

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva



**Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové
technologie na zpracování odpadů z výroby
europalet**

Diplomová práce

Autor: Ing. Lukáš Kresl

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Gašparík, PhD.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra základního zpracování dřeva

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Lukáš Kresl

Dřevařské inženýrství

Název práce

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Název anglicky

Energetic-economic balance and design of pellet technology for processing of waste from the production of europallets

Cíle práce

Cílem práce je zpracovat bilanci energetického a ekonomického využití odpadů z výroby europalet a navrhnout technologickou linku zpracování odpadů na pelety, zapracování nové linky na výrobu pelet do stávající výroby z technického a technologického hlediska.

Metodika

Rozbor problematiky obnovitelných zdrojů energie, rozdělení a charakteristika jednotlivých typů produktů z hlediska energetického využívání. Charakteristika dřevných odpadů a jejich využívání. Návrh peletovací linky z hlediska kapacity a využití. Technické řešení peletovací linky v návaznosti na výrobu europalet, ekonomické dopady na stávající výrobu, cenová bilance nově vyrobených pelet a jejich porovnání se současnými produkty na trhu. Srovnání vyrobených pelet na základě jejich vlastností.

Doporučený rozsah práce

55-65 stran textu

Klíčová slova

zpracování odpadů, obnovitelné zdroje, europalety, pelety, energetické využití

Doporučené zdroje informací

Hrázský, J., Král, P. Využití dřevních a jiných lignocelulózových odpadů, 1. vydání, MZLU Brno, 1999, 98 s. ISBN 80-7157-403-1.

Jandačka, J., Malcho, M. Biomasa ako zdroj energie. 1. vydanie. Juraj Štefúň – GEORG, Žilina, 2007, 78 s. ISBN 978-80-969161-4-6.

Kuraš, M. a kol. Technologické zpracování odpadů. VŠCHT, Praha, 1993, 279 s.

Normy k dané problematice

Odborné články k dané problematice

Ochodek, T., Koloničný, J., Janásek, P. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. TU vo VŠB – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum, 2006, 187 s. ISBN 80-248-1207-X.

Straka, F. Metody likvidace a energetického využití odpadů. C.A. Publishing, VUSTE Praha, 1991, 237 s. Trenčianský, M., Lieskovský, M., Oravec, M. Energetické zhodnotenie biomasy. NLC, Zvolen, 2007, 147 s.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen) – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miroslav Gašparík, PhD.

Elektronicky schváleno dne 31. 3. 2014

prof. Ing. Štefan Barčík, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 8. 2014

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 25. 09. 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miroslava Gašparíka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne:

.....

Lukáš Kresl

Poděkování:

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Miroslavu Gašparíkovi, Ph.D. za jeho cenné rady a odborné vedení při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt:

Diplomová práce na téma Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet se zabývá návrhem peletovací linky do podniku zabývajícím se zemědělskou výrobou a výrobou europalet. V teoretické části práce jsou popsány jednotlivé obnovitelné zdroje energie (sluneční, vodní, větrná energie a energie z biomasy), zdroje dřevní hmoty pro energetické využití (zaměření na odpady vznikající z dřevozpracujícího průmyslu) a zařízení pro spalování biomasy. Dále se práce zabývá samostatnou problematikou peletování a kotlů na spalování pelet. V praktické části práce je zpracovaný návrh peletovací linky do stávajícího zemědělského podniku, který se zabývá výrobou europalet. Poslední část práce obsahuje ekonomické zhodnocení investice do navržené výrobní linky.

Klíčová slova:

zpracování odpadů, obnovitelné zdroje, europalety, pelety, energetické využití.

Abstract:

This thesis deals with a proposal of pelletizing line in the company dealing with agricultural production and the production of EUR-pallets. The theoretical part describes the various renewable energy sources (eg. Solar, hydro, wind and biomass energy) sources of wood mass for energetic utilization (focused on waste resulting from wood processing industry) and equipment for biomass combustion. Furthermore, the work deals with issues of the pelletizing and combustion boilers for pellets. The practical part presents a proposal of pelletizing line in the existing agricultural company, which is engaged in manufacturing of pallets. The last part contains an economic evaluation of the proposed investment in the production line.

Keyword:

waste processing, renewable energy, EUR-pallet, pellets, energetic utilizations.

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíl práce a metodika	12
3	Obnovitelné zdroje energie.....	13
3.1	Sluneční energie	13
3.2	Větrná energie	15
3.3	Vodní energie	17
3.4	Energie z biomasy	18
3.4.1	Zpracování biomasy.....	21
4	Zdroje dřevní hmoty pro energetické využití	28
4.1	Palivové dříví	28
4.2	Těžební odpad	28
4.3	Manipulační odřezky.....	28
4.4	Pařezy a kořeny	28
4.5	Lesní štěpky	29
4.6	Odpady dřevozpracujícího průmyslu	29
4.6.1	Dřevní prach	29
4.6.2	Piliny	29
4.6.3	Štěpka.....	30
4.6.4	Kůra	30
5	Zařízení pro spalování dřevního odpadu	31
5.1	Malá zařízení	31
5.2	Střední zařízení.....	31
5.3	Velká zařízení.....	33
6	Peletování	34
6.1	Technologický postup výroby pelet	34
6.2	Druhy pelet a jejich vlastnosti.....	42
6.3	Spalovací zařízení na pelety	46
7	Společnost Agricultur s.r.o.	49
8	Návrh peletovací linky do firmy Agricultur	51

9	Ekonomické zhodnocení projektu	62
9.1	Investiční náklady	62
9.2	Výrobní náklady	63
9.3	Příjmy z prodeje	67
9.4	Ekonomické zhodnocení	68
9.4.1	Výpočet Cash flow	68
9.4.2	Návratnost investice	68
9.4.3	Míra rentability	68
10	Závěr	69
11	Použitá literatura	70

Seznam tabulek a obrázků

Tab. 1 Druhy úpravy biomasy	22
Tab. 2 Srovnání norem pro biopaliva	45
Tab. 3 Srovnání peletizační a briketovací linky	50
Tab. 4 Základní parametry kladívkového mlýnu	53
Tab. 5 Investiční náklady	62
Tab. 6 Náklady na mzdy zaměstnanců	63
Tab. 7 Spotřeba elektrické energie	64
Tab. 8 Náklady na vstupní suroviny	65
Tab. 9 Celkové výrobní náklady	65
Tab. 10 Splátkový kalendář úvěru	66
Tab. 11 Odpisový plán	67
Tab. 12 Příjmy z prodeje	67
Tab. 13 Cash flow (v mil. Kč)	68
Obr. 1 Schéma procesu pyrolýzy	24
Obr. 2 Schéma anaerobní fermentace	25
Obr. 3 Prohořivací kotel	32
Obr. 4 Kotel se spodním odhoříváním	32
Obr. 5 Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety	33
Obr. 6 Disková sekačka	34
Obr. 7 Bubnová sekačka s dvěma způsoby uchycení nožů	35
Obr. 8 Schéma šroubového peletovacího stroje	38
Obr. 9 Schéma horizontálního peletovacího stroje s válcovými kladkami	38
Obr. 10 Schéma horizontálního peletovacího stroje s lisovacím rotorem	39
Obr. 11 Schéma horizontálního peletovacího stroje s ozubenými kladkami	40
Obr. 12 Schéma vertikálního peletovacího stroje s válcovými kladkami	40
Obr. 13 Schéma vertikálního peletovacího stroje s kuželovitými kladkami	41
Obr. 14 Dřevní pelety – vlevo s kůrou, vpravo bez kůry	43
Obr. 15 Pelety ze stébelnin – vlevo ze šťovíku, vpravo z řepky	43
Obr. 16 Pelety z uhelného prachu	43
Obr. 17 Schéma automatického kotle na pelety	47
Obr. 18 Peletový hořák	48
Obr. 19 Pohled na výrobní areál firmy Agricultur s.r.o.	49
Obr. 20 Peletovací linka	51
Obr. 21 Pohled na sklad palet a sklad dřevěného odpadu	51
Obr. 22 Sklad balíků	52
Obr. 23 Kladívkový mlýn	53
Obr. 24 Pohled na peletovací linku	54
Obr. 25 Rozdružovač	55
Obr. 26 Drtič	55

Obr. 27 Vstupní násypka	56
Obr. 28 Sekce vzduchové dopravy	56
Obr. 29 Sekce lisování	57
Obr. 30 Dávkovací dopravník.....	58
Obr. 31 Lis	59
Obr. 32 Odsavač par a prachu.....	59
Obr. 33 Čistící a vibrační dopravník.....	60
Obr. 34 Chladící dopravník	61

1 Úvod

Ústředním tématem této diplomové práce je využití energie z obnovitelných zdrojů se zaměřením na energii z biomasy a odpadů vznikajících v dřevozpracujícím průmyslu. V dřívější době neměl tento odpad téměř žádnou hodnotu a dřevozpracující závody ho považovaly za bezcenný materiál. V dnešní době je naopak tento odpad velice žádaným materiálem, který se zpracovává na aglomerované materiály nebo je využíván v energetickém průmyslu. Zpracování pilařského odpadu v energetickém průmyslu se provádí štěpkováním, briketováním nebo peletováním.

Zpracování pilařského odpadu formou výroby pelet je v poslední době velmi rozvíjejícím se odvětvím. Posledních 13 let se množství vyrobených pelet zvyšuje. Růst za posledních 8 let je v podstatě lineární, což svědčí o relativně stabilním trhu.

Vyrobene pelety mají hned několik možností využití:

- pro výrobu elektrické energie,
- na vytápění objektů a rodinných domů,
- smíšené využití.

