotor, který se skládá z pevné ocelové konstrukce. Velikost štěpky lze nastavit rychle na displeji, kde obsluha vybere nejvhodnější obrazec výchozího materiálu. Dopravě štěpky napomáhá integrovaný ventilátoru.

Tabulka č. 8: bubnové štěpkovače, modelová řada DH

<i>Bubnové štěpkovače</i>	DH 608	DH 910
Typ motoru Chrysler	OM460 LA	OM502 LA
Výkon motoru (HP)	360/490	450/610
Palivová nádrž (l)	750	900
Max. průměr dřeva		
Měkké dřevo (mm)	600	900
Tvrdé dřevo (mm)	480	680
Rotor		
Průměr rotoru (mm)	1000	1300
Šířka (mm)	850	1000
Počet nožů (ks)	4	5
Prac. otáčky (ot/min)	610	525
Podvozek	Přívěs do 80 km/h se vzduchovými brzdami	
Hodinový výkon (m)	100 – 150	120 – 200
Hmotnost (kg)	19000	23000

Pramen: (Some, 2010)

3.2.2. Rychloběžné drtiče Doppstadt řada "AK"

Série AK je vybavena výkonnými bruskami pro téměř všechny úkony broušení. Vysoká hmotnost mláticího bubnu s max. otáčkami v průměru 1000 ot/min a s technologií volně uložených držáků mláticího bubnu umožňuje rychlou změnu drcení. Aplikace: broušení odpadního dřeva, dřevěné palety, zelený odpad ze zahrad a parků, organický odpad ...

Tabulka č. 9: rychloběžné drtiče, modelová řada AK

Rychloběžné drtiče AK	AK 230	AK 430	AK 530	AK 630
Typ motoru Chrysler	OM 906LA	OM 457LA	OM 502 LA	OM 502 LA
Výkon motoru (HP)	204	428	530	609
Palivová nádrž (l)	170	450	750	900
Max.výška vkládané hmoty (mm)	530	650	650	650
Rotor				
Průměr (mm)	900	1100	1120	1100
Šířka (mm)	1480	1750	1750	1750
Pracovní otáčky ot/min	1140-1320	850-1000	1000	970-1140
Počet kladiv (ks)	16	36	36	36
Hmotnost rotoru (kg)	1310	2500	2500	2500
Vynášecí dopravník				
Délka (mm)	5250	4000	6150	7000
Šířka (mm)	1500	1800	1500	1500
Podvozek	přívěs do 80 km/h se vzduchovými brzdami s ABS			
Hmotnost rotoru (kg)	15000	19000	25000	30000

Pramen: (Some, 2010)

3.2.3. Pomaloběžné drtiče Doppstadt řady "DW"

DW drtiče pracují na principu jedné šachty s hydraulicky ovládaným drtícím hřebenem. Tyto stroje se ideálně hodí pro řešení nejobtížnějších úkolů skartace. Díky rychle vyměnitelným pracovním nástrojům, mohou být stroje upraveny tak, aby zvládly všechny typy drcení. Pro efektivní přenos hnací síly jsou stroje vybaveny přímým pohonem s planetovou převodovkou. Aplikace: skartace odpadního dřeva, kořeny, zelený odpad, organický odpad, objemný a průmyslový odpad, smíšený stavební odpad.

Tabulka č. 10: pomaloběžné drtiče, modelová řada DW

Pomaloběžné drtiče AK	DW2060	DW2560	DW3060	DW3080
Typ motoru Chrysler	OM 906LA	OM 501LA	OM 457 LA	OM 502 LA
Výkon motoru (HP)	204	394	430	609
Palivová nádrž (l)	300	300	2 x 300	2 x 300
Rotor + hřeben				
Průměr (mm)	600	600	600	800
Délka (mm)	2000	2500	3000	3000
Počet zubů (rotor/hřeben) (ks)	14/15	17/18	21/22	21/22
Šířka zubů (rotor/hřeben) (mm)	60/60	60/60	60/60	60/60
Pracovní otáčky (od/min)	35	31	32	30
Vynášecí dopravník	spodní+zadní	spodní/zadní	spodní/zadní	spodní/zadní
Délka (mm)	8500	3335/4000	3335/5000	4000/8000
Šířka (mm)	800	1000/1000	1000/1200	1000/1200
Podvozek	kontejnerové provedení		přívěs	pásový podvozek
Hmotnost rotoru (kg)	15000	19000	22500	45000

Pramen:

(Some, 2010)

3.2.4. Kombi drtič Doppstadt řady "DZ"

U strojů DZ 750 je provedena kombinace drcení a jemného broušení v jednom úkonu. Drcení se provádí nejlépe technologií z řady DW na principu jedné šachty s hydraulicky ovládaným drtícím hřebenem v závislosti na technologii broušení drtičů řady AK. Tato kombinace je neoptimálnější pro přípravu materiálu, který má být v jednom kroku přeměněn do podoby konečného produktu. Aplikace: broušení dřevního odpadu, zeleného odpadu, organického odpadu, pro domácnost, průmyslový odpad a stavební odpad...

Tabulka č. 11: kombi drtič DZ

Kombi drtič DZ 750	
Typ motoru Chrysler	OM 502LA
Výkon motoru (HP)	610
Palivová nádrž (l)	900
Rychloběžný drtič	
Průměr (mm)	600
Délka (mm)	3000
Počet zubů na rotoru (ks)	21
Pracovní otáčky (od/min)	35
Vynášecí dopravník	spodní+zadní
spodní/zadní	spodní/zadní
spodní/zadní	
Délka (mm)	8500
Šířka (mm)	800
Podvozek provedení	kontejnerové přívěs
pásový podvozek	
Šířka (mm)	800

Pramen: (Some, 2010)

4. Experimentální část

4.1. Postup při zpracování dřevní biomasy štěpkovačem Pezzolato

Praktická část měření byla realizována 8.3.2011 v areálu střední integrované školy Stanoslava Kubra ve Středoklukách. Zde bylo likvidováno přesně dané množství dřevního materiálu z průřezu stromů. Likvidovaná hromada dřeva měla rozměry (délka 9m x šířka 7,5m x průměrná výška 1,8m). V hromadě se nacházely dva druhy dřeva a to Slivoň trnitá a Šeřík obecný. Materiál určený ke zpracování neobsahoval žádné cizorodé příměsy.

