

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**



**FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
KATEDRA LESNÍ TĚŽBY**

**Porovnání a technický popis mechanizovaných
technologií na zpracování těžebních zbytků**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**VEDOUCÍ: DOC. ING. JIŘÍ DVOŘÁK, Ph.D.
BAKULANT: RADEK ČECH**

PRAHA 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Porovnání a technický popis mechanizovaných technologií na zpracování těžebních zbytků** vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury a zdrojů.

V Praze, dne 27. 4. 2012

Radek Čech

.....

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji Doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce na zadané téma.

Dále bych chtěl poděkovat Jaroslavu Hackerschmiedovi z firmy 1. Písecká lesní za vstřícnost při pořizování fotodokumentace strojů zpracovávajících těžební zbytky a panu Ing. Lukáši Kroupovi za poskytnutí informací o výši těžeb na LHC Vodňany

Anotace

Bakalářská práce obsahuje celkový přehled technologií na zpracování těžebních zbytků. V práci je popsán princip jednotlivých mechanizací, jejich výhody a nevýhody, a možnosti jejich nasazení. Obsahuje návrh vhodného výrobního řetězce pro dané území. Součástí práce je katalog strojů určených k likvidaci těžebních zbytků nabízených v České republice.

Annotation

The bachelor's thesis gives the overview about mechanized technologies of logging slash processing. It describes basic principles of mechanization with its conveniences and disadvantages, and possibilities of using. It contains the recommendation of producing procedure and economics analysis. Catalogue of machines, which are offered in the Czech republic, is a part of the thesis.

Klíčová slova

Štěpkovací stroj

Drtič

Shrnovač

Svazkovač

Key words

Chipper

Grinder

Rake

Energy wood harvester

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl a metodika.....	11
2.1	Posuzované technologie	11
2.2	Ekonomická analýza výrobního řetězce.....	11
2.3	Katalogizace strojů	11
3	Technologie zpracování těžebních zbytků	13
3.1	Kumulace těžebních zbytků	13
3.1.1	Ruční kumulování těžebních zbytků	14
3.1.2	Mechanické shrnování těžebních zbytků	14
3.1.3	Kumulace klestu při odvětvování harvestory	18
3.2	Vyvážení těžebních zbytků	19
3.2.1	Vyvážení vyvážecími traktory a vyvážecími soupravami.....	19
3.2.2	Vyvážení kompresními sběrači	20
3.3	Zpracování těžebních zbytků.....	22
3.3.1	Technologie bez dalšího využití.....	22
3.3.1.1	Pálení hromad	23
3.3.1.2	Zpracování mulčovacími nebo půdními frézami.....	23
3.3.2	Metoda s následným využitím těžebních zbytků	27
3.3.2.1	Štěpkování těžebních zbytků	28
3.3.2.2	Drcení těžebních zbytků	43
3.3.2.3	Svazkování těžebních zbytků	45
3.4	Odvoz štěrky a drtě.....	47
4	Návrh technologických uzlů v podmínkách LHC Vodňany	49
4.1	Stanovení výše objemu těžebních zbytků	49
4.2	Volba výrobního řetězce	51
4.2.1	Výrobní řetězec po mýtní úmyslné těžbě podrostní.....	51
4.2.2	Výrobní řetězec po mýtní úmyslné těžbě holosečné.....	52
4.3	Volba technologie dezintegrace těžebních zbytků	53
5	Posouzení návratnosti vybraných technologií	54
5.1.1	Mechanické shrnování.....	54
5.1.2	Vyvážení těžebních zbytků	55

5.1.3	Štěpkování těžebních zbytků.....	55
6	Ekonomická analýza navrženého výrobního řetězce zpracování těžebních zbytků.....	60
6.1	Výpočet předpokládaných nákladů	60
6.1.1	Náklady na shrnování.....	60
6.1.2	Náklady na odvoz těžebních zbytků na odvozní místo	60
6.1.3	Náklady na štěpkování	61
6.1.4	Náklady na odvoz štěpky k odběrateli	65
6.1.5	Celkové náklady	65
6.2	Výpočet předpokládaných výnosů	66
6.3	Návratnost investice na pořízení technologie štěpkování	68
7	Diskuse a závěry.....	70
8	Seznam použité literatury	72
9	Seznam obrázků.....	74
10	Seznam tabulek.....	76
11	Seznam grafů	77
12	Seznam příloh.....	77
13	Přílohy	I

1 Úvod

Historie využívání dřeva lidstvem sahá až do dob „přírodního člověka“. Ten využíval dřevo společně s kameny nebo kostmi, ale jeho konání nemělo z celkového hlediska vliv na vývoj lesa. Zlom nastal v mladší době kamenné, kdy se člověk začal živit zemědělstvím. Lesní porosty se kácely pro potřeby zemědělství. Dříví sloužilo jako palivo k vytápění příbytků a s růstem populace rostla i jeho spotřeba. S rozvíjejícím se průmyslem se spotřeba dřeva nadále zvyšovala a přirozená obnova lesů již nepostačovala tempu růstu spotřeby. Cílem lesnictví bylo vyrovnat spotřebu dřeva s jeho produkcí. První dochovaný dokument, který dokládá zájem o ochranu lesů na našem území a jejich stav, byl připravovaný zákoník Karla IV. kolem roku 1350, což poukazuje na fakt, že již v této době bylo nutné přijímat opatření vedoucí k ochraně lesů. K částečnému snížení devastace lesů došlo po objevení a následného využívání uhlí. Od třicátých let dvacátého století rozloha lesní půdy na našem území roste a zásoba dřeva představuje velký potenciál pro uskutečnění plánu zvýšení využití obnovitelných zdrojů. Těžbami vznikají jak sortimenty, tak těžební odpad. Ten do nedávné doby představoval pro lesníky spíše starosti s jeho odklizením a likvidací.

V současné době je snahou vyspělých států snížit závislost na fosilních zdrojích a zvýšit poměr využívání zdrojů obnovitelných. Jedním z hlavních důvodů je vyčerpatelnost fosilních zásob Země, k čemuž by dle odhadů mohlo dojít v řádu desítek let. Neméně důležité je snižování limitu emisí CO₂. Na koncilu Evropské unie v roce 2007 byl schválen návrh na dosažení 20% podílu obnovitelných zdrojů z celkových zdrojů do roku 2020 (BIOM, 2009). Biomasa je v současném pojetí chápána jako jeden z perspektivních zdrojů, který je za určitých podmínek zdrojem nevyčerpatelným. Mezi obnovitelnou biomasu patří i těžební zbytky vzniklé z výchovných zásahů a těžební zbytky a pařezy z obnovních těžeb. Objem těžebních zbytků vzniklých obnovními těžbami v Evropské unii v roce 2009 činil 251 mil. m³ (BIOM, 2009). Ministerstvo zemědělství ve své každoroční zprávě uvádí, že v České republice v roce 2010 byly provedeny

těžby surového dříví v celkové výši 16,74 mil. m³ (MZe ČR, 2011). V důsledku těchto těžeb zůstalo na pasekách ležet přibližně 3,5 mil. m³ těžebních zbytků. Volba způsobu jejich odklizení, zpracování, či dalšího využití závisí na mnoha faktorech.

2 Cíl a metodika

Zpracování těžebních zbytků je rozsáhlá problematika, která zahrnuje širokou škálu prací v rámci výrobního řetězce. Cílem je popsat jednotlivé technologie a princip jejich práce. Jednotlivé druhy strojů rozdělit do podkategorií a uvést možnosti a omezení jejich nasazení. Provést katalogizaci vybraných strojů a zařízení dostupných na území České republiky. Na základě zjištěných informací navrhnout jednotlivé uzly technologické linky na zpracování těžebních zbytků pro území LHC Vodňany.

2.1 Posuzované technologie

- mechanické shrnování

shrnovač klestu MERI + traktor Valtra 6850Hi

- štěpkování

štěpkovač Bobr 7 plus + traktor Valtra 6850Hi

štěpkovač Bobr 80s + traktor Valtra 6850Hi

štěpkovač Jenz HEM 420Z + traktor Fendt 716 Tier IV

Na základě hospodářských ukazatelů určit vhodnost pořízení strojů pro potřeby LS Vodňany z hlediska ekonomické rentability a využitelnosti strojového času zařízení na základě jeho výkonnosti.

2.2 Ekonomická analýza výrobního řetězce

Výsledek návratnosti investic do zvoleného výrobního řetězce závisí na výši nákladů a výnosů. Rozsah prací při zpracování těžebních zbytků se liší v závislosti na těžební metodě a ovlivňuje celkové náklady. Výše výnosů závisí na kvalitě vyrobené suroviny a výši objemu výroby. Cílem ekonomické analýzy je určení výše zisku v závislosti na objemu výroby.

2.3 Katalogizace strojů

Katalog strojů je sestaven z informací od výrobců, které byly získány z prospektů nebo internetových stránek firem zabývajících se výrobou a prodejem strojů pro zpracování těžebních zbytků. Nebo byly informace

získány osobním jednáním přímo v provozovnách prodejců a výrobců těchto zařízení. Nashromážděné informace budou roztrženy a rozděleny podle typu technologie.

3 Technologie zpracování těžebních zbytků

Z ekonomického hlediska může být hodnota lesních zbytků menší než náklady spojené s jejich zpracováním, tj. náklady na přibližování, zpracování a dopravu. Volba správné technologie je důležitá, jinak se na procesu zpracování lesních zbytků vynaloží více energie a financí, než se získá (BIOM, 2009). Neméně důležitý je vliv technologií na životní prostředí. Zvolená technologie by měla být natolik šetrná k životnímu prostředí, aby v důsledku jednotlivých mechanizací nedocházelo ke škodám.

Po těžbách zůstávají na plochách vršky stromů a větve včetně asimilačních orgánů, které zabírají 15 - 22 % objemu stromu. Nadále pařez a kořenový systém stromu, který je 10 - 15 % z objemu stromu (ALEXANDR a ROČEK, 1991). Celkový proces dalšího naložení s těžebními zbytky je závislý na vlastním rozhodnutí vlastníka lesa. Shromáždění těžebních zbytků je však vždy jednou ze základních činností.

3.1 Kumulace těžebních zbytků

Úklid těžebních zbytků je součástí přípravy stanoviště pro další použití mechanizace při následné půdní přípravě a zalesňování (DVOŘÁK a kol., 2006). Tato mechanizace by nemohla být bez této přípravy použita. Včasným uvolněním ploch od těžebních zbytků se zkrátí čas pro následné zalesnění a urychlí vznik přirozené obnovy. Zároveň je takto dosaženo stále produkční schopnosti lesní půdy.

Práce spojené s uvolňováním ploch po těžbách jsou mnohdy složité a finančně náročné a je nutné zvolit vhodný postup pro jejich zjednodušení. Jak uvádí JANEČEK a kol. (2002), účelným a cílevědomým prováděním těžby, resp. použitím vhodné těžební technologie lze tuto práci velmi usnadnit. Směrová těžba mezi přibližovacími linkami umožňuje snazší shrnutí než při neuspořádaných těžbách. Základními pracovními postupy jsou shrnutí těžebních zbytků do pruhů na pasece, popř. k porostní stěně mimo zalesňovanou plochu, shrnutí do hromad nebo shrnutí do valů.

Těžební zbytky je možné nechat zetlít, a tím navrátit živiny zpátky do půdy. Tímto postupem vzniká riziko šíření houbové infekce na zůstávající stromy v lesním porostu a rozšíření škůdců, nejčastěji lýkožrouta lesklého (DVOŘÁK a kol., 2006).

V současnosti se stále více používají technologie zpracovávající těžební zbytky na štěpku určenou k dalšímu použití, především pro energetické účely. Volba, jakým způsobem budou těžební zbytky shromažďovány, závisí především na stanovištních podmínkách a dále na způsobu těžby. Při těžbě nahodilé, která v roce 2010 činila 38,6 % z těžby celkové (Mze, 2010), bývají těžební zbytky rozprostřeny v porostu daleko od sebe a použití mechanizace by znamenalo využití velkého strojového času na přejíždění. Z tohoto důvodu je nutné nahlížet na problematiku volby způsobu shromažďování těžebních zbytků, především z ekonomického hlediska a zvolit nejlepší možnost pro danou lokalitu, resp. stanovištní podmínky, množství těžebního odpadu a velikosti plochy, na které je těžební odpad rozprostřen. Důmyslnou logistikou umožnit efektivní využití mechanizace, vytvořit časový harmonogram prací na jednotlivých úsecích a trasy pojezdu strojů a zařízení.

3.1.1 Ruční kumulování těžebních zbytků

Ruční shromažďování spočívá v cílené lidské činnosti kumulovat těžební zbytky. Historicky byla lidská práce s hospodařením v lesích pevně spjata. Příchodem technologického pokroku se začala vyrábět i mechanizace pro usnadnění práce člověka v odvětví lesního hospodářství. Nasazení mechanizace je mnohem efektivnější a nabízí velké usnadnění těžké manuální práce v lesích. Je ale limitováno technickými možnostmi strojů zejména ve vztahu ke stanovištním podmínkám, kde se má mechanizace pohybovat. Na plochách, které neumožňují pohyb mechanizace, je nutné těžební zbytky kumulovat ručně. Rovněž tak na plochách, které svou malou rozlohou nejsou ekonomicky výhodné pro nasazení mechanizace.

3.1.2 Mechanické shrnování těžebních zbytků

Pro mechanické shrnování klestu jsou konstruována zařízení s názvem shrnovače (příloha č. 1). Shrnovače jsou zařízení určená pro

shrnování jehličnatých i listnatých zbytků po těžbě. Umisťují se na přední straně UKT (obr. č. 1) nebo SLKT (obr. č. 1) formou adaptérů na ramena místo čelních rampovačů či na zadních stranách strojů. Lze je měnit za rampovače dle potřeby, jako je tomu například u shrnovače Forest Meri, který je uchycen pomocí dvou čepů, a jehož montáž a demontáž je velmi snadná.



Obrázek 1 - Čelní shrnovačem klestu na UKT (zdroj: firma Forest Meri), čelní shrnovač klestu na SLKT (zdroj: firma Vlk project), aktivní shrnovač klestu (zdroj: firma Forest Meri)

Shrnovač SV 6-087 je tvořen robustním rámem, který je osazen pěti shrnovacími prsty. Rozteč mezi krajními prsty je 555 mm a mezi středními prsty 450 mm. Celková šířka shrnovače činí 2010 mm. Maximální zdvih shrnovače je 560 mm. Hmotnost shrnovače je 790 kg a při jeho práci je nutné použít protizávaží o hmotnosti 644 kg.

Při práci shrnovačů o hmotnosti převyšující 700 kg je nutné použít protizávaží na zadním štítu z důvodu zabezpečení stability traktoru, nebo naplnit zadní pneumatiky kapalinou. Shrnovače lze rozdělit na pasivní a aktivní (obr. č. 2). Aktivní shrnovače jsou osazeny navíc dvěma přítlačnými prsty, které umožňují svoz klestu na kratší vzdálenost (DVOŘÁK, 2005). Shrnovací prsty jsou odpruženy pneumaticko-hydraulicky, jako je tomu u shrnovače Forest Meri. Ten je vybaven vlastním hydraulickým okruhem s objemem 10 litrů. Protitlak pístnic je zajištěn 25 atmosférami dusíku. Dusík je stlačen v tlakové nádobě a rozveden do pístnic (obr. č. 2). Další možnou variantu odpružení prstů využívá shrnovač H-10, který má prsty odpružené pomocí gumového lana o průměru 18 mm s délkou navinutí 4400 mm (DVOŘÁK, 2006). Oproti tomu shrnovač klestu SV-5 je osazen pěti prsty, které jsou samostatně odpruženy vinutou tažnou pružinou.



Obrázek 2 - Nádob s dusíkem, pístitnice s přívodem dusíku (zdroj: autor)

Možnost nasazení shrnovače závisí především na stanovištních podmínkách vyklížené plochy ve vztahu k vlastnostem použitého podvozku nosícího shrnovač. Limitujícími je únosnost terénu, výskyt překážek a sklon terénu. Tyto kritéria zohledňuje terénní klasifikace Lesprojekt 1980. Rozděluje terény do patnácti terénních typů a pěti terénních skupin. Terénní typ je označen dvoumístným číslem, kde první číslo udává terén únosný (1), terén neúnosný (2) nebo terén s překážkami (3). Druhá číslice představuje sklonovou kategorii plochy. Terénní skupiny jsou tvořeny na základě technologických podobností technologických typů (tab. č. 1). Terénní skupina A (terénními typy 11, 12 a 13), B (terénní typ 14) a C (terénní typ 15) je na únosném podloží a jednotlivé kritérium pro jejich dělení je sklon terénu, který limituje nasazení UKT (skupina A), SLKT (skupina B) a LDZ (skupina C). Terénní skupina D představuje neúnosný terén a jsou v něm zahrnuty terénní typy 21-25. Terénní skupina E představuje terén s překážkami a sdružuje terénní typy 31-35. Limitujícím faktorem je výška překážek na ploše. Pro UKT je omezující výška překážky 0,3 m a pro SLKT 0,5 m. Důležitým faktorem je i vzdálenost mezi překážkami a za terén s překážkami je považována plocha se vzdáleností překážek do pěti metrů (DOUDA, 2007).

Tabulka 1 - Terénní klasifikace „Lesprojekt 1980“

sklon terénu v %		únosné terény		neúnosné terény		terény s překážkami	
		typ	skupina	typ	skupina	typ	skupina
1	0-8	11	A	21	D	31	E
2	9-15	12		22		32	
3	16-25	13		23		33	
4	26-40	14	B	24		34	
5	40 a více	15	C	25		35	

Výkonnost mechanického shrnovače klestu závisí na výkonu motoru a jízdních vlastnostech použitého traktoru, dřevině, terénu, pařezech, velikosti plochy, záběru stroje, rychlosti pohybu a obsluze a lze jej odvodit ze vztahu (DVOŘÁK, 2006):

$$P_v = \frac{T_{pms} \cdot k_{pč} \cdot b \cdot v_p \cdot k_{šz} \cdot k_{ot}}{n \cdot 10000} \quad (\text{ha/směna})$$

P_v	výkonnost shrnovacího stroje za směnu	(ha)
T_{psm}	čas pracovní směny	(s)
$k_{pč}$	koeficient využití pracovního času	(-)
b	pracovní záběr stroje	(m)
v_p	průměrná rychlost jízdy stroje	(m.s ⁻¹)
$k_{šz}$	koeficient využití šířky pracovního záběru stroje	(-)
k_{ot}	koeficient časových ztrát	(-)
n	počet jízd na každém pruhu	

Podle prodejce shrnovače Forest Meri odvolávajícího se na zkušenosti uživatelů, je výhodné použití shrnovače na kamenitých terénech nebo na plochách s objemem klestu do 250 m³.ha⁻¹.

JANEČEK a spol. (2002) uvádí základní pracovní postupy:

- a) Shrnutí klestu do pruhů a ponechání na pasece. Pruhy jsou směřovány s podélnou osou vytěžené plochy. Šířka mezi jednotlivými pruhy je 20 až 30 metrů, nebo je dána budoucím sponem při následné výsadbě. Takto shrnutý klest se nepálí.

- b) Shrnutí klestu k porostní stěně mimo zalesňovanou plochu. Způsob procesu je obdobný jako v předchozím případě. Proces shrnutí začíná uprostřed vytěžené plochy a klest je shrnován nejdříve z jedné poloviny plochy a následně z druhé.
- c) Shrnutí do hromad. Tento pracovní postup je nejnáročnější. Traktor se shrnovačem pojíždí na kruhové ploše o průměru přibližně 40 metrů od kraje kruhu až po jeho střed spirálovitou trajektorií. Lepším způsobem je nejprve shrnout klest do pruhů a následně jej shrnovat do hromad.
- d) Shrnutí klestu včetně pařezů do valů a ponechání na ploše. Buldozer za pomoci klučící radlice klučí pařezy a shrnuje je společně s klestem do valů s rozstupem přibližně 20 metrů.