Největším spotřebitelem dřevních pelet je s 80% světové spotřeby Evropská unie. Tato spotřeba se dostává na hranici výrobní kapacity a proto se bude do budoucna spoléhat na dovoz.

Pro výrobu pelet se nejčastěji používá čistá dřevní surovina ve formě pilin bez dřevního prachu, který pevnost pelet snižuje. Rozměr pilin by měl být 2-3 mm při obsahu vody do 14 % vlhkosti. Při větší vlhkosti se musí vstupní materiál dosušet. Výsledná vlhkost pelet by neměla být větší než 10 %.

2 Cíl práce a metodika

Cílem této diplomové práce je návrh efektivního využití dřevního odpadu vznikajícího z výroby europalet. Tohoto cíle bude dosaženo návrhem peletizační linky, která bude zpracovávat dřevní odpad, v případě nedostatku dřevního odpadu bude výroba pelet ze slaměných balíků.

V diplomové práci je nastíněna problematika spojená s výrobou pelet. Dané téma se snažíme objasnit návrhem peletizační linky do stávajícího podniku a to včetně popisů jednotlivých komponentů výrobní linky a ekonomického zhodnocení celého projektu.

3 Obnovitelné zdroje energie

V kapitole č. 3 jsou popsány jednotlivé obnovitelné zdroje energie (tj. sluneční, větrná, vodní energie a energie z biomasy).

3.1 Sluneční energie

Sluneční energie a její využití je z hlediska životního prostředí nejčistším a nejšetrnějším způsobem výroby elektrické energie. Sluneční záření je jedním ze základních obnovitelných zdrojů energie. Většina ostatních obnovitelných zdrojů energie má svůj původ ve sluneční energii.

Energie Slunce je předávána Zemi ve formě záření. Na každý 1m^2 ozářené plochy sluncem dopadá v podobě světelných, tepelných a ultrafialových paprsků výkon kolem 1 kW. Tuto energii lze přeměnit na elektrickou energii nebo teplo pomocí solárních a fotovoltaických kolektorů. [1, 2]

Fotovoltaické kolektory využívají křemíkové polovodiče. K výrobě těchto polovodičů je potřeba velmi čistého křemíku, jehož výroba je technologicky náročná a cena této výroby se promítá do konečné ceny za fotovoltaické panely. Křemíkové články pracují na principu fotoelektrického jevu. Světelné částice dopadají na křemíkový článek a svou energií z něho „vyráží“ elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádá pohyb elektronů tak, aby vznikl stejnosměrný elektrický proud. Aby bylo možné elektrický proud dodávat do sítě, musí se převést na střídavý proud. K tomuto převodu dochází pomocí konvektoru. [3]

Podle typu solárních článků lze fotovoltaické sluneční panely a kolektory rozdělit na:

- monokrystalické kolektory (složeny z jediného krystalu);
- polykrystalické kolektory (skládají se z velkého množství různě orientovaných krystalů);
- amorfnní kolektory (základem je amorfnní křemíková vrstva).

Panely s monokrystalickými články

V České republice jsou nejvíce používané solární panely s monokrystalickými články. Krystaly křemíku jsou větší než 100 mm a vyrábí se na bázi chemického procesu - tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm, které se poté rozřežou na tenké plátky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17 %. [4]

Solární panely s polykrystalickými články

Základem polykrystalických panelů je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemíková podložka. Rozdíl je v solárních článcích, které se skládají z většího množství menších polykrystalů. Výroba těchto článků je, oproti monokrystalickým panelům, výrazně jednodušší, tím pádem i rychlejší a levnější. Účinnost těchto článků se pohybuje od 12 do 14 %. [4]

Solární panely s amorfními články

U panelů s amorfními články je základem napařovaná křemíková vrstva, která se v tenké vrstvě nanáší na fólii nebo sklo. Účinnost těchto článků se pohybuje od 7 do 9 %. Abychom dosáhly požadovaného výkonu, potřebujeme 2,5x větší plochu než při použití mono nebo polykrystalických panelů. Celoroční výnosy jsou však o 10 % vyšší. Tento druh solárních panelů se využívá tam, kde není investor omezen prostorem. [4]

Výhody sluneční energie:

- V lidském měřítku je slunce nevyčerpatelným zdrojem energie.
- Provozní náklady jsou nízké, neboť sluneční energie je zdarma.
- Obsluha zařízení využívající této energie je nenáročná.
- Dlouhá životnost zařízení, která je obvykle garantovaná na 15 až 20 let. Po uplynutí této doby se výkonnost zařízení postupně snižuje.
- Využíváním sluneční energie dochází ke snížení využívání fosilních paliv, při jejichž spalování dochází k úniku emisních částic (SO₂, CO₂, NO_x a prachové částice) a oteplování planety.

[5, 6, 7]

Nevýhody sluneční energie:

- Dopad slunečního záření je během roku různý, nelze tedy tento zdroj využít jako samostatný zdroj tepla. Pro celoroční využití je zapotřebí použít doplňkový zdroj energie, který nám zajistí potřebnou energii, kdy je slunečního záření nedostatek nebo využít zařízení k akumulaci energie.
- Vyžaduje poměrně vysokou počáteční investici. Při instalaci solárních panelů je potřeba provést určité stavební úpravy (např. uchycení panelů, úprava topné soupravy).

[5, 6, 7]

3.2 Větrná energie

Větrná energie vzniká nerovnoměrným ohřevem Země vlivem tlakových rozdílů v atmosféře, které jsou právě prouděním vzduchu vyrovnávány. Nejdůležitějším faktorem při stavbě větrné elektrárny je rychlost větru, jehož minimální průměrná hodnota by neměla být nižší než 5 ms^{-1} ale ne vyšší než 25 ms^{-1} .

[1, 2]

Základní rozdělení větrných elektráren:

1. Podle osy otáčení:

- vodorovné (nejpoužívanější, pracují na principu vztlakové energie);
- svislé (málo používané, vysoké dynamické namáhání, nižší životnost).

2. Podle počtu lopatek:

- jedno a dvoulopatkové (málo používané, nutno vyvážení pomocí doplňkového závaží);
- třílopatkové (nejpoužívanější).

3. Podle výkonu:

- mikro (do 1kW; pro napájení malých zařízení, nedodávají energii do sítě);
- malé (do 20 kW; pro dobíjení akumulátorů, dodávají energii do sítě);

- střední (20 – 50 kW; pro ohřev teplé vody v rodinných domech, dodávají energii do sítě);
- velké (od 50 kW; výhradně pro dodávku energie do sítě).

[8, 9]

4. Podle elektrického generátoru:

- stejnosměrný;
- synchronní;
- asynchronní.

[11]

Výhody větrné energie:

- Větrná energie je obnovitelná a prakticky nevyčerpatelná energie.
- Při výrobě nejsou produkovány žádné škodliviny.
- Elektrickou energii lze vyrábět i v místech, kde není k dispozici rozvodná elektrická síť.
- Při výrobě této energie nevznikají žádné škodlivé emise, a tak nedochází ke zhoršení skleníkového efektu.
- Vytváří nová pracovní místa a také příležitost pro rozvoj českého průmyslu.

[8, 9, 10]

Nevýhody větrné energie:

- Rychlost větru je nestálá, jedná se tedy o nestálý zdroj energie.
- Provoz větrné elektrárny je hlučný.
- Vzniká stroboskopický efekt.
- Dochází k rušení ptactva a zvěře.
- Narušuje krajinný ráz.
- Objevují se konstrukční vady, které ohrožují bezpečnost provozu (např. v zimě odletující kusy namrzlého ledu).
- Narušují radiový a televizní signál.
- Velmi málo vhodných míst pro umístění větrných elektráren.

[8, 9, 10]

3.3 Vodní energie

Díky koloběhu vody za působení gravitační síly Země a sluneční energie vzniká vodní energie. Voda může být v přírodě nositelem tepelné, chemické a mechanické energie. Nejvíce využívanou je mechanická energie, kam spadá energie vodních toků a moří. Pro výrobu energie se využívá proudění vody (rychlost a spád toku – kinetická energie) a tlak (gravitace a výškový rozdíl hladin – potenciální energie). Takto získanou energii řadíme mezi čistou energii. [1, 2]

Rozdělení vodních elektráren

1. Přečerpávací elektrárny:

Přečerpávací elektrárny jsou vhodné pro toky s malým průtokem a vhodným okolním terénem pro vybudování hrází. Principem této elektrárny je přečerpání vody do horní nádrže v době přebytku elektrické energie (např. v noci) a následná výroba v době energetické špičky vypuštěním vody z horní nádrže přes turbínu do dolní nádrže. [12, 13]

2. Akumulační elektrárny:

Akumulační elektrárny zadržují vodu při dostatku elektrické energie. Při nedostatku elektrické energie zadrženou vodu použijí k výrobě elektrické energie. Dají se použít i jako ochrana proti záplavám a zásobárna pitné vody. [12, 13]

3. Přílivové elektrárny:

Přílivové elektrárny využívají energii vody při přílivu a odlivu vody. Nejvhodnějším umístěním elektráren je místo se silným přílivem a odlivem. Nevýhodou těchto elektráren je výroba energie při přílivu, odlivu. Výroba energie se nedá ovlivnit (často dochází k výrobě mimo energetickou špičku). [12, 13]

Výhody vodní energie:

- Vodní energie je obnovitelná a prakticky nevyčerpatelná energie
- Minimální dopad na znečištění okolí při provozu elektrárny.
- Nároky na údržbu a obsahu vodní elektrárny jsou minimální a je možné dálkové ovládání výroby energie.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

- Výroba energie je možná několik vteřin po startu, může se tedy použít jako špičkový zdroj energie, který může pokrýt okamžité nároky na výrobu.
- Přehradní jezera slouží i k jiným účelům (např. rekreační účely, zdroj pitné a užitkové vody, říční rybolov aj.).

