

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zpracování biomasy pro přímé spalování

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.

Autor: Jakub Marek

České Budějovice, duben 2011

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou, ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

Poděkování

Děkuji touto cestou panu Stanislavu Štěřbovi za poskytnutí dat pro tuto práci a za zasvěcení do problematiky výroby briket. Dále děkuji panu Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D., vedoucímu mojí bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, které mi při zpracování bakalářské práce poskytl.

Zároveň bych rád poděkoval rodičům, kteří mi poskytovali pevné zázemí a oporu po dobu mého studia.

Souhrn

Cílem této práce bylo vytvořit přehled možností využití biomasy pro energetické účely a technologií úpravy biomasy pro přímé spalování. Dále pak byla posuzována energetická náročnost výroby dřevěných briket a porovnáváno množství energie do procesu dodané, s množstvím energie získané spálením těchto briket. Jako data pro posouzení byly použity měsíční spotřeby energií z let 2009 a 2010.

Průměrná hodnota dodané energie do výrobního procesu činí 91,9 kWh na tunu vyrobených briket v roce 2009 a 89,8 kWh/t v roce 2010. Množství vložené energie do výroby briket je pak 15 450,7 MJ na tunu briket. Při porovnání s výhřevností briket pak důsledkem celého výrobního procesu došlo k energetickému zhodnocení paliva.

Klíčová slova: biomasa; energetické plodiny; spalování biomasy; úprava biomasy; kotle na biomasu; briketování; peletování; energetická náročnost; výhřevnost briket

Summary

The aim of this work was to create an overview of the possibilities for using biomass for energy purposes, and treatment technologies for direct combustion of biomass. Furthermore, it was assessing the energy intensity of production of wood briquettes and compared the amount of energy supplied to the process, the amount of energy gained by burning the fuel. As the data were used to assess the monthly energy consumption for the years 2009 and 2010.

The average value of energy supplied to the manufacturing process is 91.9 kWh per tonne of briquettes produced in 2009 and 89.8 kWh/t in 2010. The amount of energy embedded in the production of briquettes, then 15 450.7 MJ per tonne of fuel. When compared with the calorific value of briquettes, then the result of the manufacturing process has an energy recovery fuel.

Key words: biomass; energy crops; biomass; biomass change; biomass boilers; briquetting; pelleting; energy consumption; calorific value fuel.

Obsah

Úvod	8
1. Definice biomasy.....	9
2. Energeticky využitelné zdroje biomasy.....	10
2.1 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům.....	10
2.2 Záměrně pěstované plodiny	11
2.2.1 Obiloviny	11
2.2.2 Konopí seté.....	12
2.2.3 Řepka olejka	12
2.2.4 Šťovík.....	13
2.2.5 Ozdobnice čínská.....	13
2.2.6 Křídlatka.....	13
2.2.7 Chrastice rákosovitá.....	14
2.2.8 Rychle rostoucí (energetické) dřeviny.....	15
2.3 Odpadní biomasa.....	15
2.3.1 Rostlinné zbytky	16
2.3.2 Odpady živočišné výroby.....	16
2.3.3 Komunální organické odpady	16
2.3.4 Organické odpady průmyslové a potravinářské výroby.....	17
2.3.5 Lesní odpady.....	18
3. Úprava a zpracování biomasy pro přímé spalování.....	19
3.1 Mechanická úprava dřevní hmoty.....	19
3.1.1 Stříhací zařízení	19
3.1.2 Sekačky	20
3.1.3 Drtiče.....	27
3.1.4 Paketovací zařízení (svazkovače, balíkovače)	28
3.1.5 Briketovací a peletovací zařízení.....	29
3.2 Mechanická úprava stébelnin.....	32
3.2.1 Sběrací vozy a sběrací lisy na balíky.....	32
3.2.2 Briketování a peletování stébelnin.....	33
3.3 Mechanická úprava rychle rostoucích dřevin.....	34
4. Spalování biomasy.....	37
4.1 Kotle na biomasu	37
4.1.1 Kotle malých výkonů 15 až 60 kW.....	38
4.1.1.1 Kotle a kamna na kusové dřevo a brikety	39
4.1.1.2 Kotle a kamna na pelety.....	40

4.1.1.3	Kotle na štěpku	42
4.1.1.4	Krbová kamna	43
4.1.2	Kotle středních výkonů 100 kW až 5 MW	43
4.1.3	Kotle velkých výkonů 5 MW a více	45
4.2	Kotle na slámu	45
4.2.1	Kotle na drcenou slámu.....	46
4.2.2	Kotle na celé balíky slámy	47
4.3	Kotle pro spalování komunálního odpadu.....	48
4.3.1	Bubnové rotační pece	49
4.3.2	Roštové pece	50
4.3.3	Etážové pece	50
4.3.4	Fluidní pece.....	51
5.	Skladování a doprava biomasy	53
5.1	Skladování v pytlích	53
5.2	Skladování ve vyspádané místnosti.....	53
5.3	Skladování v textilním silu	55
6.	Cíl práce	57
7.	Metodika zpracování	58
8.	Naměřené a vypočtené hodnoty.....	Chyba! Záložka není definována.
9.	Diskuze	Chyba! Záložka není definována.
10.	Závěr.....	64
11.	Literatura.....	65
12.	Přílohy.....	69

Úvod

Moderně žijící člověk potřebuje ke svému životu mnoho energie v různých formách. Stále více lidí si dnes uvědomuje, že zdroje fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a jejich těžba, zpracování a spalování má vliv na životní prostředí. Využití biomasy pak nabízí jednu z ekologických alternativ paliva, které méně zatěžuje životní prostředí.

Biomasa patří mezi nejstarší lidmi využívaný zdroj energie. Již lidé v pravěku používali dřevo jako palivo určené k přímému spalování. Dlouhou dobu pak bylo dřevo nejvýznamnějším palivem. Jeho používání vytlačila až průmyslová revoluce a s ní spojená těžba uhlí. Dnes se však lidé opět ke dřevu jako tradičnímu palivu postupně pomalu vrací.

V posledních letech byl pojem biomasa značně zpopularizován médii, ať už v kladném smyslu, jako trend směřující k ekologickému vytápění budov, nebo ve spojení s ne vždy šťastnými zásahy státu v podobě dotací na „zelenou energii“. Energie z biomasy dnes slouží pouze jako alternativní zdroj energie, avšak i v budoucnu se energetická soběstačnost České republiky díky své geografické poloze neobejde bez tradičních, tedy fosilních, paliv či jaderné energie.

U využití biomasy v podobě energetického zdroje pak převažuje její použití domácnostmi či podniky. V případě domácností můžou být kromě ekologického aspektu hlavním důvodem jejího využití nižší náklady na vytápění v porovnání s palivy fosilními či elektřinou. Podniky pak mohou využíváním biomasy řešit nejen energetické a ekologické požadavky na vytápění, ale i likvidaci vlastních odpadních surovin, jako jsou zbytky po těžbě či zpracování dřeva, nebo zbytky zemědělské prvovýroby.

S růstem významu biomasy se rozvíjí i technologie její sklizně, zpracování, skladování i účinnějšího spalování. Možnostmi zisku, následného zpracování, skladování a způsoby spalování se zabývá tato práce.

1. Definice biomasy

Jednotná definice biomasy v podstatě neexistuje. Obecně je biomasa v encyklopediích definována:

Biomasa je hmota organismů, jejich seskupení či částí společenstev na plošnou (m^2 , ha, km^2) nebo objemovou (l, m^3) jednotku. Okamžitá biomasa společenstva je hmotnost všech organismů společenstva v daném okamžiku. Rozlišuje se biomasa čerstvá a suchá (tzv. sušina), u rostlin též biomasa nadzemní a podzemní, biomasa v jednotkách hmotnosti, energie, obsahu uhlíků atd. (Ottova všeobecná encyklopedie ve dvou svazcích, 2003., s. 140)

Pro účely této práce je použita definice ze zákona 180/2005 sb.: Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) a to § 2 odstavec (1):

Obnovitelnými zdroji energie se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.

Dále pak § 2 odstavec 2a: Pro účely tohoto zákona se rozumí biomasou biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vyříděného průmyslového a komunálního odpadu. (Novela zákona 180/2005 sb.)

2. Energeticky využitelné zdroje biomasy

Biomasu využitelnou pro energetické účely lze rozdělit do pěti základních skupin:

- Fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy
- Fytomasa olejnatých plodin
- Fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru
- Organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu
- Směsi různých organických odpadů

Podle toho, do jaké skupiny daný druh biomasy patří, volíme její další způsob zpracování a druh její přeměny na energii (teplo).

2.1 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Způsob využití biomasy k energetickým účelům ovlivňuje více faktorů. Nejdůležitějším faktorem je obsah sušiny v biomase. Hranicí mezi mokrymi a suchými procesy pro získání energie je hodnota 50 % obsahu sušiny. Pod 50 % obsahu sušiny jsou využívány především suché procesy, nad tuto hodnotu mokré.

Způsoby přípravy biomasy pro energetické využití:

a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy):

- spalování,
- zplynování,
- pyrolýza,

b) biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy):

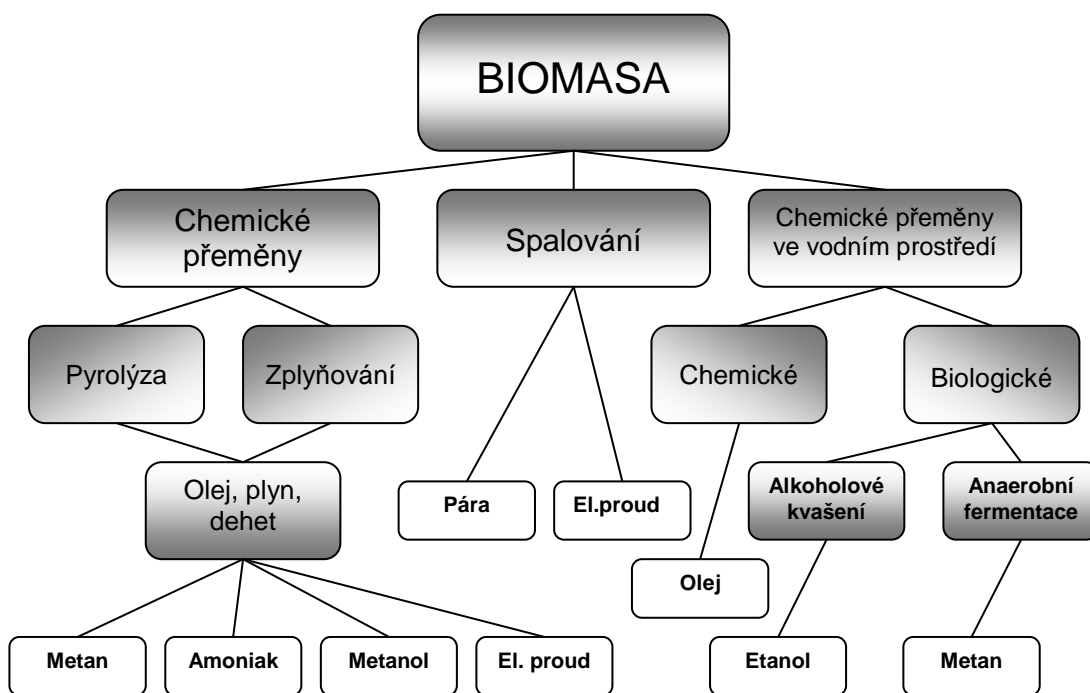
- alkoholové kvašení,
- metanové kvašení,

c) fyzikální a chemická přeměna biomasy:

- mechanicky (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí, atd.),
- chemicky (esterifikace surových bioolejů),

d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (např. při kompostování, anaerobních procesech čištění odpadních vod, anaerobní fermentaci pevných organických odpadů atd.)

V praxi ze suchých procesů převažuje spalování biomasy, z mokrých pak výroba bioplynu anaerobní fermentací. Přehled možných technologií zpracování biomasy ukazuje obrázek 1.



Obrázek 1: Možnosti využití biomasy

2.2 Záměrně pěstované plodiny

Záměrně pěstované plodiny lze rozdělit na energetické byliny a energetické dřeviny (též nazývané rychle rostoucí dřeviny). Energetické byliny můžeme dále rozdělit na byliny jednoleté, kam řadíme obiloviny, konopí seté a řepku olejku a byliny vytrvalé, z nichž jsou nejvýznamnějšími zástupci krmný šťovík, ozdobnice čínská, křídlatka, chrastice rákosovitá a rákos obecný.

2.2.1 Obiloviny

Všechny u nás běžně pěstované druhy obilovin lze energeticky využívat. Vzhledem k velké spotřebě obilí při jeho použití k vytápění (cca 6 t/rok pro běžný rodinný domek), je jeho spalování v elektrárnách finančně nerentabilní. Obilí lze spalovat v kotlích na pelety či štěpku. Spolu s technologií spalování je nutné též řešit skladování a dopravu obilí do kotle.

Dle vhodnosti ke spalování lze obilí seřadit od ovsa jako nejjednodušší, poté žito, ječmen a nejsložitější je spalování pšenice. Vynikající palivo je též kukuřice a zlomky z kukuřice, ale lze spalovat i hořčice či odpad z čištění osiva trav.

Vzhledem k cenám obilí a jeho hlavnímu využití v potravinářském průmyslu jsou pro spalování vhodné zejména odpady z čističek obilí, přebytky v případě

nadúrody či jinak pro potravinářský průmysl nepoužitelné obilí (napadené plísněmi, znečištěné).

Technologie pěstování obilí, jeho sklizně a případné skladování je technicky dostatečně propracována a nečiní žádný problém.

2.2.2 Konopí seté

Pěstování konopí má u nás dlouholetou tradici. Do roku 1996 se mohlo volně pěstovat. Změna nastala přijetím zákona č. 92/1996 Sb. o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin. Dnes pěstování konopí upravuje zákon č. 167/98, zákon „O návykových látkách“, který v § 24a povoluje pěstovat pouze odrůdy s obsahem THC nižším než 0,3 %. Zákon v § 29 navíc nařizuje ohlašovací povinnost osob pěstujících mák nebo konopí. Osoby pěstující mák nebo konopí na celkové ploše větší než 100 m² jsou povinny toto nahlásit místně příslušnému územnímu odboru ministerstva zemědělství. Průmyslové využití konopí setého je velmi široké – lze zpracovat všechny části rostliny (stonky, pazdeří, semena, květy, kořenovou část i celé rostliny). Největší průmyslové využití má konopí v textilním, stavebním, automobilovém a energetickém průmyslu.

Sklizeň je problematická, vláknité vysoké rostliny často ucpávají stroje. Sklízí se před dozráním všech semen, jinak jsou velké ztráty výdolem. Pěstování a sklizeň konopí na vlákno je ještě obtížnější a vyžaduje speciální techniku. (Dostálek a kol., 2000)

Pro energetické účely je používána výhradně metoda přímého spalování, kdy je konopí ve formě briket či pelet. Ty se lisují z pazdeří (většinou odpadu po průmyslovém využití), a to bez přídavků pojiva. Brikety jsou vhodné zejména do zplyňovacích kotlů na dřevo, krbových kamen a krbů, ale jsou dobře využitelné i do ostatních druhů kamen a kotlů na tuhá paliva.

2.2.3 Řepka olejka

Řepka olejka lze energeticky využít jak k přímému spalování, tak k výrobě řepkového oleje. Pro přímé spalování se používá řepková sláma, jejíž výhřevnost je dokonce vyšší než u slámy obilné. (Motlík, Váňa, 2002)

Z energetického hlediska však převažuje lisování řepkového oleje a z něj následná výroba metylesteru řepkového oleje, který se přimíchává jako biosložka do

motorové nafty. Podíl této biosložky je stanoven na 6 % novelou zákona 164/2010 sb. měnící zákon 86/2002 sb.

Stejně jako u obilí je technologie pěstování a sklizně řepky olejky dostatečně propracována.

2.2.4 Šťovík

Krmný šťovík (Uteuša) je vytrvalá plodina původně vyšlechtěná jako vysoce kvalitní objemná píce. Dorůstá výšky 1,5 - 2 m. V ČR je využíván jako energetická biomasa, a to hlavně pro přímé spalování. Sklízí se v plné zralosti, kdy má nejvyšší obsah sušiny, díky čemuž se velmi dobře skladuje.

Sklízí se buď řezačkou, nebo na řádky s následným lisováním do balíků. Způsob sklizně závisí především na jeho následném využití. Sklizeň řezačkou se provádí tam, kde se použije pro spalování v kotelně např. společně s dřevní štěpkou. Tato hrubá řezanka je pak určitou obdobou dřevní štěpky. Do balíků se lisuje v případě, že se šťovík bude spalovat v kotelně zařízené na spalování slámy. Šťovík lze též využívat pro výrobu biobriket nebo peletek.

Šťovík lze též využívat pro výrobu bioplynu, potom se sklízí již začátkem května na zeleno. Jelikož rychle obrůstá, lze ho následně sklízet opakovaně v červenci a začátkem září.

2.2.5 Ozdobnice čínská

Je vytrvalá rostlina z východní Asie. Má široké využití, od výroby buničiny (vysoký obsah celulózy), jako stavební materiál (dřevovláknité desky, rohože aj.), snadno likvidovatelné obaly i jako energetická plodina pro spalování. Protože se jedná o vytrvalou rostlinu, měl by být porost zakládán minimálně na 10 až 15 let.

Sklizeň je možno provádět samojízdnými sklízecími řezačkami na kukuřici v zimních měsících, jelikož se sklizený materiál pak nemusí dále dosoušet. Při sklizni po zimě je třeba počítat se ztrátami sušiny (i přes 30 %). Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety, balíky, nebo jí sklízet celou (na stavební materiál).

2.2.6 Křídlatka

Křídlatka pochází z mírného pásma Asie. Kromě energetického využití lze křídlatku využívat jako krmivo pro hospodářská zvířata, používá se též ke zpevnění

a ochraně břehů řek i v medicíně, ale má i ekologický význam jako rostlina tvořící biokoridory.

Vzhledem k častému zplaňování a schopnostem nekontrolovatelně se šířit ji však můžeme zařadit i mezi plevely, proto i přes vysoké výnosy fytomasy může být její pěstování pro energetické využití problematické.

Křídlatka planě roste od nížin až do podhorské oblasti na rumišťích, v křovinách, podél vod, hlavně na mokré, živné, nevápenité, kamenité půdě. Nejlepší podmínky pro růst jsou na stanovištích s dobrou zásobou vody. Zvláštní pozornost si zasluhuje schopnost těchto rostlin akumulovat těžké kovy, zvláště kadmium a olovo. (Sladký, 1999)

Sklizeň pro energetické využití se provádí, obdobně jako u ozdobnice, v únoru nebo v březnu, kdy je nejnižší obsah vody v rostlinách. Na rozdíl od ozdobnice se křídlatce daří i v chladnějších oblastech.