Obrázek č. 23: zpracovaná hromada



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Příprava pracovní činnosti

Stroj Pezzolato byl v areálu umístěn, co nejblíže zpracovávané hromadě, aby mohl být materiál rovnoměrně dávkován. K odvozu štěpkového materiálu byly použity dva vozíky za traktor o rozměrech:

a) vozík číslo 1 (délka 2m x šířka 1,4m x výška 0,5m)

b) vozík číslo 2 (délka 1,8m x šířka 1,1m x výška 0,5m)

Vozík byl umístěn v patřičné vzdálenosti od štěpkovače, aby nedocházelo ke ztrátě produkované štěpky. Následně kvalifikovaná obsluha štěpkovač nastartovala a nechala stroj zahřát na provozní teplotu, po zahřátí byly nastaveny konstantní otáčky diskového pracovního ústrojí na 1900 ot/min. O dávkování materiálu se staraly dvě osoby, aby byl materiál plynule dávkován a nedošlo k zahlcení stroje. Po naplnění vozíku č.1 byl materiál odvezen na místní kompostárnu a bezprostředně byla přivezen vozík č.2, doba prostoje činila 12min.

Popis technického vybavení

➤ Pezzolato PZ 110 M-b

Pohon benzinovým motorem HONDA GX 120 o výkonu 9 kW, vybaven jak elektrickým startérem, tak ručním startováním. Stroj je upevněn na kolech pro tažení, hmotnost: 415 kg

Technické parametry:

- Maximální průměr štěpkovaného materiálu 110 mm
- Rozměry vstupního otvoru 110 x 115 mm
- Rozměry vkladací násypky: 890 x 600 mm
- Vlastní hydraulický okruh
- Horizontální podávací válce – oba hydraulicky poháněné s možností regulace otáček; šířka: 155 mm
- Výfuková roura otočná o 270°
- Průměr rotoru: 520 mm, tloušťka rotoru: 22 mm
- Počet nožů: 2, oboustranné ostří
- Velikost štěpky: 5 – 12 mm
- Teoretický hodinový výkon: 3 – 4 m³

Obrázek č. 24: štěpkovač Pezzolato



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

- Traktor Zetor 7011
- Vozík č.1 domácí výroba

Maximální objem: 1,4 m³

Obrázek č. 25: kára č.1



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

➤ Vozík č.2 domácí výroba

Maximální objem: 0,99 m³

Obrázek č. 26: kára č.2



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

4.2. Metodika zkoušek

4.2.1. Stanovení výkonností

Výkonnost:

- provozní (W₀₇)
- produktivní (W₀₄)
- operativní (W₀₂)

Výkonnost štěpkovače

Výkonnost štěpkovače nám udává, kolik materiálu je stroj schopen zpracovat v průběhu určitého časového úseku. Nejčastěji měřeným časovým úsekem bývá hodina, ale také to může být den, týden, rok, atd. Množství zpracovaného materiálu se udávají v jednotkách objemových, nebo hmotnostních, podle čehož rozlišujeme výkonnost objemovou a hmotnostní. Objemová výkonnost bývá většinou udávána v m³ · h⁻¹ a hmotnostní výkonnost v kg · h⁻¹, nebo v t · h⁻¹. Rozeznáváme několik druhů výkonností, podle toho, které proměnné při jejím zjišťování bereme v úvahu:

Výkonnost efektivní, někdy též bývá nazývána výkonností teoretickou, se většinou označuje W_{01} . Do této výkonnosti se započítává pouze práce stroje bez jakýchkoli jiných ztrátových položek. Tato výkonnost by se dala určit i početně, podle údajů výrobce konkrétního štěpkovače, záleží zde např. na rozměrech vstupního otvoru, na otáčkách disku nebo bubnu, na počtu nožů, které zpracovávají materiál, na délce štěpky. V praktickém provozu se této výkonnosti nedá dosáhnout, dalo by se říci, že této výkonnosti by štěpkovač dosahoval pouze krátkou dobu, pokud by zpracovával hranol, který by zcela zaplnil jeho vstupní otvor. (Celjak, 2008)

Výkonnost provozní, v našem případě označována jako W_{07} zohledňuje všechny faktory ovlivňující výkonnost stroje. Kromě již uvedených sem ještě patří přemístování, pracovníci, organizace práce atd. Toto je již výkonnost, kterou stroje dosahují v běžném provozu.

Výkonnost produktivní, v našem případě označována jako W_{04} , do této výkonnosti jsou započítávány také časy na opravu a údržbu. Tuto výkonnost by měl stroj dosahovat po většinu doby měřeného pracovního úseku od započetí po ukončení práce.

Výkonnost operativní, v našem případě označována jako W_{02} již zahrnuje ztrátové faktory, jako jsou činnosti spojené s tím, aby stroj vůbec mohl pracovat. Zde započítáváme činnosti spojené s uvedením stroje do chodu, nebo práce spojené s vkládáním hmoty do stroje. V praxi je tato výkonnost dosahována pouze po určitou část měřeného pracovní úseku.

K výpočtu výkonností je nutné nejprve změřit čas přípravy na pracovišti, který zahrnuje přístavení štěpkovacího stroje na nejvýhodnější pracovní místo, včetně přístavení káry pro sběr vyprodukované štěpky. Dále je nutné změřit čas samotného štěpkování, který v našem případě se sestával z naplnění třech vozíků štěpkovým materiálem z čehož ten poslední nebyl naplněn zcela. Odděleně je nutné měřit čas k opravám, který v našem případě představoval čas na odstranění příliš silného dřeva z pracovního ustrojí, průměrný čas prostoje při vtahování materiálu (stroj byl obsazen, resp. materiál byl vtahován a svými větvemi bránil dalšímu vložení). Průměrná přestávka ve vkládání (způsobená vzdáleností dřevní biomasy a drtiče).