Nevýhody vodní energie:

- Je potřeba vynaložit značnou finanční částku a čas pro výstavbu.
- Stavba si vyžaduje zatopení velkého území.
- Výroba energie je závislá na stabilním průtoku vody.
- Přehradní hráze a jezy komplikují lodní provoz (nutno budovat systém plavebních komor) a tah ryb (nutno budovat systém cest pro ryby).

[10, 14]

Druhy turbín pro výrobu elektrické energie:

- Bánkiho turbína (rovnotlaká turbína);
- Peltonova turbína (tangenciální rovnotlaká turbína);
- Francisova turbína (horizontální nebo vertikální přetlaková turbína);
- Kaplanova turbína (přetlaková axiální turbína);
- Dériazova turbína (rovnotlaká tangenciální turbína);
- Savaniova turbína (turbína pracující na odporovém principu).

[10, 15]

3.4 Energie z biomasy

Pojmem biomasa se obecně myslí substance biologického původu (např. živočišná biomasa, rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě a vedlejší organické produkty nebo organické odpady). Protože základním stavebním prvkem každé biomasy je uhlík, jehož chemické vazby obsahují energii, lze teoreticky pro výrobu energie využít všechny formy biomasy.

V České republice se z energetického hlediska využívá především dřevo, sláma a jiné zemědělské zbytky a exkrementy užitkových zvířat. Energeticky využitelný

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

je také tříděný komunální odpad a plynné produkty, které vznikají při provozu čistíren odpadních vod.

Energie se z biomasy získává chemickými nebo biochemickými procesy. Spalování biomasy je základní technologie pro její zpracování. Dalšími technologiemi jsou zkapalňování, lisování, fermentace, zplyňování, kvašení, pyrolýza aj. [1, 2, 16]

Rozdělení biomasy

1. Z hlediska původu

a) Zemědělská biomasa (fytomasa pěstovaná na zemědělské půdě)

Jedná se o cíleně pěstované energetické plodiny, které mohou být:

- jednoleté (konopí seté, hořčice, ...),
- víceleté (křídlovka, šťovík, ...),
- ozimé a jarní pro nepotravinářské účely (obiloviny, kukuřice, olejnin a přadné rostliny),
- rychle rostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě (vrba, topol, akát),
- část vedlejších zemědělských produktů (sláma olejnin, obiloviny),
- nespotřebované seno z údržby luk a pastvin.

b) Lesní biomasa (dendromasa):

- Palivové dřevo,
- zbytková dendromasa z lesnictví a dřevařského průmyslu. Jedná se o zbytkovou dřevní hmotu z těžby dřeva, probírek, prořezávek. Dále sem patří odřezky a zbytky z dřevozpracujícího průmyslu. Z této části biomasy jsou vyráběny dřevní pelety.

c) Zbytková biomasa (vedlejší produkty zemědělského a zpracovatelského průmyslu):

- Zbytky z dřevoprůmyslu a výroby papíru,
- zbytky ze zpracování masa,
- zbytky z potravinářského a lihovarnického průmyslu,

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

- zbytková biomasa z rostlinné a živočišné výroby (tj. sláma a exkrementy chovaných zvířat),
- kaly z čistírenské výroby a kaly ze specifické výroby.

[17, 18, 19]

2. Z hlediska způsobu využití

a) Suchá biomasa:

- S vlhkostí do 40 %,
- po vysušení vhodná ke spalování (dřevo, obilí, sláma,...).

b) Vlhká biomasa:

- S vlhkostí nad 40 %,
- vhodná k výrobě bioplynu (kejda, hnůj, kaly z čističek vod,...).

[17, 18, 19]

Výhody biomasy

- Jednou z výhod biomasy je skutečnost, že se jedná o snadno dostupný zdroj. Při obnovování je navíc zaručena také pravidelnost dodávek.
- Biomasa představuje trvale obnovitelný zdroj energie, který má potenciál do značné míry snížit emise skleníkových plynů. To vše ale pouze za předpokladu, že se s biomasou a její produkcí bude vhodně zacházet.
- Moderní postupy, které se při zpracování biomasy využívají, jsou vysoce sofistikované systémy s vysokou měrou efektivnosti.
- Biomasa obsahuje velmi nízký podíl síry tím pádem i oxidu siřičitého ve spalínách. Neobsahuje prakticky žádný obsah organicky vázaného chlóru.
- Při využívání biomasy odpadají také náklady na budování nákladné infrastruktury na přepravu biomasy. Na rozdíl od fosilních paliv je biomasa vysoce dostupná. Tím pádem se snižuje také riziko havárie při převozu.

[19, 21]

Nevýhody biomasy

- Využívání biomasy s sebou přináší ale také řadu problémů a rizik. Největší nevýhodou je negativní dopad na životní prostředí.
- Při zpracování biomasy vzniká odpad a vedlejší produkty, které je potřebné vhodným způsobem uskladnit. Následné uskladnění vzniklého odpadu probíhá nejčastěji na skládkách a přináší s sebou dodatečné náklady. Možnosti uskladňování jsou však limitovány omezenou kapacitou skládky. Dochází tím také ke zvýšení produkce tzv. skládkových plynů a metanu. Přičemž metan je považován za 21krát silnější skleníkový plyn než je oxid uhličitý.
- Pěstování biomasy dochází často k nekontrolovatelným přeměnám tradičně obhospodařovaných polí a lesů.
- Mnohé druhy energetických plodin mohou být výsledkem moderních genetických manipulací, které si kladou za cíl maximalizovat produkci a to v co možná nejkratším čas. Další snahou je posilnit tyto plodiny vůči škůdcům.

[16, 18, 19]

3.4.1 Zpracování biomasy

Způsob, jak můžeme získávat energii z biomasy je závislý zejména na chemických a fyzikálních vlastnostech této suroviny (viz tab. 1). Na zpracování biomasy má vliv množství vody a obsah sušiny, což má vliv na způsobu zpracování energie z biomasy. Hranicí mezi suchými a mokkými procesy získávání energie z biomasy je 40 % sušiny. [18, 20]

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Tab. 1 Druhy úpravy biomasy [18]

Typ konverze Biomasy	Způsob konverze	Výstup konverze	Odpad či druhotná surovina
Termochemická konverze – suché procesy	Spalování	Teplo vázané na nosič	Popeloviny
	Zplyňování	Generátorový plyn	Dehtový olej
			Uhlíkaté palivo
	Pyrolýza	Generátorový plyn (pyrolýzní plyn)	Dehtový olej
Pevné hořlavé zbytky			
Biochemická konverze – mokré procesy	Anaerobní fermentace	Bioplyn	Fermentovaný substrát
	Aerobní fermentace	Teplo vázané na nosič	Fermentovaný substrát
	Alkoholová fermentace	Etanol, metanol	Vykvašený substrát
Fyzikálně-chemická	Esterifikace bio olejů	Metylester bio oleje	Glycerin

1. Spalování

Jedná se o nejčastější způsob přeměny biomasy na energii (tepelnou nebo elektrickou) a probíhá ve čtyřech fázích:

- a) **Sušení** – Dochází k odstranění vlhkosti z paliva.
- b) **Pyrolýza** – Při dostatečném přísunu kyslíku a po dosažení zápalné teploty se organický materiál rozkládá na hořlavé plyny, zuhelnatěný zbytek a destilační produkty.
- c) **Spalování plynné složky** – Prodloužení plamene a zvýšení plynných spalin je způsobeno postupným hořením plynné složky.
- d) **Spalování pevných složek** – Při správném přísunu kyslíku dohoří pevné látky, vznikne tak oxid uhelnatý, který dále oxiduje na oxid uhličitý.

[23, 25]

2. Zplyňování

Zplyňovat biomasu lze dvěma základními způsoby:

- a) **Zplyňování v generátorech s pevným ložem** – Jednodušší způsob, kde hoření probíhá za nižší teploty (okolo 500 °C). Vzduch jako okysličovací médium proudí v protiproudu (směrem nahoru) nebo souproudu (směrem dolů) vzhledem k pohybu zplyňované biomasy. Popelové zbytky jsou odváděny ze spodní části reaktoru. Hlavní nevýhodou je tvorba fenolů, dehtových látek apod. Odstranit tyto látky je velmi problematické.
- b) **Zplyňování ve fluidních generátorech** – Hoření probíhá při vyšší teplotě (850 až 950 °C) při atmosférickém tlaku nebo v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,58 MPa.

[26]

3. Pyrolýza

Tvoří spolu se zplyňováním a spalováním skupinu tzv. termických procesů. Oproti zplyňování a spalování je pyrolýza založena na termickém rozkladu organických materiálů bez přísunu oxidačních médií, jako jsou např. O₂, CO₂ nebo vodní pára.