2.2.7 Chrastice rákosovitá

Chrastice rákosovitá je vytrvalá tráva dosahující výšky i přes 2 m. Je rozšířena téměř po celé Evropě, Asii a Severní Americe. Běžně se pěstuje jako pícnina (čerstvá píce, seno, siláž), ale lze ji pěstovat i pro energetické účely.

Pro energetické využití se šlechtí nové odrůdy, které by, narozdíl od krmných, měly mít vysoký poměr stonků oproti listům, nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. Chlór při spalování způsobuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysokém obsahu ostatních uvedených prvků a při nízkých teplotách taví a spéká.

Porosty chrastice určené pro energetické využití se sklízí brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12 - 20 %). Sklízí se posekáním do řádků a následně se lisuje do balíků. Dá se sklízet různými typy sběracích lisů. V zahraničí převažuje sběr lisů na obří balíky.

Za určitých podmínek lze sklízet chrastici v suchém stavu sklízecí řezačkou či sklízecím žacím lisem. Sklízecí mechanismy se někdy upravují tak, že se sníží otáčky bubnu a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních je snižován odrol listů. Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety. (Moudrý; Kalinová, 2004)

2.2.8 Rychle rostoucí (energetické) dřeviny

Rychle rostoucí dřeviny jsou cíleně pěstované dřeviny pro energetické účely, u nichž využíváme jejich pařezové výmladnosti. V našich podmínkách jsou to hlavně různé druhy topolů a jejich hybridy, ale i akáty, olše, osiky a břízy. Dřeviny jsou pěstovány na plantážích, což usnadňuje jejich následné zpracování pomocí mechanizace. Pro plantáže rychle rostoucích dřevin je možno využívat i půdu kolem dálnic, silnic, na důlních výsypkách nebo složištích popele, lokalitách ohrožených imisemi apod. Plantáže mohou sloužit též jako biokoridory a mají tedy vedle energetického i ekologický význam. (Celjak, Boháč, 2008)

Požadavky na plantáže a druhy rychle rostoucích dřevin:

- extrémně vysoký vzrůst rostlin v mládí,
- výborné obrůstací schopnosti pařezů po obmýtí,
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů,
- odolnost proti škůdcům a chorobám,
- uzpůsobený pozemek k mechanizačnímu zpracování,
- mocnost ornice min. 30 cm (optimálně 70 cm),
- hodnota pH min. 5,5,
- vysoká hladina spodní vody (60 až 120 cm, nesmí klesnout pod 2 m).

(Čížek, 2007)

Minimální interval sklizně topolů je v našich podmínkách alespoň čtyři roky, při jeho nedodržení se výrazně snižuje výnos dřevní hmoty, optimální interval sklizně je však šest let. Roční období těžby závisí na počasí. Sklizeň je vhodné provádět v době, kdy je nejnižší obsah vody v pletivech (zpravidla v zimě) a únosnost půdy umožňuje pohyb mechanizace. Technologie pěstování a hlavně sklizně včetně použití mechanizace se stále rozvíjí.

2.3 Odpadní biomasa

Energetické využití odpadní biomasy tvoří vedle záměrně pěstovaných energetických plodin další možnosti zisku biomasy. Pro mokré procesy je nejčastěji využíváno odpadů živočišné výroby k anaerobní fermentaci. Ze suchých procesů převažuje úprava a následné spalování lesních odpadů a odpadů z dřevařských provozů. Tyto odpady jsou hlavní surovinou pro výrobu pelet, briket či štěpky.

2.3.1 Rostlinné zbytky

Pro energetické účely jsou využitelné též rostlinné zbytky ze zemědělské výroby a údržby krajiny. U zbytků zemědělské prvovýroby se jedná zejména o kukuřičnou, obilnou či řepkovou slámu, zbytky z luk a pastvin, odpady ze sadů a vinic, odpady z čistíček obilí aj. Rostlinnými zbytky po údržbě krajiny se rozumí hlavně zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů.

Tyto rostlinné zbytky se většinou energeticky přeměňují spalováním po jejich předchozí úpravě. Těmito úpravám (peletování, drcení, štěpkování aj.) jsou věnovány samostatné kapitoly.

2.3.2 Odpady živočišné výroby

Nejvyšší podíl odpadů vzniklých při živočišné výrobě představují exkrementy hospodářských zvířat. Jednou z možností nakládání s těmito odpady je jejich aplikace na zemědělskou půdu, tedy hnojení polí.

Pokud chceme tuto organickou hmotu energeticky využít, lze ji v bioplynových stanicích pomocí řízené anaerobní fermentace organické hmoty přeměnit na bioplyn (s obsahem 50 – 75 % metanu), používaný k výrobě tepelné a elektrické energie.

V porovnání s přímou aplikací odpadů živočišné výroby na pole má anaerobní fermentace další výhody:

- Zvýšená využitelnost živin. Produktem anaerobní stabilizace je kvalitní hnojivo bohaté na draslík a fosfor.
- Snížení zápachu. Anaerobně stabilizovaná kejda má výrazně nižší zápach než kejda surová.
- Fermentací kejdy s jinými organickými odpady můžeme účinně využít tyto odpady ke hnojení.
- Snížení obsahů zvířecích patogenů a semen plevelů.
- Pokles emisí skleníkových plynů v průběhu skladování a aplikace.

2.3.3 Komunální organické odpady

Spalování komunálního odpadu řeší nejen jeho energetické využití, ale i problémy spojené s jeho skladováním. Navíc v případě energetického zplyňování probíhají vedle samotné oxidace (spalování) i další chemické reakce (redukce), které jsou schopny odbourávat některé škodlivé látky. Energetické využití

komunálního odpadu má tedy i význam ekologický. Metodu spalování odpadů lze též využít k likvidaci nebezpečných odpadů.

Energetické využití komunálního odpadu značně komplikuje nutnost jeho třídění. Je třeba snižovat jeho objem na skládkách tříděním v domácnostech nebo ve sběrných dvorech. Mezi biologicky rozložitelné řadíme zahradní odpady, dřevo, potraviny, papír, lepenku aj. K materiálům, které nelze kompostovat, patří například: sklo, kovy, plasty (včetně pryže). Tyto materiály lze ale různými způsoby recyklovat.

Na skládkách komunálního odpadu též dochází ke složitým biologickým pochodům, jejichž výsledkem je tvorba skládkového plynu, který lze po dobu několika let odebírat. Jeho složení se přitom mění s časem, největší je podíl metanu a dále oxidu uhličitého.

Zvláštní skupinu energeticky využitelného odpadu tvoří kaly z čističek odpadních vod. Surový kal obsahuje okolo 70 % organických látek v sušině a je, vzhledem k možné přítomnosti patogenních mikroorganismů, podle zákona o odpadech klasifikován jako nebezpečný odpad. Z tohoto důvodu je ve většině případů již přímo na ČOV aplikovaná taková technologie úpravy a zpracování kalu, která kal přepracuje na stabilizovaný materiál. (Dohányos, 2006)

Zpracování, zahušťování a odvodňování kalu je komplexní systém, jehož výsledkem je stabilizovaný kal a bioplyn, který se dále spolu s částí stabilizovaného kalu využívá k samotnému čištění odpadních vod.

2.3.4 Organické odpady průmyslové a potravinářské výroby

Mezi organické odpady průmyslové a potravinářské výroby řadíme zbytky z jídelen a kuchyní, odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny). Energeticky lze též využít části rostlin, nehodící se pro průmyslové zpracování (konopné pazdeří), které lze spalovat v kotlích ve formě briket.

Nakládání s těmito odpady upravují nejen české, ale i evropské zákony, vyhlášky a normy. Podle těchto norem je zakázáno zkrmovat zbytky z jídelen a kuchyní, lze je však v bioplynových stanicích přeměňovat na bioplyn. Z odpadu vznikající bioplyn se spaluje v kogeneračních jednotkách, které vyrábějí jak elektrickou energii, tak teplo. Zatímco elektřinu lze dále prodávat do veřejné sítě, teplo se využívá pro vytápění objektů bioplynové stanice a skládky.

Obdobným způsobem lze na bioplyn přeměňovat i odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren a odpady z vinařských provozoven.

Odpady z dřevařských provozoven se dále mechanicky upravují a spalují v kotlích na biomasu.

2.3.5 Lesní odpady

Za lesní odpady považujeme dřevní hmotu z lesních probírek, kůru, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, odřezky a klest. Pro její energetické využití se používá výhradně metoda přímého spalování. Před samotným spalováním je však nutná mechanická úprava tohoto materiálu. Možnostmi a druhy těchto úprav se zabývá kapitola 3.1.

3. Úprava a zpracování biomasy pro přímé spalování

Úpravu biomasy pro přímé spalování lze rozdělit do dvou kategorií. První kategorií je úprava dřevní hmoty. Zde se jedná o mechanické procesy jako jsou stříhání, sekání, řezání a drcení, které slouží k zmenšení a sjednocení rozměrů dřevní hmoty. Paketování, briketování a peletování slouží naopak k homogenizaci nesourodého vstupního materiálu.

Druhou kategorií je mechanická úprava stébelnin, hlavně jejich sběr a homogenizace do balíků různých tvarů pro jednodušší dopravu automobily do teplárny a poté do topeniště.

3.1 Mechanická úprava dřevní hmoty

Nejčastěji těžbou získanou dřevní hmotu je nutné dále upravit na vhodnou velikost z hlediska další technologie zpracování (briketování, peletování aj.) či z hlediska snazší dopravy a automatického dávkování do topeniště. Tato zařízení pro úpravu rozměrů můžeme rozdělit na stříhací zařízení, sekačky a drtiče.

3.1.1 Stříhací zařízení

Používají se pro výrobu klasického kusového palivového dřeva. Stříhat je možné pouze dřevo o menším průměru. Používají se jednožobová stříhací zařízení na principu gilotiny, vlastní stříh probíhá tlakem o ostří protinože. Součástí zařízení je též podavač zajišťující posuv vkládaného materiálu a svazkovací zařízení.

Pro velké kotelny se používají stříhací zařízení s větším počtem nožů umístěných vertikálně na spodní části násypky. Vzdálenost nožů je přibližně 50 cm a délka jejich ramen je několik desítek centimetrů. Stříhací zařízení se využívá hlavně ke zpracování odpadového dřeva (stavební odpad, křoviny, větve, pařezy), které lze jen obtížně štěpkovat. Po rozstříhnutí padá dřevo přímo na dopravník vedoucí do kotle.

Vzhledem k potřebě velkého množství odpadového dřeva je využití takového zařízení v našich podmínkách nerentabilní. (Pastorek a kol., 2004)

3.1.2 Sekačky

Sekačky jsou zařízení určené k beztržskému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože.

Výsledným produktem sekaček je dřevní štěpka, sekačky jsou proto někdy též nazývány štěpkovače.

Sekačky můžeme rozdělit podle několika kritérií:

- a) Podle celkového technického řešení a začlenění do technologických linek.
- b) Podle provedení sekacího ústrojí.
- c) Podle způsobu vkládání dřeva do sekačky.
- d) Podle způsobu podávání dřeva.
- e) Podle způsobu pohonu agregátů pojízdných sekaček.
- f) Podle celkového technického řešení, uspořádání a umístění agregátů.

ad a) Podle celkového technického řešení a začlenění do technologických linek rozlišujeme sekačky stacionární a mobilní

Stacionární sekačky

Sekací ústrojí je pevně zabudováno do zpracovatelské technologické linky s pevnými základy. Před samotným sekacím ústrojím je obvykle instalováno podávací zařízení, za sekacím ústrojím je připojen dopravník či potrubí pro odvod štěpky. Pohon stacionární sekačky je většinou zajištěn elektromotorem.

Mobilní sekačky

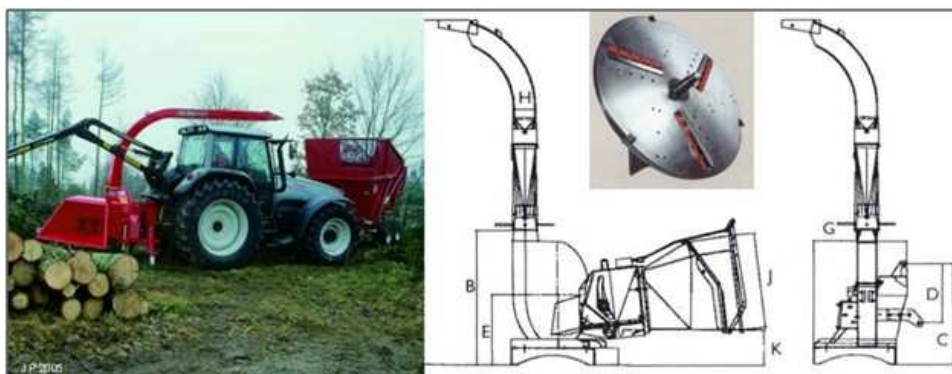
U pojízdných sekaček je sekací agregát namontován na podvozku, který slouží k jejímu přemístování. Převozné sekačky pak nemají ani podvozek, ani nejsou vybudovány na pevných základech. Na své pracoviště jsou přiváženy pomocí jiného dopravního zařízení (např. v tříbodovém závěsu traktoru).

ad b) Podle provedení sekacího ústrojí dělíme sekačky na: diskové, bubnové a šroubové

Diskové sekačky

Diskové sekačky jsou nejrozšířenějším a nejvýkonnějším zařízením na výrobu štěpky. Původně byly řešeny jen jako stacionární s průměrem disku od 1000 do 2000 mm, s počtem nožů od 2 do 16 a potřebným instalovaným příkonem až 500 kW.

Dřevo klouže šikmo po žlabu až k rotoru sekačky. Výkonnost se pohybuje od 250 do 300 m³/h při sekání rovnaného dřeva nebo krácených výřezů o délce 2 až 4 m.



Obrázek 2: Diskový štěpkovač Linddana 270 K, schéma disku s noži (zdroj: www.biom.cz)

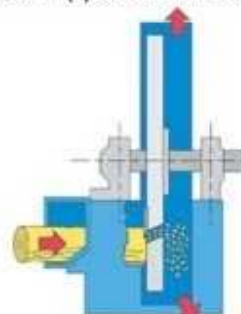
Pojízdné diskové sekačky vznikly úpravou ze sekaček stacionárních. Tyto sekačky jsou schopny štěpkovat i celé sromy. Mobilní diskové sekačky jsou určeny pro zpracování spíše menšího množství těžebních zbytků. Teoretický výkon nepřesahuje 30 m³/h. K velkoobjemové výrobě lesní štěpky pro energetické účely nejsou pro svůj malý výkon a náchylnost k otupení nožů příliš vhodné (obrázek 2). Diskové pojízdné sekačky se vyrábí ve dvou provedeních:

a) *Sekačky, jejichž rovina sekání je skloněná pod úhlem α k ose dopravníku* jsou konstruovány tak, že sekací nože vyvíjí sílu potřebnou ke vtahování sekaného materiálu k sekacímu rotoru. Velký význam má tato síla při vtahování a formování koruny stromů podávacím zařízením. Konstrukční nevýhodou je, že poloha podávacího zařízení vychází velmi vysoko

Disk Chipper with chute



Disk Chipper with horizontal feed



Obrázek 3: Řezné úhly diskových sekaček (zdroj: www.bruks.com)

z důvodu nutnosti použití převodovky pro překonání úhlu α (obrázek 3 – vlevo)

b) *Sekačky, jejichž rovina sekání je kolmá na osu dopravníku a pootočená k ose dopravníku o úhel β* , se vyznačují tím, že i při velkých průměrech sekacího disku je podávací zařízení umístěno dostatečně nízko, pokud sekání probíhá ve spodní části disku. Jednodušší je i pohon zařízení, protože úhel β je vytvořen v horizontální poloze a spalovací motor může být uložen ve vodorovné poloze (obrázek 3 – vpravo). Nevýhodou této konstrukce je nutnost montáže vertikálních

válců v podávacím zařízení. Válce zachycují účinek sekacích nožů na vťahovací dopravník. Protinůž musí být řešen v rovině horizontální i vertikální.

Obdobně, jako u sekaček diskových, jsou z hlediska úhlu vkládání dvě základní provedení sekaček bubnových. (obrázek 6) Bubnové sekačky, jejichž rovina sekání je skloněná pod úhlem α k ose dopravníku se však v praxi téměř nevyskytují.

Výhody diskových sekaček:

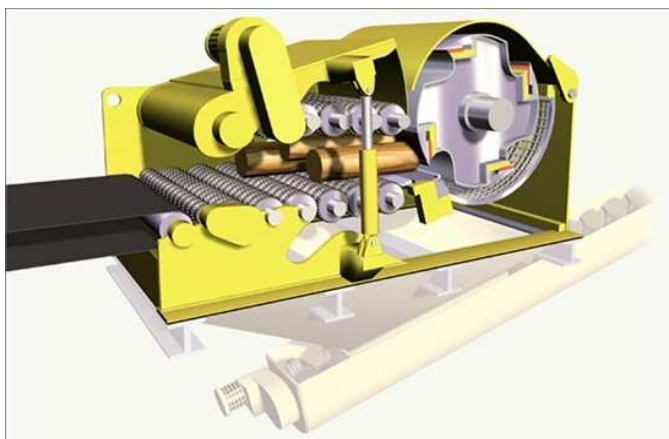
- pojízdné diskové sekačky se vyznačují velkou kvalitou štěpky a v podstatě jsou rovnocenné se stacionárními sekačkami,
- umožňují sekát dřevo až do průměru 500 mm při přijatelném hmotnostním i pevnostním dimenzování,
- velký setrvačný moment dovoluje zabudovat spalovací motor menšího výkonu s tím, že materiál se seká přerušováním podávání do té doby, než výkon motoru není dostatečný pro sekání vzhledem k tloušťce dřeva,
- diskové sekačky nevyžadují zvláštní ventilátor, protože samotný disk vybavený lopatkami má velký vrhací a ventilační účinek, který zabezpečí dopravu štěpky do automobilů, popř. přistavených kontejnerů.

(Pastorek a kol., 2004)

Nevýhodou diskových sekaček je velikost vstupního otvoru omezená poloměrem sekacího disku a z toho plynoucí nevhodnost k sekání neuspořádaného materiálu.

Bubnové sekačky

U bubnových sekaček jsou nože umístěny na obvodu rotujícího válce (bubnu). Obvykle jsou vybaveny podávacím pásem a vťahovacími válci, které jsou opatřeny speciálně tvarovanými hroty, umožňující posun nesourodého materiálu k rotoru s břity (noži). Horní podávací válec je uložen pohyblivě, to umožňuje přizpůsobení velikosti vstupního otvoru různým velikostem



**Obrázek 4: Průřez bubnovým štěpkovačem BRUKS
(zdroj: stránky výrobce)**

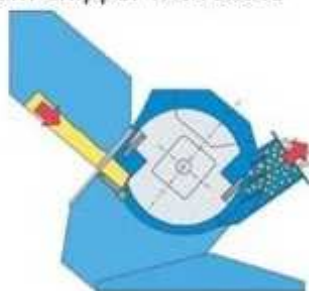
vkládaného materiálu při zachování schopnosti posuvu materiálu. Vtahovací pás je tvořen řetězovým nebo jiným dopravníkovým systémem (obrázek 4).