Tabulka č. 12: naměřené hodnoty

čas přípravy	18min
čas štěpkování na naplnění prvního vozíku	1h 15min
čas štěpkování na naplnění druhého vozíku	53min 56s
čas štěpkování na naplnění třetího vozíku	34min 20s
celkový čas štěpkování	2h 43min 16s
čas prostoje při výměně vozíků	12min
čas na odstranění zahlcení	3min
čas prostoje při vtahování materiálu	34s
průměrná přestávka ve vkládání	7s
celkový čas prostoje	15min 41s
objem štěpky u vozíku č.1	1,204 m ³
objem štěpky u vozíku č.2	0,9504 m ³
objem štěpky u vozíku č.3	0,7 m ³
celkový objem vyprodukované štěpky	2,8544 m³
hmotnost štěpky u vozíku č.1	353,173kg
hmotnost štěpky u vozíku č.2	278,784kg
hmotnost štěpky u vozíku č.3	205,333kg
celková hmotnost vyprodukované štěpky	837,3kg

K vyjádření jednotlivých výkonností byly použity následující vzorce:

$$W_{V\text{provoz}} = \frac{V}{t\check{s} + tp + t} [m^3 \cdot h^{-1}] \quad W_{V\text{produkt}} = \frac{V}{t\check{s} + tp} [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$W_{V\text{oper}} = \frac{V}{t\check{s}} [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$W_{hm\text{provoz}} = \frac{m}{t\check{s} + tp + t} [kg \cdot h^{-1}] \quad W_{hm\text{produkt}} = \frac{m}{t\check{s} + tp} [kg \cdot h^{-1}]$$

$$W_{hm\text{oper}} = \frac{m}{t\check{s}} [kg \cdot h^{-1}]$$

legenda:

Whmoper.... hodinová výkonnost hmotnostní operativní

Whmprodukt.... hodinová výkonnost hmotnostní produktivní

Whmprovoz... hodinová výkonnost hmotnostní provozní

WVoper.... hodinová výkonnost objemová operativní

WVprodukt.... hodinová výkonnost objemová produktivní

WVprovoz... hodinová výkonnost objemová provozní

m..... hmotnost štěpek [kg]

V..... objem štěpek [m³]

tš..... čas štěpkování [h]

tp..... čas prostožů [h]

t..... čas přípravy k práci [h]

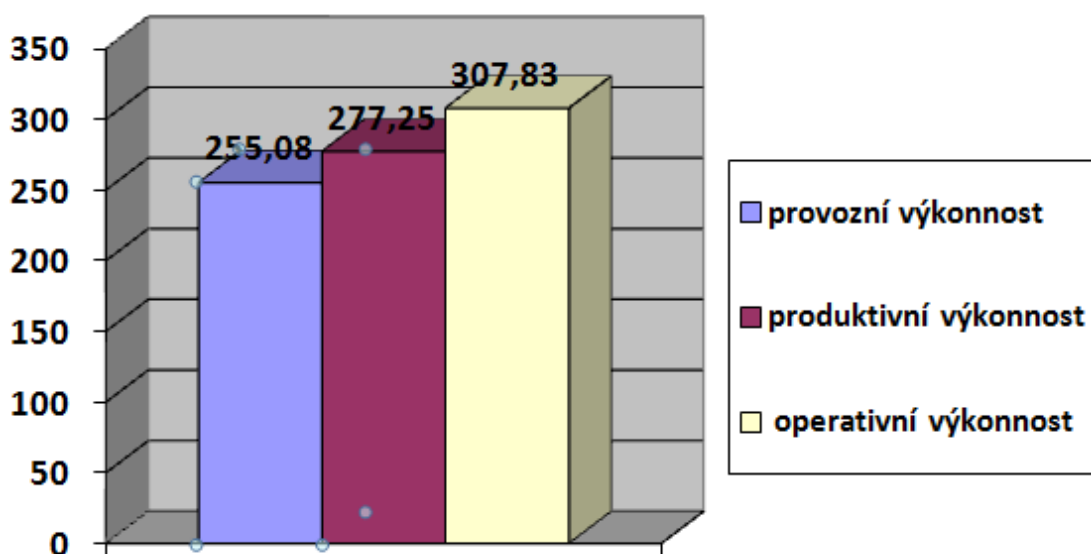
$$W_{V\text{provoz}} = \frac{V}{t\check{s} + tp + t} = \frac{2,8544}{3,2825} = 0,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{hm\text{provoz}} = \frac{m}{t\check{s} + tp + t} = \frac{837,3}{3,2825} = 255,08 \text{ kg/h}$$

Tabulka č. 13: Přehled výsledných hodnot

hodinová výkonnost	hmotnosti [kg.h ⁻¹]	objemová [m ³ .h ⁻¹]
provozní	255,08	0,87
produktivní	277,25	0,95
operativní	307,83	1,05

Graf č. 1: přehled výkonností



4.2.2. Celková spotřeba energie

Celková spotřeba energie se odvíjí od množství spotřebovaného paliva. Spotřeba paliva byla stanovena pomocí metody plné nádrže. Před započítáním procesu štěpkování byla nádrž zcela naplněna. Po poštěpkování stanoveného množství materiálu bylo odměřeno v odměrném válci potřebné množství paliva, které bylo potřebné k doplnění nádrže do plného stavu. V našem případě bylo množství spotřebovaného paliva měřeno třikrát a to na každý odvezený vozík z celkového množství poštěpkovaného materiálu.

Tabulka č. 14: Spotřeba paliva na dané množství poštěpkovaného materiálu

Hmotnost materiálu (kg)		Spotřeba pohonných hmot (l)
hmotnost štěpky u vozíku č.1	353,17	2,46
hmotnost štěpky u vozíku č.2	278,78	1,78
hmotnost štěpky u vozíku č.3	205,33	1,1
celková hmotnost vyprodukované štěpky	837,3	celková spotřeba pohonných hmot
		5,34
celková spotřeba energie (MJ)		
	232,77	

Celková spotřeba energie je stanovena výpočtem:

$$W_{se} = m_{pal} \cdot Q_{pal} \text{ [MJ]}$$

Legenda:

m_{pal}hmotnost spotřebovaného paliva [kg]

Q_{pal}výhřevnost používaného paliva 43,59 MJ/kg

$$W_{se} = m_{pal} \cdot Q_{pal} = 5,34 \cdot 43,59 = \underline{232,77 \text{ MJ}}$$

Měrná spotřeba energie je stanovena výpočtem:

$$W_e = \frac{W_{se}}{m}$$

Legenda:

W_{se}celková spotřeba energie (MJ)

m hmotnost štěpek (kg)

$$W_e = \frac{232,77}{837,3} = \underline{0,28 \text{ MJ/kg}}$$

4.3. Charakteristika štěpek

Nedílnou součástí pro dotvoření celkového přehledu je nutné u vzniklých štěpek také vyjádření procentuálního zastoupení sušiny a od toho se odvíjející procentuální obsah vody. Tyto procedury byly vyjádřeny laboratorně na půdě Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze. Pro jistou představu o velikosti vzniklých štěpek bylo nutné také provést velikostní charakteristiku.