Před samotným započítáním mechanického shrnování je potřeba z plochy odstranit nárost. Rovněž je nutné vršky stromů a silné větve krátit, jestliže jsou delší než 3,5 metru.

Při mechanickém shrnování klestu jsou s těžebními zbytky shrnovány i kameny, hlína a jiné pevné nečistoty. To je limitující především pro štěpkovače, je-li záměr těžební zbytky nadále zpracovat na štěpku.

3.1.3 Kumulace klestu při odvětvování harvestory

Ke kumulaci těžebních zbytků je možné využít vedlejší pracovní operace harvestorových technologií, tzv. dopravní. Během těžby harvestorem jsou při odvětvování a výrobě sortimentu těžební zbytky shazovány na jednotlivé linky. Před započítáním těžebních prací je nutné porost důmyslně rozdělit linkami, na které jsou těžební zbytky ukládány. Tím odpadá nutnost těžební zbytky shromažďovat, protože tento proces byl vytvořen při samotné těžbě (DVOŘÁK a kol., 2006). Těžební linky jsou následně použity pro pohyb vyvážecích traktorů, které těžební zbytky převezou na odvozní místo, svazkovačů, nebo terénních štěpkovačů či drtičů.

Výhodou tohoto postupu jsou těžební zbytky, které nejsou znečištěné hlínou a kameny, jako je tomu při shrnování shrnovači. Těžební zbytky,

kteře byly operátorem harvestoru rozloženy pod kola pojiždějící techniky na půdách s malou únosností, není vhodné následně zpracovávat štěpkovači.

3.2 Vyvážení těžebních zbytků

Vyvážení těžebních zbytků z lesa je spojené s odebíráním živin, které by jinak mohly být svým rozkladem navraceny do půdy a mohly by ji obohatit. Z tohoto důvodu by měl být odvoz těžebních zbytků z lesa zodpovědně promyšlen. Při zanechání dostatečného podílu těžebních zbytků na ploše, nemusí dojít k degradaci půdy. Rozložení živin v porostech je v poměru 1:2:4 (dřevo: větve: listy nebo jehličí). Pokud je tedy ponechán dostatečný objem větví, listů nebo jehličí, k degradaci půdy nemusí dojít. Obvykle se ponechává na stanovišti 20-30 % objemu zbytků, který zajistí navrácení dostatečného množství živin do půdy (STUPAVSKY a kol, 2009). Těžební zbytky se nechají po nějaký čas na ploše, a tím je umožněn odpad listů nebo jehličí. Následně jsou těžební zbytky odvezeny na odvozní místo, kde jsou skladovány v hromadách. Šířka a výška hromad je 3-4 metry a jejich tvar je lichoběžníkový. Dešťová voda pak stéká po stranách. Čím více jsou strany hromad nerovné, tím více vlhkosti pronikne do hromad. WANTULOG (2011) nadále uvádí, že v praxi lesníci mají námítky vůči skladování těžebních zbytků a žádají okamžité zlikvidování těžebních zbytků z obav před zvýšeným rizikem vzniku požáru nebo rozšíření kůrovce.

3.2.1 Vyvážení vyvážecími traktory a vyvážecími soupravami

Těžební zbytky jsou chaoticky uspořádaným nesourodým materiálem, což výrazně ovlivňuje náklady na jejich odvoz. Těžební zbytky zaujímají větší prostor, než je jejich skutečný objem. Ložný prostor standardního vyvážecího prostředku není plně využit, resp. není plně využita jeho nosnost. Hustota těžebních zbytků se pohybuje v rozmezí 80-150 kg.m⁻³ (PŘÍHODA, 2007). To má za příčinu častější výjezdy techniky a s tím spojené zvýšené náklady. Jedním z řešení zvýšení produktivity je zvětšování ložného prostoru. Nejjednodušším způsobem je prodloužení klanic do výšky, prodloužení ložného prostoru a instalace předních a zadních zábran.

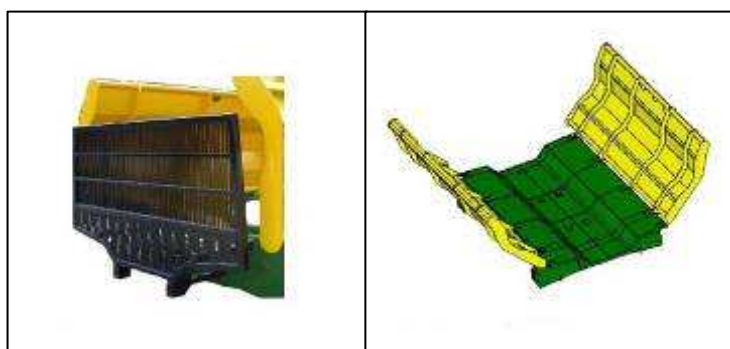
Těžební zbytky jsou nakládány pomocí hydraulické ruky s drapákem. Množství těžebních zbytků, které je schopen drapák naložit, je dalším faktorem ovlivňujícím celkovou produktivitu odvozu těžebních zbytků. Objem těžebních zbytků uchopených drapákem závisí na jeho konstrukci a velikosti čelistí. Drapáky používané pro nakládání dřeva nejsou vhodné. Jejich konstrukce neumožňuje dostatečné proniknutí do hromad a navíc při jejich použití snadno dochází k nabrání půdy. Z tohoto důvodu byl ve Finsku zkonstruován tzv. prstový drapák (PŘÍHODA, 2007). Ten oproti standardnímu těžařskému drapáku nemá spodní spojovací pláty. Prstový drapák snáze pronikne do hromad, a nabraná hmota je tak kompaktnější. Objem naložený prstovým drapákem je o 30-45 % větší oproti standardnímu těžařskému drapáku. V praxi se používají prstové drapáky se dvěma (obr. č. 3) nebo třemi prsty na každé straně.



Obrázek 3 - Prstový drapák s dvěma prsty na každé straně (zdroj: autor)

3.2.2 Vyvážení kompresními sběrači

Další možností efektivního využití ložného prostoru je použití kompresních sběračů (příloha č. 2). Mezi bočnicemi je vpředu čelní strana (obr. č. 4), která zabraňuje nežádoucímu přesahování těžebních zbytků. Pohyblivé bočnice (obr. č. 4) jsou ovládány hydraulickými písty, což umožňuje po naložení těžebních zbytků jejich lisování. Tím je docíleno snížení celkového objemu těžebních zbytků oproti volně loženému (obr. č. 5).



Obrázek 4 - Čelo kompresního sběrače, pohyblivé bočnice kompresního sběrače (zdroj: firma. Dutch Dragon)



Obrázek 5 - Kompresní sběrač LIKL 14, zadní pohled v průběhu nakládání, zadní pohled po kompresi (zdroj: firma STS Prachatice)

Kompresní sběrače dosahují vyšších hodinových výkonů oproti standardním vyvážecím nástavbám. Prodejce kompresního sběrače Dutch Dragon firma Merimex uvádí, že počet výjezdů pro stejný objem těžebních zbytků je 1 až 1,5 krát nižší. Rovněž pomocí otevření výklopné stěny lze těžební zbytky rychle složit na požadované místo sladěním výšky převáženého nákladu a odebírajícího zařízení. Po nezbytné montáži klanic lze použít kompresní sběrač jako běžný vyvážecí prostředek sortimentu, což umožňuje větší variabilitu v jeho využití. Kompresní sběrače jsou konstrukčně uzpůsobeny jako nástavby forwardérů (obr. č. 6) nebo jako nástavby přívěsů, jako je tomu u kompresního sběrače LIKL14. Ten je

konstruován na platformě vyvážecího vleku STS7T nebo STS10T (obr. č. 6).



Obrázek 6 - Kompresní sběrač na forwardéru (zdroj: firma Dutch Dragon), kompresní sběrač na vyvážecím vleku (zdroj: firma STS Prachatice)

3.3 Zpracování těžebních zbytků

V minulosti byly těžební zbytky a klest v lese ponechány k využití nemajetnými lidmi, kteří v lesích sbírali větve a šišky pro svá topeniště. Současná doba si vynucuje promyšlenější nakládání s těžebními zbytky a dlouhodobě přehlížený potenciál této dendromasy se začíná využívat. Napomáhá tomu i vývoj mechanizace určené ke zpracování zbytků po těžbách. Výměra lesních pozemků v České republice se za poslední roky výrazně nezměnila a v roce 2010 činila 2 657 376 ha (Mze ČR, 2010). Celkový objem těžby v roce 2010 byl 16,74 mil m³ (Mze ČR, 2010), z čehož vzniklo přibližně 3,5 mil m³ těžebního odpadu. Geografické podmínky v lesích na území České republiky nejsou vždy příznivé pro efektivní nasazení mechanizace a zároveň zařazení do různých kategorií lesů upravuje a někdy omezuje volbu způsobu dalšího hospodaření.

3.3.1 Technologie bez dalšího využití

Technologií bez dalšího využití je myšleno takové naložení s těžebními zbytky, kdy jsou bez užitku spáleny, nebo ponechány na ploše k zetlení v podobách pruhů, valů nebo hromad. Ty představují překážky pro pohyb mechanizace při následném zalesňování a rovněž zabírají velkou produkční plochu. Z důvodu ochrany porostu není vhodné ponechávat těžební zbytky volně na ploše z důvodu šíření škůdců. Použitím mulčovacích nebo půdních fréz lze těžební zbytky dezintegrovat. Tím se uvolní plocha a umožní se nasazení další mechanizace při následné obnově.

Rovněž se zamezí šíření podkorního hmyzu. Důležitým faktorem je návrat živin zpět do půdy.

3.3.1.1 Pálení hromad

Pálení je starý způsob nakládání s těžebními zbytky, kdy je nahromaděný odpad spalován na hromadách. Při pálení jsou zničeni biotičtí škůdci, ale jinak nepřináší žádný jiný užitek, pomineme-li obohacení půdy popelovinami. Ty jsou soustředěny pouze v prostoru ohniště o průměru přibližně 2 m, a tedy z celkového hlediska porostu zanedbatelné (DVOŘÁK a kol, 2006). Největším problémem je nebezpečí vzniku lesních požárů. Povinností vlastníka lesa při pálení v lese je hlásit tuto skutečnost hasičskému záchrannému sboru. Je nutné zabezpečit dostatečná opatření k zamezení vzniku požáru. Vhodná doba k pálení je zima nebo vlhké období. Před započatím pálení je vhodné vyorat protipožární pásy a samotné pálení provádět za bezvětří s velkou skupinou pracovníků vybavenou protipožárním vybavením. Tato opatření zvyšují náklady na úklid. Jak uvádí JANEČEK a kol. (2002), na 1 ha je nutné počítat s 30-200 pracovními hodinami. Kompenzace nákladů z dotační politiky se na pálení neposkytuje. V praxi rovněž někdy dochází k nežádoucím jevům, jako je používání olejů a starých pneumatik k zakládání ohně v ohništích.

3.3.1.2 Zpracování mulčovacími nebo půdními frézami

Mulčovací a půdní frézy vycházejí z podobného konstrukčního provedení. Rozdílný je výsledek po jejich nasazení. Jak uvádí DVOŘÁK a kol (2006), mulčovací frézy slouží v lesnictví k likvidaci bušeně, nebo těžebního odpadu na ploše, který po zpracování zůstane ležet na půdním povrchu. Půdní frézy slouží ke zpracování těžebního odpadu a jeho zapracování do vrchní vrstvy půdy. Půdními frézami lze také rozčlenit porost nebo likvidovat mladý nekvalitní porost. Víceúčelovými půdními frézami je možné upravovat povrchy cest, připravovat záhony v lesních školkách nebo vytvářet protipožární pásy. Zpracování mulčovacími nebo půdními frézami je nejčastější mechanizované zpracování biomasy na ploše.

Nejčastějším konstrukčním řešením jsou mulčovací a půdní frézy nesené jako adaptéry na tříbodovém závěsu traktoru. Mohou být nesené na zadní nebo přední straně traktoru (obr. č. 7).



Obrázek 7 - Půdní fréza nesená vzadu (zdroj: autor), půdní fréza nesená vpředu (zdroj: firma Some)

Pracovními nástroji jsou kladiva, která jsou uložena na rotátoru. Ta jsou uložena buď jako výkyvná, nebo jako pevná s možností výměny (obr. č. 8), nebo jsou pracovní nástroje navařené. V tomto případě je při poškození určitého podílu pracovních nástrojů nutná výměna rotátoru jako celku (DVOŘÁK a kol., 2006). Někteří výrobci nabízejí rotátory s kombinací pevných a výkyvných kladiv. Příkladem je půdní fréza NUD firmy STS Prachatice. Rotátor je tvořen hřídelí, na který jsou navařeny tvarované disky. Na ty je možné zavěsit nebo vložit volná nebo pevná kladívka. Výrobce uvádí, že je možné vytvářet vhodné kombinace pro dané stanoviště.

Počet kladiv rotátoru se liší v závislosti na typu adaptéru a pohybuje se od 12 do 98 kusů. V závislosti na počtu kladiv se odvíjí i pracovní šířka adaptéru. Pracovní šířky jsou od 1,2 do 3 metrů (příloha č. 3). Skutečná šířka adaptérů je přibližně o 15 % větší než pracovní šířka. Kladiva jsou vyráběna celá z tvrdokovu, nebo je z tvrdokovu vyroben pouze návar na špici kladiva. Životnost kladiv je až 600 hodin (DVOŘÁK a kol., 2006).



Obrázek 8 - Rotor půdní frézy s volně uloženými pracovními nástroji (zdroj: autor), pevně uložené pracovní nástroje (zdroj: firma Berti)

Rotátor je poháněn od traktoru přes teleskopický kloubový hřídel (obr. č. 9). Ten přivádí kroutící moment na úhlovou převodovku, která pomocí hřídele přenáší kroutící moment na jednu stranu adaptéru (obr. č. 9), popř. pomocí hřídelů na obě strany. Na straně adaptéru je řemenice, která pomocí řemenového převodu přenáší dále kroutící moment na rotátor. Počet řemenů je různý a závisí na typu zařízení. Počet řemenů je od 4 až po 12 kusů. K přenosu kroutícího momentu lze použít i řetězového převodu. Výhodou řemenového převodu je prokluz řemenů, dojde-li k zablokování rotátoru při práci, čímž je zařízení chráněno před nadměrným zatížením. Adaptéry jsou standardně konstruovány pro otáčky vývodového hřídele traktoru 1000 ot.min^{-1} a rotátor se pohybuje obvodovou rychlostí, která činí $40\text{-}50 \text{ m.s}^{-1}$ (DVOŘÁK a kol., 2006). Výrobci nabízejí frézy pro vývodové otáčky hřídele 540 ot.min^{-1} .



Obrázek 9 - Hnací hřídel a úhlová převodovka půdní frézy boční pohled, zadní pohled (zdroj: autor)

Při práci jsou frézy vlečeny za traktorem. Oblé ližiny zajišťují kopírování povrchu a případná nerovnost je plynule překonána. Těžební zbytky jsou mulčovány a ponechány na ploše, nebo jsou zapracovány do půdy. Hloubka zapracování závisí na typu půdní frézy a pohybuje se od 5 do 25 cm (příloha č. 3). Hloubku zapracování je možné nastavit pomocí bočních skluzů. Půdní frézy je poté možné použít při údržbě a obnově cest, úpravě mikroreliefu, zakládání protipožárních pásů nebo přípravě záhonů v lesních školkách. Celková životnost fréz je uváděna na přibližně 3500 provozních hodin (DVOŘÁK a kol., 2006). K půdním frézám jsou dodávány speciální rámy pro práci při rozčleňování porostu. Rám je ovládán přímočarým hydromotorem. Při práci předklání a usměrňuje stojící stromy do směru jízdy, a umožňuje tak jejich snadnější zpracování.

Volba nosiče pro daný typ adaptéru je závislá na požadovaném výkonu traktoru. Požadavky na výkon traktoru jsou široké a pohybují se od 40 do 350 kW v závislosti na typu adaptéru (příloha č. 3). V závislosti na jízdních vlastnostech traktoru, především stabilitě, se odvíjí i možnost nasazení traktoru s frézou. K nesení fréz se nejčastěji používají univerzální kolové traktory, jejichž svahová dostupnost je převážně do 10 % při pohybu po vrstevnici a do 25 % při pohybu po spádnicí (DVOŘÁK, 2006). To na únosné půdě odpovídá terénní skupině A. Půdní frézy se nepoužívají v kamenitých terénech. Na těchto plochách se poškozují pracovní nástroje fréz. Rovněž není vhodné nasazení fréz na plochách s výskytem oddenkových plevelů (např. pýru), kde se rozsekáním plevel rozmnožuje (JANEČEK a kol., 2002). Při samotné práci je nutné dbát na to, aby činností nebyly poničeny stojící stromy. To může nastat při neopatrném pojíždění a poškození nadzemní části stromů, nebo samotným frézováním, kdy může být narušen kořenový systém a hrozí proniknutí houbové infekce.

Výkonnost fréz je závislá na rychlosti pojezdu a pracovním záběru stoje (tab. č. 2). Rychlost pojíždění závisí na náročnosti terénu a pohybuje se od 1 až 2 km.h⁻¹. Při velmi obtížném terénu je rychlost pouze 0,2 km.h⁻¹ (DVOŘÁK a kol., 2006). K tomu je zapotřebí traktor s plazivými rychlostmi. Výkon půdní frézy lze zvýšit při kombinovaném použití se shrnovačem klestu.

Tabulka 2 - Výkonnost půdních fréz v (ha.h⁻¹)

Pracovní šířka záběru frézy (cm)	rychlost pohybu traktoru (km.h ⁻¹)		
	2,5	1,5	0,2
160	0,4	0,24	0,032
180	0,45	0,27	0,036
200	0,5	0,3	0,04
250	0,625	0,375	0,05
300	0,75	0,45	0,06

Kromě nesených adaptérů na třibodovém závěsu traktoru se vyrábějí adaptéry uchycované na hydraulické jeřáby. Možnost nasazení je i v horších terénních podmínkách v závislosti na terénních vlastnostech nosiče. Pohon rotátoru je v tomto případě řešen hydrostaticky (DVOŘÁK a kol., 2006).

3.3.2 Metoda s následným využitím těžebních zbytků

Zbytky po těžbě, které následně zůstanou ležet na ploše, představují velký potenciál pro energetický a teplárenský průmysl. Problematika spojená s dalším využitím těžebních zbytků zahrnuje komplexní práce od kumulace těžebních zbytků, dezintegraci těžebních zbytků, odvoz dezintegrovaného materiálu až po přejímku u odběratele. Celkový hospodářský výsledek ovlivňuje výše nákladů na straně jedné a výše zisků na straně druhé.

Náklady vložené do procesu zpracování těžebních zbytků jsou závislé na použité mechanizaci (výši odpisů, náklady na běžný provoz a údržbu, spotřebě PHM). Dalším faktorem výrazně ovlivňujícím nákladovou stránku jsou dopravní vzdálenosti mezi jednotlivými uzly zvoleného technologického postupu. Náklady ovlivňují také podmínky, za jakých jsou těžební zbytky získány od vlastníka lesa. Dříve musel vlastník lesa vynaložit prostředky na likvidaci těžebních zbytků, zatímco v současnosti lze těžební odpad prodat. V roce 2008 se u LČR prodávaly těžební zbytky za 1 Kč za metr krychlový těžby dříví. V současnosti se

podle LČR v atraktivních lokalitách cena zvedla přibližně čtrnáctkrát (Lesu zdar, 2010).