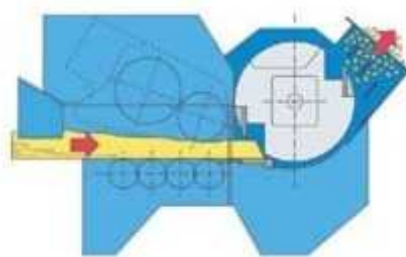
Obrázek 5: Bubnový štěpkovač Jenz HEM 581/561 DL (zdroj: stránky výrobce)

Bubnové sekačky jsou umísťovány na robustní samostatné podvozky, na podvozky nákladních automobilů nebo vyvážecích souprav. Sekačky jsou konstruovány na menší výkony a tedy i pro menší průřezy vkládaného materiálu. Od tohoto se odvíjí i jejich použití ke zpracování neuspořádaného materiálu např. v lesnictví.

Drum Chipper with chute



Drum Chipper with Horizontal infeed



Obrázek 6: Vkládací zařízení a řezné úhly diskových sekaček (zdroj: www.bruks.com)

Výhody bubnových sekaček:

- o celé sekací zařízení je menších rozměrů; je možné konstrukčně lépe řešit celé rozložení agregátů na podvozku. Horizontální uložení osy bubnu umožňuje výhodnější řešení celkového pohonu, nejsou požadavky na použití kuželové převodovky pro vyrovnání úhlů osy sekacího zařízení a spalovacího motoru,
- o vzhledem k sekání pod osou sekacího bubnu a s přihlédnutím k poloměru bubnu je možné řešit vstupní dopravník níže než u diskových sekaček,
- o bubnové sekačky jsou zvláště vhodné k sekání neuspořádaného materiálu (větve po procesorech) – pro možnost vytvořit velký vstupní otvor při optimálním poloměru bubnu a jeho délky.

Nevýhody bubnových sekaček:

- o vzhledem k celkovému konstrukčně - pevnostnímu řešení sekacího agregátu a jeho malému setrvačnému momentu nejsou vhodné k sekání dřeva větší tloušťky,
- o úhel řezu se v době seku mění od maximálního po minimální, to má velký vliv na kvalitu štěpky, její délka velmi kolísá; proto je její použití jako technologické štěpky nevhodné,
- o sekací buben má velmi malý ventilační účinek a vrhací je téměř nulový, proto se využívá ventilátor pro dopravu štěpky z bubnu do zásobníku kontejneru.

(Pastorek a kol., 2004)

Šroubové sekačky

Šroubové sekačky jsou jednoúčelové malé sekačky určené k sekání tenkých stromků a kmínků. Sekací ústrojí má tvar šroubovice se stoupajícím průměrem. Otáčením se šroubovice zařezává do dřeva, které zároveň vtahuje k většímu průměru šroubovice. (obrázek 7)



Obrázek 7: Šroubový drtič NEUENHAUSER (<http://www.codet.cz/mlyny.html>)

ad c) Podle způsobu vkládání dřeva do sekačky rozlišujeme pojízdné sekačky:

s ručním vkládáním dřeva – hlavně k sekání tenkého odpadního dřeva menších objemů, štěpka se využívá především k energetickým účelům, ale i jako náhrada mulčovací kůry;

s mechanickým vkládáním dřeva – vkládacím zařízením je hydraulická ruka. Sekačky jsou obvykle vybaveny i elektronickou pojistkou proti přetížení, kdy v případě přetížení motoru dojde k blokaci přísunu materiálu do té doby, než je předešlý materiál zpracován a rotor získá potřebné otáčky.

ad d) Podle způsobu podávání dřeva rozlišujeme:

sekačky bez podávacího zařízení – dřevo je k sekacímu ústrojí podáváno vtahovacím účinkem sekacích nožů. Lze je použít pouze k štěpkování dřeva bez větví;

sekačky s mechanickým podávacím zařízením – k podávání slouží soustava podávacích válců nebo řetězový dopravník s válci.

ad e) Podle způsobu pohonu agregátů jsou pojízdné sekačky:

s pohonem od motoru bazového stroje – sekačky s menším výkonem vhodné pro sekání tenkého odpadového dřeva;

s pohonem od separátního motoru – výkonnější sekačky pro zpracování zbytků po těžbě, korun stromů nebo celých stromů.

ad f) Podle celkového technického řešení, uspořádání a umístění agregátů dělíme pojízdné sekačky na:

Sekačky zavěšené na tříbodový závěs traktoru (nesené sekačky)

Tento typ sekaček je poháněn přes vývodový hřídel traktoru. Používají se k sekání tenkého odpadového dřeva. Většinou nejsou vybaveny mechanickým podávacím zařízením, dřevo podává obsluha ručně (obrázek 8).



Obrázek 8: Nesený štěpkovač (FARMI CH 180) poháněný traktorem (zdroj: stránky výrobce)

Přívěsné sekačky za traktory

Technické řešení i použití je obdobné jako u sekaček zavěšených na tříbodovém závěsu traktoru. Ve spojení s traktory vyšších výkonových tříd mohou být vybaveny hydraulickou rukou s podávacím zařízením (obrázek 9).



Obrázek 9: Štěpkovač na vlastním přívěsném podvozku, poháněný vývodovým hřídelem traktoru (AMD Maxim 420), štěpkovač s vlastním podvozkem i samostatným pohonem (Doppstadt DH 910) (zdroj: www.biom.cz a www.doppstadt.com)

Sekačky umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů

Nejvýkonnější sekačky určené k sekání větví, kmenů i celých stromů. Většinou jsou vybaveny vlastním pohonem technologické nástavby. Často jsou konstruovány jako stavebnice z dostupného typu stacionární sekačky, hydraulické ruky, motoru a kabiny s ovládacím a podávacím zařízením (obrázek 10 - vlevo). Pro efektivní využití tohoto typu sekačky je nutné zajistit návaznost kácení dřeva a jeho přibližování k sekačce i následný plynulý odvoz nasekané štěrky. Sekačku je navíc vhodné umístit tak, aby bez jejích přesunů byla za jednu směnu zajištěna dostatečná koncentrace dřevní hmoty.



Obrázek 10: Štěpkovač umístěný na podvozku nákladního automobilu (Pezzolato PTH 1000) a štěpkovač na podvozku vyvážecí soupravy (vyvážecí souprava Rottne, štěpkovač Bruks 805 CT) (zdroj: www.biom.cz)

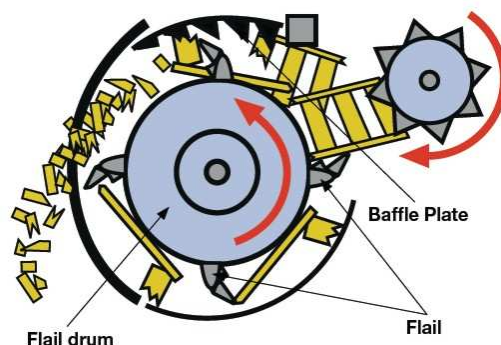
Sekačky umístěné na podvozcích speciálních lesních traktorů, těžebních strojů či vyvážecích souprav

Jsou určeny k sekání dřeva přímo v místě těžby nebo na přibližovací lince. Sekací a podávací ústrojí je konstruováno tak, aby bylo vhodné k sekání větví, vršků stromů a ostatních zbytků po těžbě. Zařízení je vybaveno hydraulickou rukou a vlastním motorem pro pohon technologické nástavby. Součástí stroje je též zpravidla kontejner, do kterého je při sekání štěrka pneumaticky dopravována (obrázek 10 - vpravo). Po naplnění je kontejner přesypán do korby nákladního automobilu nebo do velkokapacitního autokontejneru.

3.1.3 Drtiče

Drtiče se používají v případě kdy není možné použití sekaček. Jedná se o malé kousky dřeva, dřevo netvárné (různé křoviny atp.), znečištěné (pařezy, stavební odpad). Drtiče jsou umístěny na kolových podvozcích (návěsných, přívěsných) nebo na samostatných pásových podvozcích, které jim dovolují pohyb přímo v terénu.

Vstupní materiál je vkládán na pásový dopravník čelním nakladačem nebo hydraulickou rukou, která může být součástí drtiče. Materiál je dopravován k podávacímu válci, umístěnému na pohyblivých ramenech, to umožňuje přizpůsobení vstupního otvoru velikostí a objemu vkládaného materiálu. Provedení drtícího ústrojí (obrázek 11) se liší dle použití a konstrukce drtiče (nízkootáčkové a vysokootáčkové – viz dále). Za drtícím zařízením je umístěn třídící koš určující velikost výsledné drtě.



Obrázek 11: Schéma drtícího ústrojí s pohyblivými kladivý drtiče Doppstadt (zdroj: stránky výrobce)

Vzhledem k vysokým hmotnostem a nekompaktním rozměrům je nutné provádět drcení na odvozních místech nebo na zpevněných plochách skládek dříví. Výjimku tvoří drtiče na pásovém podvozku. Teoretický výkon drtičů se pohybuje okolo 450 m³/h. V praxi je však výkon vlivem prodlev v přísunu a nehomogenitě vkládaného materiálu nižší. Pro ekonomické využití stroje je nezbytně nutný kontinuální přísun materiálu, což může být problematické. Ve srovnání se štěpkou má výsledná drť nižší kvalitu a větší nesourodost. Velikost a stejnorodost drtě lze zajistit instalací dodrcovacích (třídících) košů s různou velikostí ok. Podle počtu otáček rozlišujeme drtiče nízkootáčkové a vysokootáčkové.

Nízkootáčkové drtiče

Používají se převážně k drcení rozměrově nehomogenního odpadu z nábytkářské výroby. Pracovním orgánem je válec, na jehož obvodu jsou spirálovitě rozmístěné nože různých tvarů. Podle tvaru nožů je přizpůsoben i protinůž.

Podle počtu rotujících válců jsou pak drtiče jednoválcové nebo dvouválcové. Dvouválcové mohou být provedeny i bez protinůžů jako drtiče s protiběžnými válci.

Nízkootáčkové drtiče nejsou vhodné ke zpracování odpadu z lesní těžby..

Vysokootáčkové drtiče

Používají se ke zpracování odpadu z těžby dřeva. Podle drtícího ústrojí dále dělíme vysokootáčkové drtiče na diskové a bubnové.

U diskových drtičů je disk s malými nožiky na čele disku umístěn vertikálně. Zpracovávané dřevo je k disku přitlačováno hydraulicky ovládanou protilehlou stěnou.

Buben vysokootáčkových bubnových drtičů je osazen spirálovitě uspořádanými noži nebo kladívky (pevné či pohyblivé). Pohyblivě umístěná kladiva při nárazu na tvrdý předmět mění svou polohu a snižují tak riziko poškození (obrázek 12). Kladiva mohou být opatřena výměnnými hranami nebo jsou bez ostrých ploch speciálně tvarována pro drcení. Nožové drtiče se používají k drcení větví, kusového odpadu atd., kladívkové drtiče pak k drcení tenkých větví, křovin a kůry stromů.



Obrázek 12: Pásový drtič Doppstadt DW 2060 K, drtící ústrojí (zdroj: stránky výrobce)

3.1.4 Paketovací zařízení (svazkovače, balíkovače)

Paketování je jednou z možností homogenizace těžebního odpadu. Ve srovnání se štěpkováním je tento způsob méně energeticky náročný. Paketování je proces, při kterém se klest lisuje do balíků obdobně jako sláma. Lisovací tlaky jsou zde však podstatně vyšší, než při lisování slámy, protože větve jsou při lisování namáhané podélným tlakem, a proto kladou lisování velký odpor. Hotové svazky jsou dále ukládány na europalety, vždy dva kusy vedle sebe. Jiný systém paketování byl vyvinut firmou TIMBEJACK. Jedná se o válcové pakety.

Celý proces lisování je plně automatický, operátor musí pouze umístit materiál hydraulickou rukou na podávací stůl. Slisováním je objem vloženého materiálu zredukován na cca 20 % původního objemu. Svazkovače těžebních zbytků jsou v největší míře provozovány v severských zemích, hlavně ve Finsku.



Obrázek 13: Svazkovače John Deere 1490D a Valmet Woodpack, schéma dopravy (zdroj: www.biom.cz)

Tyto balíky je možné spalovat ve speciálních kotlích nebo jsou používány jako dočasná zásoba pro další zpracování. Pakety usnadňují dopravu, manipulaci a skladování (obrázek 13). Použití celých balíků jako paliva je komplikováno nerovnoměrným prohoříváním balíku, proto je lze použít pouze v topeništích, kde je hoření stabilizováno jiným palivem.

3.1.5 Briketovací a peletovací zařízení

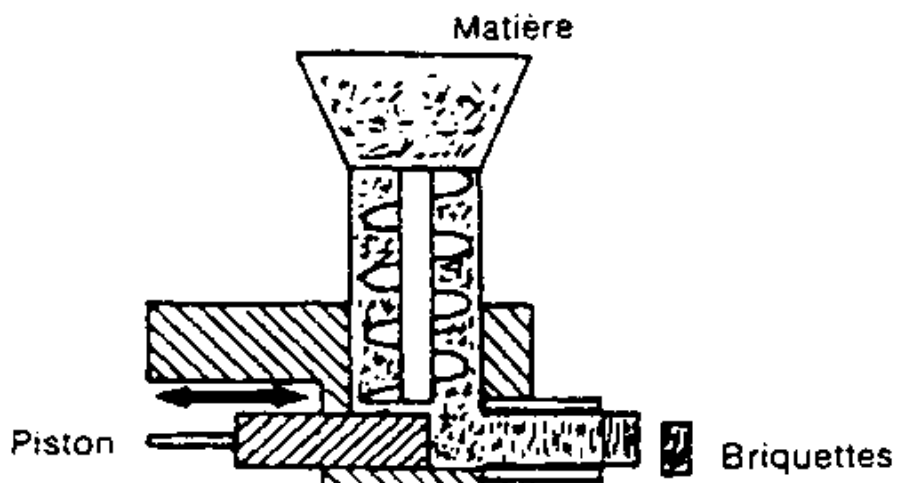
Briketovací a peletovací lis slouží k lisování vstupního materiálu do briket či pelet. Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny v průměru 6 mm a různorodé délce 5 – 40 mm. Vyrábí se z dřevních zbytků, obvykle z pilin a hoblin. Kromě dřevních pelet lze též lisovat pelety rostlinné, kůrové, rašelinové a tzv. směsné (směs různých materiálů)

Brikety jsou vyráběny lisováním např. ze suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnnů o průměru 40 až 100 mm a délky do 300 mm. Podle zvoleného typu materiálu, se na trhu můžeme setkat s briketami ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin a briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsnými briketami. (Stupavský, Holý, 2010)

U briketovacích a peletovacích lisů rozlišuje tři základní systémy zpracovacích zařízení:

Pístové hydraulické nebo mechanické lisy jednorázové

Jedná se o univerzální stroje schopné tvarovat slámu, piliny, papír či pazdeří. Součástí samotného lisu je většinou i drtič. Výkonnost tohoto druhu lisu se pohybuje kolem 250 kg/h, průměr briket 50 až 60 mm. Lisy lze též průmyslově využít ke zpracování odpadů z kovovýroby. Schéma lisu je na obrázku 14.

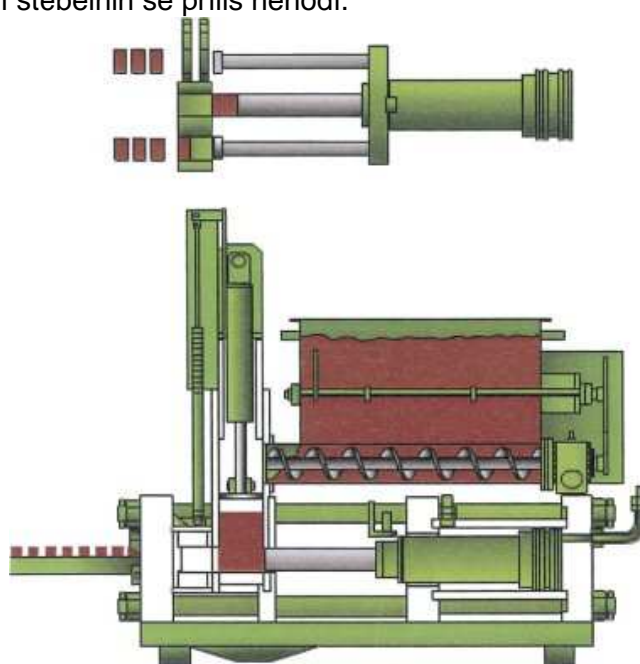


Obrázek 14: Princip pístového briketovacího lisu
(zdroj: http://www.hedon.info/BP14_BriquettingOfVegetableResidues)

Šnekové lisy jednovřetenové nebo dvouřetenové

Brikety z tohoto typu lisu se vyznačují vysokým stupněm zhutnění. Výsledkem jsou velice kvalitní a pevné brikety. Lisem lze zpracovávat jak anorganické materiály (odpady kovovýroby), tak organické materiály jako papír, konopná vlákna, bavlna, tabák, karton, polystyren, buničina, dřevo atd. Zvláště vhodný je k lisování pilin, k lisování stébelnin se příliš nehodí.

Materiál je nejprve šnekovým dopravníkem dopraven do předzhuťovače, kde je stlačen. V další fázi je již briketa lisována v hlavním pracovním válci. Právě díky procesu stlačení před samotným lisováním dosahují brikety vysokého stupně zhutnění. Lis může vyrábět paralelně i druhou briketu. Do briket lze navíc pomocí matrice vylisovat libovolné nápisy (logo firmy). Nejznámějším výrobcem lisů s touto technologií je německá firma RUF (obrázek 15).



Obrázek 15: Briketovací lis RUF

(zdroj: stránky výrobce)

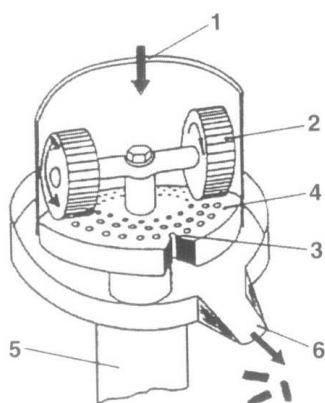
Protlačovací granulační lisy

Princip těchto lisů je shodný s granulačními lisy pro výrobu tvarovaných krmiv. Rozlišují se dva typy lisů, s kruhovou, vertikální matricí a horizontální deskovou matricí (obrázek 16).