4.3.1. Metodika

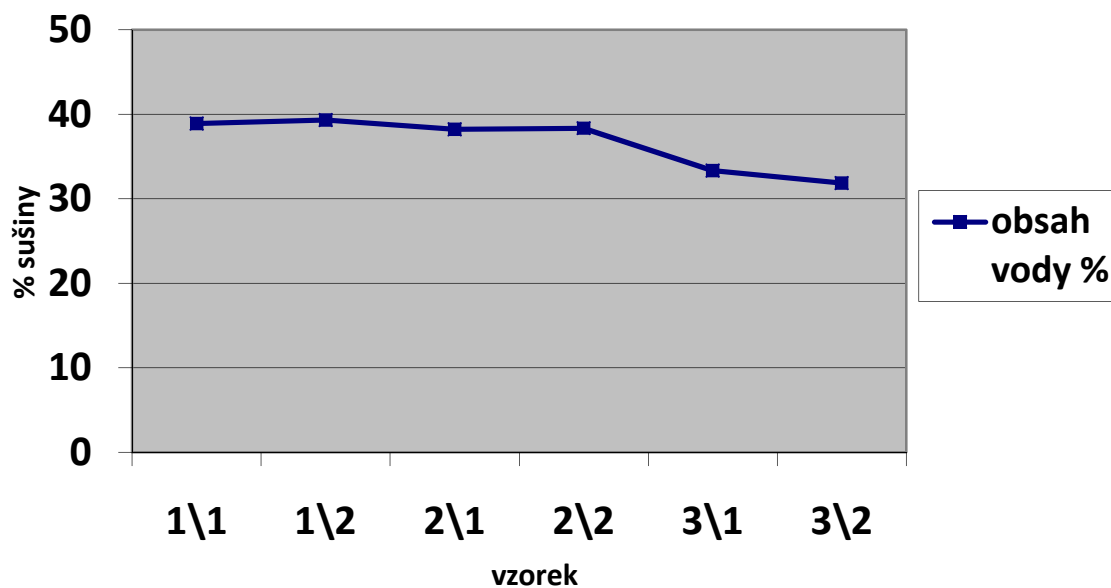
Z celkového počtu tří kár vyprodukované štěpky bylo odebráno celkem šest vzorků se štěpkou, což vychází, že z každé káry byly odebrány dva vzorky, z nichž každý měl v průměru 500g na váze. Každý z těchto šesti vzorků byl posléze již

v laboratorním prostředí podroben analýze pro určení již konečného procentuálního zastoupení sušiny.

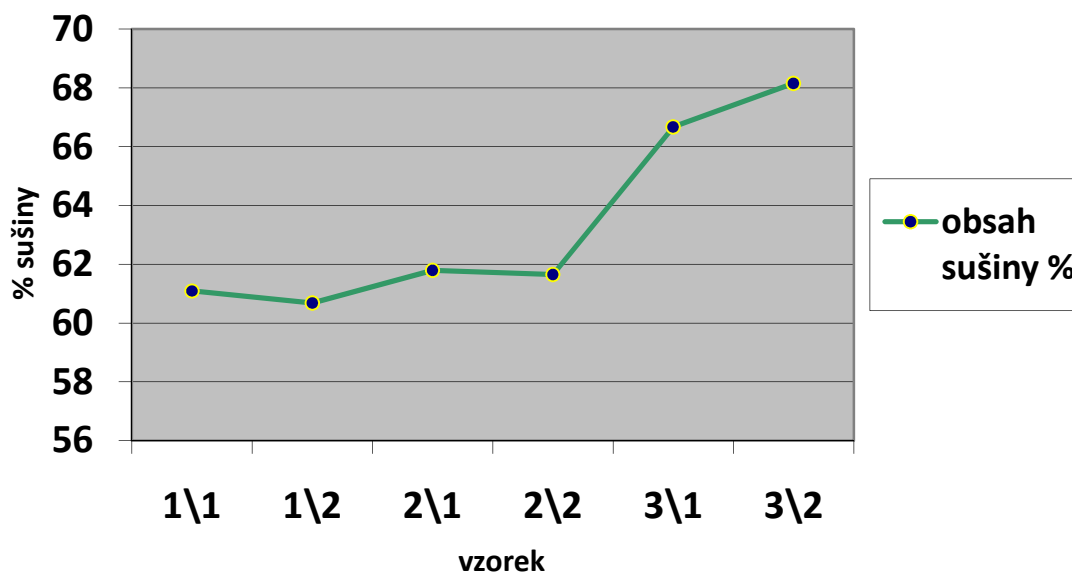
Tabulka č. 15: Výsledné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny

Vzorek	Váha vysoušečky	Váha čerstvého vzorku	Váha vysoušečky + váha vysušeného vzorku	% sušina	% vlhkost
1.1	168,71	215,17	300,16	61,09	38,91
1.2	171,76	198,38	292,13	60,68	39,32
2.1	170,71	209,79	300,33	61,79	38,21
2.2	174,53	212,37	305,45	61,65	38,35
3.1	197,64	172,69	312,78	66,67	33,33
3.2	173,7	148,86	275,15	68,15	31,85
			Průměr	63,34	36,66

Graf č. 2: obsah vlhkosti v jednotlivě odebraných vzorcích



Graf č. 3: Obsah sušiny v jednotlivě odebraných vzorcích



Průměrná vlhkost nám napovídá, kolik vody je obsaženo v námi zpracované dřevní štěpce. Z celkové hmotnosti 837,3 kg štěpky při průměrné vlhkosti 36,66% tvoří voda **306,95kg**

4.3.2. Velikostní charakteristika

V průběhu celého procesu štěpkování jsem si odebral celkem 8 vzorků, které jsem následně sesypal dohromady a zvažil, jednalo se však již o vysušený vzorek s minimálním obsahem vlhkosti. Hmotnost vzorku činila 978g. Tento vzorek jsem postupně roztřídil do šesti skupin podle velikosti jednotlivých frakcí. Roztřídění jsem prováděl prostřednictvím podomácku vyrobených sít s různými velikostmi síťových ok. Každou následně vytvořenou skupinu jsem zvažil a vyjádřil její procentuální zastoupení z celkového vzorku.