Zisk představují peněžní prostředky získané z prodeje vyrobené lesní štěpky. Výše tržby závisí především na odpovídající kvalitě vyrobeného materiálu. Z tohoto důvodu je nutné uplatňovat těžbu přizpůsobenou požadavkům na palivo. Udržovat těžební zbytky bez nečistot, které snižují kvalitu následně vyrobené lesní štěpky. Dalším významným faktorem ovlivňujícím výši zisku je výkupní cena lesní štěpky vztažená k výhřevnosti. Výhřevnost dřeva je závislá na vlhkosti a jeho rozpětí je široké. Dříví čerstvě pokáceného stromu má relativní vlhkost 60 %. Při proschnutí a dosažení relativní vlhkosti 40 % je efektivní výhřevnost dvojnásobná (SIMANOV, 2008). Z tohoto vyplývá, že výkupní cena je rozdílná při stejných nákladech na soustředování, zpracování a transport. Doba potřebná ke snížení relativní vlhkosti pod 40 % závisí na počasí a roční době a pohybuje se přibližně okolo 3 měsíců. U smrku může být snadným indikátorem poklesu vlhkosti podíl ztráty jehličí. Relativní vlhkost smrku po těžbě je 60 % a má všechny jehlice. Při ztrátě vlhkosti ztrácí rovněž jehličí. Když ztratí polovinu jehličí, relativní vlhkost poklesne na hodnotu 35 % (SIMANOV, 2008). Po celou dobu je nutné udržovat v sortimentu co nejnižší vlhkost. Jak při práci a skladování těžebních zbytků, tak při práci a skladování energetické štěpky.

Samotný proces skladování energetické štěpky je velmi problematický. Dochází při něm k znehodnocování štěpky a následné ztrátě na objemu. Po sedmi měsících je úbytek na objemu větší než 30 %. Rovněž dochází k mineralizaci. Tato surovina pak již není vhodná pro energetické účely. Při skladování nezakrytých hromad těžebních zbytků jsou rozkladné procesy pomalejší a ztráty na objemu jsou okolo 1 % za každý měsíc skladování (NOVÝ, 2008). Z tohoto důvodu je vhodné zpracovávat klest těsně před dodávkou k odběrateli.

3.3.2.1 Štěpkování těžebních zbytků

Štěpkovače jsou zařízení pro beztržkové dělení dřeva. Pracovními nástroji jsou nože nejčastěji nesené na bubnu či disku. Velikost vyráběného

materiálu lze normovat (DVOŘÁK a kol., 2006). Velikost výsledného produktu je závislá na velikosti mezery mezi nožem a protinožem. Vzhledem náchylnosti ostrých břitů nožů k jejich otupení, je třeba klást důraz na čistotu zpracovávaného materiálu. Těžební odpad znečištěný hlínou a kameny má za následek otupení sekacích nožů, nutnost jejich broušení a častější výměnu. To zvyšuje náklady na provoz. Při velkém poškození nožů vzniká i riziko havárie stroje z důvodu narušení dynamického vyvážení rotujících součástí sekacího aparátu (SIMANOV, 2008).

Štěpkovače lze rozdělit do různých kategorií podle několika hledisek

➤ podle celkové konstrukce a uspořádání se dělí na:

- mobilní štěpkovače

Mobilní štěpkovače jsou konstruovány pro možnost použití na místech aktuální potřeby. Těmito místy mohou být lokality expedičních skladů, odvozní místa nebo přímo lokality pasek po smýcených porostech. Samotná možnost nasazení konkrétního typu je závislá na jeho terénních vlastnostech, které musí zabezpečit bezpečný pohyb v terénu.

Mobilní štěpkovače se dále dělí na:

- Nesené na tříbodových závěsech univerzálních traktorů

Pohon štěpkovače neseného v tříbodovém závěsu traktoru (obr. č. 10) zajišťuje vývodový hřídel traktoru (obr. č. 10). Z tohoto je zřejmé, že při práci štěpkovače je nutná stálá přítomnost traktoru. Potřebný výkon traktoru závisí na typu neseného štěpkovače a pohybuje se od 18 až po 294 kW (příloha č. 4). Jak uvádí PŘÍHODA (2007), někteří výrobci nabízejí štěpkovače, které ve spojení se silným univerzálním traktorem poskytují vysokou výkonnost, dříve nabízenou pouze u štěpkovačů se samostatným spalovacím motorem. Příkladem je štěpkovač Lindana TP 400 (příloha č. 4), který při potřebném výkonu traktoru 147-294 kW poskytuje hodinový výkon 80- 100 m³ štěpky za hodinu. Pro dosažení tak vysokého výkonu je nutné zajistit dostatečný přísun materiálu k sekacímu ústrojí.

Přísun materiálu je u štěpkovačů nesených v tříbodovém závěsu traktoru zajišťován ručně nebo pomocí hydraulické ruky.



Obrázek 10 - Štěpkovač nesený na tříbodovém závěsu (zdroj: firma Rabaud), vývodový hřídel od traktoru určený k pohonu štěpkovače (zdroj: autor)

Možnosti nasazení opět vychází z jízdních vlastností traktoru, především jeho stability. Podle terénní klasifikace „Lesprojekt 1980“ terénní skupina A technologicky příbuzná univerzálnímu kolovému traktoru odpovídá sklonu terénu 0-25 % (terénní typ 11-13). Při pohybu po vrstevnici je nutné respektovat hodnotu maximálního bočního náklonu, který u traktorů bývá přibližně 10 %.

- Tažené štěpkovače

Tažené štěpkovače jsou stroje umístěné na jednonápravových (obr. č. 11), dvounápravových (obr. č. 11), popř. třínápravových vlecích. Jejich pohon je řešen vývodovým hřídelem od traktoru, nebo mají vlastní pohonnou jednotku. Při práci tažených štěpkovačů poháněných od traktoru je opět nutná stálá přítomnost traktoru při práci štěpkovače. Štěpkovače s vlastní pohonnou jednotkou jsou schopné práce samostatně. Některé typy štěpkovačů nabízejí výrobci jak s možností pohonu od traktoru, tak s vlastní pohonnou jednotkou. Příkladem je štěpkovač Bobr 70 rakouské firmy Biber, který je vyráběn ve variantách 70 Z a 70 ZZ (popř. 70 ZK nebo 70 ZZK) pro pohon od traktoru s potřebným výkonem traktoru 110-220 kW nebo ve variantách 70 S a 70 70 SDK, které mají svou vlastní pohonnou jednotku o výkonu 199 kW (příloha č. 5). Pracovní výkon těchto štěpkovačů je velice široký a je závislý na výkonu motoru traktoru, popř. výkonu vlastní pohonné

jednotky. Rovněž jejich velikost a konstrukční uspořádání se může od sebe lišit. Štěpkovač JBM 419MX konstruovaný na jednoosém vleku využívá k pohonu vlastní dieselový motor o výkonu 20 kW, je schopen zpracovat dřevní hmotu do průměru 14 cm a jeho váha je 750 kg (příloha č. 5). Oproti tomu firma Jenz nabízí štěpkovač HEM 1000DXL konstruovaný na třínápravovém návěsu, poháněný vlastním motorem Mercedes Benz o výkonu 450 kW (volitelně 480 kW), jehož hmotnost je v závislosti na typu konstrukce do 30000 kg. Tento štěpkovač je schopen zpracovat hmotu tvrdého dřeva do průměru 70 cm a měkkého dřeva do průměru až 100 cm. Průchodnost tohoto štěpkovače se pohybuje pod hranicí 360 prm.h⁻¹ (příloha č. 5).



Obrázek 11 - Tažený štěpkovač na jednonápravovém (zdroj: firma Pezzolato), dvounápravovém vleku (zdroj: firma Dutch Dragon)

Z tohoto vyplívá i rozdílnost možnosti nasazení těchto štěpkovačů. Velké štěpkovače vzhledem ke své vysoké hmotnosti je možné používat pouze na zpevněných cestách, což omezuje jejich nasazení na odvozní místa popř. expediční sklady.

Podávání materiálu lze u menších štěpkovačů zabezpečovat ručně. U štěpkovačů s vyššími výkony je nutné zajistit dostatečný přísun materiálu, aby byl využit jejich výkon. Proto je u nich zabezpečováno podávání pomocí hydraulické ruky.

- Samohybné

Samohybné štěpkovače jsou konstruovány jako nástavby forwardérů, umístěné na podvozcích nákladních automobilů nebo na pásových podvozcích (obr. č. 12).



Obrázek 12 - Štěpkovač nesený na forwardéru (zdroj: firma Dutch Dragon), na nákladním automobilu (zdroj: autor), na pásovém podvozku (zdroj: firma Dutch Dragon)

Štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů patří do skupiny nejvýkonnějších štěpkovačů společně se štěpkovači umístěnými na návěsích (PŘÍHODA, 2007). Obvykle jsou osazeny vlastním motorem technologické nástavby. Jejich výkon se pohybuje od 100 do 250 $\text{pr}m \cdot h^{-1}$ (příloha č. 5). Nejvýkonnější štěpkovač fy. Jenz určený pro umístění na automobil HEM 1000DQ je vzhledem ke své vysoké hmotnosti 18500 kg (příloha č. 5) určen na platformu čtyřnápravového automobilu. Vlastní pohonná jednotka Mercedes Benz o výkonu 450 kW (volitelně 480 kW) je určena především pro pohon štěpkovacího rotoru. Koncepce hydraulického pohonu štěpkovače vč. hydraulické ruky pro dávkování materiálem a ventilátoru pro odvod vyrobené štěpky je řešena od motoru nákladního vozidla. Tento štěpkovač dosahuje zmíněného výkonu 250 $\text{pr}m \cdot h^{-1}$.

Plnění materiálem je u těchto štěpkovačů vždy mechanické vzhledem k dosahovaným hodinovým výkonům. Ovládání hydraulické ruky je řešeno z kabiny nákladního automobilu (obr. č. 13), nebo z vlastní kabiny pro operátora, která je umístěna na ložné ploše nákladního automobilu (obr. č. 14). Kabina je při práci vysunuta. To umožňuje operátorovi lepší přehled a kontrolu při podávání materiálu v průběhu štěpkování.



Obrázek 13 - Pohled z kabiny nákladního automobilu při práci štěpkovače, sedadlo operátora (zdroj: autor)



Obrázek 14 - Samostatná kabina štěpkovače, pohled z kabiny na podávací zařízení (zdroj: autor)

Nasazení těchto typů štěpkovačů vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti těžby a přibližování dřeva ke štěpkovači a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby byl štěpkovač plně využit (PŘÍHODA, 2007). Vzhledem ke svým omezeným možnostem pohybu v terénu je práce těchto prostředků možná jen na zpevněných plochách – odvozních místech, popř. expedičních skladech.

Zcela odlišným konstrukčním řešením mobilních štěpkovačů jsou štěpkovače nesené na forwardérech. Mohou pracovat přímo na pasece bez předešlého shrnutí klestu, nebo zpracovávat připravené skládky těžebních zbytků na odvozním místě (PŘÍHODA, 2007). Jako vhodné se zdá být zapojení těchto štěpkovačů do harvestorového uzle, kde štěpkovač pojíždí po linkách a sbírá těžební odpad shozený harvestorem při těžbě na hromady. Podávání materiálu je zabezpečeno hydraulickou rukou. Po průchodu materiálu sekacím aparátem je vyrobená štěpka dopravována šnekovými nebo pásovými dopravníky do kontejneru, kterým jsou štěpkovače vybaveny. Průměrná výkonnost štěpkovačů je $60 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ (DVOŘÁK a kol., 2006). Kontejner štěpkovače slouží jako dočasný zásobník štěpky a po naplnění kontejneru nebo potřebě kontejner vysypat, přejede forwardér na odvozní místo, kde je štěpka přesypána do připravených kontejnerů nebo přímo na zem (obr. č. 15). Jedním z představitelů těchto štěpkovačů je mobilní štěpkovač BRUKS 805 CT (obr. č. 15). Je vybaven motorem Scania s výkonem 331 kW. Sekacím aparátem je buben o průměru 800 mm s dvěma noži, který je schopen zpracovat materiál do průměru 50 cm

měkkého dřeva a 40 cm tvrdého dřeva. Do kontejnerového zásobníku lze uložit 18 m³ nebo 21 m³ štěpky. Celková hmotnost stroje je 11 000 kg.



Obrázek 15 - Terénní štěpkovač BRUKS 805 CT vysypání neseného kontejneru, pohled na stroj v přepravní poloze (zdroj: firma Bruks)

Posledním jmenovaným konstrukčním řešením jsou samohybné štěpkovače na pásovém podvozku. Jsou opatřeny vlastním motorem, který slouží jak k zajištění pohybu štěpkovače, tak k zabezpečení pohonu sekacího ústrojí. Tyto štěpkovače umožňují nasazení v místě těžby. Díky pásovému podvozku jsou uzpůsobené k práci ve ztížených podmínkách a těžce průchodném terénu. Rychlost jejich pohybu je do 3,7 km.h⁻¹ (štěpkovače fy. Jenz označované Tiger). Proto je nutné tyto stroje převézt co nejbližší místa práce na podvalnicích. Dávkování materiálu je závislé na výkonu štěpkovače. U štěpkovačů menších výkonů je materiál dávkován ručně. Štěpkovače vyšších výkonů je nutné materiál dávkovat mechanicky. Štěpkovač je vybaven hydraulickou rukou, nebo je použito hydraulické ruky externího prostředku. Výkonnost štěpkovačů na pásovém podvozku je různá. Štěpkovač typové řady STC 220MT55 SAFE-Track (obr. č. 16) je poháněn čtyřválcovým motorem Isuzu o výkonu 36 kW. Je vybaven pásy s hydraulickým pohonem a je schopen se pohybovat rychlostí až 6 km.h⁻¹. Dosahuje výkonu v řádu desítek prm.h⁻¹. Jedná se o štěpkovač menší konstrukce. Podávání materiálu je ruční. Výkonnější je štěpkovač CBI 6400T (obr. č. 16). Pohonnou jednotkou je naftový motor Caterpillar C27 o výkonu 730 kW. Sekacím ústrojím je rotor o průměru 1000 mm opatřený dvěma noži (popř. čtyřmi). Stroj umožňuje zpracování kmenů do průměru 45 cm tvrdého dřeva a 60 cm měkkého. Výrobce uvádí, že s tímto strojem

lze dosáhnout výkonu až 110 t.hod^{-1} . Dávkování materiálu je řešeno pomocí vlastní hydraulické ruky nebo externího prostředku. Hmotnost samotného stroje se liší v závislosti na provedení a je přibližně 34 000 kg.



Obrázek 16 - Štěpkovač na pásovém podvozku STC 220MT55 SAFE-Track (zdroj: firma GreenMech), štěpkovač na pásovém podvozku CBI 6400T (zdroj: firma Vermeer)

- Stacionární

Stacionární štěpkovače jsou nepřenosná zařízení. Jsou pevně instalovány na vlastním rámu v kontinuální výrobní technologii. Před sekacím zařízením je instalováno podávací zařízení (podávací válce a pásy) a za ním výstupní zařízení (pásy) (DVOŘÁK a kol., 2006). Stacionární štěpkovače jsou používány v dřevařském průmyslu ke zpracování odpadu z výroby nebo v energetickém průmyslu přímo u zpracovávatele lesní štěpky. Pohon sekacího zařízení je zajišťován elektromotory. Představitelem této skupiny je stacionární štěpkovač Jenz 700 STA (obr. č. 17). Je určen pro zařazení do automatizované linky, nebo jej lze plnit nakladačem, popř. hydraulickou rukou. Pohon rotoru o průměru 1040 mm má 10 sekacích nožů (volitelně 20) je zabezpečen elektromotorem o výkonu 200 kW (volitelně 315 kW). To umožňuje zpracovávat materiál o průměru do 56 cm tvrdého dřeva nebo do 70 cm měkkého. Hmotnost štěpkovače je 12 500 kg (příloha č. 6).



Obrázek 17 - Stacionární štěpkovač Jenz 700 STA (zdroj: firma Jenz)

➤ Podle sekacího aparátu se štěpkovače rozdělují na:

- Diskové

Diskové štěpkovače v mobilním provedení byly vyvinuty po určitých úpravách a změnách ze stacionárních sekaček a co do počtu jsou nejrozšířenějším zařízením na výrobu štěpky (PŘÍHODA, 2007). Sekacím ústrojím jsou nože radiálně uloženy na disku (obr. č. 18). Počet nožů se může lišit u jednotlivých typů. Původně byly tyto sekačky řešeny s disky o průměru až 2 000 mm a počtem nožů od 2 do 16 ks a potřebným příkonem až 500 kW (NOVÝ, 2008).

Disk plní funkci setrvačníku, jehož akumulovaná kinetická energie umožňuje překonání nerovnoměrností v podávání materiálu ke štěpkování i jeho tloušťky. Z tohoto důvodu postačuje pro pohon menší výkon oproti sekačkám bubnovým. Obvodová rychlost klesá se snižujícím se poloměrem a rovněž klesá i řezná síla nožů (ve středu disku je nulová). Z tohoto důvodu je podávací otvor diskových štěpkovačů malý a je konstruován na vnějších průměrech disku (SIMANOV, 2008).



Obrázek 18 - Disk štěpkovače se třemi noži (zdroj: firma Linddana),
pohled na otevřený vstupní otvor diskového štěpkovače (zdroj: autor)

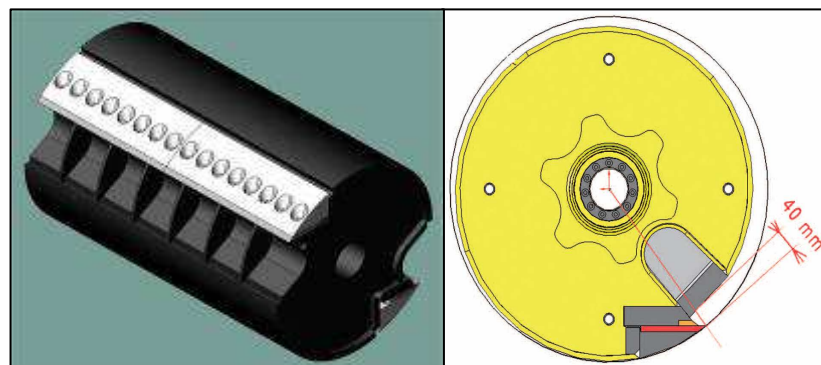
Vzhledem k menšímu vstupnímu otvoru, nedosahují diskové sekačky velkých výkonů jako štěpkovače bubnové. Jak uvádí PŘÍHODA (2007), teoretická výkonnost mobilních diskových štěpkovačů je max. cca $30 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Výrobci v dnešní době nabízejí diskové štěpkovače, které

převyšují tuto hodnotu, jako je tomu např. u mobilního diskového štěpkovače Lindana TP 280 (příloha č. 4). Ten podle výrobce dosahuje výkonu až $50 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Disk má 3 nože, ke kterým je materiál přiváděn přes otvor o rozměrech 280x300 mm. Potřebný pohon je zajištěn vývodovým hřídelem od traktoru s požadovaným výkonem 99-146 kW. Celý adaptér váží 1 600 kg a je nesen v tříbodovém závěsu traktoru.

Diskové štěpkovače jsou vhodné pro štěpkování dříví v celých délkách (stromků z prořezávek a probírek), pro které menší vstupní otvor při jednotlivém podávání postačuje (SIMANOV, 2008). Jejich konstrukce je jednodušší než u bubnových štěpkovačů a rovněž pořizovací náklady jsou menší. Nevýhodou ve srovnání s bubnovými štěpkovači je obvykle menší vstup pro přívod hmoty k sekacímu aparátu a s tím spojený menší hodinový výkon.

- Bubnové

Základním konstrukčním principem bubnových štěpkovačů je rotující válec – buben, na jehož obvodu jsou uchyceny ostré nože (obr. č. 19). Nože jsou buď po celé délce bubnu, nebo jsou půlené a jsou proti sobě pootočený o určitý úhel. Výrobce štěpkovačů Bruks nabízí buben s dvěma noži po celé délce válce (obr.č. 20), určený pro zpracování klestu, větví a stromů o menším průměru. Dále tento výrobce nabízí buben s jedním půleným nožem na každé straně bubnu (obr. č. 20), určený pro zpracování kulatiny. Nože po obvodu válce bývají často horizontálně děleny na více jednotlivých břitů (obr. č. 20). Nože jsou vyráběny ze směsi tvrdých, pevných a odolných kovů (PŘÍHODA, 2007).