Dřevěné pelety či brikety vznikají protlačením materiálu skrz oka matrice. Vlivem vysokého tlaku (i přes 30 MPa) a teploty lignin obsažený ve vstupním materiálu

plastifikuje a slouží jako pojivo ve vzniklých peletách.

Výkonnost protlačovacích lisů může přesáhnout i 1t/h. Takto vzniklé palivo lze spalovat v běžných kotlích na dřevo či štěpku. Nejčastější použití briket či pelet je pro topeniště nižších výkonů (do 50 kW) s přerušovaným provozem, tedy pro vytápění rodinných domů. Pro spalování v topeništích větších výkonů nejsou dřevní pelety z ekonomického hlediska vhodné.



Obrázek 16: Matricový protlačovací granulační lis s horizontální matricí a svislými protlačovacími koly. 1 – vkládání drcené slámy, 2 – protlačovací kola, 3 – protlačovací otvory matrice, 4 – horizontální matrice, 5 – pohon s převodovkou, 6 – odvod vyrobených granulí (pelet) (zdroj: Pastorek a kol. 2004)

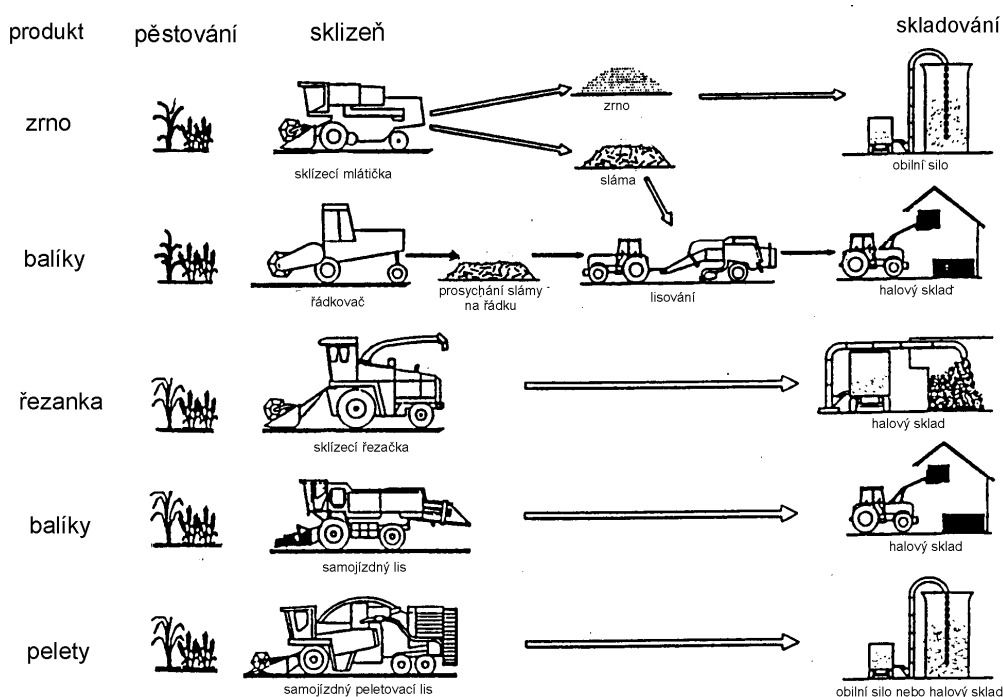
Vstupní materiál se nadrtí na kladívkovém drtiči přes síto o menší velikosti než je velikost otvoru v matrici. Jemné materiály jako jsou piliny není nutné drtit. Poté se materiál vysuší v sušičce na požadovanou vlhkost podle druhu materiálu. Při stlačení mezi válce a matrici se materiál tlačí do kónické díry v matrici, a tím dochází k uvolňování energie. Tím se matrice i válce zahřejí na teplotu 90°C až 110°C. Díky tomu se uvolní pojivo (lignin) obsažené v materiálu a dojde ke spojení pelety, proto se nepřidává žádné umělé pojivo. Rostlinné materiály se peletují často přímo při sklizni.

Nejčastější průměr pelet je 6 mm, délka se pohybuje od 5 do 40 mm. Průměr pelet se mění druhem použité matrice. Válce i matrice jsou vyrobeny z kvalitní oceli a jsou kalené. Jejich životnost závisí na zpracovávaném materiálu. Nejmenší opotřebení vzniká při lisování měkkých materiálů jako jsou řepka, slunečnice či sláma. Nejmenší životnost má pak matrice při zpracování tvrdého dřeva.

Samotná výroba je z důvodu nutného snížení vlhkosti protlačovaného materiálu poměrně energeticky náročná, lepší ekonomiky výroby lze dosáhnout při použití již předem vysušeného materiálu (výroba z pilin či hoblin vzniklých při zpracování již vysušeného řeziva při dřevozpracující výrobě).

3.2 Mechanická úprava stébelnin

Přehled systémů sklizně, úpravy a skladování stébelnin a travin znázorňuje obrázek 17.



Obrázek 17: Přehled systémů sklizně, úpravy a skladování stébelnin a travin (zdroj: www.biom.cz)

3.2.1 Sběrací vozy a sběrací lisy na balíky

Ekonomické využití sběracích vozů je vzhledem k malému stlačení materiálu, a tím i horší objemové využitelnosti, limitováno přepravní vzdáleností do 2 km. Pro větší vzdálenosti je vhodné použít sběrací lisy (Koberna 2008).

Sběrací lisy se používají zejména pro sklizeň energetických obilovin, olejnin, rákosovitých travin, ale i lnu či konopí. Výsledné balíky jsou buď jako obří hranaté balíky, které jsou z důvodu snazší dopravy nákladními automobily využívány velkými teplárnami a výtopy, nebo se ve formě obřích válcových balíků používají hlavně pro menší kotle.

Na trhu je k dostání více výkonových řad balíkovacích lisů pro rozdílné velikosti balíků.

Lisy na válcové balíky

U většiny výrobců lisů na kulaté balíky lze měnit velikost lisovací komory a tím i výslednou velikost balíků. Dle objemu lisovací komory lze vytvořit balík o průměru až 1,8 m s obsahem až 3 m³ slisované slámy o hmotnosti do 500 kg. U

plodin na siláž může být průměr balíku i menší než 1 m. Šířka sběracího ústrojí je většinou nad 2 m.

Parametry lisovaných slaměných válcových balíků: hustota balíku 120 kg/m³, hmotnost balíku 100 až 500 kg, výkonnost lisu 6 až 12 t/h, potřebný výkon traktoru 30 až 55 kW.

Lisy na hranaté balíky

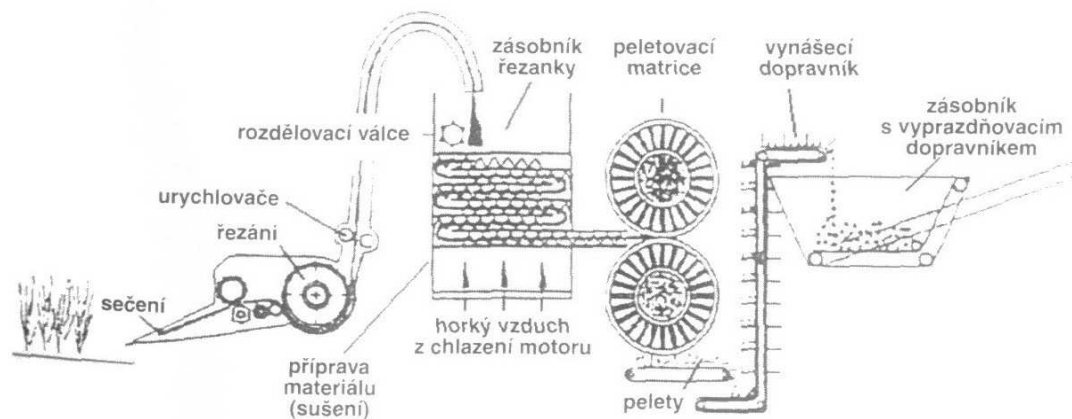
Oproti lisům na kulaté balíky potřebují ke své práci více energie (výkonnější traktor). Podle typu odvozního zařízení jsou balíky lisovány ve dvou základních rozměrech. Pro usnadnění nakládky a odvozu balíků z pole dodávají výrobci k lisům přívěsný vozík na dva balíky. S balíkem v lisu pak tvoří skupinu tří balíků usnadňující nakládku. Současným trendem je zvyšování počtu balíků na vozíku pro další úspory paliva a času nutného k naložení balíků. Sběrací lis může být také v samojízdné variantě. Jedním z výrobců samojízdných lisů jsou např. firmy CLAAS či DEUTZ-FAHR.

Parametry lisovaných slaměných hranatých balíků: hustota balíku 150 kg/m³, hmotnost balíku 100 až 800 kg, výkonnost lisu 12 až 20 t/h, potřebný výkon traktoru 60 až 110 kW.

3.2.2 Briketování a peletování stébelnin

Z ekonomického hlediska se jeví sláma jako velmi vhodný zdroj energie. Velkou ekonomickou zátěží v případě peletování stébelnin jsou však vysoké počáteční investiční náklady na pořízení zpracovatelské linky. Linku tvoří manipulační zařízení, rozpojovač balíků, drtič u paletizačních a protlačovacích lisů a samotný lis. Stacionární linka je z ekonomického hlediska méně výhodná, protože zde dochází k rozdrůžování již jednou svázaných balíků. Sláma ze sběracích vozů má zase vysoké nároky na velikost skladovacích prostor a obtížnou manipulaci.

Celý proces lisování je navíc energeticky náročný. Energie do lisovacího procesu dodaná ve formě zhutnění materiálu však výsledný produkt (nejčastěji peletu) zhodnotí, kdy díky zhutnění slámy dochází v přepočtu k vyšší koncentraci na hmotnostní či objemovou jednotku energie v palivu obsažené. Takovéto palivo má navíc lepší vlastnosti z hlediska manipulace a dávkování do topeniště v porovnání se slámou zhutněnou v balících či již rozdrůženou.

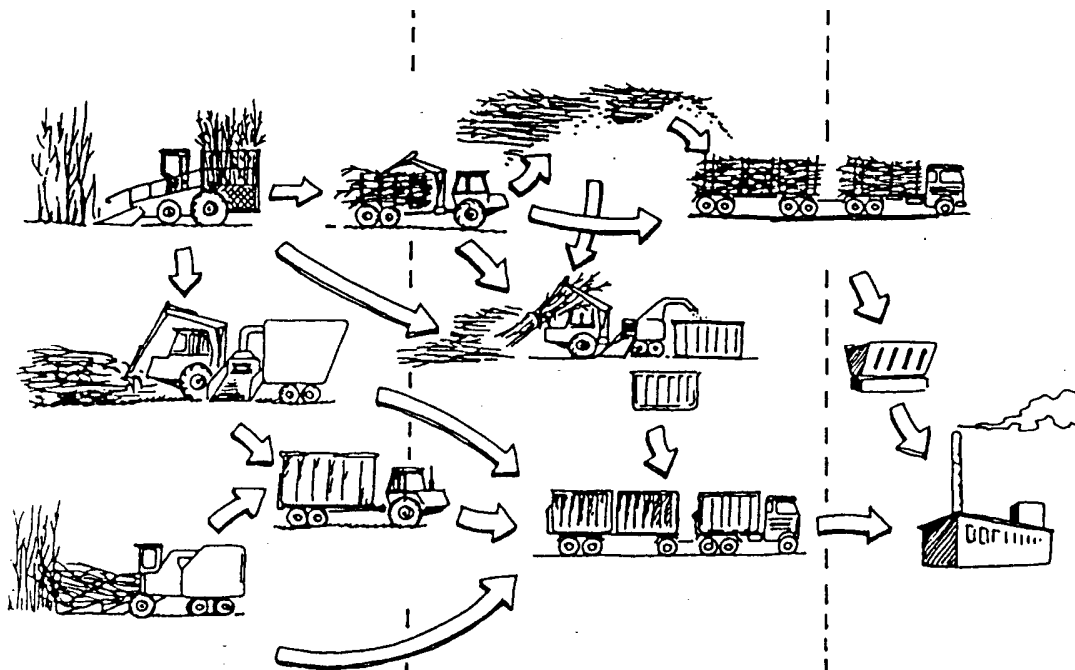


Obrázek 18: Schéma samojízdného peletovacího lisu (zdroj: Pastorek a kol, 2004)

Technologie briketování a peletování stébelnin se tedy ubírá směrem k samojízdným peletovacím (briketovacím) lisům. Příkladem této technologie je německý systém HAIMER představovaný sklízecí samojízdnou řezačkou se žacím nebo sběracím ústrojím, na kterou přímo navazuje dosušecí provětrávací zařízení a lisovací ústrojí na výrobu pelet. Celkový výkon motorů činí 353 kW, veškeré vzniklé odpadní teplo je využito k dosušení sklizeného materiálu. Samotné zařízení k tvarování pelet tvoří soustava rýhovaných a odřezávacích válců s kontinuálním průchodem materiálu. Výrobkem jsou pak pelety ve tvaru tabulky čokolády o šířce 100 mm a tloušťce do 25 mm. Po průchodu strojem se pak tabulky dále rozlamují na menší rozměry. Schéma samojízdného peletovacího lisu znázorňuje obrázek 18.

3.3 Mechanická úprava rychle rostoucích dřevin

Náklady na sklizeň rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) mohou tvořit až 60 % celkových nákladů. Existuje více metod sklizně rychle rostoucích dřevin počínaje manuálními (sklizeň provádí pracovník s řetězovou motorovou pilou), až po sklizeň za pomoci techniky. Některé možnosti mechanické sklizně a její následné zpracování jsou na obrázku 19. Jako stroj pro sklizeň rychle rostoucích dřevin lze použít sklízecí řezačku s příslušným adaptérem jako např. speciální adapter NEW HOLLAND 130FB. Sklízet lze též řezačkou s kemprovým sklízecím ústrojím (např. Krone BIG X V8) nebo jednoúčelovou sekačkou se štěpkovačem připojeným k traktoru. Tyto štěpkovače se používají jak v neseném (přední i zadní závěs), tak přívěsném provedení. Pro sklizeň svazkovou metodou se používají harvestory nebo speciální jednoúčelové sklízecí stroje.



Obrázek 19: Možnosti sklizně a následné úpravy r.r.d. (zdroj: www.biom.cz)

Z hlediska skladování jsou výhodnější svazky dřevin nebo hrubší štěpka, jelikož jemná štěpka ztrácí až 30 % sušiny ročně a navíc může být při skladování ve vlhkém prostředí napadána plísněmi. Existuje několik metod sklizení r.r.d.:

Metoda kmenových výřezů

Metodu je možno použít při minimálně desetileté obmýtní době. Používá se většinou lesnická technika jako řetězové motorové pily či harvestory. Pomocí techniky se připravují kulatinové výřezy požadovaných délek, koruny a se buď odvázejí, nebo zpracovávají přímo na místě mobilním štěpkovačem.

Svazková (sběrací) metoda

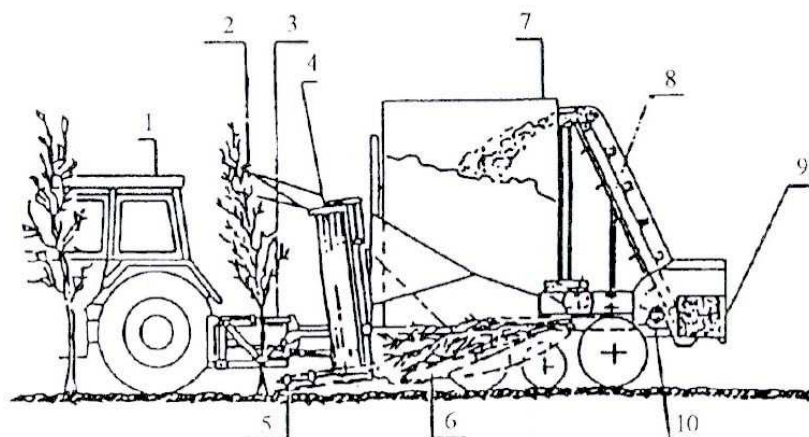
Při této metodě jsou dřeviny káceny a sbírány. Vznikají tím buď volně ložené, nebo drátem či přízí ovíjené svazky. U porostů s delší obmýtní dobou se používá harvester s kácecí a svazkující hlavicí, u porostů s kratší obmýtní dobou je využíváno tzv. sekacích svazkovačů. Jedná se o samojízdné stroje, které v jednom pracovním úkonu stromy pokácí a uloží na ložnou plochu, kde jsou následně svazkovány. Vzniklé svazky jsou dále ukládány na okrajích porostu, odkud mohou být dále odváženy a dle potřeby štěpkovány.

Metoda štěpkování

Metoda štěpkování se dále dělí na jednofázovou a dvoufázovou těžbu.

U dvoufázového způsobu těžby jsou v prvním pracovním kroku stromy pokáceny. Ve druhém pracovním kroku jsou v řadách ležící stromy pomocí sběracího bubnu sbírány a mobilním štěpkovačem štěpkovány. Nevýhodou tohoto způsobu je, že při běžných rozestupech řad může být kácena pouze jedna řada, která je následně protisměrně štěpkována. Poté může být kácena další řada.

Při jednofázové těžbě jsou používány samojízdné štěpkovače, které stromy v jednom pracovním úkonu sekají i štěpkují (obrázek 20).



1 – kolový traktor; 2 – odřezávací kmínek; 3 – řídicí, naváděcí ústrojí; 4 – vertikální usměrňovací válec odříznutých dřevin; 5 – odřezávací ústrojí; 6 – řetězový dopravník položených kmínků; 7 – vysokozdvíhový, překlápěcí zásobník štěpky; 8 – dopravník štěpky od štěpkovače do zásobníku; 9 – štěpkovač; 10 – vkladač kmínků do štěpkovače

Obrázek 20: Štěpkovací stroj s neseným zásobníkem
(zdroj: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/>)

4. Spalování biomasy

Spalování je vůbec nejstarší známou formou přeměny biomasy. Při teplotách nad 660 °C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Teplota při spalování nesmí klesnout pod 600°C, jinak těkavé látky dostatečně neprohořívají a dochází k tvorbě dýmu. Optimální teplota spalování biopaliv je kolem 900°C, neměla by však překročit 1200°C s ohledem na tvorbu NO_x.

Při spalování biomasy nevzniká více CO₂, než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř síru (ve slámě je asi 0,1 %, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně do 0,5 %, hnědé uhlí má min. 2 %). Tvorbu NO_x je možno kontrolovat udržováním optimální teploty plamene. Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane. Něco může zůstat v popeli, kterého je oproti uhlí velmi málo (obsah popelovin slámy 5 %, dřeva 0,5 %). Z negativních jevů je to nebezpečí úletu jemného popílku (jsou používány odlučovače a filtry). Při spalování vlhké biomasy existuje nebezpečí vzniku kouře (aromatické uhlovodíky), proto musí být palivo suché, nebo musí mít čas aby proschlo než přijde k místu zapálení. (Koloničný, 2010)

Ke spalování se nejčastěji používá dřevo, sláma, odpadové dřevo nebo různé posklizňové zbytky, které se spalují buď samostatně, nebo se mísí s uhlím. Samotné dřevo se spaluje ve formě polen, štěpky, pilin, briket nebo pelet. Slámu lze spalovat jak volně loženou, tak ve formě různých typů balíků či briket a pelet. Spalování biomasy může sloužit k výrobě tepla či páry (ohřev vody) nebo i k výrobě elektrické energie.