Tento proces bývá rozdělen do 3 skupin podle teplot:

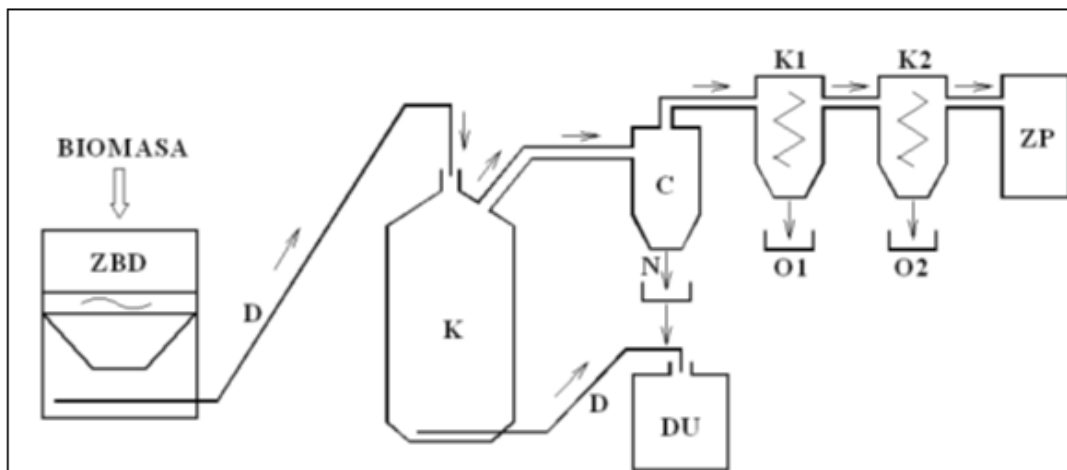
- Na nízkoteplotní, která je menší než 500 °C.
- Na středně-teplotní, ta se pohybuje v rozmezí 500 °C až 800 °C.
- Na vysokoteplotní pyrolýzu, která je větší než 800 °C.

Při zpracování tuhých odpadních materiálů můžeme pyrolýzu považovat za jiný druh spalování. Při pyrolýze vznikají 4 hlavní produkty. Je to tuhý zbytek, pyrolýzní plyn, pyrolýzní voda, organický kapalný produkt (občas označován jako pyrolýzní olej).

Oproti spalování, které se vyznačuje produkcí velkého množství spalin, je objem pyrolýzního plynu menší. Díky spalování odpadů se vyprodukuje velké

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

množství tepelné energie. Ovšem využití takto získané energie může být problematické. Oproti tomu pyrolýzní proces produkuje organický kondenzát a pyrolýzní plyn. Obojí se dá použít jako palivo. [26]



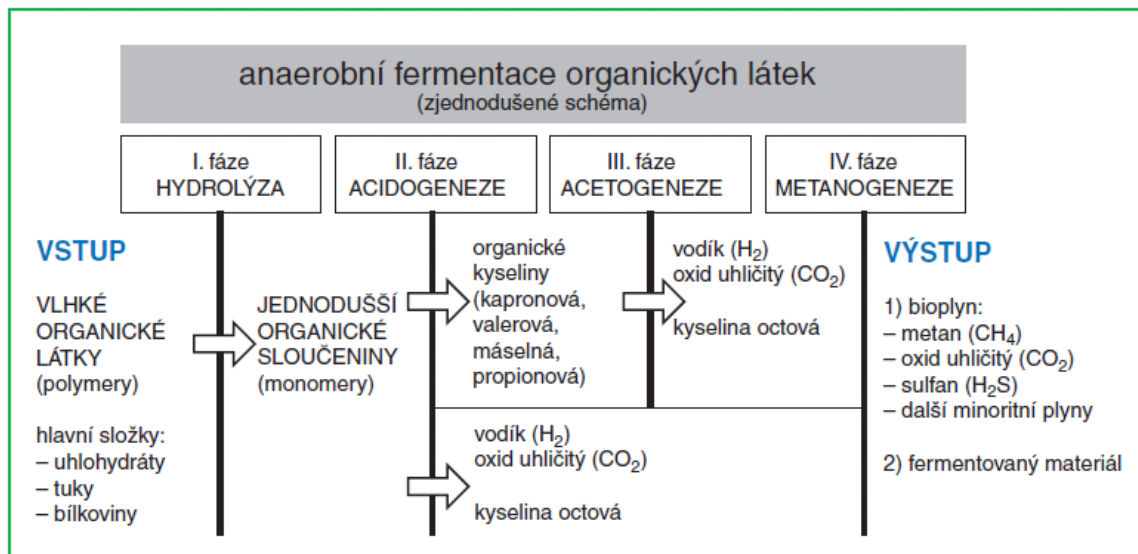
Obr. 1 Schéma procesu pyrolýzy [24]

ZBD – zásobník biomasy s drtičem, ZP – zásobník plynu, D – dopravník, N – nečistoty, K – konvertor, DU – dřevěné uhlí, C – cyklón, O1 – olej s vysokým bodem varu, K1, K2 – kondenzátory, O2 – směs vody a oleje nízkým bodem varu

4. Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace (tj. složitý biochemický proces rozkladu organické hmoty) probíhá za nepřístupu vzduchu. Tento proces v přírodě probíhá přirozeně např. v bažinách, na dně jezer, nebo na skládkách komunálního odpadu. Díky směsné kultuře mikroorganismů v tomto procesu dochází k postupnému rozkladu organické hmoty v několika stupních. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Proces anaerobní fermentace můžeme rozdělit do 4 hlavních fází (viz obr. 2). [18]

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet



Obr. 2 Schéma anaerobní fermentace [24]

a) Hydrolýza:

Její začátek je v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro nastartování procesu je dostatečný obsah vlhkosti nad 50 % hmotnostního podílu. [15, 19]

b) Acidogeneze:

Zpracovávaný materiál může ještě obsahovat zbytky vzdušného kyslíku. V této fázi dojde k vytvoření anaerobního (tj. bezkyslíkatého) prostředí. Toto zajistí četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů. [15, 19]

c) Acetogeneze:

Je označována jako mezifáze. Dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové. [18]

d) Methanogeneze:

Konečný krok anaerobního rozkladu, kdy se z kyseliny octové, H₂ a CO₂ stane metan – CH₄, tento krok probíhá pomocí methanogenních bakterií, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a na další inhibiční vlivy. [18, 19]

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Z hlediska reakčních teplot můžeme anaerobní procesy rozdělit podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychofilní (5-30 °C), mezofilní (30-40 °C), termofilní (45-60 °C) a extrémně termofilní (nad 60 °C). Výhodou procesů, které jsou prováděny za vyšších teplot, je zejména vyšší účinnost hygienizace daného materiálu. Nejběžněji užívanou aplikací jsou zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38 °C. [15, 19]

Při anaerobní fermentaci vznikají tři hlavní produkty:

- bioplyn – směs několika plynů;
- digestát – stabilizovaný vyhnílý kal, který se používá jako organické hnojivo;
- fugát – vzniklá tekutina při procesu, která se používá jako hnojivo v zemědělství.

Použití digestátu a fugátu jako hnojiva je podmíněné nepřekročením limitních hodnot obsahu rizikových látek podle platné legislativy (viz vyhláška č. 341/2008 Sb.).

5. Aerobní fermentace

„Aerobní fermentace je známa z výroby kompostu, kdy za přístupu vzduchu a působení vhodných kultur mikroorganismů dochází k rozkladu organických látek. Toto klasické kompostování trvá řádově měsíce. Průmyslová aerobní fermentace je kratší, cca 2 až 3 týdny. U této fermentace brzy po startu dojde k samovolnému růstu teploty (až na 70 °C) a k rychlé degradaci organické hmoty. Výsledným produktem je hnojivý substrát (výroba kompostu a hnojiv), oxid uhličitý a vodní pára. Kromě toho na počátku procesu a při převrstvování odpadů vznikají emise pachových látek a dalších nežádoucích plynů (CH₄, NH₄ aj.). Proces aerobní fermentace lze řídit obracením, převrstvováním a provzdušňováním odpadu“. [27]

6. Alkoholová fermentace

„Alkoholová fermentace (resp. alkoholové kvašení) probíhá v mokřem (na vodu bohatém) prostředí bez přístupu vzduchu. Jako vhodné materiály pro fermentaci se jeví např. cukrová řepa, obilí, kukuřice, brambory a ovoce. Produktem fermentace roztoků cukru je alkohol, který je získáván následnou

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

destilací. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého alkoholu. V praxi se energetická výtěžnost pohybuje od 90 % do 95 %, protože kromě alkoholu vznikají další produkty, např. glycerín. Vzniklý alkohol je plnohodnotným palivem pro spalovací motory. Nevýhodou alkoholu jako paliva je schopnost vázat vodu a tím způsobit korozi motoru. Z tohoto důvodu je třeba přidávat do alkoholu antikoroziční přípravky“. [27]

4 Zdroje dřevní hmoty pro energetické využití

4.1 Palivové dříví

Palivové dříví je možné charakterizovat jako dřevo nízké technologické jakosti, které je dodáváno ve formě polen a štěpin do délky 1 m. Podíl na celkové produkci dříví se snižuje z důsledku rozvoje technologií. [28]

4.2 Těžební odpad

Názvem těžební odpad je obvykle označována:

- Klest (tj. větve do tloušťky 6 cm a nestandardní dříví z vrcholové části kmene);
- Vlastní těžební odpad (tj. klest po odvětvení stromů s omezeným množstvím krátkých, různě dlouhých odřezků kmenové části stromů);
- Celé stromky z prořávek a prvních probírek (tj. větve a stromová zeleň odstraněná z lesních porostů neobsahující dimenze užitkových sortimentů). [28]

4.3 Manipulační odřezky

Manipulační odřezky (tj. krátké odřezky dříví do délky 1 m) vznikají při příčném řezání kmenů, při jejich adjustaci a druhotování. Jedná se o heterogenní materiál jak z hlediska kvalitativního, tak z hlediska rozměrového. Obsahuje dříví přesílené i nehroubé (dříví s průměrem menší než 7 cm), zdravé i napadené hnilobou, v kůře i odkorněné, proschlé i čerstvé. [28]