Obrázek č. 27: zastoupení jednotlivých velikostních frakcí z celkového vzorku od nejmenšího po největší

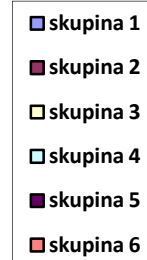
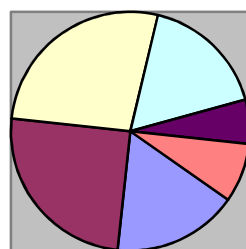


Pramen: (Kalvas, P., 2011)

Tabulka č. 16: Charakteristika štěpek

skupina	velikost[mm]	hmotnost[g]	zastoupení %
1.	1,0 – 3,0	164	17
2.	3,1 – 6,0	244	25
3.	6,1 – 10	262	27
4.	11 – 20	167	17
5.	21 – 30	61	6
6.	31 – 50	79	8
Total		<u>977</u>	

Graf č. 4: procentuální zastoupení jednotlivých velikostí štěpek



Z vážení vyplívá, že největší hmotnostní zastoupení ze vzorku má třetí skupina s velikostním rozpětím 6,1 – 10 mm, která má více, jak jednu čtvrtinu z celkového vzorku. Na druhém místě s největším hmotnostním zastoupením se nachází druhá skupina, která zaujímá přesně jednu čtvrtinu z odebraného vzorku. První a čtvrtá skupina pak ve vzorku zaujímají stejné procentuální zastoupení, zbylá pátá a šestá skupina, které mají největší velikosti frakcí, tvoří pouze zanedbatelné množství z celkového vzorku, z čehož vyplívá, že stroj Pezzolato Pz 110 M-b tvoří poměrně malé štěpky, které se velmi dobře hodí pro kompostování.

Obrázek č. 28: velikost jednotlivých frakcí z celkového vzorku



Pramen: (Kalvas, P., 2011)

5. Ekonomické hodnocení

V ekonomické hodnocení jsou stanoveny náklady na provoz štěpkovače Pezzolato Pz 110 M-b a následovně stanovena cena mechanizované práce pro danou operaci.

Tabulka č. 17: Údaje pro stanovení provozních nákladů stroje

Pezzolato Pz 110	označení	jednotky	suma
Pořizovací cena	C	Kč	312 806
Plánovaná zůstatková cena	C _z	Kč	0
Doba odepisování	t _a	R	5
Hodinová výkonnost	W ₀₇	m ³ . h ⁻¹	0,87
Výkon motoru	P _m	kw	9
Ostatní náklady obsluhy	jN _{hob}	Kč	135
Cena natural 95 (Agip)	C _{ph}	Kč . l ⁻¹	34,1
Koeficient oprav	k ₀₁		1,0
Šířka stroje	b _s	m	1,11
Délka stroje	l _s	m	2
Roční sazba garážové plochy	S _g	Kč . m ⁻²	150
Náklady na pojištění	N _{poj}	Kč . rok ⁻¹	9486
Roční nasazení	W _r	h . rok ⁻¹	100
Koeficient maziv	K _m	-	1,1
Normativ nákladů na opravy	N _{ol}	Kč . l ⁻¹	32

Fixní náklady

Náklady na amortizaci:

Vyjadřuje úbytek hodnoty způsobený odepisováním stroje. Její výše závisí na způsobu pořízení stroje, který ovlivňuje pořizovací cenu, a na době vyřazení z užívání, která ovlivňuje zůstatkovou cenu stroje a lze ji odvodit z rozdílu mezi těmito cenami.

$$rNa = C \cdot a / 100$$

$$rNa = 312\,806 \cdot 20/100$$

$$rNa = \underline{62561,2} \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$$

C.....pořizovací cena stroje (312 806,-)

pro peti-lete odepisovani je roční odpisová sazba $a = 100/5 = 20\%$

Náklady na zůročení kapitálu:

$$rNzu = (Kv+Cz)/2 \cdot z/100 \cdot ta/ts$$

$$rNzu = (312\,806 + 0)/2 \cdot 1/100 \cdot 5/6$$

$$rNzu = \underline{1303,35} \text{ Kč. rok}^{-1}$$

z.....úroková sazba dlouhodobých vkladů

Náklady na garážování:

Liší se podle toho, zda je stroj garážován v zatepleném prostoru, pod přístřeškem nebo na volné ploše. Při jejich stanovení se vychází z potřebné skladovací plochy (včetně nezbytného manipulačního prostoru okolo) a sazby za jednotku uskladňovací plochy.

$$rNg = (ls+1) \cdot (bs+1) \cdot Sg$$

$$rNg = (2 + 1) \cdot (1,11 + 1) \cdot 150$$

$$rNg = \underline{949,5} \text{ Kč.rok}^{-1}$$

Legenda:

ls.....délka stroje (2000mm)

bs.....šířka stroje (1110mm)

Sg....roční sazba garážové plochy (150)

Náklady na pojištění:

Roční náklady na pojištění a silniční daň jsou stanoveny zákonem a každý majitel vozidla nebo stroje je povinen uhradit stanovenou částku (povinné ručení, havarijní pojištění, silniční daň).

$$rN_{poj} = \underline{11699} \text{ Kč včetně DPH dle sazebníku ČSOB}$$

Celkové fixní náklady:

$$rN_f = rN_a + rN_{zu} + rN_g + rN_{poj}$$

$$rN_f = 62561,2 + 1303,35 + 949,5 + 11699$$

$$rN_f = \underline{76513} \text{ Kč.rok}^{-1}$$

Jednotkové fixní náklady:

$$jN_{hf} = rN_f / W_r$$

$$jN_{hf} = 76513 / 100$$

$$jN_{hf} = \underline{765,13} \text{ Kč. rok}^{-1}$$

Variabilní náklady

Náklady na pohonné hmoty a mazivo:

$$S_{phm} = 5,34 \text{ l na } 2\text{h } 43\text{min}$$

$$S_{phm} = \underline{1,97} \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$$

Náklady na pohonné hmoty:

Náklady na pohonné hmoty se stanovují podle spotřeby paliva a její ceny.

$$jN_{ph} = S_{phm} \cdot C_{ph}$$

$$jN_{ph} = 1,97 \cdot 34,1$$

$$jN_{ph} = \underline{67} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

Náklady na pohonné hmoty a maziva:

Náklady na maziva (oleje, tuky) se zpravidla odvozují od nákladů na palivo. Pro zjednodušení výpočtu se náklady za pohonné hmoty a maziva na jednu hodinu

provozu uvažují jako konstantní po celou dobu používání stroje, přestože se s jeho stárnutím dá očekávat jejich výšení.