4.1 Kotle na biomasu

Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Výkon kotle je závislý na jeho velikosti. Pro spalování biomasy nelze použít kotle konstruované na uhlí. Také konstrukce topeniště kotle musí být uzpůsobena druhu a formě (pelety, štěpka, celé balíky) paliva, které v něm bude spalováno. Množství uvolněné energie závisí též na výhřevnosti spalovaného paliva.

4.1.1 Kotle malých výkonů 15 až 60 kW

Kotle malých výkonů se používají pro ústřední vytápění rodinných domů, menších budov, kanceláří či dílen. Z ekonomického hlediska je vhodné ke kotli na kusové dřevo nebo dřevní brikety nainstalovat akumulaci nádrž, která umožňuje provozovat kotel na optimální výkon, zlepšuje komfort obsluhy a snižuje spotřebu paliva. Výjimkou jsou speciální (automatické) kotle na pelety, které mají plynule regulovatelný výkon. Nevýhodou akumulaci nádrží je jejich značná prostorová náročnost, se kterou musí být počítáno při stavbě domu. Zabudování akumulaci nádrží do staršího domu je z hlediska prostoru problematické.

Kotle těchto výkonů slouží především ke spalování dřeva. Spalovací proces dřeva probíhá ve čtyřech fázích:

- sušení a odpařování vody z paliva,
- pyrolýza, uvolňování plynné složky paliva,
- spalování plynné složky paliva,
- spalování pevných látek, zejména uhlíku

Při zahřívání dřeva dochází nejprve k odpaření vody, následně se uvolní spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažení zápalné teploty se tento plyn vznítí a dojde k uvolnění tepla. Uvolněné teplo pak suší palivové dřevo a celý proces se opakuje. Podmínkou celého procesu je dostatečný přísun kyslíku. Při rovnoměrné a dostatečné dodávce paliva a kyslíku probíhají všechny fáze současně.



Obrázek 21: Řez zplynovacím kotlem na dřevo Guntamatic Synchro (zdroj obrázku: stránky výrobce)

Dřevo obsahuje ze všech paliv nejvíce plynných látek uvolňovaných pyrolýzou. Hoření těchto plynných látek neprobíhá na roštu, ale ve vznosu mezi roštem a komínem. Z tohoto důvodu mají kotle na dřevo specifickou konstrukci topenišť:

- menší část vzduchu (kyslíku), potřebného pro oxidaci pevných zbytků paliva na roštu, je přiváděna pod rošt (hovoříme o tzv. primárním vzduchu),
- větší část kyslíku je přiváděna do proudu unikajících plynů za rošt (tzv. sekundární vzduch). Prostor nad roštem či za ním je tedy konstruován jako prostor udržující žár (pomocí šamotové vyzdívky) pro udržení plynů a přivedeného kyslíku na zápalné teplotě.

Z výše uvedeného tedy plyne, že pro efektivní využití energie ve dřevu obsažené a jeho spálení bez produkce nežádoucích látek je nutné použít kotel (topeniště) k tomu konstruovaný. Proto nelze ekologicky a efektivně spalovat dřevo v kotlích na uhlí s odlišnou konstrukcí topeniště.

Většina dnes vyráběných kotlů je konstruována se spodním odhoříváním paliva. Při spalování zde dochází k pyrolytické destilaci, která probíhá ve třech fázích:

- vysoušení a zplynování dřevní hmoty,
- hoření dřevního plynu na trysce s přívodem předehřátého sekundárního vzduchu,
- dohořívání v nechlazeném spalovacím prostoru.

Teprve dohořené spaliny předávají své teplo výměníku. Tento systém spalování se vyznačuje vysokou účinností a topný výkon lze plynule regulovat od 40 do 110 %. Schéma konstrukce zplyňovacího kotle na dřevo znázorňuje obrázek 21.

Topidla malých výkonů lze dále rozdělit dle typu spalovaného paliva (kusové dřevo, brikety, pelety, štěpka) a druhu topidla (kotel, kamna, krb), se kterým souvisí i distribuce tepla (sálání a vedení horkého vzduchu, teplovodní výměník, akumulční nádrže aj.)

4.1.1.1 Kotle a kamna na kusové dřevo a brikety

Zplyňovací kotel na kusové dřevo je vhodný pro ústřední vytápění rodinných domů nebo menších budov a pro přípravu teplé užitkové vody. Palivem mohou být polena nebo dřevěné brikety. Výkon kotle se pohybuje mezi 10 až 100 kW a je

možno ho regulovat. Topný proces není automatizovaný, proto je nutná pravidelná obsluha.

Někteří výrobci také nabízejí kombinované kotle na biomasu, které dokáží spalovat nejen polena, ale i pelety a dřevní štěpku v závislosti na použitém hořáku. V případě nedostatku některého druhu paliva je pak možno nahradit ho jiným. Nevýhodou je vyšší cena těchto kotlů.

Jako palivo je možno použít veškeré palivové dříví, neopracované dřevo, dřevěné a často i rostlinné či kůrové brikety. Velikost jednotlivých polen je omezena pouze provedením příkladacího otvoru a odhořivacího prostoru. Do větších kotlů proto lze přikládat polena až do délky 1 m, u menších kotlů pro rodinné domy pak polena o délce 0,25 až 0,5 m. Palivo se přikládá do kotle výhradně ručně, několikrát denně. Na noc je možno nastavit tzv. úsporný režim, který však může být spojen s tvorbou nepříznivých emisí.

Nejrozšířenější a nejúčinnější koncepce zplynovacích kotlů je tvořena spodním odhoříváním paliva, která nahradila kotle s horním odhoříváním nebo s postupným prohoříváním paliva. Účinnost zplynovacích kotlů se pohybuje mezi 88 až 92 %. (Stupavský, 2010)

Tepelný výkon je možno automaticky regulovat přívodem vzduchu v závislosti na venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě.

Ze všech kotlů určených ke spalování biomasy mají právě zplynovací kotle na dřevo či brikety nejnižší pořizovací cenu. Nevýhodou však zůstává absence automatických systémů přikládání paliva, proto je nutná jejich obsluha.

4.1.1.2 Kotle a kamna na pelety

U kotlů na pelety se teplo předává topnému médiu, jimž bývá nejčastěji voda. Kotel může být použit též na ohřev teplé užitkové vody. Tepelný výkon peletového kotle pro rodinné domy se pohybuje v rozmezí 10 až 30 kW. Výkon lze automaticky regulovat přísunem paliva a množstvím vháněného vzduchu.

Jako palivo se používají dřevěné pelety, u některých kotlů je možno použít též pelety rostlinné, kůrové, slámové, apod. U rostlinných a směsných pelet je však nutno počítat s jejich nižší výhřevností, a tedy i vyšší spotřebou paliva, která je však vykompenzována jeho nižší cenou.

Provoz kotle je plně automatický díky elektronicky řízenému systému dávkování paliva a vzduchu. Účinnost kotle dosahuje až 94 %. Stejně tak je

zautomatizováno vlastní přiřkládání pelet (šnekovým nebo pneumatickým sacím dopravníkem) ze skladu pelet.

Důležitou součástí peletového kotle je hořák. Některé typy hořáku jsou vybaveny žhavicí spirálou, která slouží k automatickému zapálení pelet, tudíž není nutno stále udržovat žhavou vrstvu ve spalovacím prostoru. To je však „vykoupeno“ vysokými nároky na jakost dodávaných pelet. Hořáky jsou výměnné a v některých kotlích je možno dle použitého hořáku spalovat pelety, dřevo, zemní plyn či extra lehký topný olej (ATMOS).

Vybrané modely kotlů lze též vybavit automatickým odvodem popela. Odpopelňovací zařízení se dodává ve více objemech. Interval vybírání popela se pak pohybuje od 14 dní až po 45 dní u největších modelů.

Nevýhodou kotlů na pelety jsou jejich ceny začínající na 50 000 Kč. Cenu dále navyšuje příslušenství jako výměnné hořáky, dopravníky pelet, skladovací systémy na pelety a automatický odvod popela. Dříve bylo možné na nákup těchto kotlů získat dotace z dnes pozastaveného programu Zelená úsporám.

Kamna na pelety se používají pro vytápění jednotlivých místností, menších bytů nebo nízkoenergetických domů. Předávání tepla probíhá sáláním a v případě zapojení ventilátoru také prouděním do vzduchu. Tepelný výkon kamen se většinou pohybuje od 6 do 10 kW a reguluje se ručně nebo automaticky přes termostat. Kamna jsou jednoduchá na obsluhu a jsou též vyhledávána pro estetické vlastnosti hořícího ohně v místnosti.

Palivo (pelety) se používá stejné, jako u kotlů na pelety. Vlastní přiřkládání pelet, popř. doplňování do zásobníku kamen je výhradně ruční. Kamna tak ztrácí výhody peletových kotlů, jako je naprostá automatika provozu a absence obsluhy.

Kamna lze též nahradit starší nevyhovující topidla v rekreačních chatách či chalupách. Při využití kamen jako hlavního zdroje vytápění lze též namontovat přídatný ohříváč otopné vody, který je napojen na systém vytápění dalších místností. Poté se ca 2/3 tepla přenáší do otopné vody (do radiátorů, podlahového vytápění, apod.) a zbylá 1/3 výkonu vytápí místnosti sáláním a vedením. Při vytápění více místností je však nutné počítat s větší spotřebou paliva a také s častějším ručním přiřkládáním.

Zapalování kotle se děje automaticky horkým vzduchem, přísun paliva do hořáku je řízený, pelety jsou dávkovány malým šnekovým dopravníkem do hořáku.

4.1.1.3 Kotle na štěpku

Kotle na dřevní štěpku jsou určeny pro ústřední vytápění a ohřev vody větších obytných budov, skupin budov nebo podniků. Štepkové kotle nejnižších výkonů lze také použít k vytápění a ohřevu vody v rodinných domech. Tepelný výkon těchto kotlů začíná na 15 kW. Při vyšších výkonech ve stovkách kW je využití dřevní štěpky hospodárnější než spalování pelet. Výkon kotlů lze automaticky regulovat. V některých kotlích lze spalovat i rostlinné zbytky nebo obilí. Tyto kotle zpravidla nabízejí veškerý komfort automatizace jako u peletových kotlů. (Stupavský, 2010)

Kvalita štěpky závisí hlavně na její vlhkosti, štěpka z vyšší vlhkostí nelze dlouhodobě skladovat (riziko samovznícení), ale především má nižší výhřevnost (roste její spotřeba). Ke skladování štěpky se používají velkoobjemová sila nebo haly. Ve skladu musí být zajištěno provětrávání. Palivová štěpka má vyšší obsah vody, je náchylná k plesnivění a zapaření, což by mohlo v uzavřených místnostech vést k samovznícení. Dostatečné provětrávání skladu zároveň zajišťuje i dosoušení štěpky během procesu skladování.

Příkládání dřevní štěpky je nejčastěji řešeno šnekovým dopravníkem, popř. pomocnými hrably z blízkého skladu paliva. V případě vytápění většího objektu je menší objem paliva dodáván do kotle šnekovým dopravníkem z meziskladu, který je doplňován pásovým dopravníkem nebo kolovým manipulátorem z centrálního skladu štěpky.

Kotle na štěpku jsou dostupné už od výkonu 15 kW a lze je tedy použít i k vytápění rodinných domů. Jejich provoz je plně automatizovaný a obsluha je tedy srovnatelná s obsluhou kotlů na pelety. Průměrná účinnost spalování se pohybuje mezi 80 a 90 %.

Kotle na štěpku se nehodí pro velmi malé rodinné domky nebo objekty s nízkou potřebou energie (nízkoenergetické stavby). Zde se nevyplatí nákladná investice na pořízení kotle s příslušenstvím.

Kotle větších výkonů (nad 100 kW) lze využít pro výrobu elektřiny a tepla v průmyslu (např. sušárny, kompostárny, apod.). Pořízení kotle na štěpku je spojené s vyššími investičními náklady, ty jsou však kompenzovány cenou paliva a možností samozásobení. V minulosti byly též na pořízení kotle poskytovány dotace v rámci programu Zelená úsporám.

4.1.1.4 Krbová kamna

Pokožová krbová kamna nebo krbové vložky slouží k vytápění jednotlivých místností, menších bytů, nízkoenergetických domů nebo jako přídatný zdroj k hlavnímu otopnému systému. Lze je též použít jako náhradu stávajících topidel na chatách či chalupách. Díky skleněnému průhledu a tepelnému výkonu od 2 do 10 kW jsou vyhledávaným doplňkem bytů. Palivem je dřevo nebo dřevěné brikety. Krbová kamna jsou velmi často využívána jako doplňkové vytápění. Jedná se o jednoduchá a snadno obsluhovatelná kamna s nutností ručního přikládání.

Jako palivo je možno použít veškeré palivové dříví a dřevěné brikety. Velikost jednotlivých polen je omezena provedením příkladacího otvoru a spalovacího prostoru. Rostlinné brikety nejsou vhodné kvůli možnému zápachu při hoření. Polena i brikety je se přikládají ručně několikrát denně. Na noc je možno u nastavit tzv. úsporný režim, který však může být spojen s tvorbou nepříznivých emisí.

Tepelný výkon je možno regulovat přívodem paliva a spalovacího vzduchu. Účinnost spalování se pohybuje kolem 80 %. Spalování probíhá na pevném roštu prohoříváním nebo horním odhoříváním. Pro vytápění dalších místností je možno použít výměník ohřívající vodu proudem spalin. Tento výměník je možno napojit na stávající systém ústředního vytápění v bytě. Cena krbových kamen se pohybuje v širokém rozmezí dle výrobce, provedení, ale hlavně designu.

4.1.2 Kotle středních výkonů 100 kW až 5 MW

Topeniště středních výkonů lze použít k centrálnímu vytápění více objektů. V praxi se lze s kotli těchto výkonů setkat na vesnicích či menších městech, kde nahrazují kotelny na zemní plyn či fosilní paliva. Takováto kotelna pak může vytápět úřady, školu, bytové domy aj.

Provoz kotle včetně příslušenství je zpravidla plně automatizován, čemuž musí být přizpůsobena i forma dodávaného paliva. K dopravě paliva do topeniště se používají šnekové dopravníky. S tím souvisí i použití spodního přívodu paliva, kdy je palivo do spalovací komory dopravováno zdola a odhořívá shora. V kotlích lze kromě dřevní biomasy (odpady z lesní těžby, štěpka, piliny) spalovat též balíky slámy.

Posuvné rošty

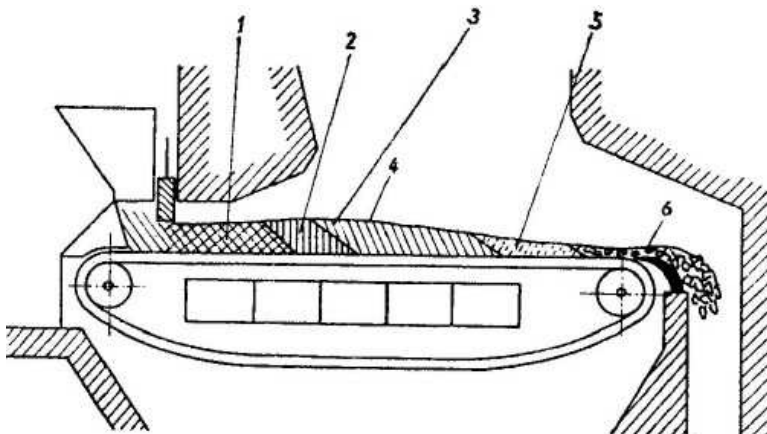
Posuvné rošty jsou šikmé roštové plochy, které se skládají z roštových lamel. Primární vzduch je přiveden pod rošt, sekundární pak do spalovací a dohořivací komory. Celý povrch roštu je skloněn pod úhlem cca 15 až 18°. Konce roštnic jednoho stupně se opírají o povrch roštnic stupně následujícího, po kterém při pohybu kloužou. Pohyb může vykonávat buď každý stupeň roštu, nebo jen každý druhý rošt. Palivo se přemísťuje ze stupně na stupeň pohybem roštu. Při přesouvání a přesypu z jednoho stupně roštu na druhý se palivo částečně převrací a smíchává se s palivem ještě nevzníceným. Při pohybu vrstvy se rozlámou spečené kusy škváry a posouvající se vrstva vytlačuje vyhořelou škváru z konce roštu do škvárové výsypky.

Pásové a řetězové rošty

Řetězový rošt je v podstatě nekonečný pás, jehož horní plocha, na které spočívá vrstva paliva, tvoří samotnou plochu roštu. Roštový pás je složen z plochých destiček, které jsou vlastně články mohutného Gallova řetězu. Samotné roštnice jsou upevněny na příčných tyčích unášených dvěma postranními řetězy (obrázek 22).

Vrstva paliva na roštu je nehybná, nepromíchává se a její zapalování a prohořívání probíhá od povrchu směrem dolů do vrstvy. Při provozu je rošt tepelně namáhán pouze v horní části, jeho spodní část se chladí přiváděným spalovacím vzduchem. V porovnání s předsvunými rošty je proto možné použít i výhřevnější palivo jako jsou suché dřevní odpady. Teplota roštu by však neměla přesáhnout 250 °C, aby se neopalovaly roštnice.

Vzhledem k vyšší pořizovací ceně tohoto typu kotle se častěji používají kotle se spodním přívodem paliva nebo s přesuvným roštem.



Obrázek 22: Schéma spalování na pásovém roštu. 1 - sušení paliva, 2 - odplynění a vznícování paliva, 3 - hoření tuhé hořlaviny, 4 - vrstva paliva, 5 - dohořívání škváry, 6 - škvára (zdroj: výukové materiály TF ČZU)

Předtopeniště

Předtopeniště je samostatná energetická jednotka pro efektivní spalování dříví, kterou lze přiřadit k již instalovanému kotli na fosilní paliva, jež není ke spalování dřeva díky odlišné konstrukci topeniště vhodný. Poté samotný kotel na fosilní paliva plní pouze funkci výměníku tepla. Výhodou předtopenišť je menší investiční náročnost při změně druhu paliva (přechodu na biomasu), kdy není nutné provádět celkovou rekonstrukci kotelny.