4.4 Pařezy a kořeny

Pařezy a kořeny jsou získávány z podzemní části stromů. Jsou hlavním nevyužitým zdrojem ze zbytků lesní těžby. Tvoří více jak 20 % suché biomasy stromu. [28]

4.5 Lesní štěpky

Lesní štěpky vznikají dezintegrovaním klestu, celých stromů, tlustších listnatých větví, prořezávkového materiálu, i odřezků kmenového dříví, neodvětvených vrcholových částí stromů, které vznikají při druhování a adjustaci dříví. [28]

4.6 Odpady dřevozpracujícího průmyslu

Vznikají při prvotním mechanickém zpracování dříví (odřezky řeziva po zkracování, krajiny, středové válečky po loupání dýh, dýhový odpad a piliny). Kvalita tohoto dřevního odpadu je vysoká, problémem jsou však rozdílné a nestandardní rozměry odpadu. Rozlišujeme několik druhů odpadního materiálu, který lze dělit dle tvaru a frakce. [29]

4.6.1 Dřevní prach

V případě dřevního prachu se jedná o nejméně vhodný dřevní odpad. Vzniká při povrchovém broušení dřeva brusným papírem. Je zdraví škodlivý a technologicky je obtížné také jeho zachytávání a uskladnění. Nejčastěji se využívá v chemickém průmyslu. [29]

4.6.2 Piliny

Jedná se o sypký materiál, který obsahuje jemné částice dřevní hmoty různé velikosti. Piliny vznikají jako druhotný produkt při mechanickém dělení dřeva řeznými pilovými nástroji. V dřívější době nebyly piliny adekvátně využívány. V dnešní době jsou nedostatkovým artiklem, který se využívá zejména k briketování, peletování, výrobě dřevotřískových desek a přidávají se při výrobě keramických cihel. [29]

4.6.3 Štěpka

Štěpka se vyrábí např. z delšího odpadového materiálu z pilařského závodu, tenčí kulatiny, zbytků z loupacích strojů. Dle druhu sortimentu musíme zvolit vhodný typ sekacího stroje. [29]

4.6.4 Kůra

Jedná se o vrchní vrstvu stromu. Při pilařském zpracování kulatiny se jedná o nežádoucí materiál. Jednou z prvních technologických operací na skladě kulatiny je odkornění. Kůra se dá dále využít jako mulčovací kůra ze zahradnictví nebo energeticky využít v teplárnách. [29]

5 Zařízení pro spalování dřevního odpadu

Zařízení pro spalování dřevního odpadu dělíme do tří kategorií na malá (do 10 kW), střední (od 1MW do 10 MW) a velká zařízení (nad 10 MW). [27, 30]

5.1 Malá zařízení

Do kategorie malých zařízení řadíme lokální topeniště s výkonem do 10 kW. Jsou to např. krbové vložky s účinností od 45 % do 85 %, krbová kamna s účinností 75 % až 85 % nebo otevřené krby. Jejich použití není příliš časté z důvodu velmi malá účinnosti, která se pohybuje kolem 10 %. [30]

5.2 Střední zařízení

Do kategorie středních zařízení řadíme průmyslové kotle spalující dřevní odpad. Jedná se o nejčastější způsob spalování. Kotle mohou spalovat mnoho typů paliv (např. prach, piliny, pelety, brikety, kusový odpad a polena). Pro každý typ kotle je přesně definováno, jaký odpad se v kotli může spalovat. Tímto doporučením by se měl uživatel kotle pro správnou funkci kotle řídit. [30]

Kotle můžeme dále třídit podle:

a) způsobu přívodu paliva:

- na kotle s manuálním přikládáním (účinnost 65 – 70 %) a
- na kotle s automatickým přikládáním (účinnost až 93 %).

b) typy konstrukcí topenišť:

- topeniště s příčným přívodem paliva;
- topeniště s otočným válcovým roštem;
- topeniště se spodním přívodem paliva;
- topeniště se shazováním paliva.

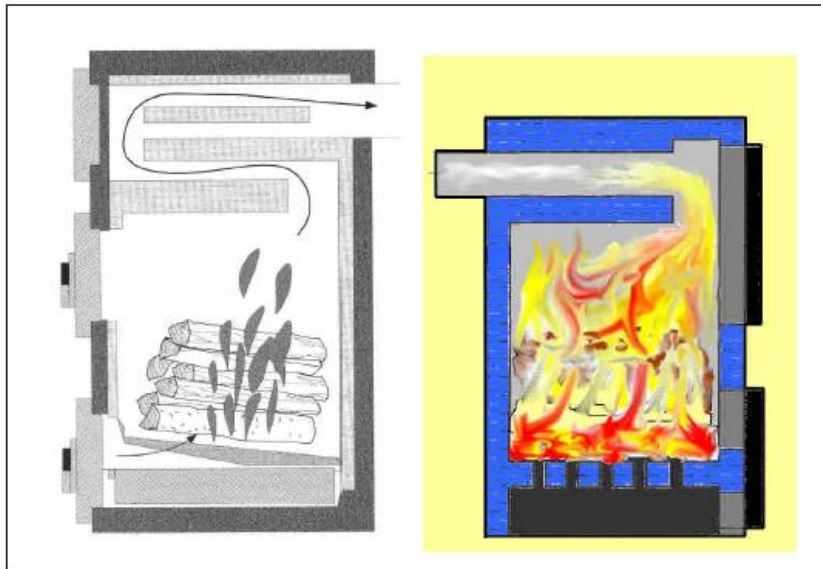
c) podle teplotního média:

- teplovzdušné,
- teplovodní

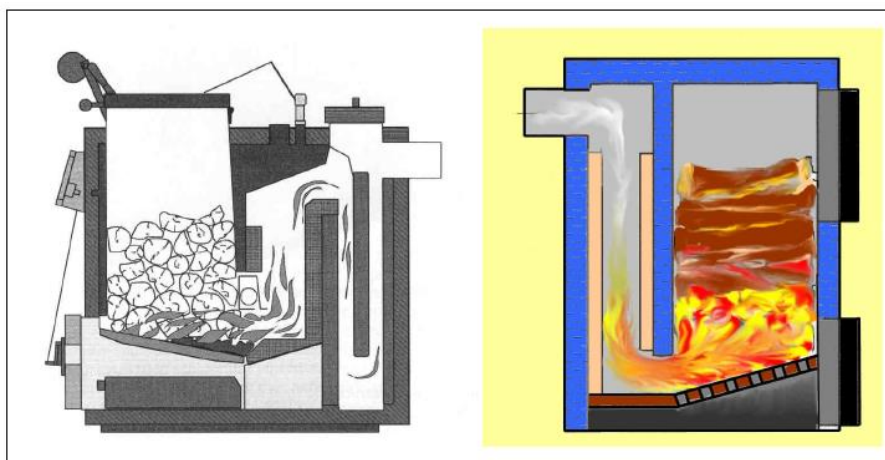
[21, 27, 31]

d) podle použité technologie:

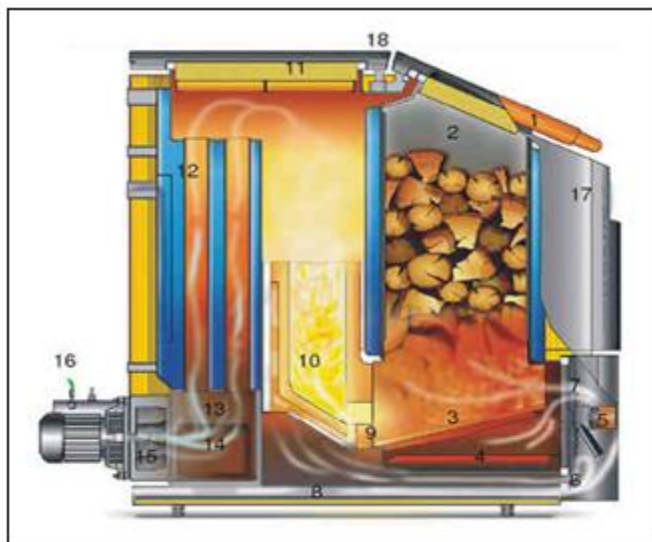
- prohořivací – spalování probíhá v celé dávce paliva ve stejnou dobu;
- odhořivací – plameny a spaliny jsou vedeny dospod nebo do boku topeniště, je zahřívána pouze menší část paliva;
- zplyňovací – zplyňování v topeništi, spalování plynů ve spalovací komoře.