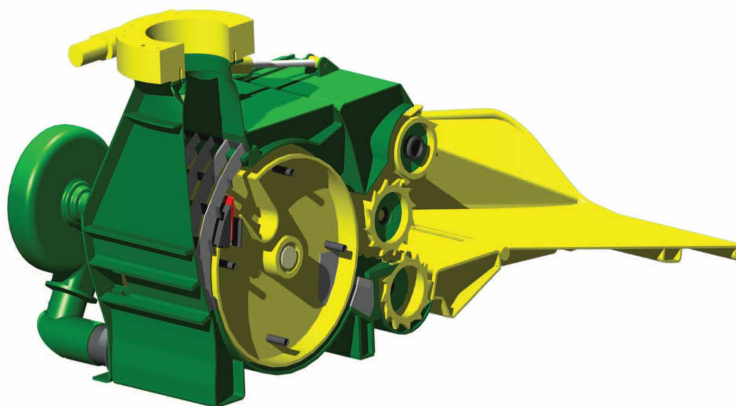
Obrázek 19 - Buben s noži (zdroj: firma CBI), boční pohled (zdroj: firma Dutch Dragon)



Obrázek 20 - Buben s dvěma noži po celé délce, buben s děleným nožem posunutým o 180° (zdroj: firma Bruks), buben s děleným nožem na více segmentů (zdroj: autor)

Buben je poháněn vlastní pohonnou jednotkou nebo od vývodovým hřídelem traktoru, kde vzhledem k robustnosti těchto strojů a jejich dosahovaným výkonům musí být obvykle použito traktoru s vyšším výkonem. Dosahovaný teoretický výkon těchto strojů se pohybuje na hranici $200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (PŘÍHODA, 2007). Vzhledem k dosahovaným výkonům je materiál dávkován mechanicky pomocí hydraulické ruky.

Bubnové štěpkovače jsou svojí konstrukcí vhodné pro zpracování těžebních zbytků. Mají velký vstupní otvor a jsou vybaveny podávacím zařízením, které umožňuje přisun nesourodého materiálu k sekacímu ústrojí. Nevýhodou širokého vstupního otvoru je možnost podání materiálu k sekacímu ústrojí v takové poloze, že není sekán příčně, ale podélně. Nevznikají tak štěrky, ale dlouhé třísky, které jsou nevhodné pro transport šnekovými dopravníky (SIMANOV, 2008). Proto je konstrukce uzpůsobena a k odvodnímu otvoru štěrky jsou vkládána síta, která dlouhé třísky vrací zpět do prostoru sekacího ústrojí a kde jsou opětovně sekány (obr. č. 21).

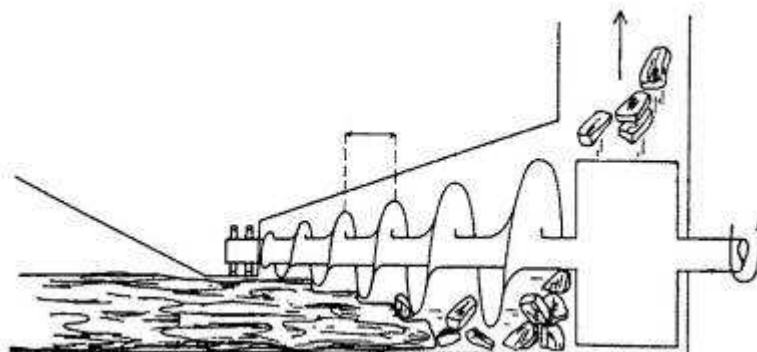


Obrázek 21 - Řez sekacím ústrojím bubnového štěpkovače (zdroj: firma Dutch Dragon)

Z pohledu celkového uspořádání jsou bubnové štěpkovače pro použití v lesním hospodářství konstruovány jako nástavby nákladních automobilů nebo forwardérů, anebo jsou taženy za traktory na vlecích.

- Šroubové

Princip šroubového štěpkovače je vyobrazen na obr. č. 22. Pracuje na principu otáčení sekacího ústrojí ve tvaru šroubovice se stoupavým průměrem. Sekací ústrojí se zařezává do zpracovávaného materiálu a vtahuje ho k většímu průměru. (PŘÍHODA, 2007).



Obrázek 22 - Schéma šroubového štěpkovače (zdroj: SIMANOV, 2008)

Šroubové štěpkovače nemají možnost volby velikosti výsledné frakce. Velikost vyrobené štěpky je dána stoupáním šroubovice. Jediná možnost volby velikosti vyrobené štěpky je výměna celé šroubovice. Výhodou šroubových štěpkovačů je nízká energetická náročnost. Nevýhodou je výsledná štěpka nestandardních rozměrů (SIMANOV, 2008). Uplatnění šroubových štěpkovačů lze nalézt při práci ve výchovných zásazích a probírkách.

➤ Podle způsobu dávkování se dělí štěpkovače na:

- S ručním dávkováním

Zpracovávaný materiál je do štěpkovače vkládán ručně (obr. č. 23). Ruční dávkování je používáno ke zpracování tenkého odpadového dříví menších objemů (PŘÍHODA, 2007).



Obrázek 23 - Ruční vkládání materiálu do štěpkovače (zdroj: NHS, autor)

Ručního dávkování lze využít u menších štěpkovačů, kde množství ručně vloženého materiálu je dostačující ve vztahu k jejich výkonům.

- S mechanickým dávkováním

Dávkovacím zařízením jsou nejčastěji hydraulické ruky umístěné na stejném podvozku jako štěpkovač nebo na traktoru (PŘÍHODA, 2007). Hydraulická ruka je ovládána buď z kabiny traktoru nebo nákladního automobilu, nebo, jak již bylo uvedeno výše, ze samostatné kabiny na nástavbě štěpkovače. Mechanické dávkování mají bubnové štěpkovače (obr. č. 24), které dosahují velkých hodinových výkonů a některé diskové štěpkovače (obr. č. 24).



Obrázek 24 - Bubnový štěpkovač s mechanickým dávkováním (zdroj: autor), diskový štěpkovač s mechanickým dávkováním (zdroj: firma Linddana)

Štěpkovače jsou obvykle vybaveny elektronickou pojistkou proti přetížení motoru, kdy dojde k blokaci dávkování materiálu do té doby, dokud není předchozí materiál zpracován a rotor nedosáhne opět potřebné otáčky (PŘÍHODA, 2007).

➤ Podle způsobu podávání dříví k sekacímu aparátu se štěpkovače dělí na:

- Bez podávacího zařízení

Podávání materiálu je k sekacímu ústrojí zabezpečeno vtahovacím účinkem sekacích nožů (PŘÍHODA, 2007). Zpracovávat lze jen kompaktní hmotu (kmínky a kmeny bez postraních větví atd.)

Podávání lze zabezpečit i gravitačním účinkem, kdy je k sekacímu ústrojí dříví podáváno svou vlastní tíhou.

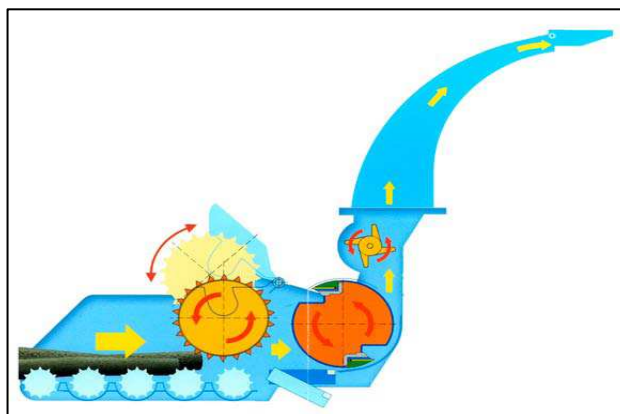
- S podávacím zařízením

Podávací zařízení slouží k nucenému podávání dřeva k sekacímu ústrojí. U diskových štěpkovačů jsou k podávání materiálu používány válce (obr. č. 25). U bubnových štěpkovačů bývá často soustava válců doplněna o podávací pás. Podávací pásy jsou gumové, řetězové nebo složené z ocelových segmentů (obr. č. 25). Soustava válců může být konstruována s pohonem závislým nebo nezávislým na pohonu sekacího ústrojí. Válce jsou opatřeny hroty nebo návary pro snazší vtažení materiálu. To umožňuje především vtažení tak nesourodého a chaotického materiálu jakým jsou těžební zbytky.



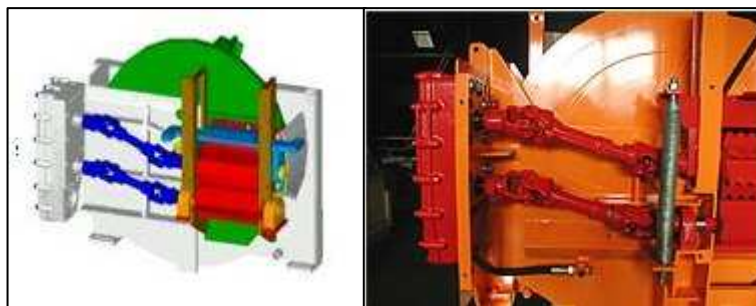
Obrázek 25 - Podávací zařízení diskového štěpkovače s otevřeným vstupním trychtýřem, podávací zařízení bubnového štěpkovače (zdroj: autor)

V soustavě podávacích válců je jeden válec uložen pevně a druhý volně. U diskových štěpkovačů je volný válec používán k usměrňování materiálu k vnějšímu průměru sekacího disku. U bubnových štěpkovačů je pohyblivý horní válec (obr. č. 26), který při zpracovávání těžebních zbytků zároveň tlačí na materiál a optimalizuje jeho podávání. Pohyblivé válce jsou uchyceny kyvadlově na jedné straně, nebo obou stranách.



Obrázek 26 - Schéma štěpkovače (zdroj: firma Bruks)

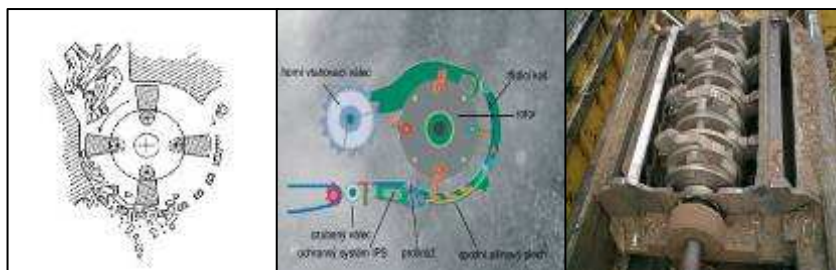
U štěpkovačů vybavených pojistkou proti nadměrnému přetížení se pohon podávacích válců odpojí, dokud není předchozí materiál zpracován. Pohon může být hydrostatický, jako je tomu u štěpkovače Jensen A 141 (obr. č. 27). Pohon podávacího ústrojí je zabezpečen dvěma kloubovými hřídeli poháněnými od hydromotoru. Přítlačný válec je zavěšen výkyvně a veden v lyžinách.



Obrázek 27 - Pohon podávacího ústrojí Jensen A 141 (zdroj: firma Jensen)

3.3.2.2 Drcení těžebních zbytků

Drtiče zpracovávají materiál mechanickým účinkem kladiv uložených po obvodu rotoru (obr. č. 28). Kladiva jsou na rotoru uchycena pevně, nebo volně. Volně uložená kladiva změní při nárazu na tvrdý předmět svou polohu, čímž snižují riziko a míru poškození. Kladiva mohou být opatřena výměnnými hranami, nebo jsou speciálně tvarovány pro drcení bez ostrých ploch (PŘÍHODA, 2007). Životnost kladiv je výrobcí uváděna na 250 mth (DVOŘÁK a kol., 2006). Za drtící rotor je vložen třídící koš, který podle velikosti ok určuje velikost výsledné frakce drtě.



Obrázek 28 - Schéma kladívkového drtiče (zdroj: Simanov, 2008), funkční schéma kladívkového drtiče Jenz (zdroj: firma Jenz), drtící hlava (zdroj: firma Vermeer)

Drtiče jsou stroje robustní konstrukce a svým rozměrem a hmotností jsou větší než štěpkovače (PŘÍHODA, 2007). Z hlediska jejich celkového uspořádání jsou řešeny jako nástavby nákladních automobilů a vleků (obr. č. 29), nebo jsou nesené na forwardérech. Jak uvádí DVOŘÁK a kol. (2006), samohybné drtiče na forwardérech jsou v naší lesnické praxi

nepoužívané pro svou vysokou pořizovací cenu. Výrobci nabízejí umístění drtičů i na pásovém podvozku (obr. č. 29).



Obrázek 29 - Drtič na podvozku nákladního automobilu (zdroj: autor), dvouosém vleku (zdroj: firma Davos), pásovém podvozku (zdroj: firma Vermeer)

Pohon drtících válců je zabezpečen vlastními motory. Dávkování materiálu je zabezpečeno hydraulickou rukou, popř. čelními nakladači, které vkládají materiál do vany drtiče. Na jejím dně je dopravník (obr. č. 30), který posouvá materiál k podávacím válcům. Ty podávají dále materiál do prostoru drtících rotorů. Po průchodu drtícím ústrojí je drť odváděna pomocí pásového dopravníku (obr. č. 30) do ložného prostoru nákladního automobilu, popř. na zem.



Obrázek 30 - Podávací pás drtiče pro vložený materiál, pásový dopravník pro odvod drtě (zdroj: autor)

Drtiče vzhledem ke své robustní konstrukci mají vysokou hmotnost. Například nejmenší z řady nabízených drtičů fy. Jenz AZ 30D (příloha č. 7) má hmotnost přibližně 8000 kg. Je konstruován na jednoosém vleku. Potřebný výkon dodává pohonná jednotka Perkins 1104C-44T o výkonu 74,5 kW. Rotující válec o průměru 620 mm je osazen 22 kladívky a

zpracovává dřevní odpad s výkonností do 25 m³.hod⁻¹. Vysoké hmotnosti drtičů a použité prostředky pro jejich převoz předurčují drtiče pro práci na odvozních místech, nebo dokonce až zpevněných plochách skládek dříví (PŘÍHODA, 2007). Výjimkou jsou drtiče umístěné na pásovém podvozku nebo forwardéru, které i při svých vysokých hmotnostech umožňují zpracovat těžební zbytky na pasekách.

Drtiče dosahují vysokých výkonů při zpracování odpadu až okolo 450 m³.hod⁻¹. V praxi se takových výkonů nedosahuje, což je dáno především prodlevami v přísunu a vlastnostmi samotného chaotického materiálu. Přesto lze tvrdit, že drtiče dosahují při zpracování těžebních zbytků vyšších výkonů v porovnání se štěpkovači (PŘÍHODA, 2007).

Díky vyšší odolnosti drtícího ústrojí je nespornou výhodou drtičů schopnost zpracovávat znečištěné těžební zbytky od hlíny a kamenů po mechanickém shrnování. Jak již bylo zmíněno, dosahují vyšších hodinových výkonů. Co může být problematické, je rozměrově různorodý výstupní materiál – drť, a to zejména při odbytu ke konečnému spotřebiteli. Při potřebě lepší kvality výsledného materiálu, kterou není schopný drtič nabídnout, je nutné drť před dodávkou zpracovat na třídíči a tím dosáhnout požadované velikosti frakce.

3.3.2.3 Svazkování těžebních zbytků

Svazkování těžebních zbytků je dalším způsobem jak kumulovat těžební zbytky do balíků a umožnit tak snadný odvoz z lesa. Ke svazkování těžebních zbytků slouží svazkovače. Ty vznikly jako reakce na zvýšený zájem o využívání biomasy v severských zemích (PŘÍHODA, 2008).

Svazkovač klestu John Deer 1490D (obr. č. 31) je adaptér nesen na podvozku vyvážecího traktoru. Je umístěn na otočném prstenci, který umožňuje nasměrování adaptéru vstupním zařízením směrem k uloženým těžebním zbytkům, nebo určuje směr uložení vyrobeného balíku. Adaptér je nakláněn hydraulickými válci. Těžební odpad je vkládán na podávací plošinu pomocí hydraulické ruky s drapákem. Podávací plošina je osazena dvěma horizontálními a dvěma svislými válci. Horizontální válce jsou dlouhé přibližně 1 m a horní válec je pohyblivý. Horní válec určuje

množství podávaného materiálu. Je vybaven bezdotykovým spínačem pro nastavení minimálního množství podávaného materiálu. Spodní válec má neměnnou polohu. Boční válce jsou ve tvaru kužele a jejich délka je 60 cm. (DVOŘÁK a kol., 2006).



Obrázek 31 - Svazkovač klestu John Deere 1490D (zdroj: firma John Deere)

Samotné balíkování je zabezpečeno posuvným a stacionárním lisem a celý proces je automatický. Posuvný lis se v rozevřeném stavu skládá z osmi stran. Po jeho sevření pomocí dvou hydraulických válců má tvar pentagonu. Změnou polohy je snížen průřez na polovinu. Po stlačení posuvného lisu je posouván ke krátké pile, která je u výstupního otvoru. Po rozevření posuvného lisu je aktivován stacionární lis, umístěný za podávacími válci. Posuvný lis se následně vrací do své původní polohy. Stacionární lis má při svém rozevření rozměry 1020 x 800 x 500 mm. Lis je ovládán dvěma hydraulickými válci, které komprimují materiál na 40 % svého objemu.

Komprimované těžební zbytky jsou svazovány provazem pomocí rotujícího prstence. Prstenec je osazen devíti zásobníky provazu. Pohybuje se společně s pohyblivým lisem. Komprimovaný materiál je omotáván při pohybu posuvného lisu ke stacionárnímu lisu. Počet vinutí a vzdálenost mezi jednotlivými vinutími určuje palubní počítač tak, aby měly výsledné balíky potřebnou pevnost pro nakládání a transport. Komprimovaný materiál je posouván k výstupnímu otvoru, kde je odřezáván řetězovou pilou. Řetězová pila je poháněna hydromotorem. Délky balíku volí operátor v závislosti na možnostech následného vyvážení balíků. Průměr balíků je 60-70 cm a jeho váha je přibližně 550 kg.

Takto vyrobený balík o délce 3,2 m představuje přibližně 1 MWh energie v závislosti na typu dřeviny a vlhkosti. Na vytěžené ploše o rozloze

1 ha může být vyrobeno 100-150 balíků s průměrnou hodinovou výkonností 20-30 balíků (v podmínkách skandinávských zemí). (PŘÍHODA, 2007).

Výhodou svazkování je jednoduchost výrobního postupu. Výsledné svázané balíky jsou vyráběny přímo na pasece, odkud jsou odváženy standardními vyvážecími traktory na odvozní místo a následně odvezeny odvozními soupravami. Použité stroje v celém procesu jsou k přírodě šetrné. Svazkovač zatěžuje půdní povrch tlakem do 150 kPa. Díky hydraulické ruce o délce maximálního vyložení 10 m pracuje v pružích, které od sebe mohou být vzdáleny až 20 m.

Nevýhodou v poměrech České republiky je obtížnost odbytu balíků. PŘÍHODA (2007) uvádí, že v České republice není producent energie, který by poptával svazky těžebních zbytků. Balíky vyrobené v České republice jsou buď exportovány k energetickému využití do zahraničí, nebo jsou nově využívány pro zpevnění cest na podmáčených lokalitách v Národním parku Šumava.

3.4 Odvoz štěpky a drtě

Odvoz štěpky nebo drtě se provádí valníkovými vozidly. Dezintegrovaný materiál vzniká na odvozním místě, nebo je na odvozní místo převezen v kontejneru terénních štěpkovačů nebo drtičů. Odtud je dále převážen běžnými valníkovými vozidly. Odvozní místa bývají častokrát položeny na lesních cestách, proto je nutné použít k transportu terénní nákladní automobily s větší průchodností terénem. Odvozní místo musí umožnit bezproblémový příjezd a odjezd prostředků pro zpracování těžebních zbytků a odvoz štěpky nebo drtě.