Topeniště lze díky univerzální konstrukci použít jak pro teplovodní, tak pro teplovzdušné vytápění. Provoz předtopenišť, a to včetně dopravy paliva a odvodu popela je plně automatizovaný. Jedním z výrobců je např. firma VERNER (řada GOLEM).

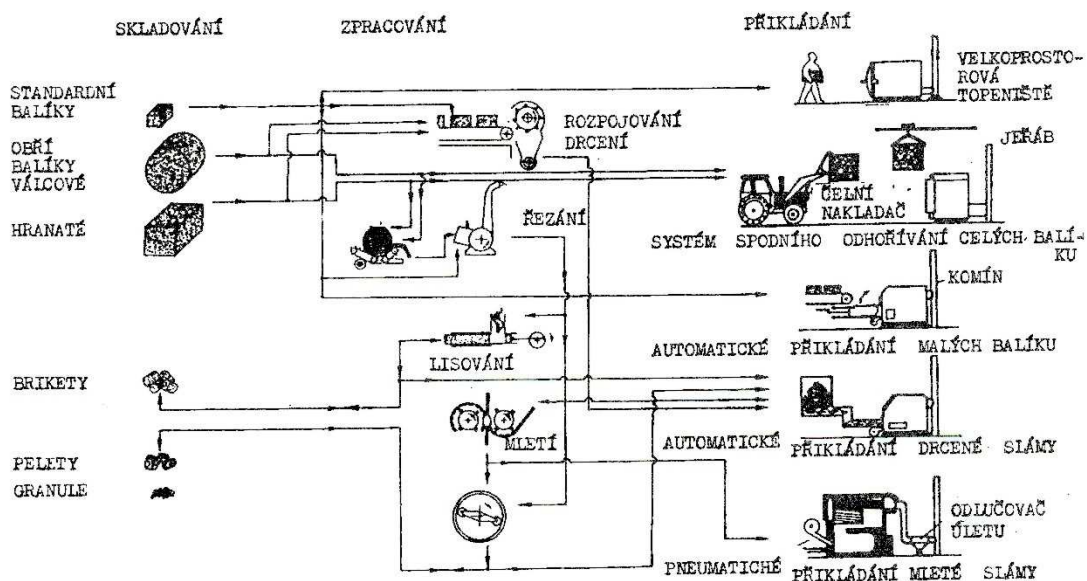
4.1.3 Kotle velkých výkonů 5 MW a více

Kotle velkých výkonů (nad 5 MW) se používají pro centralizované zásobování teplem měst či jejich částí, to znamená, že teplo je vyráběno ve velkém zdroji tepla (teplárna) a ke spotřebitelům (domácnosti, kancelářské budovy, školy, nemocnice atd.) je distribuováno sítí teplovodů. V primární distribuční síti je teplo dopravováno pomocí nosného média (voda či pára) do předávací (výměníková) stanice. Ta pak zajišťuje konečnou distribuci tepla ke spotřebitelům.

4.2 Kotle na slámu

Původně se kotle na slámu využívaly hlavně na farmách. Jejich výkon se pohyboval mezi 50 až 100 kW. Z počátku se jednalo o kotle s ručním přikládáním, lepší modely měly zásobník balíků, aby nebylo nutné tak často přikládat. Později bylo přikládání řešeno traktorovými vidlemi nebo vysokozdvížným vozíkem. Tyto kotle však nevyhovovaly ani z hlediska nízké účinnosti, která činí pouhých 40 až 63 %, ani přísným ekologickým požadavkům na obsah škodlivin ve spalinách.

Přehled různých způsobů a technologií zpracování slámy a její dopravy do topeniště zobrazuje obrázek 23.

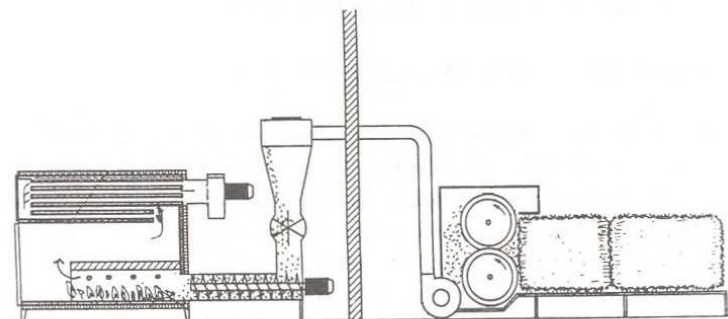


Obrázek 23: Přehled technologií zpracování slámy
 (zdroj: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/>)

4.2.1 Kotle na drcenou slámu

Dnešní moderní kotle s řízeným spalováním již dosahují lepších výsledků procesu spalování. Nejlepších výsledků je dosahováno při rovnoměrné dodávce paliva (slámy). Vzhledem k tomu, že palivo je dodáváno ve formě velkoobjemových balíků, je nutná před samotným spálením jejich úprava.

Balíky jsou podávány na rozebírací stůl, odkud se nejčastěji pomocí pneumatického dopravníku dopravuje



řezanka přímo do topeniště (obrázek 24),

Obrázek 24: Kotel na slámu s rozduřovačem balíků
 (zdroj: www.biom.cz)

místo pneumatického dopravníku lze též použít dopravník šnekový. Samotný proces hoření je závislý na vlhkosti slámy a jejím chemickém složení (obsah N, C, O, popelovin atd.). Nejpropracovanější systém spalování mají velké kotle ve výtopnách o výkonu přesahující 1 MW určené ke spalování obřích balíků. Celý spalovací proces je zde řízen počítačem se stálou kontrolou obsahu spalin. Kotle jsou též opatřeny soustavou filtrů pro zachycení tuhých částic.

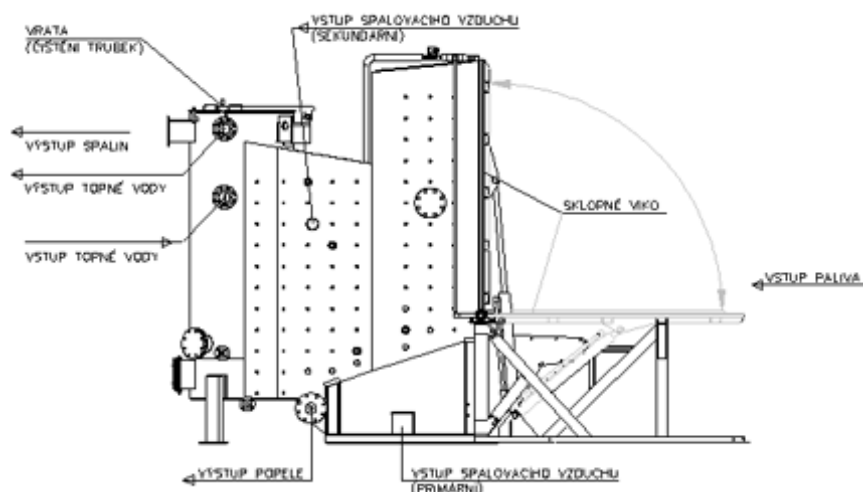
4.2.2 Kotle na celé balíky slámy

Další možnou technologií je spalování celých balíků slámy ve vertikální poloze bez nutnosti jejich předchozího rozdužení a dělení. Spalování celého balíku slámy uspoří náklady na provoz rozdužovacího zařízení a pneumatického dopravníku rozdužené slámy. Navíc odpadá vysoká investice do celého řezacího a podávacího zařízení.

Příkladem jsou kotle od firmy STEP Trutnov. Firma vyrábí kotle na celé balíky ve dvou výkonových řadách. Slabší, o výkonu od 100 do 1000 kW, je určen pro vytápění menších objektů (průmyslové objekty, obecní výtopny, zemědělské objekty, hotely, provozovny atd.). Topeniště může být upraveno také pro spalování dřevního odpadu (štěpky, kůry, pelety), obilí, pazdeří atd.

Samotný kotel se skládá z předkomory, do které je umístěn celý balík slámy ve vertikální poloze, vodou chlazené spalovací komory a spalínového kanálu se zaústěním do vertikálního výměníku. Obě komory jsou z větší části chlazeny vodou. Přesuvný rošt na dně obou komor posouvá slámu ze spodní části balíku a ta postupně dohořívá, popel na konci roštu je vynášen šnekovým dopravníkem ven. Spalovací komora je opatřena otvory pro přívody sekundárních vzduchů za účelem dokonalého spalování s nízkým obsahem CO.

Balíky slámy o rozměrech 80 x 120 x 220 cm jsou do kotle dopravovány plošinou s tlačnou deskou, kterou pohybuje hydraulický píst. Pracovní plošina pracuje automaticky při požadavku na přiložení paliva do kotle (obrázek 25). Naložení balíku slámy na pracovní plošinu probíhá např. vysokozdvíhým vozíkem s vidlemi nebo podobným manipulačním zařízením případně jeřábovou dráhou, která balík ze skladu paliva převeze do kotelny a uloží na pracovní plošinu před tlačnou deskou.



Obrázek 25: Schéma kotle firmy STEP Trutnov (zdroj: stránky výrobce)

Při požadavku na přiložení paliva do kotle se sklopí sklopné víko do otevřené polohy. Po sklopení víka se automaticky balík slámy přemístí pomocí hydraulického pístu s tlačnou deskou z pracovní plošiny na sklopné víko. Následně se sklopné víko uzavře, balík slámy je v kotli přiložen ve svislé poloze a připraven pro spalování.

Vzduch potřebný pro spalování je regulován otáčkami spalínového ventilátoru a vzduchovým ventilátorem s přívodem vzduchu k tryskám umístěným na dvou místech spalovací komory.

Po signalizovaném dohoření balíku dojde automaticky k zasunutí dalšího balíku do předkomory, při požadavku nižšího výkonu dochází k časové prodlevě zasunutí dalšího balíku.

Silnější kotel o výkonu od 600 do 5000 kW je podobné konstrukce, liší se však větší použitelnou velikostí balíků (125 x 120 x 240 cm) a systémem příkládání, kdy tlačnou desku nahrazuje pásový dopravník.

4.3 Kotle pro spalování komunálního odpadu

Cílem spalování odpadů je snížení jejich objemu, celkové snížení dopadů na životní prostředí a využití energie v odpadu obsažené. Samotné spalování odpadu v pecích je pouze část náročného technologického procesu probíhajícího ve spalovnách odpadu.

Spalování, jako způsob likvidace a energetické využití odpadu, je v Evropské unii na vzestupu a není tedy pouze další alternativou ke skladování. V České republice vzniká přibližně 4 miliony tun komunálního odpadu, z toho lze ke spalování využít cca 1/2. Největší spalovna v ČR v Praze Malešicích je schopna za rok vyrobit 1,6 milionu GJ tepla. Další velké spalovny se nacházejí v Liberci a Brně.

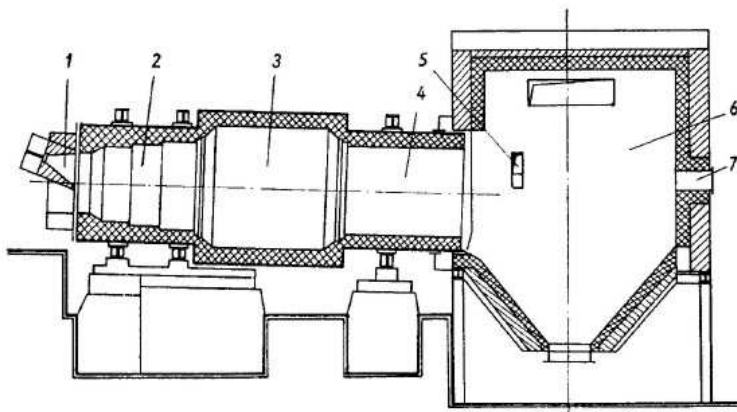
Stinnou stránkou spalování komunálního odpadu jsou vzniklé exhalace. Moderní spalovny odpadů jsou však pod velmi přísným dohledem a platí pro ně tvrdé normy. Předpisy a zákony též nařizují měření údajů jako jsou např. emise oxidů síry, oxidů dusíku nebo oxidu uhelnatého, či množství vypouštěných dioxinů. Samozřejmostí jsou dnes již různé druhy odlučovačů a filtrů.

Možnosti využití získané energie:

- výroba a dodávky tepla (pára, horká voda),
- výroba a dodávky elektřiny,
- kombinace obojího.

4.3.1 Bubnové rotační pece

Bubnové rotační pece (obrázek 26) slouží ke spalování odpadů. Umožňují spalovat prakticky všechny druhy průmyslových odpadů včetně odpadů komunálních, kalů, pastovitých, kapalných i pevných odpadů. Spalovací teploty se pohybují v rozmezí 800 - 1400 °C.



Obrázek 26: Rotační spalovací zařízení s dohořivací komorou: 1 – hořák, 2 – sušící pásmo, 3 – spalovací pásmo, 4 – vychlazovací pásmo, 5 – sekundární vzduch, 6 – dohořivací a usazovací komora, 7 – kontrolní okénko (zdroj: výukové materiály TF ČZU)

Pece jsou navrhovány a konstruovány dle zadaných parametrů pro konkrétní provozy (spalovny). Z hlediska konstrukce jsou to vyzdžené válce s mírným sklonem, které se pomalu otáčejí a tím zajišťují míšení odpadů. Teplo je předáváno spalinami třemi způsoby:

- sáláním plamene na odpady i na odkrytou část vyzdívky,
- sdílením tepla ze spalin na odpady,
- vedením tepla z horké vyzdívky do lože odpadů.

Dohořivací a dopalovací komory jsou vyzdžené válcové nebo obdélníkové komory, do kterých ústí výpadový konec rotační pece. Spodní část je vybavena zařízením na vyvážení popela a v horní části je uložen hořák. Komory jsou vybaveny průhledy a vyzdženými dvířky.

Odpopelnění pecí a dohořivacích komor je možno provádět mokrou (přes vodní uzávěr) nebo suchou cestou (výpadem popela přes teplotně odolný deskový nebo klapkový uzávěr do speciálních kontejnerů prachotěsným tubusem).

Vstupní čelo uzavírá vstupní část válce rotační pece a je opatřeno otvory a přírubami pro umístění hořáku, dávkovacího zařízení, přívodu spalovacího vzduchu, tryskami tekutých odpadů a průhledem. Pro dávkování odpadů lze použít šnekové dopravníky, lisovací zařízení nebo skluzy.

4.3.2 Roštové pece

Pece s roštovými topeništi jsou vzhledem ke své univerzálnosti nejrozšířenější typ spaloven pro spalování tuhého komunálního odpadu. Lze je rovněž použít pro některé druhy tuhých odpadů průmyslových, případně odpad kombinovaný.

Pece s pevnými rošty

Tyto pece, určené pro malé výkony (do 200 až 300 kg/h), existují v mnoha variantách, lišící se konstrukčním uspořádáním roštu, vhozů a systému dohořívání. Skládají se z reakční (spalovací) komory, na niž navazuje komora dodatečného spalování. Palivo je do pece dopravováno nejčastěji pomocí vhozové šachty umístěné ve stropě nebo v horní části reakční komory uzavřené pecními dvířky. Spalovací vzduch je přiváděn pod rošt, sekundární vzduch je přiváděn nad rošt pomocí trysek.

Pece s pohyblivými rošty

Určené pro střední a velké výkony, je možno dále členit podle konstrukce vlastního roštu. Rozlišují se následující provedení pohyblivých roštů:

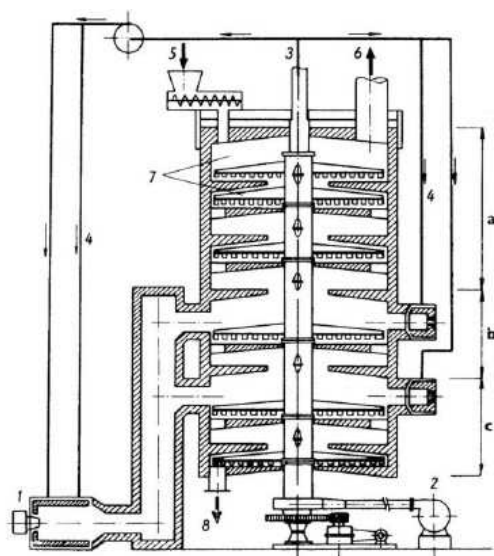
- natřásací rošty,
- pásové rošty,
- posuvné rošty,
- otočné rošty,
- válcové rošty.

4.3.3 Etážové pece

Etážová pec (obrázek 27) je svislý ocelový válec s pláštěm se žáruvzdornou vyzdívkou. V jednotlivých etážích jsou umístěny otvory sloužící k prosypávání materiálu a zároveň k průchodu plynů. Odpad na etáži je promícháván na centrálním hřídeli upevněnými hrably opatřenými lopatkami. Celý centrální hřídel je pro lepší chlazení dutý.

V důsledku pomalého postupu přes etáže pece je zajištěna dlouhá doba průchodu odpadu. To umožňuje zpracování odpadů s vysokou vlhkostí, zejména kalů. Vrchní etáže jsou určeny k sušení odpadu, střední ke spalování a dolní ke chlazení zbytků (popela). Spalovací vzduch je přiváděn zespodu, tedy proti směru

postupu odpadu, spaliny jsou odváděny v horní části etážové pece. Teplota spalování se pohybuje mezi 800°C a 900°C.

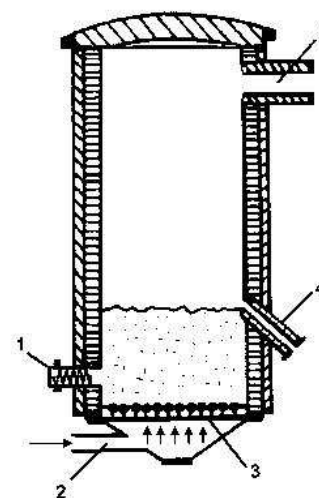


Obrázek 27: Etážová pec: a – sušící pásmo, b – spalovací pásmo, c – chladící pásmo, 1 – přídatné spalování odpadních kapalných paliv, 2 - ventilátor chladícího vzduchu, 3 - výstup ohřátého vzduchu, 4 - ohřátý vzduch do hořáků, 5 - přívod odpadního materiálu, 6 - o dvod plyných spalin, 7 - etáže sušícího pásma, 8 - odvod tuhých zbytků po spalování (zdroj: výukové materiály TF ČZU)

4.3.4 Fluidní pece

Fluidní topeniště (obrázek 28) má obvykle tvar svislého válce. Přes spodní část topeniště je do spalovacího prostoru vháněn vzduch skrz tryskový nebo keramický rošt. Na roštu je uložena vrstva písku, která je při provozu topeniště nadnášena vzduchem a vytvoří ve spalovacím prostoru nad roštem vířivý mrak, ve kterém probíhá spalování rozprašovaného kalu.