Obr. 3 Prohořivací kotel [32]



Obr. 4 Kotel se spodním odhoříváním [32]



Obr. 5 Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety [32]

1 – Plnicí víko s odsávacím kanálem, 2 – Plnicí prostor, 3 – Litinový rošt, 4 – Popelník, 5 – Motor (privátní a sekundární vzduch), 6 – Sekundární vzduch, 7 – Primární vzduch, 8 – Spodní předehřívání vzduchu, 9 – Tryska sekundárního ventilu, 10 – Vysokoteplotní spalovací komora, 11 – Čistící víko, 12 – Trubkový výměník tepla, 13 – Zóna odlučovacího prachu, 14 – Čistící otvor, 15 – Odtahový ventilátor, 16 – Kouřové čidlo, 17 – Mikroprocesorová regulace pomocí menu, 18 – Transportní šroubení

5.3 Velká zařízení

Kotel, používaný v závodech na výrobu celulózy, je typickým zástupcem kategorie velkých zařízení určených pro spalování dřevního odpadu. Jde o kotel s kombinovaným spalováním materiálu (např. kůra, odpad nebo zemní plyn). [30]

6 Peletování

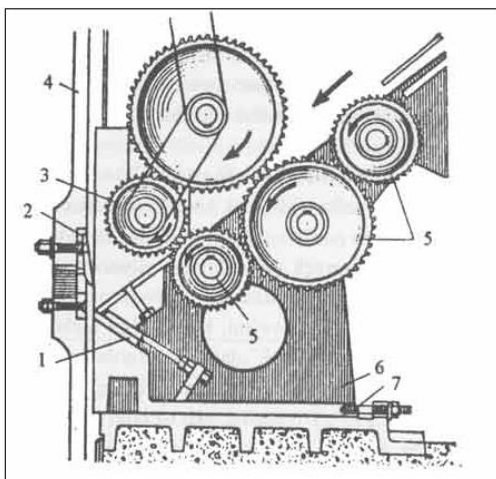
6.1 Technologický postup výroby pelet

- Mechanická úprava zbytků dřeva nebo odpadů
- Sušení (pokud je potřeba)
- Mletí
- Peletování
- Chlazení
- Skladování
- Balení a expedice

Mechanická úprava zbytků dřeva nebo odpadů

Diskové sekačky

Jsou nejvýkonnějším a nejrozšířenějším zařízením pro výrobu štěpky. Jejich výkonnost se pohybuje v rozmezí 250 – 300 m³/h a zpracují kulatinu do průměru 500 mm. Vyznačují se velkou kvalitou získané štěpky. [30]

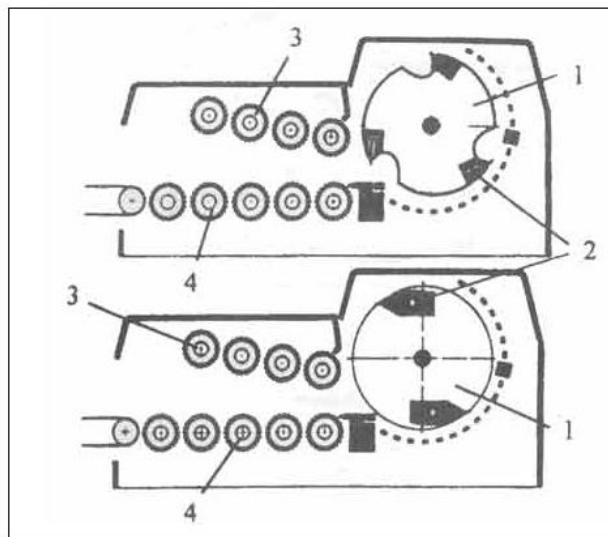


Obr. 6 Disková sekačka [31]

1 – Protinůž, 2 – Nůž, 3 – Vrchní přítlačné válce, 4 – Diskový kotouč,
5 – Spodní podávací válce, 6 – Nosná konstrukce, 7 – Instalační vrut

Bubnové sekačky

Jsou dimenzované pro menší výkony a surovinu menších rozměrů než u diskových sekaček. Nože jsou po obvodu rotujícího válce a umožňují štěpkovat různorodý materiál. [30]



Obr. 7 Bubnová sekačka s dvěma způsoby uchycení nožů [31]

1 – Rotor, 2 – Uchycení nožů, 3 – Vrchní přítlačné a podávací válce, 4 – Spodní podávací válce

Šroubové sekačky

Jedná se o jednoúčelové malé sekačky určené pro sekání materiálu do průměru 100 mm. [30]

Sušení

Obsah vody v surovině pro výrobu pelet by se měl pohybovat kolem 10 %. Ovšem většina dodávané suroviny má vlhkost kolem 45 %, proto se musí sušit. Sušení probíhá zpravidla v bubnových sušárnách přímo spaliny. V poslední době se začíná využívat sušení horkým vzduchem kolem 160 °C. Při tomto druhu sušení nedochází ke ztrátě spalitelných těkavých látek, ale odstraní se jen přebytečná voda.

Výkonnost sušícího zařízení je zpravidla o něco vyšší než výkonnost hlavního peletovacího stroje. Sušení je energeticky náročné, a tím také drahé. Spotřeba tepla na odpar 4 až 5 MJ/kg vody a podle obsahu vody vstupní suroviny do sušárny

se stanoví potřeba paliva pro ohřev sušícího vzduchu. To odpovídá spotřebě asi 0,5 kg odpadového dřeva, nebo 0,12 kg LTO/kg vody. [34]

Mletí

Jelikož surovina (hoblíny, piliny, kousky dřeva) nepřichází do výrobního procesu v optimálním tvaru, je potřeba tuto surovinu před peletizací upravit na vhodnou velikost. Úprava se zajišťuje kladívkovým drtičem, který se umísťuje před peletizátor. Ve výjimečných případech lze drtič nahradit třídičem. Příkon drtiče je několik desítek kW a svou spotřebou se přibližuje spotřebě peletizátoru. Pokud technologický stav suroviny dovoluje homogenizátor vynechat, docílí se značných úspor, investičních i provozních nákladů. [34]

Peletování

Hlavním strojem výrobní linky je peletovací lis. Lis může být jak v provedení talířového, plochého tak prstencového lisu. Pro výkony do 5 tun/hod se používají lisy s prstencovou maticí a s mnoha přesně vyrobenými otvory, která se otáčí kolem horizontální osy na čepu a je obklopena pláštěm. Na čepech, ve vnitřním prostoru matrice, jsou v přesné vzdálenosti umístěny zpravidla dvě otáčivé rolny, kterými se zpracovávaný materiál protlačuje přes otvory v matici. Na vnější straně jsou umístěny nože, které upravují délku pelet. Pro výkony 0,5-1,5 tun/hod se používají peletovací lisy s plochou, talířovou maticí s vertikálním středovým čepem, na které se odvalují 3 až 4 kónické rolny se stejnou protlačovací funkcí. Oba typy protlačovacích matic jsou vybaveny otvory, které odpovídají požadovanému průměru vyráběných pelet.

Při výrobě vzniká značné teplo, které uvolňuje a změkčuje v surovině obsažený lignin. Lignin je spolu s přídatným organickým pojivem (např. kukuřičnou moukou), hlavní zárukou pevnosti pelet. Před přestupem do prostoru matrice a rolen se surovina poněkud povrchově navlhčuje nebo dokonce u stébelnin propařuje, aby mohla peletizace probíhat snáze. Nově se testují i jiné systémy, např. na bázi dvojice ozubených kol, kde každý druhý protilehlý zub je dutý. Takováto výroba je levnější, ale pelety jsou nestandardní. [34]

Peletovací stroje lze rozdělit:

Podle pohonu:

- mechanické,
- hydraulické.

Podle lisovacího nástroje:

- šroubovice,
- lisovací rotor,
- ozubené kolo,
- lisovací kladky (válnové, kuželovité).

Podle polohy matrice:

- horizontální,
- vertikální.

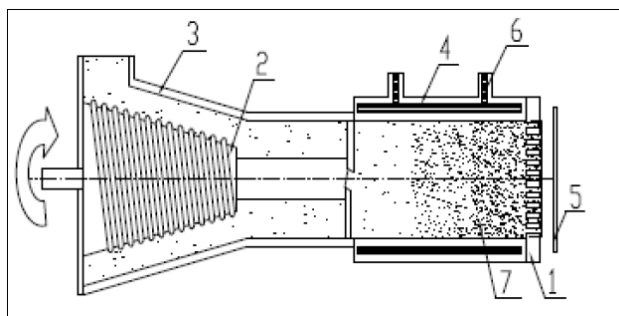
Podle typu matrice:

- talířová (desková) matrice,
- prstencová (válnová) matrice.

[34]

Peletovací stroj se šroubovicí

Šroubovicový podavač je současně lisovacím nástrojem. Materiál je zde pod velkým tlakem protlačován kruhovou maticí. Pelety se ulamují po dotyku s pevnou deskou. Mezi výhody paletovacího stroje se šroubovicí patří plynulý chod, jednoduchá výměna matrice. Největší nevýhodou tohoto provedení je potřeba chladičského zařízení (chlazení lisovací komory) a nízký výkon stroje (kg/h). [34]

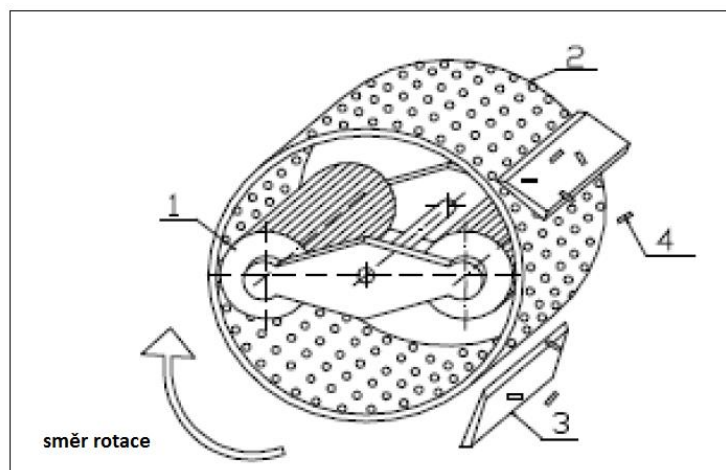


Obr. 8 Schéma šroubového peletovacího stroje [34]

1 – Matrice, 2 – Šroubovice, 3 – Komora, 4 – Chladič, 5 – Nůž, 6 – Chladící médium, 7 – Zpracovávaný materiál