Velice vhodným řešením je použití nákladních automobilů s kontejnery (obr. č. 32). Hydraulický systém umožňuje rychlé složení převáženého materiálu. Pomocí kontejnerů lze zrychlit a zefektivnit přepravu štěpky nebo drtě při střídání terénních a silničních nákladních automobilů (resp. železniční dopravy) vyloučením jednoho skládání a nakládání nákladu (KÁRA a ADAMOVSKEÝ, 1999). Při přepravě štěpky

a drtě na delší vzdálenosti je vhodné použít velkokapacitních návěsů (obr. č. 32) nebo nákladních souprav s vleky.



Obrázek 32 - Nákladní automobil s kontejnerem, silniční nákladní automobil s velkokapacitním vlekem (zdroj: autor)

Při přepravě štěrky nebo drtě při vyšších rychlostech dochází k jejich strhávání proudem vzduchu (SIMANOV, 2008). Proto je nutné zakrýt ložný prostor plachtou. Vhodné je použití roletových plachet, se kterými se snadno a rychle manipuluje. Pro vyložení materiálu se používají sklopná zařízení nebo posuvné podlahy.

Logistika přepravy štěrky nebo drtě závisí na přepravní vzdálenosti a pracovním výkonu štěpkovače nebo drtiče. Optimální je stav, kdy štěpkovač nebo drtič nemusí přerušit svůj provoz z důvodu nepřítomnosti transportního prostředku dezintegrovaného materiálu a může pracovat kontinuálně.

4 Návrh technologických uzlů v podmínkách LHC Vodňany

4.1 Stanovení výše objemu těžebních zbytků

Pro určení výpočtu orientační výše objemu těžebních zbytků jsou za výchozí parametry považovány výše úmyslných mytních těžeb z let 2008 až 2011. Pro orientační výpočet objemu těžebních zbytků uvádí SIMANOV (2008), že **množství těžebního odpadu v m³ činí 1/3 z objemu vytěženého dříví v m³ bez kůry**. Na základě tohoto vztahu jsou vypočteny objemy těžebních zbytků pro jednotlivé roky a průměrný objem těžebních zbytků za uplynulé roky (tab. č. 3).

Tabulka 3 - Objem těžebních zbytků LHC Vodňany

Rok	2008	2009	2010	2011
výše těžeb (m ³ b.k.)	10884,27	41554,11	58489,28	48311,49
objem těžebních zbytků (m ³)	3628,09	13851,37	19496,43	16103,83
průměrný objem TZ (m ³)	9243,97			

V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty celkové výše úmyslných mytních těžeb v jednotlivých letech a odhadovaný celkový a průměrný objem těžebních zbytků vypočtený podle Simanova v závislosti na druhu těžby.

Tabulka 4 - Tabulka těžeb a objem těžebních zbytků LHC Vodňany

rok	druh těžby	Objem těžeb	celkový objem těžeb	objem těžebních zbytků	celkový objem těžebních zbytků
		(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
2008	úmyslná mýtní podrostowní	1301,98	10884,27	433,9933	3628,09
	úmyslná mýtní holosečná	9582,29		3194,097	
2009	úmyslná mýtní podrostowní	14143,26	41554,11	4714,42	13851,37
	úmyslná mýtní holosečná	27410,85		9136,95	
2010	úmyslná mýtní podrostowní	16545,23	58489,28	5515,077	19496,43
	úmyslná mýtní holosečná	41944,05		13981,35	
2011	úmyslná mýtní podrostowní	12930,88	48311,49	4310,293	16103,83
	úmyslná mýtní holosečná	35380,61		11793,54	
Průměrný roční objem těžebních zbytků			ÚM podrostowní	3743,45	13269,93
			ÚM holosečná	9526,48	

Výše těžeb a vypočtené objemy těžebních zbytků rozdělené podle těžební metody vyjadřuje tabulka č. 5.

Tabulka 5 - Výše těžeb a objem zbytků podle těžby a těžební metody v LHC Vodňany

rok	druh těžby	výše těžeb		objem těžebních zbytků	
		(m ³)		(m ³)	
		kmenová	sortimentní	kmenová	sortimentní
2008	úmyslná mýtní podrostowní	1301,98	0	433,99	0
	úmyslná mýtní holosečná	6516,88	3065,41	2172,29	1021,80
2009	úmyslná mýtní podrostowní	11885,70	2257,56	3961,90	752,52
	úmyslná mýtní holosečná	16173,30	11237,55	5391,10	3745,85
2010	úmyslná mýtní podrostowní	14436,23	2109,00	4812,07	703,00
	úmyslná mýtní holosečná	19660,78	22283,27	6553,59	7427,76
2011	úmyslná mýtní podrostowní	12085,12	845,76	4028,37	281,92
	úmyslná mýtní holosečná	23815,08	11565,53	7938,36	3855,18

NOVÝ (2008) uvádí, že na základě zkušeností firmy zabývající se zpracováním těžebních zbytků pro energetické účely, kdy během dvouletého

období bylo vysledováno, že z metru krychlového vytěžené dřevní suroviny hroubí je vyvezeno asi jeden prostorový metr klestu. Tato zkušenost byla základem pro posouzení objemu těžebních zbytků.

4.2 Volba výrobního řetězce

Při volbě vhodného výrobního postupu zpracování těžebních zbytků závisí především na jeho pracnosti a efektivitě. Při obnovní těžbě kmenovou metodou je nejnižší pracnost dosahována štěpkováním na odvozním místě (SIMANOV, 2008). Těžební zbytky jsou na odvozní místo dopraveny vyvážecím traktorem, kde jsou ukládány na hromady. Prostorové rozmístění těžebních zbytků závisí především na způsobu a druhu těžby a ovlivňuje následně i možnosti jeho kumulace. Jak dále uvádí SIMANOV (2008), použití sekaček na terénních podvozcích zdražuje výrobu štěpek, jelikož jsou dražší než sekačky na silničních podvozcích, aniž by v nich byl výrazný výkonnostní rozdíl.

Z tohoto důvodu je zvolen výrobní řetězec kumulace těžebních zbytků, vyvezení těžebních zbytků na odvozní místo, dezintegrace těžebních zbytků a následně odvoz vyrobené suroviny.

4.2.1 Výrobní řetězec po mýtní úmyslné těžbě podrostití

- Motomanuální těžba

U podrostití úmyslné těžby provedené motomanuálně jsou těžební zbytky rozprostřeny v porostu a není vhodné používat mechanizaci pro shrnování klestu z důvodu mechanického poškození porostu. Těžební zbytky je nutné odklidit ručně a kumulovat do hromad. Následně vyvézt hromady těžebních zbytků pomocí vyvážecího traktoru na odvozní místo.

Další možností je nakládání těžebních zbytků přímo z místa, kde zůstaly ležet při odvětvování. Tento způsob praktikují pracovníci Městských lesů Sušice. Podle jejich zkušeností je výhodné drapákem hydraulické ruky odklidit vršky stromů a silné větve. Takto lze efektivně naložit 60 – 70 % těžebních zbytků. Zbývající klest je nutné snést ručně a následně naložit hydraulickou rukou.

Na odvozním místě je provedena dezintegrace a vyrobená surovina je odvezena k odběrateli, nebo převezena na deponii.

- Těžba harvestorovou technologií

Při použití harvestorové technologie je vhodné využít vedlejší funkce harvestorové technologie tzv. dopravní (DVOŘÁK a kol., 2006). Při odvětvování kmenu operátor větve a vršky stromů shodí do hromad. Ty jsou následně vyvezeny na odvozní místo, kde jsou ponechány na hromadách. Hromady jsou následně zpracovány a vyrobená surovina je odvezena nákladními automobily.

4.2.2 Výrobní řetězec po mýtní úmyslné těžbě holosečné

- Motomanuální těžba

Při holosečné těžbě je smýcen porost v souvislé ploše. Těžební zbytky při použití motorových pil jsou rozprostřeny neuspořádaně po smýcené ploše. Na plochách s dostatečnou únosností půdy bez výskytu překážek bránících pohybu UKT (terénní skupina A) lze použít pro kumulaci těžebních zbytků shrnovač klestu. Shrnovač shrne těžební zbytky do valů nebo hromad. Těžební odpad je naložen na vyvázecký prostředek a odvezen na odvozní místo k uložení na hromady. Je možné i kombinované nasazení shrnovače klestu a polopřívěsu za UKT. Následuje zpracování hromad klestu a vyrobená surovina transportována nákladními automobily.

Nevýhodou takto zvoleného postupu jsou těžební zbytky s vysokým obsahem nečistot v podobě kamenů a hlíny v důsledku mechanického shrnování. Nečistoty při zpracování způsobují poškození pracovních nástrojů štěkače.

- Těžba harvestorovou technologií

Stejně jako ve výše zmíněném případě vznikají tímto druhem těžby souvislé plochy vytěženého porostu. Těžební zbytky jsou shazovány na linky, odkud jsou vyvezeny na odvozní místo. Na odvozním místě jsou opět těžební zbytky uloženy do hromad, které jsou zpracovány a vyrobená surovina odvezena.

4.3 Volba technologie dezintegrace těžebních zbytků

Volba způsobu dezintegrace je závislá na požadavcích odběratele na kvalitu vyrobené suroviny. V tomto ohledu je většinou vyhovující surovina vyrobená použitím štěpkovačů – štěpka, která je odběrateli preferovaná. Při zpracování těžebních zbytků pomocí drtičů vzniká drť. Drť má rozměrově různorodou velikost frakce a způsobuje odběratelům závady při dodávce paliva do topenišť pomocí šnekových dopravníků. Takto vyrobená surovina může být odběratelem odmítnuta a stává se neprodejnou, nebo je nutné ji třídit na třídících. Z důvodu lepšího odbytu štěpky na trhu je zvolen způsob dezintegrace těžebních zbytků štěpkováním.

5 Posouzení návratnosti vybraných technologií

Ekonomickým cílem při nákupu strojů a zařízení je nejenom usnadnění práce, zvýšení produktivity a efektivity práce, ale že jejich provozem se zajistí návratnost prostředků vložených do jejich nákupu a přiměřený zisk.

Pro posouzení návratnosti je použito výsledků ekonomického zhodnocení jednotlivých strojů, který vypracoval NOVÝ (2008). Výzkum byl proveden sledováním provozu strojů a výsledkem je vyhodnocení návratnosti vztažené k množství zpracovaného klestu. Výsledky je možné vyčíst z přehledných grafů, což umožňuje snadné vyhodnocení návratnosti konkrétního stroje v závislosti na objemu těžebních zbytků v LHC Vodňany. Do výpočtu nákladů byly započítány náklady na splacení leasingu strojů, nákup PHM a provozních hmot, opravy strojů, běžná údržba, pojištění a mzdy.

Pro stanovení předpokládané doby zpracování výše těžebních zbytků na území LHC Vodňany a určení využitelnosti pracovního času shrnovače, bylo použito údajů z ekonomické bilance strojů, kterou zpracoval ÚHÚL (2010).

5.1.1 Mechanické shrnování

Objem klestu kumulovaného mechanických shrnovačem bude závislý od výše těžebních zbytků na ploše v důsledku úmyslných těžeb holosečných provedených kmenovou metodou. Výše těchto těžeb jsou uvedeny v tabulce č. 5. Průměrná výše těžeb kmenovou metodou za sledované roky je $16\,541,51\text{ m}^3$ z čehož vzniklo přibližně 16 541 prn klestu (NOVÝ, 2008). NOVÝ (2008) nadále uvádí, že shrnovač klestu MERI umístěný na traktoru Valtra 6850Hi se stává ziskovým při objemu 8 651 prn shrnutého klestu.

Pro posouzení časové využitelnosti shrnovače bylo použito kalkulace shrnovače klestu. Pracovní šíře shrnovačů pro zpracování kalkulace se pohybovaly od 2,0 až po 2,5 m. Délka shrnovaného nehroubí 5 m. Rychlost pohybu traktoru činila 4 - 7 $\text{km}\cdot\text{hod}^{-1}$ v závislosti na terénu. Výsledná výkonnost shrnovačů byla stanovena na 65 prn klestu za směnu resp.

8 prm.hod⁻¹ (ÚHÚL, 2010). Při dosažení tohoto výkonu by průměrná výše těžebních zbytků na území LHC Vodňany byly shrnuty přibližně za 255 pracovních směn.

5.1.2 Vyvážení těžebních zbytků

Těžební zbytky jsou vyváženy vyvážecími traktory nebo vyvážecími traktory se zvýšenou ložnou plochou. Objem naložených těžebních zbytků závisí na velikosti ložné plochy a pohybuje se od 4 do 7 prm těžebních zbytků. Efektivita vyvážení těžebních zbytků je závislá na přípravě těžebních zbytků před nakládkou a způsobu těžby. Při motomanuální těžbě jsou těžební zbytky rozprostřeny daleko od sebe a produktivita se pohybuje od 5 do 7 prm klestu za hodinu při dopravní vzdálenosti 50 m a 400m. Po těžbě harvestorem je produktivita přibližně o 10 % vyšší (ÚHÚL, 2010).

5.1.3 Štěpkování těžebních zbytků

Pro zpracování byla zvolena metoda dezintegrace těžebních zbytků na odvozním místě, která se podle mnoha zdrojů jeví v podmínkách České republiky jako nejefektivnější. Jako vhodné typy štěpkovačů byly vybrány štěpkovač menší třídy Bobr 7 plus a štěpkovač Bobr 80s. Návratnost těchto typů štěpkovačů posuzoval NOVÝ (2008) a jeho závěrů je použito k vyhodnocení vhodnosti jednotlivých typů pro posuzované území. Dále je posuzován štěpkovač střední třídy Jenz HEM 420Z, jehož energetickou bilancí se zabýval ÚHÚL (2010).

Pro výpočet objemu těžebních zbytků bylo užito vztahu, který udává NOVÝ (2008), že z 1m³ vytěženého dřeva hroubí je vyvezeno 1 prm klestu. Objemy vytěženého hroubí v závislosti na způsobu a druhu těžby jsou uvedeny v tabulce č. 5. a jejich celková výše je 39 809 prm.

- Štěpkovač Bobr 7 plus

Štěpkovač Bobr 7 plus (tab. č. 6) je stroj nižší výkonové třídy. Bubnové sekací ústrojí umožňuje zpracování celých stromů, větví a odřezků z pilařského průmyslu. Velikost vyrobené frakce se určuje měnitelným sítem. Štěpka je dopravována dvěma šnekovými dopravníky a ventilátorem. Pohon štěpkovače je zabezpečen vývodovým hřídelem od traktoru.

Tabulka 6 - Technická data štěpkovače Bobr 7 plus

Technické parametry Bobr 7 plus		
Sekací systém		bubnový
počet sekacích nožů	(ks)	8
vstupní otvor	(cm)	35 x 56
délka podávacího pásu	(m)	0,8
síto pro délku štěrky	(cm)	2, 3 nebo 4
průměr zprac. Materiálu	(cm)	35
el. řídicí jed. vč. počítače provozních hodin		ano
předloha s klínovými řemeny		SPC
potřebný výkon	(kW)	44 - 125
otáčky hřídele	(ot.min ⁻¹)	1000
zasilovač hydraulického pohonu		ano
kabelové dálkové ovládání		na přání
plnění hydraulickou rukou KRONOS 4000		na přání
rozměry (L x Š x V)	pracovní poloha	(m) 5 x 3,35 x 4
	přepravní poloha	5 x 2,55 x 3,2
Hmotnost		(kg) od 5000

NOVÝ (2008) uvádí, že při ročním objemu 22 480 prm zpracovaných těžebních zbytků se stává tento štěpkovač výdělečným. Objem těžebních zbytků z vlastních zdrojů je přibližně 39 809 prm, což postačuje pro pokrytí návratnosti štěpkovače a rozdíl hodnot představuje objem těžebních zbytků, jejichž zpracováním je možné vytvořit zisk.

Bobr 7 plus je schopen dle informací distributora pro Českou republiku vyrobit 30 – 35 prm.hod⁻¹ štěrky za hodinu. Při pohonu od traktoru o výkonu 97 kW přibližně 30 prm.hod⁻¹ vyrobené štěrky. Pohonem od traktoru o výkonu 127 kW až 35 prm.hod⁻¹. Výsledná výkonnost je závislá na zkušenostech operátora a vlastnostech vkládaného materiálu. Při zpracovávání klestu se výkonnost pohybuje přibližně o 5 prm.hod⁻¹ vyrobené štěrky méně. Vezme-li se v úvahu, že prostorový metr štěrky se vyrobí z těžebních zbytků vzniklých při těžbě 0,8 m³ hroubí (CHYTRÝ, 2010), je štěpkovač Bobr 7 plus při výkonnosti 25 prm.hod⁻¹ schopen zpracovat těžební zbytky z 20 m³ hroubí za hodinu. Celkový objem

těžebních zbytků při dosažení této výkonnosti by byl zpracován za přibližně 249 pracovních směn.

- Štěpkovač Bobr 80s

Štěpkovač Bob 80s (tab. č. 7) zpracovává všechny druhy dřevin do průměru 55 cm. Je vybaven štípačem dřeva Spaltbiber, kterým lze podélně rozštípnout materiál o větším průměru, čímž umožňuje zpracovat téměř jakoukoli sílu dříví. Dezintegrace probíhá pomocí bubnového ústrojí se 14 noži. Materiál se vkládá na lamelový vstupní pás. Plnění materiálu může být zprava nebo zleva díky natáčečí oji. Poháněn je vlastním motorem o výkonu 330 kW.

Tabulka 7 - Technická data štěpkovače Bobr 80s

Technické parametry Bobr 80 s	
Sekací systém	bubnový
počet sekacích nožů (ks)	14
vstupní otvor (cm)	55 x 98
délka podávacího pásu (m)	3,5
průměr zpracovávaného materiálu (cm)	55
prodloužení vstupní vany	na přání
výkon motoru (kW)	330
hydraulická oj	ano
Štípač	na přání
rozměry (L x Š x V) (m)	9,7 x 2,5 x 3,4
Hmotnost (kg)	13 400

Jak uvádí NOVÝ (2008), ekonomický výsledek při provozu štěpkovače Bobr 80s začíná být ziskový při ročním zpracování 29 004 prm těžebních zbytků. V případě zpracování všech těžebních zbytků z vlastních zdrojů ve výši 39 809 prm plně pokrývá požadavky pro pokrytí provozu stroje. Rozdíl mezi celkovým objemem těžebních zbytků a objemem, který zajišťuje rentabilitu stroje, je 10 805 prm. Prodej štěpky z tohoto objemu již představuje zisk z provozu stroje.

Štěpkovač Bobr 80s je dle prodejce schopen vyrobit až 90 prm.hod⁻¹ štěpky. Při poměru prostorového metru vyrobené štěpky z těžebních zbytků

vzniklých vytěžením 0,8 m³ hroubí (CHYTRÝ, 2010), je schopen Bobr 80s zpracovat za hodinu těžební zbytky ze 72 m³ vytěženého hroubí. Celkovou výši těžebních zbytků je při této výkonnosti schopen zpracovat přibližně za 69 pracovních směn.

- Štěpkovač Jenz HEM 420 Z

Jenz HEM 420Z (tab. č. 8) je koncipován jako štěpkovač střední výkonové třídy. Pohon je zajištěn od traktoru pomocí vývodového hřídele. Materiál je podáván k sekacímu agregátu pomocí horního ozubeného válce a spodního pásu. Sekacím ústrojím je buben s 10 (volitelně 20) noži.