Aby rozprášení kalu na dostatečně jemné částičky bylo vůbec možné, musí být kal velmi dobře odvodněn (vysušen). Technologii tedy není možné použít pro kaly, jež nelze účinně rozprášit. Rozprášení vhodně upraveného kalu do spalovacího prostoru zajišťují rozmetací zařízení. Kal je přiváděn do prostoru nad rošt a je unášen proudem vzduchu do horní části spalovacího prostoru, který zpravidla funguje i jako prostor pro dodatečné tepelné zpracování.



Obrázek 28: Fluidní pec:

1 – šnekový dopravník, 2 – přívod vzduchu, 3 – rošt, 4 – boční otvor směřující do chladícího zařízení, 5 – odvod spalin (zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Chemproc/text_2.htm)

Spaliny jsou odváděny z horní části topeniště a unášejí s sebou jemnozrný popel. Spodní část topeniště je opatřena plynovým nebo olejovým hořákem pro případ použití přídavného paliva.

Výhodou spalovny s fluidním ložem je vzhledem k vysokému stupni homogenizace odpadu velmi dobrá stabilita provozu a nízká emisní úroveň. Nevýhodou je nutnost úpravy velikosti odpadu. Teplota v loži reaktoru je cca 650 °C a ve volném prostoru nad ložem 850 – 950 °C.

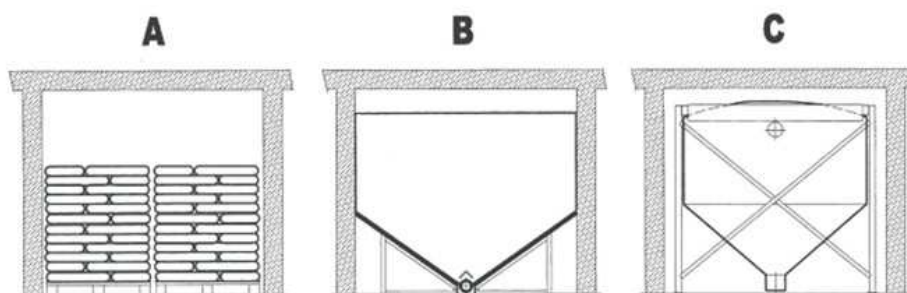
5. Skladování a doprava biomasy

Výhřevnost paliv je přímo závislá na vlhkosti spalovaného materiálu, proto je nutné zvolit vhodný systém skladování, který se odvíjí od druhu (rozměrů) použitého paliva. Automatické kotle určené pro spalování biomasy též umožňují samočinnou dodávku paliva až do topeniště, to se týká především paliva do velikosti 5 cm jako jsou pelety, štěpka či obilí. Z toho plynoucí automatizace tedy umožňuje prakticky bezobslužný provoz celé topné soustavy.

Aby mohlo být palivo automaticky dopravováno do topeniště, musíme vybudovat sklad pro palivo a též zajistit dopravu paliva ze skladu až ke kotli.

Optimální objem skladu je závislý na mnoha faktorech, nejdůležitější je druh paliva a výkon instalovaného kotle. Pokud je to technicky možné, je vhodné, aby množství uskladněného paliva pokrylo jeho celosezónní spotřebu.

Z pohledu skladování rozlišujeme 3 základní typy uskladnění (obrázek 29).



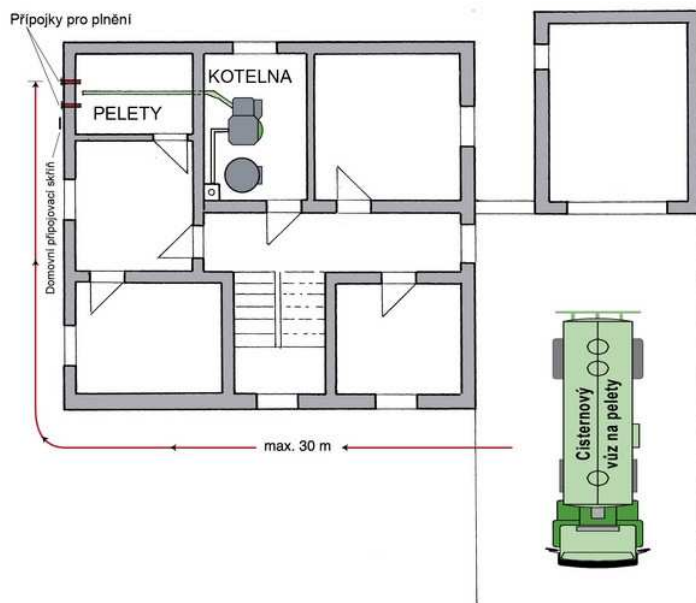
Obrázek 29: Možnosti uskladnění paliva z biomasy: A - skladování v pytích, B - skladování ve vyspádané místnosti, C – skladování v textilním sílu (zdroj: reklamní materiály firmy ŌkoFen)

5.1 Skladování v pytích

Jedná se o nejjednodušší způsob skladování nevyžadující stavební úpravy a vysoké investice. Toto je však kompenzováno nutností ruční manipulace při přikládání. Nejedná se tedy o automatický systém a topení vyžaduje pravidelnou obsluhu. Z tohoto důvodu je vhodné sklad umístit co nejbližší kotli. Prostorová využitelnost tohoto typu skladu se pohybuje mezi 50 až 70 %.

5.2 Skladování ve vyspádané místnosti

Při použití tohoto způsobu skladování je nutné dodržet technické a bezpečnostní parametry místnosti. Sklad může být ale též konstrukčně řešen jako dřevěná ohrada, podzemní či nadzemní nádrž nebo vybetonovaná jímka.



Obrázek 30: Technické řešení skladu pelet plněného cisternou (zdroj: reklamní materiály firmy ÖkoFen)

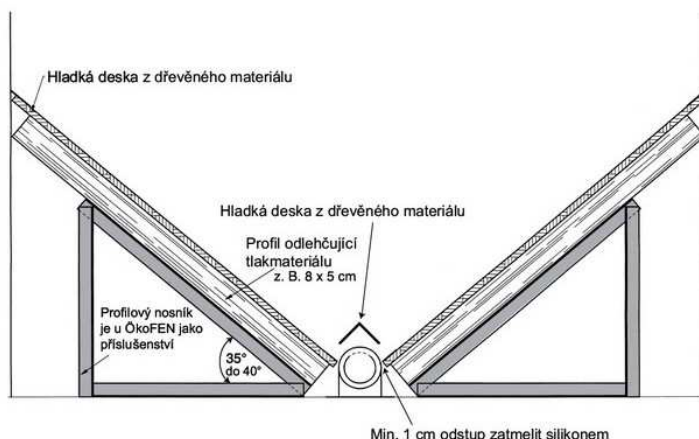
Pokud je sklad budován jako zděná stavba, musí být dodrženo několik základních parametrů:

- a) Sklad pelet by měl alespoň jednou stěnou sousedit s venkovním prostředím. Tímto je umožněno doplňování pelet (cisternovým vozem na pelety) pomocí nafoukání stlačeným vzduchem.
- b) Vzhledem k délce dopravních hadic (cca. 25 m) musí být přizpůsobena vzdálenost příjezdové cesty od plnicího nátrubku (obrázek 30).
- c) Ve zdi musí být provedeny dva otvory o průměru 100 mm vzdálené od sebe min 50 cm pro plnicí přípojky. Jeden slouží jako plnicí a druhý k odvádění vzduchu a prachu ze skladu při jeho plnění.
- d) V blízkosti plnicího a odvětrávacího otvoru je vhodné umístit skříňku se zásuvkou 230 V pro napájení sacího zařízení při plnění skladu. Doporučuje se, aby se automaticky po otevření dveří skříňky vypnulo topné zařízení.
- e) Z hlediska dodržení protipožárních předpisů by se měly dveře otevírat směrem ven z místnosti, dveře musí být opatřeny těsněním a na vnitřní straně dveří musí být vybudována zábrana z prken (tl. min. 3 cm). Klíčová dírka by měla být utěsněna.
- f) Ve skladu nesmí být žádné vypínače, zásuvky a světla, z venkovní strany kotelny by měl být umístěn hlavní vypínač a elektrický jistič.
- g) Zdi skladu by měly být hladce omítnuty. Jejich minimální tloušťka by měla být 12 cm u cihlového zdiva, 17 cm pro tvárnice a 10 cm u betonové zdi.

- h) Proti plnicímu otvoru by měla být zavěšena (cca 20 cm od zdi) ochranná rohož, která brání poškození zdiva a pelet při jejich naskladňování pneumatickým dopravníkem.
- i) Výška místnosti by měla být minimálně 2 m, skladovací prostor se nesmí zaplnit až po strop, plnicí a odvětrávací otvor by měl zůstat volný.

Uvnitř je místnost vyspádována od obou stěn pod úhlem 35 až 45° pomocí dřevěných desek uložených na ocelovém roštu, čímž objem skladovacího prostoru klesne o 1/3 (obrázek 31).

Jelikož skladovaný materiál jímá vlhkost, neměla by být místnost vlhká. Dopravu pelet ke kotli zajišťuje vakuový sací systém nebo šnekový dopravník. Prostorová využitelnost tohoto typu skladu se pohybuje do 70 %.



Obrázek 31: Technické řešení vyspádované místnosti (zdroj: reklamní materiály firmy ÖkoFen)

5.3 Skladování v textilním silu

Textilní silo (obrázek 32) tvoří velkoobjemové (2 až 10 m³) vaky, které jsou vyrobeny ze speciální vysokopevnostní antistatické textilie, upevněné v kovovém rámu. Systém se dodává jako stavebnice složená z jednotlivých dílů:

- o kovový lakovaný rám,
- o kovové dno,
- o pytel z antistatické trvanlivé tkaniny.

Pytlivé silo je jednoduché na montáž, při plnění nevzniká prach a nepotřebuje další otvor k odsávání vzduchu. Celá konstrukce může být postavena jak v místnosti s kotlem, tak i venku pod střechou. Výhodou je, že místnost pro skladování se nemusí již dále nijak upravovat.

K dopravě paliva do topeniště se používá jak vakuový sací systém (doprava až do vzdálenosti 20 m), tak šnekový podavač (při umístění vaku v těsné blízkosti kotle). Objemová využitelnost pytlivého sila je maximálně 45 %.



**Obrázek 32: Tkaninový zásobník s vakuovým sacím systémem
(zdroj: reklamní materiály firmy ÖkoFen)**

6. Cíl práce

Cílem práce je posouzení energetické náročnosti vybrané technologie zpracování biomasy pro přímé spalování. K posouzení energetické náročnosti byla vybrána linka pro výrobu ekobriket vyráběných z dřevěných pilin, a to bez použití dalšího pojiva.

Spotřeba energie pro výrobu určitého množství briket je ovlivňována mnoha faktory. K nejdůležitějším patří vlhkost vstupní suroviny (pilin), kterou ovlivňuje mnoho faktorů. Za nejdůležitější lze považovat vlhkost vzduchu závislou na počasí a denní době a ročním období. Energetická náročnost procesu je tedy závislá nejen na vlhkosti pilin, ale do jisté míry i na počasí a denní době. Nejvíce vlhkosti má materiál obvykle v zimních měsících, kdy je pro výrobní linku navážena i směs pilin se sněhem.

Z výše zmíněného vyplývá, že měření energetické náročnosti celého procesu musí být prováděno dlouhodobě. S přihlédnutím k tomuto faktu byly ze statistického hlediska použity hodnoty spotřebované energie za rok 2009 a 2010. Výsledné hodnoty byly zpracovány do tabulek a následně vyhodnoceny. Pro porovnání hodnot mezi oběma roky pak slouží jednotlivé grafy, které pak ukazují skutečný trend spotřeby elektrické energie v závislosti na ročním období.

7. Metodika zpracování

Jako ukazatel energetické náročnosti procesu briketování byla sledována a zaznamenávána spotřeba elektrické energie. Údaje o spotřebě byly dlouhodobě majitelem odečítány z elektroměru a následně evidovány. Z těchto hodnot spotřeby a údajů o objemu výroby (množství vyrobených briket) byly pak vypočítány spotřeby energie (M_E) na vyrobené množství briket za určité vyrobené období (v tomto případě kalendářní měsíc) dle vztahu:

$$M_E = \frac{E}{m} \text{ [kWh/t]}, \quad [7.1]$$

kde E je měsíční spotřeba elektřiny v kWh a
 m je množství vyrobených briket v tunách.

Jelikož údaje o spotřebované energii a objemu výroby jsou interní firemní data, jsou v této práci uvedeny pouze hodnoty spotřeby přepočtené na kWh/t dle výše uvedeného vztahu 7.1.

Spotřebovaná elektřina je odečítána pro celou zpracovatelskou linku. Jedná se tudíž o elektrickou energii potřebnou k provozu všech strojů, osvětlení celé výrobní haly a další zázemí jako je sociální zařízení či přilehlá opravárenská dílna. Nejedná se tedy o spotřebu samotné lisovací linky, ale o skutečnou spotřebu energie (celé zpracovatelské linky i s pomocnými provozy) na výrobu určitého množství briket.

Z dodaných hodnot spotřeby elektřiny za jednotlivé měsíce byl dále vypočítán aritmetický průměr dle vztahu:

$$\bar{x} = \sum \frac{x_i}{n} \text{ [kWh/t]}, \quad [7.2]$$

kde x_i je spotřeba za jednotlivé měsíce v kWh/t a
 n je počet měsíců

Dále byla pro každý měsíc stanovena odchylka měření dle vztahu:

$$\Delta x = |x_i - \bar{x}| \text{ [kWh/t]}, \quad [7.3]$$

kde x_i je spotřeba za jednotlivé měsíce v kWh/t a
 \bar{x} je aritmetický průměr vypočítaný dle vztahu 7.2.

Pro porovnání spotřeby energie a energie získané spálením briket (výhřevnosti) byla přepočítána spotřeba na MJ/t dle definice 1 joulu:

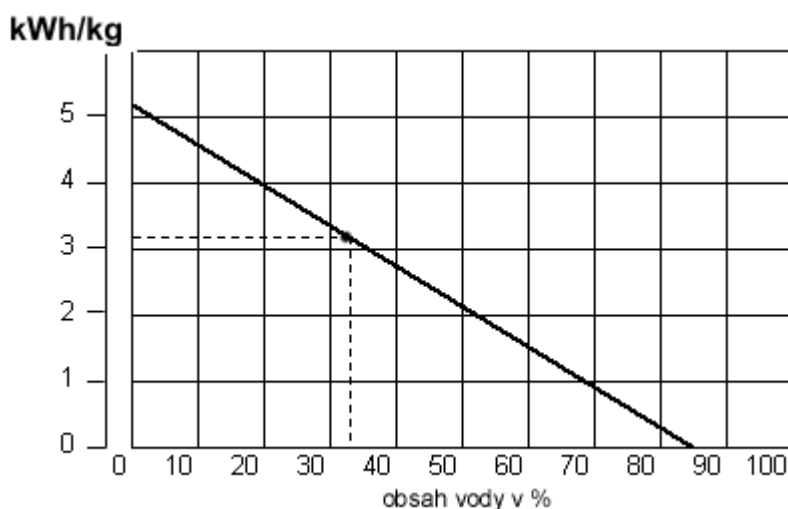
$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s},$$
$$\text{tedy } 1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ} \quad [7.4]$$

Jako ekonomický ukazatel byla stanovena cena za energii spotřebovanou na výrobu briket. Pro použitý výpočet byla cena za 1 tunu briket stanovena ze spotřeby elektrické energie všech strojů ve výrobní lince a přilehlé opravárenské dílně, osvětlení výrobní linky, a přilehlých prostor (sociální zařízení, šatny aj.). Cenová sazba za elektrickou energii je počítána z průměrné ceny energie v ČR pro podniky za rok 2009, která činila 0,1057 €/kWh a následně je přepočítána průměrným kurzem eura v roce 2009 1 € = 26.435 CZK. (Eurostat, 2009)

Tuto cenu však nelze chápat jako cenu na výrobu 1 tuny briket. Cena zahrnuje pouze část fixních (osvětlení výrobní linky i přilehlých prostor, spotřeba energie v opravárenské dílně) a část variabilních (spotřeba elektřiny pro výrobní linku) nákladů výroby. Další nutné náklady jako jsou platy zaměstnanců, odpisy, pohonné hmoty či náklady za zpracovaný materiál a distribuci (odvoz) výrobků ke koncovým zákazníkům aj. již nezohledňuje. Navíc z charakteru měření nelze od sebe jednotlivé náklady oddělit.

Pro porovnání energetické výhodnosti samotného procesu briketování bylo počítáno s rozdílem energie z brikety získané (tedy výhřevností) a energie do brikety dodané. Výhřevnost biobriket je závislá nejen na jejich vlhkosti, ale hlavně na druhu samotného kotle (respektive typu topeniště). Spálením 1 tuny těchto briket pak získáme dle typu kotle 18 000 – 19 000 MJ energie (tepla Q_B). Nejedná se pouze o tabulkovou hodnotu výhřevnosti, ale o skutečnou výhřevnost těchto briket ověřenou zkušebním ústavem (viz certifikát v příloze).

Vstupní surovinou pro výrobu jsou piliny z měkkého dřeva. Výhřevnost dřevních pilin je silně závislá na jejich vlhkosti. Tuto závislost graficky zobrazuje obrázek 33. Jelikož samotná počáteční vlhkost materiálu kolísá s ročním obdobím od cca 40 % vlhkosti v létě, až po vlhkost přesahující 60 % v zimě, bylo počítáno s výhřevností pilin 2 kWh/kg, přepočtené dle vztahu 7.4 na 7 200 MJ/t. Tato výhřevnost odpovídá vlhkosti mezi 50 a 60 %.



Obrázek 33: Závislost výhřevnosti paliva na obsahu vody ve dřevě (zdroj: www.atmos.cz)

Energie do 1 tuny briket dodaná se pak vypočte jako:

$$Q_D = m \cdot Q_M + Q_L \text{ [MJ/t]}, \quad [7.5]$$

kde Q_D je celkové teplo (energie) do brikety dodané,

m je hmotnost materiálu (pilin) potřebná na výrobu 1 tuny briket [t],

Q_M je výhřevnost vstupního materiálu určená z obrázku 33 a přepočtená dle vztahu 7.4 na 7 200 MJ/t a

Q_L je energie do procesu vložená a dle vztahu 7.4 přepočtená na MJ/t.

Energetické zhodnocení paliva je vypočítáno:

$$Q_Z = Q_B - Q_D \text{ [MJ/t]}, \quad [7.6]$$

kde Q_B je výhřevnost briket [MJ/t] a

Q_D je energie dodaná do 1 tuny briket [MJ/t] podle vztahu 7.5

Celou zpracovatelskou linku lze rozdělit na tři části. První částí je doprava, třídění a skladování materiálu, druhou pak sušení a třetí vlastní briketování a balení briket.