$$jN_{phm} = S_{phm} \cdot C_{ph} \cdot 1,1$$

$$jN_{phm} = 1,97 \cdot 34,1 \cdot 1,1$$

$$jN_{phm} = \underline{73,73} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

Náklady na opravy a údržbu:

Závisí na celé řadě faktorů, jak z oblasti konstrukce a provozní spolehlivosti stroje daných výrobcem, tak i z oblasti péče o provozuschopnost stroje u uživatele.

$$jN_o = S_{phm} \cdot N_o \cdot \text{kol}$$

$$jN_o = 1,97 \cdot 32 \cdot 1,1$$

$$jN_o = \underline{69,3} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

Celkové variabilní náklady:

$$jN_v = jN_{phm} + jN_o$$

$$jN_v = 73,73 + 69,3$$

$$jN_v = \underline{143} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

Celkové provozní náklady stroje:

$$jN_{hc} = jN_{hf} + jN_{hv}$$

$$jN_{hc} = 765,13 + 143$$

$$jN_{hc} = \underline{908,13} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

Pomocí výkonnosti W_{07} vypočteme celkové náklady na poštěpkování 1 m^3

$$jNm^3 = jNhc / W_{07}$$

$$jNm^3 = 908,13 / 0,87$$

$$jNm^3 = \underline{1043,8} \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$$

Náklady na mechanizované práce:

Náklady na mechanizované práce mají především svůj význam pro plánování a kalkulaci nákladů uvnitř zemědělského podniku, při realizaci mechanizovaných prací vlastními mechanizačními prostředky.

Náklady na mechanizované práce jsou součtem nákladů na energetický prostředek, mechanizační prostředek a nákladů na obsluhu stroje.

Náklady na mechanizované práce na jednu hodinu:

$$jN_{hpr} = jNhc + jN_{hob} \quad (\text{Kč/h})$$

$$jN_{hpr} = 908,13 + 135$$

$$jN_{hpr} = \underline{1043,13} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

a na poštěpkování 1 m^3

$$jNm^3_{pr} = jN_{hpr} / W_{07}$$

$$jNm^3_{pr} = 1043,13 / 0,87$$

$$jNm^3_{pr} = \underline{1199} \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$$

Cena mechanizované práce stroje:

Cena mechanizované práce na 1 hodinu

$$jCE_{hpr} = jN_{hpr} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} + \frac{Z}{100}\right)$$

$$jCE_{hpr} = 1043,13 \cdot \left(1 + \frac{15}{100} + \frac{8}{100}\right)$$

$$jCE_{hpr} = \underline{1283} \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

A na 1m^3 operace:

$$jCE \text{ m}^3_{pr} = jN \text{ m}^3_{pr} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} + \frac{Z}{100}\right)$$

$$jCE \text{ m}^3_{pr} = 1199 \cdot \left(1 + \frac{15}{100} + \frac{8}{100}\right)$$

$$jCE \text{ m}^3_{pr} = \underline{1474,77} \text{ Kč} \cdot \text{m}^{-3}$$

Vypočítaná cena mechanizované práce nám dává náhled o sumě, za kterou lze při plánované režii 15% a předpokládaném zisku 8% nabízet tuto mechanizovanou práci, jako službu pro ostatní podniky.

6. Výsledky měření a doporučení pro praxi

V dílčích úkonech bylo nutné pro stroj Pezzolato PZ 110 M-b stanovit hodnocení, které dává objektivní náhled, jak kvalitně stroj pracuje, jaký materiál je tento stroj bez větších problémů schopen zpracovat a zejména, jak kvalitní tvoří tento stroj konečný produkt. Pro konečného spotřebitele je nejspolehlivější údaj o výkonnosti štěpkovače a to především výkonnost provozní, která zohledňuje faktory týkající se ztrátových časů způsobených přemísťováním, prostoje, celkovou organizací práce, ucpáváním stroje nadměrně objemným materiálem a tyto údaje nám udávají, jaké výkonnosti dosahují štěpkovače v běžném provozu. Z mého měření byla stanovena provozní výkonnost $255,08 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Tento údaj napovídá, kolik je možno vyrobit štěpky za daný časový úsek. Další měřené výkonnosti: výkonnost produktivní a operativní mají pro nás spíše informativní charakter, kolik je stroj schopen vyprodukovat při kontinuálním zásobení materiálem a při maximálních rozměrech materiálu, jaké je schopen daný stroj zpracovat, což představuje hodnoty, které v běžném provozu není možné uskutečnit.

Důležitým údajem pro konečného spotřebitele je také spotřeba pohonných hmot a z toho vyplývající spotřeba energie. Na celkové množství poštěpkovaného materiálu, které činilo 837,3 kg, bylo v mém případě spotřebováno 5,34 litrů pohonných hmot, z čehož vyplývá, že tento stroj má na poštěpkování 100kg materiálu spotřebu 0,64 litrů. Celková spotřeba energie na poštěpkování 837,3 kg materiálu vyplývá z hmotnosti paliva a jeho výhřevnosti. V tomto případě se jednalo o natural 95 a spotřeba energie představovala 232,77 MJ.

Při posuzování kvality konečného produktu je nutné stanovit zejména obsah vlhkosti, která byla v mém případě stanovena laboratorně a v průměru dosahovala 36,66% vlhkosti při zbylé sušině 63,34%. Z celkové hmotnosti 837,3 kg štěpky při průměrné vlhkosti 36,66% tedy voda tvořila 306,95kg. Při této vlhkosti se tato štěpka ideálně hodí na skladování, při němž dojde ještě k proschnutí a tím snížení vlhkosti. Při zhodnocení velikostní charakteristiky, která je uvedena v tabulce č.16 je zřejmé, že tento stroj při zpracování dřeva Slivoně trnité a Šeříku obecného produkuje velmi homogenní materiál, který velikostně nedosahuje velké variability. Proto se tato štěpka ideálně hodí na kompostování a mulčování. Z ekonomického hodnocení je nutné stanovit zejména celkové provozní náklady, které jsou dány součtem fixních a