Tabulka 8 - Technické parametry štěpkovače Jenz HEM 420Z

Technické parametry Jenz HEM 420 Z		
Výkonost	tvrdé dřevo (cm)	30
	měkké dřevo (cm)	42
Průchodnost	(prm.hod ⁻¹)	do 80
vtahovací otvor	(mm)	420 x cca 1000
průměr rotoru	(mm)	620
počet nožů	(ks)	10 volitelně 20
výhoz materiálu		ventilátor, na přání pás
potřebný výkon	(kW)	cca. 100 - max. 180
Hmotnost	(kg)	9 000
rozměry (provedení bez zásobníku)	Délka (m)	cca. 5,50
	Šířka (m)	cca. 2,55
	Výška (m)	cca. 3,70

Pro výpočet časového vytížení štěpkovače pro zpracování výše těžebních zbytků na území LHC Vodňany je vycházeno z údaje uváděným prodejcem. Dosahovaná výkonnost stroje je dle prodejce až 80 prm.hod⁻¹.

Při úvaze průměrné dosahované výroby prostorového metru štěpky z 0,8 m³ vytěženého hroubí CHYTRÝ (2010), zpracuje za hodinu štěpkovač těžební zbytky vzniklých po těžbě 64 m³ hroubí. Zpracování průměrné výše těžebních zbytků na území LHC Vodňany by tak zabralo přibližně 622 hodin, což odpovídá 78 pracovním směnám. Tato výkonnost štěpkovače je

ale spíše teoretická a v praxi bude výkonnost podstatně nižší vzhledem k vlastnostem chaotického materiálu, jakým jsou těžební zbytky.

Jak uvádá ÚHÚL (2010), průměrná produktivita za sledované období činila 6 608 tun vyrobené štěpky za rok a bylo k tomu zapotřebí 2 702 hodin provozu. Výkonnost tedy činila 2,45 tun vyrobené štěpky za hodinu, což odpovídá 8,09 prm. hod⁻¹. Při poměru prostorového metru štěpky vyrobeného z 0,8 m³ vytěženého hroubí (CHYTRÝ, 2010), by byly za hodinu zpracovány těžební zbytky z 6,47 m³ vytěženého hroubí. V podmínkách LHC Vodňany by pak průměrný objem těžebních zbytků za sledované období ve výši 9 243,97 m³ (tab. č. 3) byl zpracován za přibližně 1 429 hodin, resp. 178 pracovních směn.

Při porovnání výpočtů využití výkonnosti štěpkovače Jenz HEM 420Z založeném na informaci od výrobce (78 pracovních směn) a pozorování ÚHÚL (2010) (178 pracovních směn) je zřejmé, že v praxi je téměř nemožné dosáhnout průchodnosti udávané výrobcem.

6 Ekonomická analýza navrženého výrobního řetězce zpracování těžebních zbytků

Technologická linka se skládá z jednotlivých technologických uzlů zapojených do procesu zpracování těžebních zbytků. Mechanické shrnování bude provedeno na plochách po úmyslných mýtních těžbách kmenovou metodou. V případě těžeb sortimentní metodou, bude kumulace těžebních zbytků provedena shazováním těžebních zbytků na linky. Tato operace není brána jako nákladová, protože samotné shromáždění těžebních zbytků vznikne při odvětvování. Odvoz těžebních zbytků z paseky na odvozní místo bude provedeno pomocí vyvážecí soupravy. Štěpkování je provedeno štěpkovačem Jenz typové řady HEM 420Z a traktoru Fendt. Vyrobená štěpka bude transportována odvozní soupravou. Ložný objem kontejneru je 40 m^3 a v jedné jízdě jsou přepraveny dva kontejnery.

6.1 Výpočet předpokládaných nákladů

6.1.1 Náklady na shrnování

Shrnování je zajištěno smluvním poskytovatel služby. Nabídnutá cena dodavatelem činí 24 Kč za shrnutí těžebních zbytků z vytěženého krychlového metru hroubí. Při poměru prostorového metru vyrobené štěpky z $0,8 \text{ m}^3$ vytěženého hroubí činí náklady na shrnutí $19,20 \text{ Kč.prm}^{-1}$ vyrobené štěpky. Pro potřeby výpočtu je hodnota převedena na jednotku koruny za tunu vyrobené štěpky, která bude shodnou základnou pro výpočet u všech kalkulovaných strojů a její výše činí $63,36 \text{ Kč.t}^{-1}$ vyrobené štěpky.

6.1.2 Náklady na odvoz těžebních zbytků na odvozní místo

Odvoz těžebních zbytků z místa těžby na odvozní místo bude provedeno smluvním poskytovatelem pomocí vyvážecího traktoru. Cena byla diferencována do dvou skupin v závislosti na dopravní vzdálenosti. Na cenu při dopravní vzdálenosti do 300 metrů od místa těžby a na dopravní vzdálenosti od 300 do 700 metrů. Stanovená cena poskytovatelem je pro první skupinu 104 Kč.m^{-3} vytěženého hroubí a pro druhou skupinu 125 Kč.m^{-3} vytěženého hroubí. Pro výpočet je předpokládána stejná četnost

výskytu dopravních vzdáleností obou skupin a výsledná cena 114,50 Kč.m⁻³ vytěženého hroubí je aritmetickým průměrem těchto dvou skupin. Při vyrobení prostorového metru štěpky z 0,8 m³ vytěženého hroubí (CHYTRÝ, 2010) vzniknou náklady na dopravu klestu ve výši 91,60 Kč.prm⁻¹ vyrobené štěpky resp. 302,28 Kč.t⁻¹ štěpky.

6.1.3 Náklady na štěpkování

Energetickou bilancí štěpkovače firmy Jenz HEM 420Z a traktoru Fendt 716 Vario se zabýval ÚHÚL (2010) a některé výsledné hodnoty jsou použity pro účely výpočtu. Je to především údaj o spotřebě paliva 2,96 l.t⁻¹ vyrobené štěpky a výkonnost soustrojí 2,46 t.hod⁻¹. Pro účely této práce je stanovena výkonnost soustrojí 2,5 t.hod⁻¹.

Výroba traktoru Fendt 716 Tier III v současné době končí. Probíhá pouze doprodej několika posledních kusů a je skoro nemožné jej zakoupit. Proto byl pro potřebu této práce nahrazen traktorem Fendt 716 Tier IV, který má podobné parametry.

- Pořizovací cena soustrojí

Délka životnosti je určena na 5 let. Roční náklady na pořízení soustrojí budou pak rovny pětině celkových pořizovacích nákladů jednotlivých strojů. Provoz soustrojí bude provozován ve dvousměnném provozu o délce pracovní směny 8 hodin. Pro výpočet je uvažován odhad pracovního vytížení soustrojí 252 pracovních dnů ročně a 10 hodin provozu výroby štěpky denně. Zbytek pracovních hodin je považován jako čas, který bude nutný pro přejezd na odvozní místo, čas na údržbu, opravy, servis a možné prostoje vlivem nepředvídatelných okolností.

- a) Pořizovací cena traktoru Fendt 716 Tier IV

Cena traktoru Fendt 716 Tier IV je závislá na vybavení traktoru a výše ceny tedy může být rozdílná. Základní cena traktoru je 140 000 € a z této ceny je nadále vycházeno. Průměrný kurz koruny vůči euru za posledních dvanáct měsíců je 24,783 Kč za 1€ (zdroj: www.kurzy.cz). Z tohoto vyplývá, že pořizovací náklady jsou 3 469 620 Kč.

Roční náklady na pořízení traktoru jsou pětinou kupní ceny traktoru a jejich výše je 693 924 Kč. Náklady při předpokládaném objemu výroby tak činí 110,15 Kč.t⁻¹.

b) Pořizovací cena štěpkovače Jenz HEM 420Z

Cena štěpkovače HEM 420Z je opět velmi rozdílná a je závislá na vybavení. Cena se pohybuje od 500 000 € až po 133 000 €. Výrobce doporučuje štěpkovač, jehož cena v závislosti na vybavení činí 130 000 €. Štěpkovač obsahuje standardní verzi vč. ovládání na bázi CAN-bus, tandemový podvozek. Navíc je vybaven prodlouženým vtaňovacím pásem, hydraulickým ovládaním bočních stěn vtaňovacího stolu, dlouhou vyhazovací rourou, záchytným systémem odpadlého materiálu, konzolí pro hydraulickou ruku, pracovní osvětlení, zadní závěs pro přívěs vleku maximální hmotnosti 24 t, mazničky na centrálních lištách.

Štěpkovač je osazen hydraulickou rukou FARMI HK 4581, která je nabízena za cenu 29 000 €. Ruka má dosah 7,1 metru, rozsah otáčení 400°, mezisloupek, hydraulické podpěry, rotátor FR 15 a drapák PTK 024.

Celková cena pak činí 159 000 €, což po přepočtu na českou měnu je 3 940 497 Kč. Přepočtem na shodnou základnu a to koruny za tunu vyrobené štěpky, činí náklady na pořízení štěpkovače 125,10 Kč.t⁻¹.

Vzhledem k cenám prodejců uváděných v cizí měně a výši celkové částky, vznikne výrazný rozdíl v pořizovací ceně v českých korunách, vlivem možného oslabení nebo posílení české koruny vůči euru.

- Náklady na pohonné hmoty

Při určení nákladů na spotřebované pohonné hmoty na jednotku výroby je vycházeno ze sledování ÚHUL, kde byl po dobu pěti let sledován provoz štěpkovače HEM 420Z poháněný od traktoru Fendt 716 Vario. Průměrná spotřeba byla 2,96 l.t⁻¹ Cena pohonných hmot značně kolísá a pro účely výpočtu je stanovena průměrná cena na území jihočeského kraje za uplynulé období od počátku roku 2012 tj. čtyři měsíce. Průměrná cena motorové nafty v tomto kraji byla 36,14 Kč.l⁻¹ (zdroj: www.penize.cz).

Součinem hodinové spotřeby a ceny pohonných hmot jsou vypočteny náklady na pohonné hmoty na výrobu štěpky ve výši 107 Kč.t⁻¹.

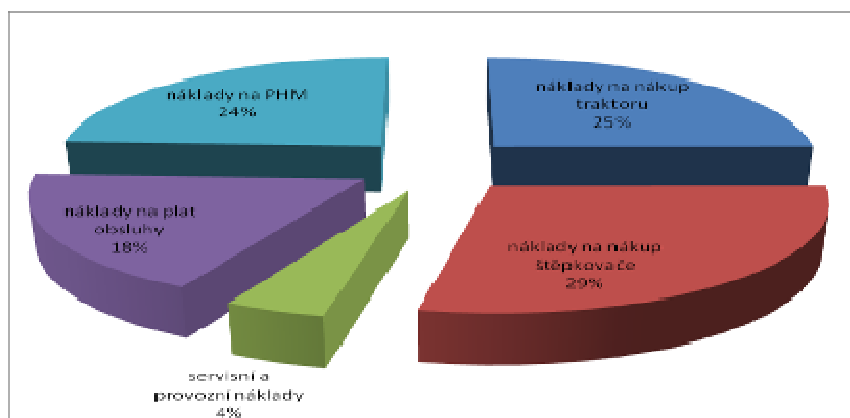
- Provozní a servisní náklady

Náklady na servis jsou stanoveny ve výši 120 000 Kč ročně a zahrnují odhad vynaložených prostředků nutných k zajištění oprav, výměny spotřebních součástí, jako jsou nože štěpkovače, filtry, pneumatiky. Dále zahrnují vynaložené prostředky na pojištění traktoru, výměnu náplní. Náklady je nutné převést na stejnou základnu. Po přepočtení jsou servisní náklady na jednotku vyrobené štěpky ve výši 19 Kč.t⁻¹.

- Náklady na plat obsluhy

Náklady spojené s výplatou platů obsluze zařízení jsou odvozeny z obvyklé výše platu v regionu a dosaženého vzdělání. Pro obsluhu tohoto zařízení je postačující střední vzdělání bez maturity. Nutností je řidičské oprávnění skupiny T a strojnický průkaz, opravňující práci s hydraulickou rukou. Výkonnost procesu štěpkování bude do velké míry ovlivněno zkušenostmi a dovednostmi obsluhy ovládat hydraulickou ruku a praxe s hydraulickou rukou je podmínkou přijetí pracovníka. Tento faktor může ovlivnit výši platu zaměstnance, zejména při nedostatku kvalifikovaných pracovníků. Výše nákladů na plat jednoho zaměstnance je 21 000 Kč měsíčně. Štěpkovač bude provozován ve dvousměnném provozu a celkové náklady na obsluhu zařízení činí 504 000 Kč ročně. Při výši odhadovaných objemů výroby budou náklady na platy zaměstnanců ve výši 80 Kč.t⁻¹.

Poměr jednotlivých složek nákladů na štěpkování předpokládaného objemu výroby znázorňuje graf č. 1.



Graf 1 - Podíl složek nákladů na štěpkování předpokládaného objemu výroby

Náklady na nákup traktoru a štěpkovače a náklady na platy obsluhy jsou fixní náklady a výše výroby je zásadním způsobem neovlivní. Jednotlivé položky provozních a servisních nákladů mohou být závislé na objemu výroby a představovat tak variabilní náklady, jako je tomu např. u výměny nožů štěpkovače, nebo mohou být fixními náklady např. platba za pojištění traktoru. Výši opotřebení sekacích nožů je velmi těžké určit a bude záviset především na čistotě vstupního materiálu. Rovněž je velmi těžké určit četnost oprav a s tím spojené náklady. Proto jsou servisní a provozní náklady brány pro potřebu výpočtů jako náklady fixní a stanoveny ve výši 10 000 Kč měsíčně. Variabilními náklady jsou prostředky spojené s nákupem pohonných hmot a jejich výše bude záviset na výši objemu výroby. Celková náklady na štěpkování při předpokládaném objemu výroby jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka 9 - Výše nákladů štěpkovače HEM 420Z

Účel platby	náklady	
	roční	na výrobní jednotku
	(Kč)	(Kč.tuna ⁻¹)
nákup traktoru	693 924	110,15
nákup štěpkovače	788 099	125,10
servisní a provozní náklady	120 000	19,00
plat obsluhy	504 000	80,00
náklady na PHM		107,00
Náklady celkem		441,25

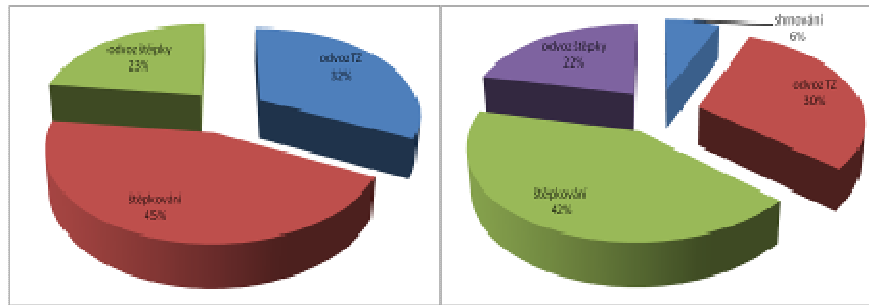
6.1.4 Náklady na odvoz štěpky k odběrateli

Odvoz štěpky bude zajištěn smluvním dopravcem. Vyrobená štěpka bude na odvozním místě ukládána do kontejnerů o objemu 40 m³. Štěpka bude dopravována k odběrateli vždy soupravou vozidel, která odveze dva kontejnery v jedné jízdě. Při využití ložného prostoru z 95 % souprava v jedné jízdě přepraví přibližně 75 prn štěpky. Celková cena za odvoz štěpky je tvořena dvěma položkami. První položka ve výši 1 000 Kč za jízdu zahrnuje naložení, složení a pronájem kontejneru. Druhá část ceny je cena za ujetý kilometr s nákladem, která činí 46 Kč.km⁻¹.

Dopravní vzdálenost z místa odvozu k odběrateli je určena jako aritmetický průměr nejkratší a nejdelší vzdálenosti z místa odběratele, tj. Plzeňská teplárenská a.s., na území LHC Vodňany. Tato vzdálenost činí 83 km. Celkové náklady na dopravu štěpky k odběrateli pak budou součtem nákladů za pronájem, naložení a složení kontejnerů v celkové výši 1 000 Kč za jízdu a nákladů za ujeté kilometry s naloženým nákladem, které jsou 3 818 Kč. Celkové náklady na dopravu tedy činí 4 818 Kč za jízdu. Jednou jízdou je přepraveno 75 prn štěpky tj. 22,5 tuny. Náklady na přepravu pak činí 214,10 Kč.t⁻¹ štěpky.

6.1.5 Celkové náklady

Celkové náklady výrobního řetězce jsou rovny součtu všech nákladů za jednotlivé operace ve výrobním řetězci. Poměr jednotlivých nákladů při předpokládaném objemu výroby znázorňují grafy č. 2.



Graf 2 - Poměr složek nákladů při odhadovaném objemu výroby kmenovou metodou, sortimentní metodou

Celková výše nákladů při kmenové metodě je 1 000,99 Kč.t⁻¹. Náklady při sortimentní metodě jsou nižší o náklady spojené se shrnováním těžebních zbytků a jsou ve výši 937,63 Kč.t⁻¹ (tab. č. 10).

Tabulka 10 - Náklady podle těžební metody

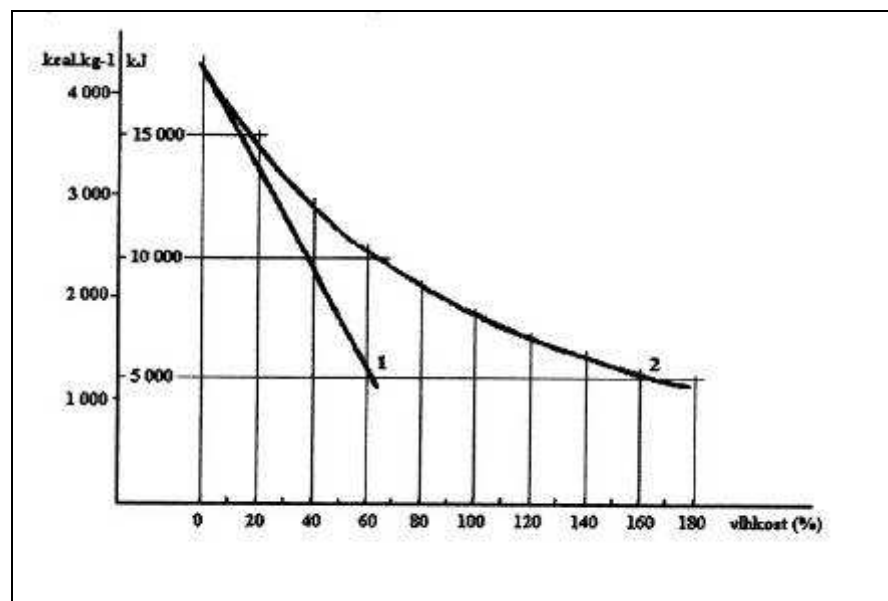
účel platby	náklady	
	kmenová metoda (Kč.t ⁻¹)	sortimentní metoda (Kč.t ⁻¹)
shrnování	63,36	0
odvoz TZ	302,28	302,28
štěpkování	421,25	421,25
odvoz štěpky	214,10	214,10
Náklady celkem	1000,99	937,63

6.2 Výpočet předpokládaných výnosů

Odběratelem vyrobené štěpky je Plzeňská teplárenská a.s.. Fakturace odběrateli za dodanou štěpku představuje výnosy. Cena energetické štěpky je stanovena na základě výhřevnosti dodané suroviny a uvádí se v korunách za gigajoule. Výhřevnost dodaného materiálu se provádí laboratorním měřením u odběratele. Celková částka výnosu z prodeje energetické štěpky je pak součinem laboratorně zjištěné výhřevnosti suroviny v dodávce a dohodnuté výkupní ceny za gigajoule. Výkupní cena energetické štěpky je stanovena smluvní dohodou mezi dodavatelem a Plzeňskou teplárenskou a.s., jako odběratelem na straně druhé. Nabídka a sdělení výkupní ceny

energetické štěpky je obchodním tajemstvím Plzeňské teplárenské a.s. a nebyla ze strany Plzeňské teplárenské a.s. poskytnuta. Výkupní cena je pro potřeby této práce stanovena na 100 Kč.GJ^{-1} .