Materiál na výrobu briket je ke zpracovatelské lince navážen nejčastěji na nekrytých valnících. Jedná se o piliny měkkých dřevin, vznikající jako odpad při těžbě a zpracování jehličnanů. Převažující surovinou jsou piliny vzniklé jako odpad pilařské výroby. Piliny jsou z valníku vysypány na řetězový dopravník, který je zapuštěný do země. Ten dopravuje materiál na vynášecí šikmý hrabicový dopravník. Šikmý hrabicový dopravník ústí do třídiče. Třídičem je bubnové otáčející se síto. Toto síto pak separuje částice větší než cca 2 x 2 mm (zbytky kůry, třísky). Již separované piliny jsou spirálovým dopravníkem dopraveny do zásobníku v

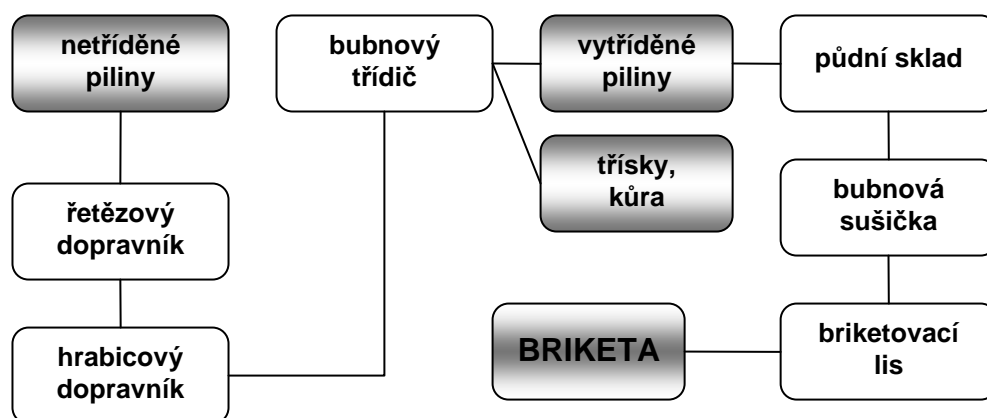
půdních prostorách objektu, které slouží jako sklad materiálu. Zde je materiál přesouván soustavou pásových dopravníků.

Ve druhé fázi výroby jsou piliny z půdního skladu dopravovány pomocí šnekového dopravníku (plnicí větev) do sušičky. Sušička je plněna kontinuálně, za hodinu provozu je schopna usušit cca 200 kg pilin. Jedná se u bubnovou sušičku české výroby (BRIKLIS Malšice). Výstupní vlhkost pilin ze sušičky je 10,5 až 11 % (norma udává maximum 12 %), vstupní teplota je cca 500°C, výstupní teplota 85°C. Celý proces sušení je řízený počítačem.

Ze sušičky jsou piliny dopravovány šnekovým dopravníkem (vyprazdňovací větev) do briketovacího lisu. Jedná se o briketovací lis německé výroby s technologií výroby briket RUF. Samotné briketování zde probíhá ve čtyřech fázích:

1. Materiál k briketování je pomocí dopravního šneku transportován do předzhutňovače.
2. Předzhutňovač materiál stlačí.
3. Hlavní lisovací válec slisuje briketu do její finální podoby.
4. Předjede výměnná forma a pomocí trnu je briketa vypíchnuta. Paralelně k tomu je lisována další briketa.

Paralelním lisováním lze dosáhnout vyšší kapacity výrobní linky. Lisovací tlak je 25 MPa, doba výroby jedné brikety 15 sekund. Výsledkem je hranolovitá briketa o rozměrech 150 x 60 x 80 mm. Poslední fází je balení briket. Balení finálních výrobků je prováděno manuálně, což zaručuje přesné váhové množství a čistotu v balení. Schéma celé výrobní linky je na obrázku 34.



Obrázek 34: Schéma výrobní linky

Následující pasáž o rozsahu 7 stran obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Zemědělské fakultě JU.

Na závěr byl posouzen rozdíl energie spálením briket získané a do výrobního procesu vložené. Na výrobu 1 tuny briket je průměrně potřeba cca 2,1 tun pilin. Pokud jsme do výroby 1 tuny briket průměrně vložili $m = 2,1$ t pilin o výhřevnosti $Q_M = 15\,120$ MJ ($2,1 \text{ t} \cdot 7\,200 \text{ MJ/t}$) a $330,7$ MJ/t (rok 2009) energie (Q_L), respektive $323,1$ MJ/t v roce 2010, vychází nám celková energie „do brikety vložená“ dle vztahu 7.5 na $Q_D = 15\,450,7$ MJ/t v roce 2009 a $15\,443,1$ MJ/t v roce 2010. Pokud budeme počítat s nejnižší deklarovanou výhřevností briket ($18\,000$ MJ/t) a celkovou energií dodanou do jedné tuny briket v roce 2009 ($15\,450,7$ MJ), vychází pak rozdíl energie získané a vložené dle vztahu 7.5 na $2\,549,3$ MJ/t. Celý výrobní proces, hlavně sušení a lisování, tedy zhodnotil palivo o více jak $2\,500$ MJ/t, což odpovídá $14,2$ %. V energetické bilanci bylo úmyslně počítáno s průměrnou energetickou náročností výroby a nejmenší možnou garantovanou výhřevností. Tato energetická bilance se týká pouze samotného výrobního procesu, nezohledňuje již energetickou náročnost dovozu materiálu a expedice briket.

Při srovnání energetické náročnosti briketování a peletování byly pro peletování zjištěny tyto hodnoty (Lyčka 2011): Na výrobu 1 kg pelet o výhřevnosti $4,8$ kWh/kg je spotřebováno $1,8$ kg pilin, ve kterých je akumulována energie $3,6$ kWh (2 kWh/kg \times $1,8$ kg). Energetický zisk je tak $1,2$ kWh. K tomu se spotřebuje $0,52$ kWh energie na vysušení původní suroviny, $0,15$ kWh elektrické energie na výrobní technologii.

Do 1 kg pelet je tedy vloženo celkem $4,27$ kWh energie ($15\,372$ MJ/t), udávaná výhřevnost je pak $4,8$ kWh/kg ($17\,280$ MJ/t). Některé zdroje dokonce uvádějí výhřevnost pelet vyšší (až $19\,000$ MJ/t). Lze tedy říci, že proces briketování a peletování je z hlediska vložené energie naprosto rovnocenný a v obou případech dochází zpracováním ke zhodnocení materiálu.

10. Závěr

Výsledkem bakalářské práce bylo posouzení ekonomické výhodnosti vybrané technologie zpracování biomasy. Bylo zjištěno, že k výrobě 1 tuny briket je spotřebováno 91,9 kWh elektrické energie (rok 2009), respektive 89,8 kWh v roce 2010. Nejmenší spotřeby energie je dosahováno v letních měsících, nejvyšší pak v zimě.

Na základě zjištěných hodnot lze konstatovat, že energetická náročnost sledované linky je ovlivněna převážně vlhkostí zpracovávaného materiálu. Energetickou náročnost, tedy spotřebu energie, procesu výroby briket nejvíce ovlivňuje spotřeba sušičky pilin. Jelikož energetickou náročnost lisování, tedy samotnou spotřebu lisu, lze díky předem definované vlhkosti lisovaného materiálu, dané výstupní vlhkostí ze sušičky, považovat za konstantní, bylo by možné měřit pouze energetickou náročnost sušení pilin. Stejně tak lze za konstantní považovat energetickou náročnost všech dopravníků, jejichž spotřeba energie je vzhledem k řádům kilowat, ve kterých se celé měření pohybuje, pouze minimálně závislá na vlhkosti (s vlhkostí roste i hmotnost dopravovaného materiálu). K energetické náročnosti sušičky je však nutné připočítat spotřebu elektřiny bubnového třídíče, která závisí na velikosti jednotlivých frakcí (tedy jakosti dodaného materiálu), kterou nelze nijak ovlivnit.

Na základě zjištěných údajů byla sestavena energetická bilance energie do výroby brikety vložené a spálením brikety získané. Výsledkem měření a výpočtů je 15 450,7 MJ dodané energie na tunu briket. Při výhřevnosti výsledného paliva mezi 18 000 a 19 000 MJ/t lze říci, že důsledkem celého výrobního procesu došlo k energetickému zhodnocení paliva.

Na základě výsledků této práce pak lze doporučit zlepšení směřující k menší energetické náročnosti procesu. To spočívá zejména v ovlivnění vlhkosti vstupního materiálu. Nižší vlhkosti pilin by bylo možné dosáhnout jejich skladováním na roštu provětrávaném vzduchem. Problematickým faktorem je však velikost ok roštu, kde by vzhledem k velikosti pilin pak materiál propadával pod rošt.

11. Literatura

BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. aktualizované vydání. Brno : ERA, 2004. 140 s. ISBN 80-86517-89-6

CELJAK, Ivo: *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací*. Interní učební text. JU, ZF, České Budějovice, 2009

CENEK, Miroslav, a kol. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. doplněné a upravené vydání. Praha : FCC Public, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9

ČÍŽEK, Vladimír. *Základní předpoklady pro zakládání plantáží a pěstování rychlerostoucích dřevin v podmínkách ČR* : Expertní studie k projektu BRIE – Regionální trh s biomasou, 2007. 39 s. Dostupné z WWW: <http://www.regec.cz/_data/attachments/1c0d7f7f448776b47c79be94fc688106_Zakladni_predpoklady_RRD1.pdf>.

DOSTÁLEK, P. a kol.: *Netradiční plodiny, bulletin ekologického zemědělství*. PRO-BIO Šumperk, 2000.

KOBERNA, Daniel. *Možnosti využití travní hmoty*. České Budějovice, 2008. 146 s. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Dostupné z WWW: <http://theses.cz/id/w82y8z/downloadPraceContent_adipldno_5265>.

Kolektiv autorů: *Ottova všeobecná encyklopedie ve dvou svazcích : A-L*. Vydání 1. Praha : Ottovo nakladatelství, 2003. qq, s. 140. ISBN 80-7181-938

MOUDRÝ, Jan; KALINOVÁ, Jana. *Pěstování speciálních plodin - multimediální texty*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích : Zemědělská fakulta, 2004. Energetické využití biomasy. Dostupné z WWW: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/index.html>>

PASTOREK, Zdeněk; KÁRA, Jaroslav; JEVIČ, Petr. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC Public, 2004, 288 s. ISBN 80-86534-06-5.

Reklamní materiály firmy ATMOS

Reklamní materiály firmy ÖkoFen

ŠRÁMEK, Václav; SOUKUPOVÁ, Zuzana. : *Energetické využití komunálních odpadů : reklamní publikace firmy RAEN s.r.o.*. Praha : LNT, 2008.

VÁŇA, Jaroslav: *Skripta z předmětu ekologie a ekotechnika*. 2. doplněné vydání 1998. Dostupné z WWW: <<http://stary.biom.cz/clen/jv/obsah.html>>

Zákon ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů : zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. In *Sbírka zákonů české republiky*. 2005, částka 66, č. 180, Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb066-05.pdf>>. ISSN 1211-1244

Zákon ze dne 24. března 2010, kterým se mění zákon č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2010, roč. 2010, částka 58, č. 164. Dostupný také z WWW: <www.mvcr.cz/soubor/sb058-10-pdf.aspx>. ISSN 1211-1244.

Online materiály:

CELJAK, Ivo, BOHÁČ, Jaroslav: Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sídel. Biom.cz [online]. 2008-12-01 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel>>. ISSN: 1801-2655.

Czech Hydrometeorological Institute [online]. (c) 2011 [cit. 2011-04-10]. Průměrné srážky v roce 2009 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990 - operativní data. Dostupné z WWW: <<http://www.chmi.eu/meteo/ok/okdat099od.html>>.

Czech Hydrometeorological Institute [online]. (c) 2011 [cit. 2011-04-10]. Průměrné srážky v roce 2010 ve srovnání s dlouhodobým normálem 1961–1990 - operativní data. Dostupné z WWW: <<http://www.chmi.eu/meteo/ok/okdat109od.html>>.

DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. *Biom.cz* [online]. 2006-05-09 [cit. 2011-03-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>>. ISSN: 1801-2655.

Eurostat Home [online]. (c) 2011 [cit. 2011-04-10]. ECU/EUR exchange rates versus national currencies. Dostupné z WWW: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tec00033&plugin=1>>.

Eurostat Home [online]. (c) 2011 [cit. 2011-04-10]. Electricity prices for industrial consumers. Dostupné z WWW: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&code=ten00114&language=en>>.

KOLONIČNÝ, Jan: Emise při spalování biomasy. *Biom.cz* [online]. 2010-06-07 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/emise-pri-spalovani-biomasy-2>>. ISSN: 1801-2655.

LYČKA, Zdeněk: Energetická náročnost výroby pelet z biomasy. *Biom.cz* [online]. 2011-02-02 [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy?all_ids=1>. ISSN: 1801-2655.

MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (1) Zdroje. *Biom.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/czp-bioodpady-a-kompostovani/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje?apc=/czt-bioodpady-a-kompostovani/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje&nocache=invalidate&sh_itm=891f515cb40c24d749b9ac1f41cd3326&all_ids=1>. ISSN: 1801-2655.

SLADKÝ, Václav: Křídlatka – perspektivní energetická plodina. *Biom.cz* [online]. 1999-02 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html>>

STUPAVSKÝ, Vladimír: Kotel na dřevní štěpku. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-drevni-stepku>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, Vladimír: Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2011-04-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655.

http://www.steptrutnov.cz/	Kotle na biomasu Step Trutnov a.s.
http://www.rychlerostoucitol.cz/	Japonský topol - rychle rostoucí dřevina
http://www.kotle-verner.cz/	Kotle na pelety a tuhá paliva Verner
http://www.atmos.cz/	Kotle ATMOS
http://www.briklis.cz/	Hydraulické briketovací lisy Briklis, spol. s r.o.
http://www.brikettieren.de/	Briketovací lisy RUF
http://www.biom.cz/	CZ Biom – České sdružení pro biomasu
http://www.bruks.com/	Štěpkovače
http://www.jenz.at/	Štěpkovače
http://www.doppstadt.com/	Mobilní a stacionární drtiče

12. Přílohy

Příloha I: Certifikát o shodě

ZKUŠEBNÍ ÚSTAV LEHKÉHO PRŮMYSLU, s.p.
Čechova 59, 370 65 České Budějovice

CERTIFIKÁT

číslo: 003 0092 104

Tímto se potvrzuje shoda výrobku

PILINOVÉ BRIKETY

vyráběného/dodávaného

DV ŠTĚRBA Stanislav
Martínkova 463
378 53 Strmilov

s touto předepsanou normou nebo jiným dokumentem

DIN 517 31
ONORM M 7135

Výsledky zkoušek a zjištění jsou uvedeny v protokole o zkoušce č.:

003 0092 104

Ze dne: 2000-10-19

Platnost do: neomezena

Datum vydání: 2000-10-19




Ing. Libor Doležal
ředitel ZÚLP

Příloha II: Řetězový dopravník



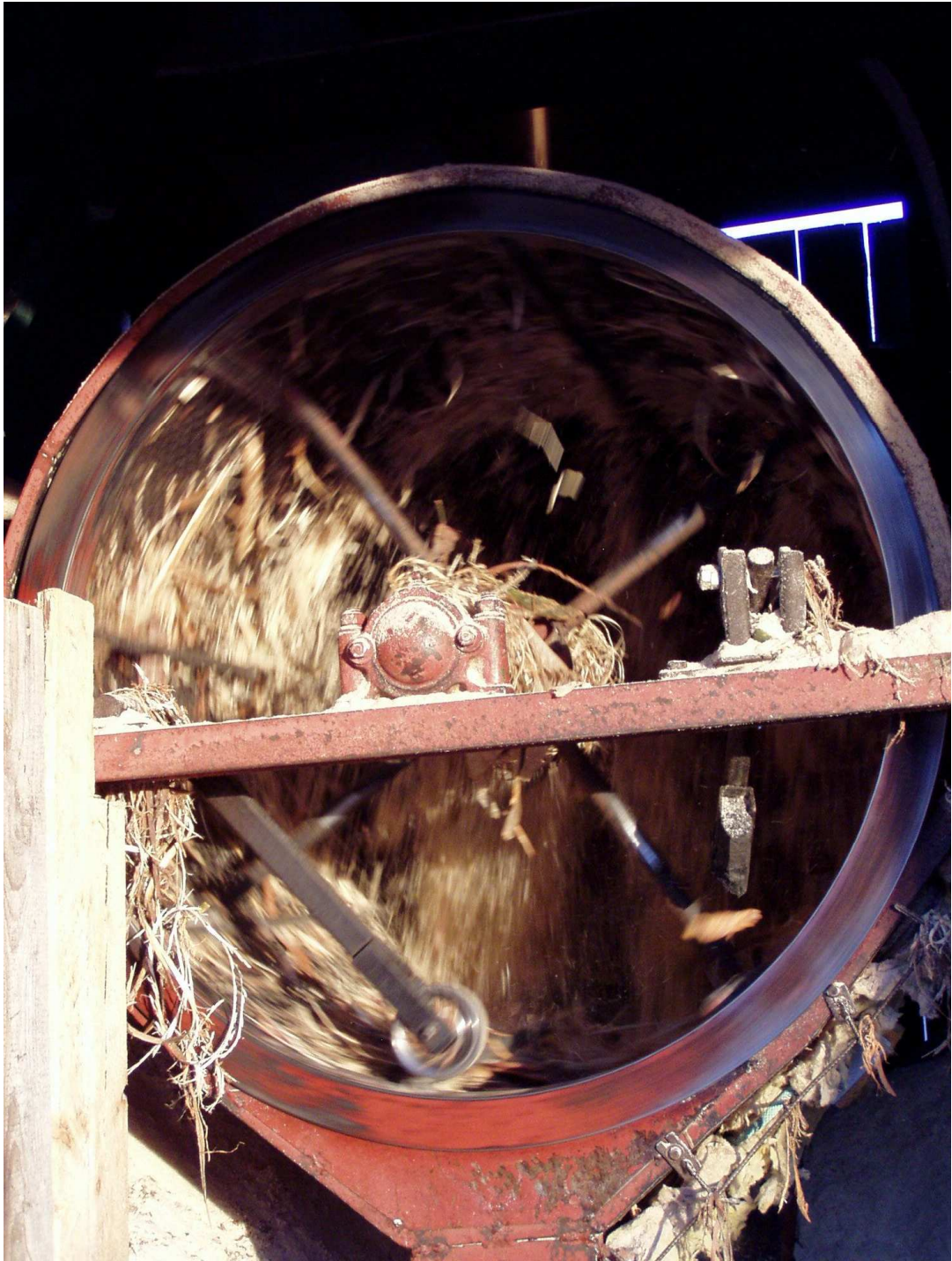
Příloha III: Separované piliny pro výrobu briket



Příloha IV: Vynášecí dopravník a třídič



Příloha V: Detail bubnového třídiče



Příloha VI: Vstupní materiál - piliny



Příloha VII: Materiál vytríděný bubnovým třídičem