Peletovací stroj horizontální s válcovými kladkami a prstencovou maticí

Materiál je dodáván do komory ve směru osy matrice. Při rotaci prstencové matrice se zároveň promíchává materiál. Kladky se otáčejí pouze kolem své osy rotace. Pelety jsou zde odřezávány noži. Výhodou tohoto konstrukčního řešení je malé opotřebení kladek a matrice (během rotace se matrice ani kladky nedotýkají). Hlavní nevýhodou je nerovnoměrnost dodávky materiálu pod obě kladky. [34]

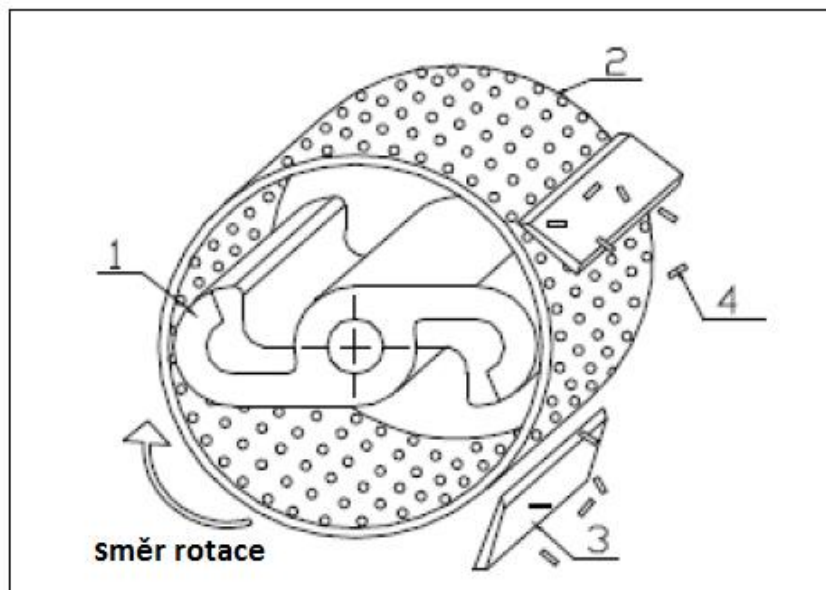


Obr. 9 Schéma horizontálního peletovacího stroje s válcovými kladkami [34]

1 – Lisovací kladky, 2 – Ocelová matrice, 3 – Nůž, 4 – Pelety

Horizontální peletovací stroj s prstencovou maticí a lisovacím rotorem

Tato konstrukce je shodná s předchozím typem (tj. peletovací stroj horizontální s válcovými kladkami a prstencovou maticí). Rozdíl je pouze v lisovacím nástroji. Výhodou tohoto stroje je jednodušší konstrukce. Hlavní nevýhodou je vyšší tření mezi nástrojem a maticí (zapříčiňuje rychlejší opotřebení rotoru). [34]

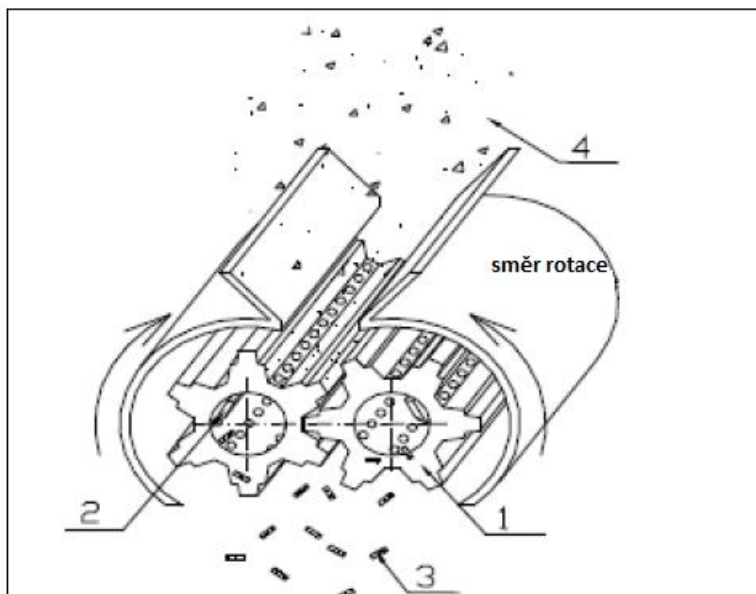


Obr. 10 Schéma horizontálního peletovacího stroje s lisovacím rotorem [34]

1 – Lisovací rotor, 2 – Ocelová matrice, 3 – Nože, 4 – Pelety

Horizontální peletovací stroj s ozubenými kladkami

Lis je složen ze dvou dutých ozubených válců. Ozubení obsahují otvory, kterými se materiál protlačuje dovnitř válců. V dutinách válců jsou nože, které pelety odřezávají. Výhodou je jednoduché dávkování materiálu, nedochází k dotyku mezi koly. Hlavní nevýhodou je malý počet zubů a tedy malý hodinový výkon. [34]

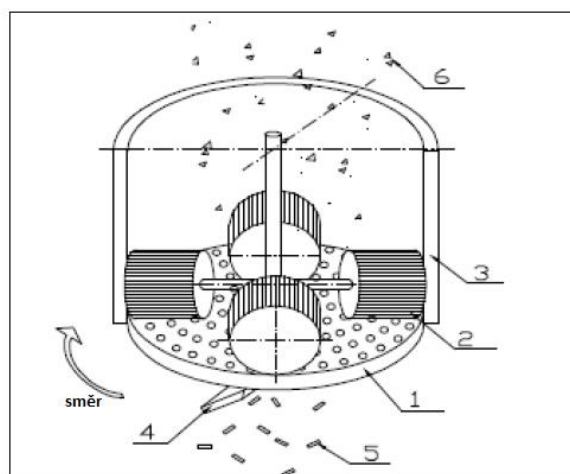


Obr. 11 Schéma horizontálního peletovacího stroje s ozubenými kladkami [34]

1 – Ozubené kladky, 2 – Nože, 3 – Pelety, 4 – Lisované piliny

Vertikální peletovací stroj s válcovými kladkami a plochou matricí

Kladky jsou v tomto případě staticky umístěny, otáčí se matrice. Materiál je rovnoměrně dodáván na celou plochu matrice. Nože pro odřezávání pelet jsou umístěny pod matricí. Výhodou principu je rovnoměrné dávkování materiálu a dynamická vyváženost systému. Hlavní nevýhodou je poměrně velké opotřebení kladek, které jsou trvale přitlačeny k povrchu matrice. [34]

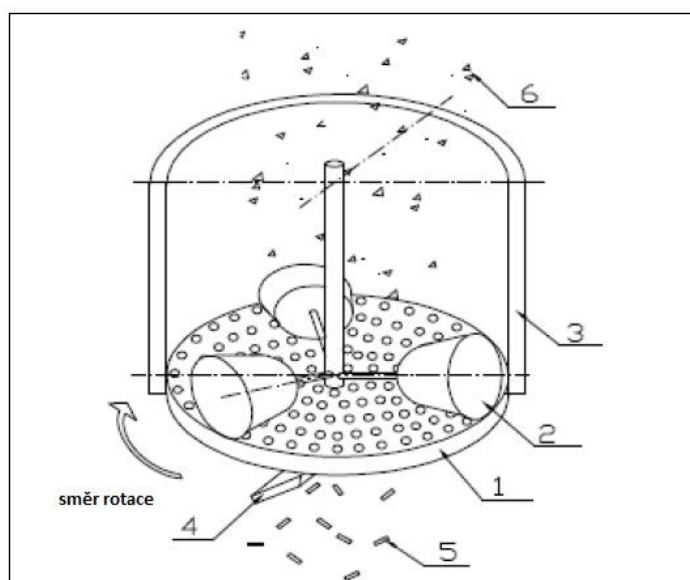


Obr. 12 Schéma vertikálního peletovacího stroje s válcovými kladkami [34]

1 – Plochá matrice, 2 – Válcové kladky, 3 – Lisovací komora, 4 – Nože, 5 – Pelety, 6 – Piliny

Vertikální peletovací stroj s kuželovitými kladkami a plochou maticí

Použitím kuželovitých kladek je dosaženo jejich rovnoměrného opotřebování po celé výšce. Většinou se konstrukce sestává z 3 kladek pootočených o 120°. Kladky jsou statické, otáčí se matrice. [34]



Obr. 13 Schéma vertikálního peletovacího stroje s kuželovitými kladkami [34]

1 – Plochá matrice, 2 – Kuželovité kladky, 3 – Lisovací komora, 4 – Nože, 5 – Pelety, 6 – Piliny

Chlazení

Další nezbytnou technologickou operací je chlazení pelet při výstupu z peletizátoru (tj. paletovacího lisu). Po zchlazení pelety ztuhne lignin a pojivo, tímto získá peleta potřebnou pevnost a trvanlivost. Použitý chladič musí mít dostatečnou výkonnost (minimálně stejnou jako je výkonnost paletovacího lisu), zajišťovat plynulý průtok značného množství materiálu bez toho, aby ještě málo pevné pelety poškozoval. Z těchto důvodů patří chladič nejen objemově mezi největší zařízení výrobní linky, ale také bývá po sušárně, drtiči a peletovacím lisu nejnákladnější položkou.