Hodnota výhřevnosti štěpky závisí na druhu dřeviny, ale především na vlhkosti suroviny (graf č. 3). Při poklesu absolutní vlhkosti z 60 % na 40 % se efektivní výhřevnost zvýší přibližně na dvojnásobek. Pro účely výpočtu budou použity dvě hodnoty výhřevnosti. Výhřevnost $9,5 \text{ GJ.t}^{-1}$, která odpovídá vlhkosti přibližně 40 % a výhřevnost 14 GJ.t^{-1} , která odpovídá vlhkosti přibližně 30 %.



Graf 3 - Závislost efektivní výhřevnosti dřeva na relativní (1) a absolutní (2) vlhkosti (zdroj: CHYTRÝ, 2010)

Hodnota výhřevnosti v závislosti na vlhkosti je rozdílná a proto i rozdíly výnosů z prodeje mohou být velmi značné. Rozdíl výkupní ceny dodané štěpky při hodnotách výhřevnosti $9,5 \text{ GJ.t}^{-1}$ a 14 GJ.t^{-1} při stanovené ceně 100 Kč.GJ^{-1} je 450 Kč.GJ^{-1} . Při předpokládaném objemu výroby 6 300 tun ročně bude rozdíl ve výnosech 2 835 000 Kč. Taková částka velmi výrazně ovlivní výsledek hospodaření. Pro dosažení co nejlepšího hospodářského výsledku je nutné nechat těžební zbytky řádně proschnout a udržovat po celou dobu výrobního řetězce co nejnižší vlhkost dendromasy.

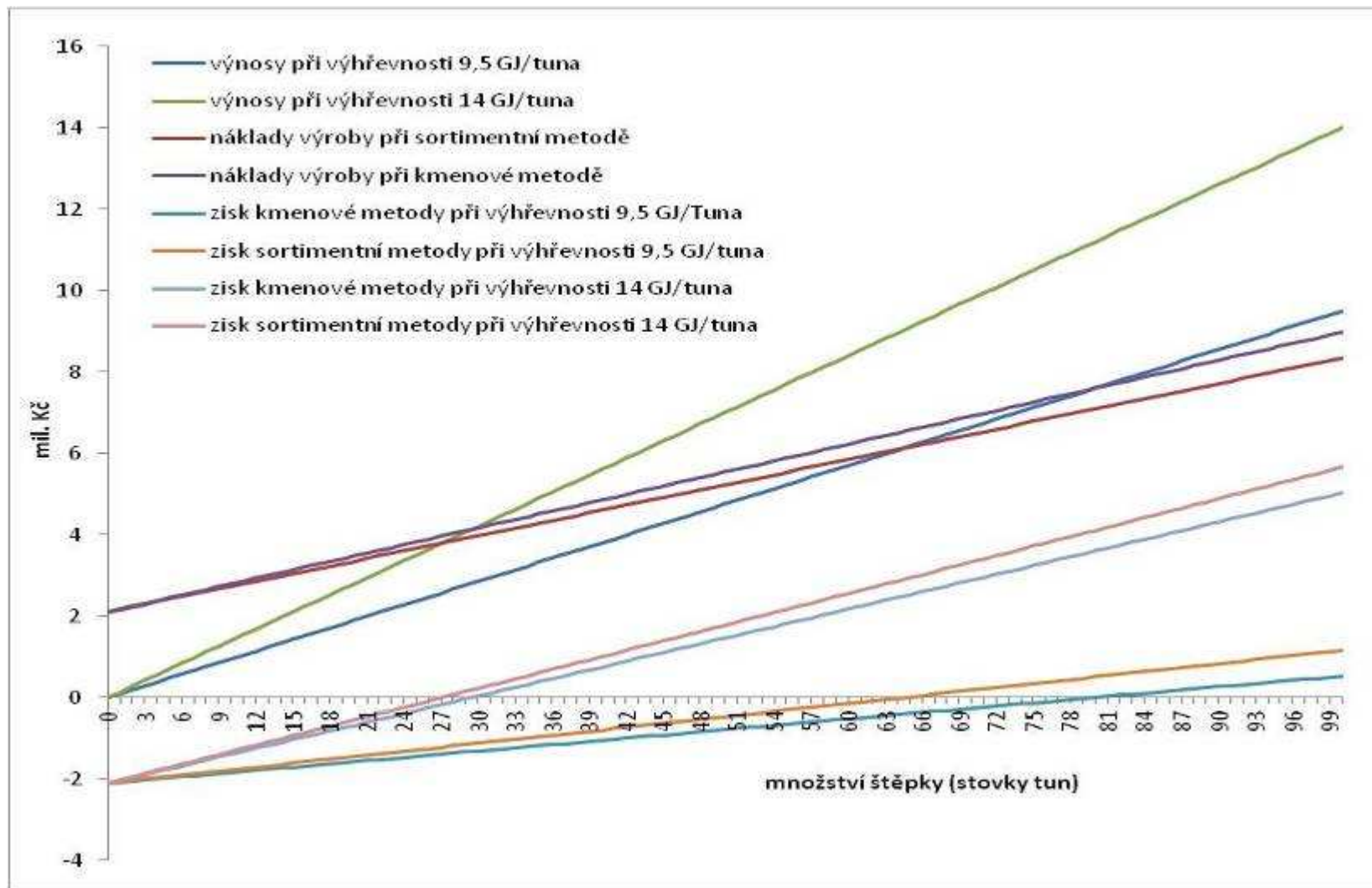
6.3 Návratnost investice na pořízení technologie štěpkování

Návratnost investice je závislá na výši výnosů a výši investovaných prostředků. Výnosy představují obnosy z prodeje vyrobené suroviny- štěpky a jsou závislé na objemu výroby a kvalitě prodané suroviny. Náklady představují veškeré platby během procesu zpracování těžebních zbytků. Náklady na shrnování, odvoz těžebních zbytků na odvozní místo a transport štěpky k odběrateli jsou zajištěny od jiných subjektů. Jejich výše bude záviset na objemu výroby a jsou to náklady variabilní. Dalšími variabilními náklady jsou náklady na pohonné hmoty traktoru při štěpkování. Náklady na pořízení traktoru se štěpkovačem, platy zaměstnanců, servisní a provozní náklady nejsou závislé na objemu výroby a jsou to náklady fixní. Celkové náklady jsou součtem nákladů fixních a variabilních.

Náklady výrobního řetězce po kmenové metodě jsou náklady spojené se shrnutím těžebních zbytků, odvozem těžebních zbytků na odvozní místo, štěpkováním a transportem vyrobené štěpky k odběrateli. Náklady výrobního řetězce sortimentní metodou je součet nákladů na odvoz těžebních zbytků na odvozní místo, štěpkování a transport vyrobené štěpky k odběrateli.

Zisk z provozu výrobního řetězce je rozdíl mezi celkovými náklady a výnosy. Náklady, výnosy a zisky z provozu navrženého výrobního řetězce jsou znázorněny v grafu č. 4.

Z grafu je zřejmé, že návratnost investic na pořízení technologie štěpkování bude závislá na výši výnosů a těžební metodě. Prodejem vyrobené štěpky o výhřevnosti 14 GJ.t-1 vykazuje výrobní řetězec zisk při objemu výroby nad 2 804 tun štěpky v případě zpracování těžebních zbytků vzniklých kmenovou metodou a 2 575 tun sortimentní metodou. Při výhřevnosti 9,5 GJ.t-1 bude vykazován zisk po těžbách kmenovou metodou při objemu výroby nad 7 597 tun a sortimentní metodou při výrobě nad 6 123 tun vyrobené štěpky.



Graf 4 - Návrh návratnosti investice na technologii štěpkování v navrženém výrobním řetězci

7 Diskuse a závěry

Jednotlivé typy strojů byly posouzeny ze dvou hledisek. Z hlediska rentability zakoupení těchto zařízení v závislosti na výši objemů vlastních těžebních zbytků a z hlediska časové vytíženosti strojů při zpracování těžebních zbytků vzniklých hospodařením na území LHC Vodňany.

Výše vlastních těžebních zbytků postačuje pro zajištění návratnosti vynaložených prostředků na shrnovač klestu. Výše těžebních zbytků je přibližně dvojnásobná, než je objem zajišťující návratnost. Z toho je zřejmé, že po shrnutí přibližně poloviny těžebních zbytků bude provozem shrnovače vykazován zisk. Na základě výpočtů je objem vlastních těžebních zbytků možno shrnout za přibližně 255 dnů při jednosměnném provozu, což odpovídá přibližně počtu pracovních dnů v roce. Je nutné si uvědomit, že po celý rok nebudou podmínky pro nasazení shrnovače příznivé, zejména v zimním období, kdy sněhová pokrývka neumožní pohyb mechanizace.

U štěpkovače Bobr 7 plus výše vlastních těžebních zbytků postačuje pro zajištění rentability stroje a podle údajů prodejce je schopen tyto zbytky stroj zpracovat za 249 dní při jednosměnném provozu. To odpovídá přibližně počtu pracovních dnů v roce a stroj by byl vytížen po celý rok pro zpracování vlastního klestu bez nutnosti získávat klest od jiných subjektů. V případě dvousměnného provozu by bylo nutné zabezpečit klest z těžeb o celkové výši přibližně 39 tis. vytěženého hroubí.

Objem vlastních těžebních zbytků je postačující pro zajištění rentability štěpkovače Bobr 80s. Na základě údajů prodejce je tento stroj schopen zpracovat vlastní těžební zbytky za 69 pracovních směn. To je pro využití potenciálu tohoto zařízení málo a bylo by nutné získat klest od jiných subjektů z přibližně 104 tis. m³ vytěženého hroubí.

Při hodnocení výkonu štěpkovače Jenz HEM 420Z bylo zjištěno, že zpracování vlastních těžebních zbytků by trvalo přibližně 178 pracovních směn. Je tedy zřejmé, že využití pro vlastní účely je malé a bylo by nutné navíc zajistit těžební odpad z přibližně 4,5 tis. m³ vytěženého hroubí při jednosměnném provozu. Zařízení, jako je tento štěpkovač, se v praxi používají převážně v provozu dvousměnném, což by znamenalo zajištění

těžebních zbytků z více jak 13 tis. m³ vytěženého hroubí. Při výpočtu bylo použito hodnot sledovaných v praxi, které byly reálně dosaženy provozem tohoto typu štěpkovače, a rovněž i případný objem klestu, který je nutný zajistit od jiných subjektů, je nejbližze skutečnosti.

Analýzou navrženého výrobního řetězce bylo zjištěno, že návratnost investice na pořízení zvolené technologie štěpkování bude v menší míře záviset na těžební metodě a nejvíce ji bude ovlivňovat kvalita dodané suroviny odběrateli. Při nízké kvalitě dodané suroviny je návratnost investice na pořízení technologie štěpkování velmi nízká a vzhledem k výkonnosti štěpkovače Jenz HEM 420Z nelze předpokládat uspokojivý zisk.

8 Seznam použité literatury

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

Douda, P.: Geoinformační aspekty dopravního zpřístupnění lesních porostů (Diplomová práce), Brno, 2007, 47 s.

Dvořák, J.: Těžebně-dopravní technologie a zpracování těžebních zbytků. Lesnická práce 10/2005

Dvořák, J. a kol.: Cvičení z lesnické mechanizace. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006, 238 s.

Chytrý, M.: Ekonomika zpracování těžebních zbytků. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007, 140 s.

Janeček, A. a kol.: Lesnická mechanizace část III. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2002, 323 s.

Kára, J. a Adamovský, R.: Logistika energetické biomasy, online: <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/10.html>

Nový, P.: Mechanický úklid a zpracování klestu (Diplomová práce), Praha, 2008, 77 s.

Příhoda, J.: Technologie pro zpracování dendromasy k energetickým účelům. In. Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích. ÚHÚL Brandýs nad Labem, 2007, 22-29 s.

Příhoda, J.: Technologie pro zpracování dendromasy- těžebních zbytků, České sdružení pro biomasu, 2008, online: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>

Šimanov, V.: Výroba, zpracování a využití biomasy. Centrum rozvoje venkova, 2008, 32 s.

Štupavský, V., Wantulok, M.: Zpracování lesních těžebních zbytků. České sdružení pro biomasu, 2009, 32 s.

Wantulog, M.: Zkušenosti s výrobou lesní energetické štěpky a možnosti rozvoje trhu s ní, České sdružení pro biomasu, 2011, online: <http://www.biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-vyrobou-lesni-energeticke-stepky-a-moznosti-rozvoje-trhu-s-ni>

MZe ČR: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 2011, 128 s.

ÚHÚL Brandýs nad Labem: Analýza energetické bilance, efektivity a logistiky zpracování lesních těžebních zbytků pro energetické využití, Brno, 2010, 77 s.

Lesu zdar: Těžební zbytky, Lesy České republiky, 2010, online:
<http://lesuzdar.lesy.cz/clanky/tezebni-zbytky/>

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Čelní shrnovačem klestu na UKT (zdroj: firma Forest Meri), čelní shrnovač klestu na SLKT (zdroj: firma Vlk project), aktivní shrnovač klestu (zdroj: firma Forest Meri).....	15
Obrázek 2 - Nádoba s dusíkem, pístnice s přívodem dusíku (zdroj: autor).....	16
Obrázek 3 - Prstový drapák s dvěma prsty na každé straně (zdroj: autor).....	20
Obrázek 4 - Čelo kompresního sběrače, pohyblivé bočnice kompresního sběrače (zdroj: firma. Dutch Dragon).....	21
Obrázek 5 - Kompresní sběrač LIKL 14, zadní pohled v průběhu nakládání, zadní pohled po kompresi (zdroj: firma STS Prachatice).....	21
Obrázek 6 - Kompresní sběrač na forwardéru (zdroj: firma Dutch Dragon), kompresní sběrač na vyvážecím vleku (zdroj: firma STS Prachatice).....	22
Obrázek 7 - Půdní fréza nesená vzadu (zdroj: autor), půdní fréza nesená vpředu (zdroj: firma Some)	24
Obrázek 8 - Rotor půdní frézy s volně uloženými pracovními nástroji (zdroj: autor), pevně uložené pracovní nástroje (zdroj: firma Berti)	25
Obrázek 9 - Hnací hřídel a úhlová převodovka půdní frézy boční pohled, zadní pohled (zdroj: autor).....	25
Obrázek 10 - Štěpkovač nesený na tříbodovém závěsu (zdroj: firma. Rabaud), vývodový hřídel od traktoru určený k pohonu štěpkovače (zdroj: autor).....	30
Obrázek 11 - Tažený štěpkovač na jednonápravovém (zdroj: firma Pezzolato), dvounápravovém vleku (zdroj: firma Dutch Dragon).....	31
Obrázek 12 - Štěpkovač nesený na forwardéru (zdroj: firma Dutch Dragon), na nákladním automobilu (zdroj: autor), na pásovém podvozku (zdroj: firma Dutch Dragon).....	32
Obrázek 13 - Pohled z kabiny nákladního automobilu při práci štěpkovače, sedadlo operátora (zdroj: autor)	32
Obrázek 14 - Samostatná kabina štěpkovače, pohled z kabiny na podávací zařízení (zdroj: autor)	33
Obrázek 15 - Terénní štěpkovač BRUKS 805 CT vysypání neseného kontejneru, pohled na stroj v přepravní poloze (zdroj: firma Bruks).....	34

Obrázek 16 - Štěpkovač na pásovém podvozku STC 220MT55 SAFE- Track (zdroj: firma GreenMech), štěpkovač na pásovém podvozku CBI 6400T (zdroj: firma Vermeer).....	35
Obrázek 17 - Stacionární štěpkovač Jenz 700 STA (zdroj: firma Jenz)	35
Obrázek 18 - Disk štěpkovače se třemi noži (zdroj: firma Linddana), pohled na otevřený vstupní otvor diskového štěpkovače (zdroj: autor)	36
Obrázek 19 - Buben s noži (zdroj: firma CBI), boční pohled (zdroj: firma Dutch Dragon).....	37
Obrázek 20 - Buben s dvěma noži po celé délce, buben s děleným nožem posunutým o 180° (zdroj: firma Bruks), buben s děleným nožem na více segmentů (zdroj: autor).....	38
Obrázek 21 - Řez sekacím ústrojím bubnového štěpkovače (zdroj: firma Dutch Dragon).....	39
Obrázek 22 - Schéma šroubového štěpkovače (zdroj: SIMANOV, 2008)	39
Obrázek 23 - Ruční vkládání materiálu do štěpkovače (zdroj: NHS, autor)	40
Obrázek 24 - Bubnový štěpkovač s mechanickým dávkováním (zdroj: autor), diskový štěpkovač s mechanickým dávkováním (zdroj: firma Linddana).....	41
Obrázek 25 - Podávací zařízení diskového štěpkovače s otevřeným vstupním trychtýřem, podávací zařízení bubnového štěpkovače (zdroj: autor).....	42
Obrázek 26 - Schéma štěpkovače (zdroj: firma Bruks)	42
Obrázek 27 - Pohon podávacího ústrojí Jensen A 141 (zdroj: firma Jensen)	43
Obrázek 28 - Schéma kladívkového drtiče (zdroj: Simanov, 2008), funkční schéma kladívkového drtiče Jenz (zdroj: firma Jenz), drtící hlava (zdroj: firma Vermeer).....	43
Obrázek 29 - Drtič na podvozku nákladního automobilu (zdroj: autor), dvouosém vleku (zdroj: firma Davos), pásovém podvozku (zdroj: firma Vermeer).....	44
Obrázek 30 - Podávací pás drtiče pro vložený materiál, pásový dopravník pro odvod drtě (zdroj: autor).....	44
Obrázek 31 - Svazkovač klestu John Deer 1490D (zdroj: firma John Deer).....	46
Obrázek 32 - Nákladní automobil s kontejnerem, silniční nákladní automobil s velkokapacitním vlekem (zdroj: autor).....	48

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Terénní klasifikace „Lesprojekt 1980“	17
Tabulka 2 - Výkonnost půdních fréz v (ha.h ⁻¹).....	27
Tabulka 3 - Objem těžebních zbytků LHC Vodňany	49
Tabulka 4 - Tabulka těžeb a objem těžebních zbytků LHC Vodňany	50
Tabulka 5 - Výše těžeb a objem zbytků podle těžby a těžební metody v LHC Vodňany	50
Tabulka 6 - Technická data štěpkovače Bobr 7 plus	56
Tabulka 7 - Technická data štěpkovače Bobr 80s.....	57
Tabulka 8 - Technické parametry štěpkovače Jenz HEM 420Z	58
Tabulka 9 - Výše nákladů štěpkovače HEM 420Z	64
Tabulka 10 - Náklady podle těžební metody	66

11 Seznam grafů

Graf 1 - Podíl složek nákladů na štěpkování předpokládaného objemu výroby ..	64
Graf 2 - Poměr složek nákladů při odhadovaném objemu výroby kmenovou metodou, sortimentní metodou.....	66
Graf 3 - Závislost efektivní výhřevnosti dřeva na relativní (1) a absolutní (2) vlhkosti (zdroj: CHYTRÝ, 2010).....	67

12 Seznam příloh

Příloha 1 – Shrnovače	I
Příloha 2 – Kompresní sběrače.....	II
Příloha 3 – Půdní frézy.....	III
Příloha 4 – Štěpkovače nesené v tříbodovém závěsu traktoru	IX
Příloha 5 – Štěpkovače mobilní	XI
Příloha 6 – Štěpkovače stacionární	XIV
Příloha 7 – Drtiče stacionární.....	XV
Příloha 8 – Drtiče mobilní.....	XVI

13 Přílohy

Příloha 1 – Shrnovače

Typ	šířka shrnovače (mm)	počet prstů (ks)	hmotnost (kg)	hmotnost protizávaží (kg)	poznámka	výrobce
SV 6-087	2200	5	790	644		VLK Project Olomouc
Forest meri	2200	5	900		10 litrů oleje, 25 atm dusíku	Forest Meri Slavkov
M+S	1950	5	880		odpružení vinutými pružinami	M+S České Budějovice
shrnovač klestu	2200	5	700		10 litrů oleje, 25 atm dusíku	Kame-VM Velké Meziříčí
shrnovač klestu malý	1600	4	230		2 litry oleje- 11 barů dusíku	
SV 5	2110	5	860		prsty odpruženy dusíkem	Agrometall Nový Dvůr