variabilních nákladů. Celkové fixní náklady byly stanoveny z nákladů na amortizaci, nákladů na zúročení kapitálu, na garážování a na pojištění. Z celkových fixních nákladů jsou posléze vyjádřeny jednotkové fixní náklady, které při využívání daného stroje Pezzolato pouze 100 hodin za rok představují 765,13 Kč . h⁻¹ . Celkové variabilní náklady jsou stanoveny z nákladů na pohonné hmoty a mazivo a nákladů na opravy a údržbu a v našem případě činily 143 Kč . h⁻¹ S ohledem na jejich využití při stanovení nákladů na danou operaci je vhodné vyčíslit celkové provozní náklady v jednotkovém vyjádření, které činí 908,13 Kč . h⁻¹ . Následné vyjádření nákladů na mechanizované práce je sestaveno z nákladů na provoz energetického mechanizačního prostředku a mzdových nákladů obsluhy, které činí 1043,13 Kč . h⁻¹ . Tato hodnota slouží především při kalkulaci v podniku na realizaci prací vlastními mechanizačními prostředky. Z této hodnoty je následně vyjádřena cena mechanizované práce, za kterou lze danou operaci nabídnout, jako službu pro jiné podniky, která představuje 1283 Kč . h⁻¹ .

Závěr

Dnešní společnost je závislá na využívání fosilních paliv. Jelikož se jedná o neobnovitelné zdroje je zřejmé, že při tak intenzivním využívání se stavy těchto zdrojů snižují. Prognózy napovídají, že při tak intenzivním využívání neobnovitelných zdrojů bude jejich potenciál vyčerpán již za 150 – 200 let, ropa a zemní plyn dokonce již v průběhu následujících 40 – 50 let. Navíc mají fosilní paliva negativní dopady na životní prostředí. Spalováním fosilních paliv vznikají skleníkové plyny, které je nutno omezit. Tyto důvody vedou k hledání nových alternativ a jednou z nich je využívání biomasy k energetickým účelům. Velké množství energie je obsaženo především ve fytomase, kterou zastupují zejména dřeviny (vrba, topol) dále obiloviny, travní porosty atd. Vhodné zastoupení biomasy je v zemědělství v podobě slámy a zrnin, dále lesní těžbě, či údržbě veřejné zeleně a v neposlední řadě v průmyslu, zejména dřevozpracujícím v podobě pilin a hoblin zpracovaných na pelety, dřevní brikety a štěpky. Hlavní výhody vyplývající z pěstování energetických plodin spočívají v efektivním využívání volné půdy a tím péčí o údržbu kulturní krajiny, možnosti řízené produkce, využití biologicky rozložitelných odpadů, omezení nezaměstnanosti v odlehlých regionech. Již dnes existují způsoby, jak z biomasy energii získat od termochemických po biochemické, avšak hlavním důvodem, proč ještě využívání energie z biomasy není zaváděno masově jsou stále ekonomické aspekty. Protože nelze ve většině případech surový materiál z biomasy vzhledem k jeho povaze ihned použít, jako energetickou surovinu, je nutná jeho homogenizace. A právě zde je nutné využít technologii štěpkování a drcení.

Cílem této práce bylo podat objektivní pohled o současné nabídce strojů pro zpracování dřevní hmoty a jejich možnostech využití, jakožto strojů u kterých do budoucna potenciál a možnosti využití neustále porostou. Již dnes existují podniky, které se bez těchto strojů neobejdou a jsou hlavním prostředkem pro plnění všech zakázek. Důležité je však věnovat zvýšenou pozornost při výběru potřebného stroje, jeho parametrů a zejména k jakému účelu bude konečný materiál používán, jaký druh materiálu bude stroj převážně zpracovávat a v neposlední řadě v jakých oblastech a klimatických podmínkách bude pracovat.

Seznam použité literatury

1. ANDERT, D., SLADKÝ, V., ABRAHAM, Z., Energetické využití pevné biomasy. 2006, VÚZT, Praha, ISBN: 80-86884-19-8
2. BURG, P., SOUČEK, J. Hodnocení parametrů štěpky při štěpkování réví z různých odrůd révy vinné. 6/2008, VÚZT, Praha, 56 s., ISSN 1211-5816
3. CELJAK, I.: Stroje pro zemní a lesní práce II., JČU, České Budějovice 2000, 195 s.
4. CELJAK, I.: Štěpkovače by neměly chybět při údržbě dřevin, Komunální technika, 7/2008, 31s.
5. Firemní podklady Some, Stroje na zpracování biomasy, dřevního a komunálního odpadu Doppstadt. 2010.
6. HELLIN, M.: Moisture in wood fuels and dryiny of wood chips. [online]. 2005-07-06 [cit. 2006-06-14]. Dostupné z WWW: <[http://www.northernwoodheat.net/html/news/Finland/Symposiumpres/Dryin gofwoodchips.pdf](http://www.northernwoodheat.net/html/news/Finland/Symposiumpres/Dryin%20of%20woodchips.pdf)>
7. HEJÁTKOVÁ, K., JELÍNEK, A., MACOUREK, M., NOVÁK, P., PLÍVA, P., ŠREFL, J., VOSTÁL, D., VOSKOUPAL, D., ZEMÁNEK, P., ZIMOVÁ, M. Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním. 2003, VÚZT, Praha, ISBN: 80-238-9749-7
8. JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M., ALTMAN, V., PLÍVA, P., STOLAŘOVÁ, M. Technika pro kompostování v pásových hromadách. 2005, VÚZT, Praha, ISBN: 80-86884-02-3
9. KRANICH, Karl-Heinz: Stroje pro zpracování biomasy od firmy Karlow Karlshof. *Biom.cz* [online]. 2006-06-14 [cit. 2006-06-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=1906041>>. ISSN: 1801-2655.
10. KOFFMAN, Pieter D., Quality wood chip fuel. [online]. [cit. 2006]. Dostupné z WWW: <<http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/finalfuelquality.pdf>>.
11. KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J. Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem. Praha: EnviTypo, 2001. 70 s. ISBN 80-7212-201-0
12. KLEPÁRNÍK, J.: Návrat k vytápění dřívím I. Ateliér, X/2005, s. 12-14.