Příloha 2 – Kompresní sběrače

výrobce	Typ	ložný objem (m ³)	pohotovostní hmotnost (kg)	nosnost (kg)	provozní tlak hydraulického systému (Mpa)
Dutch Dragon	PC40	40	3 795	10 000	15 - 25
	PC44	44	3 905		
	PC48	48	4 015		
STS Prachatice	LIKL 14		1 916		
Allan Bruks	ABAB carrier	30-35	cca. 5 400	cca. 9 000	21

Příloha 3 – Půdní frézy

výrobce	model	šířka prac. záběru	šířka stroje	průměr zprac. materiálu	zpracování	počet a uložení pracovních nástrojů		hmotnost	uchycení	požadovaný výkon traktoru	výkon hydr. systému	otáčky rotoru
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(ks)		(kg)		(kW)	(l.min ⁻¹)	(ot.min ⁻¹)
Ventura	TFVMF 140	1 400	1660		95	32	P	1350	T	70-150		1680
	TFVMF 160	1600	1860		95	36	P	1475	T	80-150		1680
	TFVMF 180	1800	2060		95	40	P	1550	T	90-150		1680
	TFVMF 200	2000	2260		95	44	P	1660	T	100-150		1680
	TFVMF 225	2250	2510		95	48	P	1770	T	120-150		1680
	TFVMFD 160	1600	1950		95	36	P	1570	T	80-150		1680
	TFVMFD 180	1800	2150		95	40	P	1645	T	90-150		1680
	TFVMFD 200	2000	2350		95	44	P	1755	T	100-150		1680
	TFVMFD 225	2250	2600		95	48	P	1865	T	120-150		1680
	TFVJ 130	1300		18		16	V	625	T	min. 40		
	TFVJ 150	1500		18		20	V	830	T	min. 50		
	TFVJ 180	1800		18		24	V	905	T	min. 65		
	TFVJ 200	2000		18		28	V	965	T	min. 75		
	TFVJ 225	2250		18		32	V	1040	T	min. 85		
	TFVJH 130	1300	1500	18		16	V	615	H		80-120	
	TFVJH 150	1500	1750	18		20	V	810	H		80-120	

	TFVJH 180	1800	2000	18		24	V	885	H		80-120	
	TFVJH 200	2000	2250	18		28	V	945	H		80-120	
	TFVJH 225	2250	2500	18		32	V	1020	H		80-120	
	TFMF 180	1800	2220			29	P	2950	T	130-180		1000
	TFMF 200	2000	2550			33	P	3325	T	155-280		1000
	TFMF 225	2250	2800			37	P	3600	T	180-280		1000
	TFV 140	1400				12	V	1100	T	60-150		
	TFV 160	1600				16	V	1290	T	80-150		
	TFV 180	1800				16	V	1380	T	90-150		
	TFV 200	2000				20	V	1460	T	90-150		
	TFV 225	2250				22	V	1530	T	120-150		
	TFVH 140	1400		28		12	V	1075	H		155	
	TFVH 160	1600		28		16	V	1265	H		165	
	TFVH 180	1800		28		16	V	1355	H		175	
	TFVH 200	2000		28		20	V	1435	H		205	
SUOKONE OY	MJ-1.0	1000	1400		200	36		535	T	30-100		
								645	T	30-180		
	MJ-1.4	1400	1800		200	51		590	T	40-100		
								720	T	40-180		
	MJ-1.8	1800	2200		200	64		765	T	65-100		
								960	T	65-180		
	MJ-2.3	2300	2700		200	85		870	T	80-100		
								1115	T	80-180		
	MJS-1.0	1000	1420		250	36		640	T	60-100		
								915	T	60-180		

	MJS-2.0 DT	2000	2420		250	74		1355	T	110-180		
	MJS-2.5 DT	2500	2920		250	93		1420	T	120-180		
FAE	FMH/ST150	1450	1930	30	50	24	V	240	T	110-160		1900
	FMH/ST175	1690	2150	30	50	28	V	255	T	130-170		1900
	FMH/DT200	1930	2390	30	50	32	V	275	T	160-260		1900
	FMH/DT225	2170	2630	30	50	36	V	290	T	180-250		1900
	FMH/DT250	2410	2870	30	50	40	V	330	T	200-350		1900
	FML 125	1210	1510	15	50	20	V	650	T	40-80		2100
	FML150	1450	1750	15	50	24	V	735	T	50-80		2100
	FML175	1690	1990	15	50	28	V	815	T	60-100		2100
	FML200	1930	2230	15	50	24	V	890	T	70-100		2100
	FML/S150	1450	1830	15	50	24	V	810	T	60-100		2100
	FML/S175	1690	2070	15	50	28	V	880	T	70-100		2100
	FML/S200	1930	2320	15	50	32	V	1020	T	80-130		2100
	FML/S225	2170	2560	15	50	36	V	1100	T	90-130		2100
	FMM/ST150	1450	1930	20	50	24	V	1220	T	80-100		2050
	FMM/ST175	1690	2170	20	50	28	V	1325	T	90-100		2050
	FMM/ST200	1930	2410	20	50	32	V	1445	T	100-120		2050
	FMM/DT200	1930	2490	20	50	32	V	1646	T	100-160		2050
	FMM/DT225	2170	2730	20	50	36	V	1720	T	110-160		2050
	FMM/DT250	2410	2970	20	50	40	V	1900	T	120-160		2050
	UMH/ST150	1450	1930	40	50-80	62	P	2780	T	110-150		1250
UMH/ST175	1690	2100	40	50-80	70	P	2980	T	130-150		1250	
UMH/DT200	1930	2500	40	50-80	80	P	3350	T	160-260		1250	
UMH/DT225	2170	2750	40	50-80	90	P	3550	T	180-280		1250	

	UMH/DT250	2410	3000	40	50-80	98	P	3750	T	200-260		1250
	UMH/S225	2170	2750	40	50-80	90	P	3850	T	180-350		1250
	UMH/S250	2410	3000	40	50-80	98	P	4050	T	200-350		1250
	UML 125	1210	1510	20	50-80	28	P	710	T	60-90		2100
	UML150	1450	1750	20	50-80	34	P	790	T	70-100		2100
	UML175	1690	1990	20	50-80	38	P	870	T	80-100		2100
	UML200	1930	2230	20	50-80	44	P	950	T	90-100		2100
	UML/S150	1450	1830	20	50-80	34	P	840	T	60-100		2100
	UML/S175	1690	2070	20	50-80	38	P	910	T	70-100		2100
	UML/S200	1930	2320	20	50-80	44	P	1050	T	80-130		2100
	UML/S225	2170	2560	20	50-80	48	P	1130	T	90-130		2100
	UMM/ST150	1450	1930	20	50-80	34	P	1450	T	80-110		1650
	UMM/ST175	1690	2100	20	50-80	40	P	1540	T	90-110		1650
	UMM/DT200	1930	2450	20	50-80	44	P	1640	T	100-160		1650
	UMM/DT225	2170	2650	20	50-80	48	P	1730	T	110-160		1650
	UMM/DT250	2410	2900	20	50-80	52	P	2620	T	180-280		1650
	UMM/S200	1930	2450	20	50-80	46	P	2760	T	130-220		1650
	UMM/S225	2170	2650	20	50-80	52	P	2900	T	140-220		1650
	UMM/S250	2410	2900	20	50-80	58	P	3050	T	150-220		1650
Orsi	Super Forrest 2100	2110					P	3200	T	max. 265		
	Super Forrest 2600	2600					P	3600	T	max. 265		
	W-Forrest 1400	1480				24	V	1060	T	70-100		
	W-Forrest1700	1700				28	V	1150	T	80-120		

	W-Forrest2100	1920			32	V	1240	T	80-120		
	W-Forest2550	2230			40	V	1350	T	80-120		
BERTI	ECF 1400		1730		22		1130	T	55-58		
	ECF 1600		1930		26		1250	T	62-66		
	ECF 1800		2130		28		1380	T	69-73		
	ECF 2000		2330		32		1450	T	76-84		
	ECF 2200		2530		36		1550	T	87-95		
	ECF2500		2830		40		1700	T	108-117		
SEPI M	miniforst	1250	1490		20/27	P/V	770	T	48-90		
		1500	1740		24/30	P/V	885	T	48-90		
		1750	1990		29/33	P/V	970	T	55-90		
		2000	2240		33/36	P/V	1095	T	68-90		
	Midiforst	1000	1290		15/16	P/V	780	T	55-110		
		1250	1540		20/20	P/V	930	T	60-110		
		1500	1790		24/24	P/V	1120	T	70-110		
		1750	2040		30/28	P/V	1240	T	80-110		
		2000	2290		33/32	P/V	1360	T	90-110		
		2250	2540		38/36	P/V	1470	T	100-110		
	Midiforst dt	2000	2330		33/32	P/V	1500	T	100-170		
		2250	2580		38/36	P/V	1930	T	100-170		
		2500	2830		42/40	P/V	2150	T	120-170		
	Starforst	2000	2440		44	P	2650	T	180-252		
		2250	2580		48	P	2890	T	180-252		
		2500	2830		52	P	3180	T	180-252		
	Superforst	2000	2440		41/36	P/V	3300	T	150-252		

		2250	2690			47/42	P/V	3600	T	150-252			
		2500	2940			52/45	P/V	3900	T	150-252			
	Maxiforst		2250	2750			42	P	4050	T	184-354		
			2500	3000			45	P	4330	T	184-354		
			2750	3250			48	P	4580	T	184-354		
			3000	3500			51	P	4960	T	184-354		
	Forst m	2250	2700			47/45	P/V	3700					
STS Prachatice	NUD 130		1500	20			P/V		T	min. 50			
	NUD 160		1800	20			P/V		T	min. 70			
	NUD 190		2100	20			P/V		T	min. 85			
Ahwi	S 700-650	650			130	16		1850		90-180			
	RFL 700-2000	2000			300	48		2750		97-150			
	RF 800-2000	2000			400	48		3650		150-224			
	RF 1000G-2000	2000			500	64		4700		150-300			

Uložení kladívek

P = pevná, V = volná

Uchycení

T = tříbodový závěs traktoru

H = hydromanipulátor

Příloha 4 – Štěpkovače nesené v tříbodovém závěsu traktoru

výrobce	typ	průměr zprac. materiálu (mm)	průchodnost (prm.h ⁻¹)	rozměr vstupního otvoru (mm)	Počet nožů (ks)	průměr řezného rotoru (mm)	délka štěpky (mm)	hmotnost (kg)	výkon traktoru (kW)	
JBM	JBM 521 ZX	145		1000 X 940		610		640	18-36	
	JBM 624 ZX	165		1020x1050		670		740	20-40	
	JBM 6831 ZX	210		1250x1050		810		760	30-90	
	JBM 1040 ZX	270		1600x1340		1000		1280	44-125	
Jenz	HEM 360 ZA	T 270, K 360	60	360x800				3 500	110-180	
Biber	Biber 3	180		180x240	3		50-150	830	26-80	
	Biber 5	K 250, D 150		240x240	2		50-250 přesná štěpka, 120 hrubá štěpka	1550	35-80	
					4			50-250		1450
					2			hrubá štěpka do 120		1450
Lindana	TP 230	230	10-15	230x240	3			990	27-65	
	TP 270	270	20-35	270x290	3		12-22	1385		
	TP 280		40-50	280x300	3		12-23	1600	99-146	
	TP 400	400	100	400x440	4		20-40	3000	147-294	
Rabud	Natura 150T	150		150 x 260	3			360	19-38	
	Natura 170T	170		220 x 260	3		10-13	450	26-52	
	Natura 200T	200		250 x 245	3		10-13	730	30-52	
	Natura 250T	250		530 x 260	3		12-18	1 000	37-72	

	Natura 250TRG	250		450 x 250	3		10-13	1 200	44-88
	Natura 350T	350		370 x 360	3			3 100	112-224
John Deere	EC 9045			900 x 450	2	800			280
NHS	480	120		140 x 120	4	480	3 - 10	375	min 12
	720	175		175 x 175	4	720	5 - 12	630	min. 23
	840	210		230 x 215	4	840	5 - 15	900	min. 36
	960	250		300 x 250	4	960	5 - 15	1 100	min. 44
Farmi	CH380	380	69 - 120	380 x 420	4		10 - 30	1 800	110 - 115
Jensen	A 328	200		820 x 350	2		5 - 20	900	
	A 231	240		970 x 350	2		5 - 20	1 400	
	A 141	260		1 060 x 400	2		5 - 20	1 700	

Průměr zpracovávaného materiálu hmoty

T= tvrdé dřevo

M měkké dřevo

K=při výrobě krátké štěpky

D=při výrobě dlouhé štěpky

Příloha 5 – Štěpkovače mobilní

výrobce	typ	průměr zprac. materiálu (mm)	průchodnost (prm.h ⁻¹)	počet nožů (ks)	průměr rotoru (mm)	rozměr vstupního otvoru (mm)	hmotnost (kg)	pohon štěpkovače			podvozek
								druh	výkon (kW)	pozn.	
JBM	JBM 419 MX	140			600	1000 x 940	750	v-D	37		V-1
	JBM 420 MX	140			600	1000 x 940	810	v-B	37		V-1
	JBM 521 MDX	150			610	1000 x 940	1150	v-D	37		V-1
	JBM 624 MDX 35	165			670	1200 x 1020	1520	v-D	48		V-1
	JBM 624 MDX 50	185			670	1200 x 1020	1600	v-D	68		V-1
	JBM 630 MDX	200			810	1300 x 1020	1750	v-D	82		V-1
	JBM 831 MDX	210			810	1280 x 970	2350	v-D	109		V-1
	JBM 1040 MDX	280			1040	1440 x 950	2640	v-D	135		V-1
Jenz	HEM 1000 DXL	700/1000	360	24	1450	1000 x 1200	30 000	v-D	832	M Benz	V-3
	HEM 1000 DQ	700/1000	250	20	1450	1000 x 1000	18 500	v-D	832	M Benz	NA-4
	HEM 700 DL	500/750	220	10	1040	700 x 1000	17 000	v-D	666	M Benz	NA-4, V-2
	HEM 581 Z	420/560	160	12	820	680 x 1200	11 200	h	340 - 647		V-2
	HEM 581 DQ/ DL	420/560	180	12	820	680 x 1200	15 000	v-D	380	M Benz	V-2, NA-3
	HEM 561 Z	420/560	150	10	820	650 x 1000	9 800	h	272 - 449		V-2
	HEM 561 Z kontejner	420/560	120	10	820	650 x 1000	15 500	h	272 - 449		V-3

	HEM 651 DQ	420/560	150	10	820	650 x 1000	13 300	v-D	380	M Benz	V-2, NA-3
	HEM 561 DL	420/560	150	10	820	650x1000	12 300	v-D	380	M Benz	V-2, NA-3
	HEM 420 DQ/ DL	300/420	100	10	620	420 x 1000	10 700	v-D	380	M Benz	V-2, NA-3
	HEM 420 Z	200/420	80	10	620	420x1000	9 000	h	177 - 333		V-2
	HEM 360 Z	270/360	60	8	520	360 x 800	5 700	h	136 - 277		V-1
Biber	Biber 3	180		3		180 x 240	1020/2100	h, v-D	26 - 80		V-1, V-2
	Biber 5	240/150	typ L	2		240 x 240	1 450	h	35 - 80		V-1
			typ K	4			1350/2450	h, v-D	35 - 80		V-1, V-2
	Biber 7	350		8		350 x 560	3 150	h	44 - 100		V-1
	Biber 70			12		400 x 840	7500-16000	h, v-D	110 - 200, 199		V-2, NA
	Biber 80	550		14		550 x 980	8600-24000	h, v-D	130 - 270, 330 nebo 353		V-2, NA
Biber 82	550		8/16			10 000-25 000	h, v-D	130 - 270, 330 nebo 353		V-2, NA	
Bruks	605 PT	30/40		2/4	600	685 x 500	8 000	h	130 - 220		V-2
	805 PT	40/50		2	800	850 x 720	11 000	v-D	335	Scania DI12	V-2
CBI	MagnumForce 6400T-12	450/600		2/4	1 000		34 000	v-D	746	CatPil C27	P
Dutch Dragon	EC 6060	600	cca 250	2/4	1 000	600 x 600	8 800	v-D	410	John Deere 6125HF070	V-2, NA, FWDR, P
Mus- Max	WT 7 Z	380	cca 115	8		620 x 380	4 700	h	60 - 112		V-1, V-2
	WT 8 Z	450	cca 140	10		760 x 450		h	90 - 142		V-2

WT 9 D	470	cca 230	12		900 x 470	12 000	h	187 -313		V-2
WT 10 D	700	cca 529	12		980 x 710	16 000	NA	336 - 522		NA-2
WT 11 DLB	750	cca 700	14		1140 x 750	15 800	NA	560		NA-2

Podvozek

V = vlek - počet náprav

NA = nákladní automobil - počet náprav

FWDR = forwarder

P = pásový podvozek

Pohon štěpkovače

v-B = vlastní benzínový motor

v-D = vlastní dieselový motor

h = vývodový hřídel traktoru

NA = od nákladního automobilu

Příloha 6 – Štěpkovače stacionární

výrobce	typ	průměr zpracovávaného materiálu (mm)	počet nožů (ks)	rozměr vstupního otvoru (mm)	průměr řezného rotoru (mm)	hmotnost (kg)	motor
Jenz	HE 561 STA	T 420, M 560	10	560 x 1000	1 040	10 500	elektro 200 kW
	HE 700 STA	T 560, M 700		700 x 1000		12 500	

Průměr zpracovávané hmoty

T = tvrdé dřevo

M = měkké dřevo

Příloha 7 – Drtiče stacionární

výrobce	typ	průchodnost (m ³ .h ⁻¹)	počet kladiv (ks)	průměr rotoru (mm)	rozměry vstupního otvoru (mm)	pohon- výkon (kW)	hmotnost (kg)
Jenz	AZ 660 E	170	38	1 040	660x1500	elektromotor 200-315	13 000
	AZ 460 E	80	30	820	460x1200	elektromotor 90-132	9 000
Husmann	HL II 1622		16 - 64	660	1 600 x 2 260	elektromotor 340	20 000
	HL I 1222		8 - 16	660	1 200x 2 260	elektromotor 200	16 000

Příloha 8 – Drtiče mobilní

výrobce	typ	průchodnost (m ³ .h ⁻¹)	počet kladiv (ks)	průměr rotoru (mm)	rozměry vstupního otvoru (mm)	pohonná jednotka		hmotnost (kg)	podvozek	
							výkon(kW)		typ	počet náprav (ks)
Jenz	AZ 960 DXL Titan	270	42	1 120	960 x 1620	M Benz V8	456	25 000	vlek	3
	AZ 660 D	170	38	1 040	660 x 1500	M Benz	300	18 500	vlek	2
	AZ 660 DXL Wotan	230	38	1 040	660 x 1500	M Benz	456	20 000	vlek	2
	AZ 460 D	80	30	820	460 x 1200	M Benz OM 906 LA	209	11 700	vlek	2
	AZ 30 D	25	22	620	300 x 790	Perkins 1104C 44T	209	8 000	vlek	1
CBI	Magnum Force 6800	308	24	1 000		CAT C 18	581	36 000	pásový	
Husmann	HFG III	40	32				47		vlek	1
	HFG IV	50	60		400 x 1 230		149		vlek	2
	HFG V	70	42		550 x 1500		338		vlek	2
Johli	HW 420 D	20	42				30		vlek	1-2
	HW 520 D	20	56				48		vlek	2
	HW 620 D	25	60				70		vlek	2
	CHAMP 1000	50	56		1 000 x 1 150	Deutz	160	7 000	vlek	2