13. LINHART, P. a kol.: Nové technologie pro spalování biomasy. Teplárenské sdružení, Pardubice, 1999.
14. MALOUN, J.: Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv, ČZU, Praha, 2001
15. PLEVKA, V.: Analýza pracovních technologií při zpracování dřevní suroviny rychle rostoucích topolů a obdobných dřevin pro jejich další využití. dip.p. JČU České Budějovice, 2010, 122 s.
16. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P., Biomasa obnovitelný zdroj energie, FCC PUBLIC, Praha 2004, 288 s., ISBN 80-86534-06-5
17. POŽGAJ, A. et. al.: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda, 1997, 485 p.
18. PŘÍHODA, J.: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků. Biom.cz [online]. 2008-06-09 [cit. 2010-03-11]. Dostupné z WWW:
19. <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy>
20. [tezebnich-zbytku](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy)>. ISSN: 1801-2655.
21. Some: Prodej a servis zemědělské, lesnické a komunální techniky [online]. Jindřichův Hradec: 2009 [cit. 2010-03-12]. Komunální technika. Dostupné z www: <<http://www.somejh.cz>>.
22. SOUČEK, J. Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. 58 s. ISBN 978-80-86884-31-8
23. SOUČEK, J. Zpracování rostlinné hmoty pomocí drtičů a štěpkovačů. *Komunální technika*, 2008, VÚZT, Praha, roč. 2, č. 11, s. 33-35
24. SOUČEK, J. *Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008, č. 2. 78 s. ISBN 978-80-86884-31-8
25. SIMANOV, V.: Energetické využívání dříví možné způsoby energetického využívání těžebního odpadu a dalších opomíjených zdrojů dříví. 2. vydání. Olomouc: Terra polis, 1995. 115 s.
26. SLAVÍK, L.: Sušení surovin pro výrobu KS. Farmář 01/04. Profi Press s.r.o., Praha, 2004

27. STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T.: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila?apc=/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila&nocache=invalidate&sh_itm=0a0f751ea880bd530d47185ce9db4acf&sel_ids=1>. ISSN: 1801-2655.
28. ŠENKEŘÍK, J.: Technika a technologie zpracování odpadů z veřejné zeleně. dip.p. MENDELU Brno, 2010, 52 s.
29. VYSLYŠEL, K., et al. Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví: Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích [online]. 2007 [cit. 2010-03-11]. Těžebně-dopravní technologie „šetrné k přírodě“, Dostupné z WWW: <<http://www.uhul.cz/poradenstvi/metodiky/UKPSTPHVL.pdf>>.
30. ZEMÁNEK, P.: Speciální mechanizace, mechanizační prostředky pro kompostování. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 114 s. ISBN 80-7157-561-5
31. ZEMÁNEK, P., BURG, P. Speciální mechanizace, mechanizační prostředky pro zakládání a údržbu okrasných porostů. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. 169 s.
32. ZEMÁNEK, P., VEVERKA, V. Speciální mechanizace, malá mechanizace v zahradnictví. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 100 s.
33. ZEMÁNEK P., BURG P., ABRAHAM Z., KOVÁŘOVÁ M., Ekonomika technologických systémů ve vinohradnictví. 2006, VÚZT, Praha, ISBN: 80-86884-17-1

Seznam Obrázků

Obrázek č. 1: kusové dřevo	10
Obrázek č. 2: dřevní brikety	11
Obrázek č. 3: dřevní pelety	11
Obrázek č. 4: piliny	12
Obrázek č. 5: dřevní štěpka	13
Obrázek č. 6: přívěsný štěpkovač	23
Obrázek č. 7: štěpkovač s vlastním pohonem	24
Obrázek č. 8: štěpkovač na nákladním automobilu	24
Obrázek č. 9: diskové prac. ústrojí	27
Obrázek č. 10: diskové prac. ústrojí	27
Obrázek č. 11: bubnové prac. ústrojí	29
Obrázek č. 12: bubnové prac. ústrojí	29
Obrázek č. 13: šnekové prac. ústrojí	29
Obrázek č. 14: šnekové prac. ústrojí	30
Obrázek č. 15: svazkovač John Deere	33
Obrázek č. 16: Pracovní schéma štěpkování na těžební ploše za použití štěpkovače na terénním podvozku s vyvážením štěpek v zásobníku sekačky na odvozní místo	36
Obrázek č. 17: Pracovní schéma štěpkování na těžební ploše štěpkovačem na terénním podvozku s vyvážením štěpek na odvozní místo samostatným terénním prostředkem	36
Obrázek č. 18: Pracovní schéma soustředování těžebního odpadu neupravenou sortimentní vyvážecí soupravou se štěpkováním na odvozním místě štěpkovačem na silničním podvozku	36

Obrázek č. 19: sušárna s neohřátým vzduchem	38
Obrázek č. 20: solární sušárna	38
Obrázek č. 21: sušárna využívající spalin	38
Obrázek č. 22: sušárna využívající ohřáté vody	39
Obrázek č. 23: zpracovaná hromada	52
Obrázek č. 24: štěpkovač Pezzolato	54
Obrázek č. 25: kára č.1	54
Obrázek č. 26: kára č.2	55
Obrázek č. 27: zastoupení jednotlivých velikostních frakcí z celkového vzorku od nejmenšího po největší	63
Obrázek č. 28: velikost jednotlivých frakcí z celkového vzorku	64

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: diskové štěpkovače, modelová řada PZ	41
Tabulka č. 2: diskové štěpkovače, modelová řada H	42
Tabulka č. 3: bubnové štěpkovače, modelová řada PTH	44
Tabulka č. 4: bubnové štěpkovače, modelová řada PTH	45
Tabulka č. 5: drtiče Pezzolato, modelová řada S	46
Tabulka č. 6: drtiče Pezzolato, modelová řada S	47
Tabulka č. 7: drtiče Pezzolato, modelová řada S	48
Tabulka č. 8: bubnové štěpkovače, modelová řada DH	49
Tabulka č. 9: rychloběžné drtiče, modelová řada AK	49
Tabulka č. 10: pomaloběžné drtiče, modelová řada DW	50
Tabulka č. 11: kombi drtič DZ	51

Tabulka č. 12: naměřené hodnoty	57
Tabulka č. 13: Přehled výsledných hodnot	58
Tabulka č. 14: Spotřeba paliva na dané množství poštěpkovaného materiálu	59
Tabulka č. 15: Výsledné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny	61
Tabulka č. 16: Charakteristika štěpek	63
Tabulka č. 17: Údaje pro stanovení provozních nákladů stroje	65

Seznam grafů

Graf č. 1: přehled výkonností	59
Graf č. 2: obsah vlhkosti v jednotlivě odebraných vzorcích	61
Graf č. 3: Obsah sušiny v jednotlivě odebraných vzorcích	62
Graf č. 4: procentuální zastoupení jednotlivých velikostí štěpek	63