Odpadní teplo z chlazení může být využito rekuperací na předsušení suroviny pro výrobu pelet. Chlazení je konstruováno jako protiproudý chladič vyrobených pelet s ventilátorem a turniketem. [35]

Skladování

Vyrobené pelety směřují buďto na expediční váhy nebo do koncového zásobníku. Při skladování musíme zabránit vstupu vlhkosti do vyrobených pelet. [35]

Balení a expedice

Pelety se nejčastěji plní do 15 kg PE pytlů. Při větším množství jsou dopravovány cisternami o nosnosti 6 až 7 tun a pneumaticky dodávány přímo do zásobníku odběratele. [35]

6.2 Druhy pelet a jejich vlastnosti

Pelety lze dělit podle materiálů, které byly použity na jejich výrobu. Jedná se tedy o pelety vyrobených z:

- měkkého dřeva z čistých surových hoblovaček,
- čisté směsi vlhkých katrových pilin z měkkého i tvrdého dřeva,
- kůry stromů,
- lesní štěpky,
- rychle rostoucích dřevin,
- stébelnin (šťovík, křídlatka, len, konopí),
- slámy,
- sena,
- směsí (např. dřevních pilin a stébelnin),
- kalů ČOV,
- uhelného prachu.

[32]



Obr. 14 Dřevní pelety – vlevo s kůrou, vpravo bez kůry [32]



Obr. 15 Pelety ze stébelnin – vlevo ze šfovíku, vpravo z řepky [32]



Obr. 16 Pelety z uhlého prachu [32]

V České republice doposud nebyla přijata norma, která by specifikovala výrobu a kvalitu pelet. Jako předběžná česká norma je označovaná norma ČSN P CEN/TS, kterou zpracoval Evropský výbor pro normalizaci CEN. Jako alternativa je také uváděna technická směrnice č. 55 z roku 2008 Ministerstva životního prostředí ČR.

Norma ČSN P CEN/TS 14961 Tuhá biopaliva

V roce 2005 byla tato norma, která specifikuje třídy paliv, vydána ČSN a to jako předběžná česká norma. Nynější stav normy umožňuje rychlý vývoj této předběžné normy z roku 2005 směrem k čisté EN normě. Uživatelé se k této předběžné normě mohou vyjádřit a vznést připomínky k jejímu obsahu. Touto cestou lze napomáhat vzniku funkční normy. Norma mimo jiné uvádí i specifikace vlastností tuhých biopaliv a to pro následující skupiny: brikety, pelety, olivové výlisky, dřevní štěrku, rozdrčené dřevní palivo, polena, piliny, kůru, balíky slámy a ostatní tuhá biopaliva. Vlastnosti popsané v této normě jsou rozděleny do dvou skupin – na normativní a informativní. [36]

Technická směrnice č. 55 – 2008

Tato směrnice byla vydaná Ministerstvem životního prostředí ČR v roce 2008 a uvádí požadavky pro propůjčení ochranné známky „Ekologicky šetrný výrobek“ pro topné pelety z bylinné fytomasy (tj. z rostlin, které nemají dřevitý stoněk a odumírají na konci vegetační doby). Tato směrnice je součástí Národního programu označování ekologicky šetrných výrobků. Směrnice však již specifikuje stávající zkušební metody podle norem ČSN P CEN/TS, kterými se zkouší jednotlivé parametry pelet. [36]

Tuzemští výrobci mají možnost přejímat platné evropské normy pro pelety, kterých je k dispozici hned několik. Jedná se například o tyto zahraniční normy:

- německá norma DIN 51731,
- německá norma DIN plus,
- rakouská norma ÖNORM M7135.

Jednotlivé normy jsou odlišné především surovinou pro výrobu pelet, parametry a zkušebními postupy.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Tab. 2 Srovnání norem pro biopaliva [36]

Norma	Druh biomasy	DIN 51731	DIN Plus	ÖNORM M 7135	ČSN P CEN/TS 14961	Směrnice č. 55-2008
		dřevní biomasa	dřevní pelety	dřevní pelety / kůrové pelety	dřevní a rostlinná biopaliva a jejich směsi	rostlinná biopaliva
Ukazatel	Jednotka	Hodnota	Hodnota	Hodnota	Hodnota	Hodnota
Průměr pelety	mm	$4 \leq d < 10$	$4 \leq d < 10$	$4 \leq d < 10$ $/ \geq d < 10$	5 druhů rozměrů od 6 mm do 25 mm	≤ 25
Délka pelety	mm	$\leq 5 \times d$	< 50	$\leq 5 \times D /$ $\leq 5 \times D$	5 druhů rozměrů od L $\leq 5 \times$ průměr do L $\leq 4 \times$ průměr	-
Sypná hmotnost	kg/dm ³	$\geq 1,12$	$> 1,0 - 1,4$	$\geq 1,12 / \geq 1,12$	doporučení uvést při prodeji v obj. jednotkách	$\geq 1,12$
Obsah vody	% (m/m)	$\leq 10,0$	< 12	$\leq 10,0 / 18,0$	3 třídy	≤ 10
Obsah popela	% (m/m)	$\leq 0,5$	$< 1,5$	$\leq 0,50 / \leq 6,0$	5 tříd	≤ 6
Výhřevnost	MJ/kg	≥ 18	$17,5 - 19,5$	$\geq 18,0 / \geq 18,0$	doporučuje se uvést	≤ 16

6.3 Spalovací zařízení na pelety

Existují dva různé typy kotlů pro spalování pelet:

1) kotle přímo určené pro spalování pelet

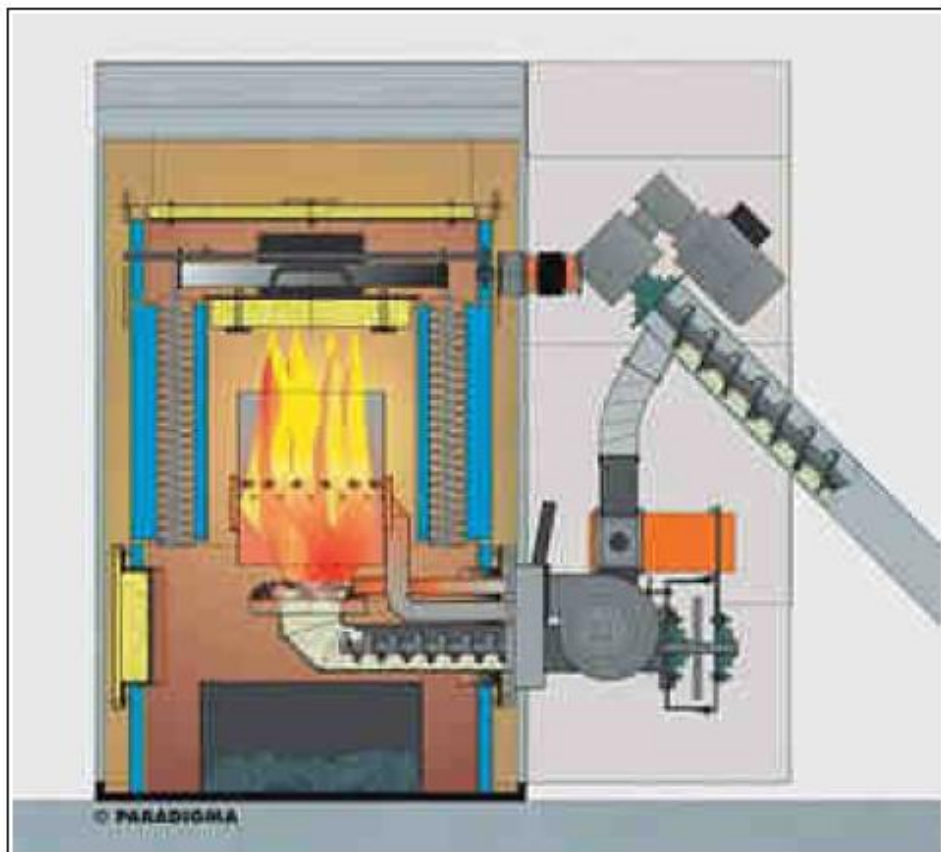
- a) kotle spalující pouze pelety a
- b) kotle spalující pelety a polena.

2) hořáky na pelety namontované na stávající kotel

Dřevní pelety jsou automaticky odebírány podle potřeby ze zásobníku. Objem zásobníku je dimenzován podle množství pelet potřebné k vytápění od jednoho dne až po několik týdnů. Do zásobníku jsou pelety doplňovány ručně nebo automaticky pomocí např. šnekového dopravníku ze skladu pelet.

Podle požadované teploty na termostatu, který je umístěn ve vytápěném prostoru, jsou pelety dopravovány nejčastěji šnekovým dopravníkem na tzv. peletový hořák, který je instalován v kotlovém tělese. Pracovní cyklus poté probíhá následovně. Při požadavku na teplo vyše automatická regulace pokyn k zažehnutí hořáku (pomocí elektrické energie). Dochází ke spalování pelet, které jsou do hořáku dodávány ze zásobníku pelet nejčastěji šnekovým dopravníkem. Pokud již dodávka tepla není potřeba, automatická regulace zastaví šnekový dopravník, tím se přeruší dodávka pelet do hořáku. Pelety v hořáku dohoří. Vzduch potřebný pro spalování je dodáván pomocí elektrického ventilátoru. Toto zařízení vyžaduje minimální požadavky na obsluhu. Nejčastějším požadavkem je vysypání popelníku. Kapacita se liší podle typu zvoleného kotle. Vysypání popelníku je nejčastěji jednou za dva měsíce. Účinnost tohoto zařízení je velmi vysoká a může dosahovat až 90 %.

Podle systému přívodu paliva rozlišujeme tři různé typy spalování pelet: spalování se spodním, vodorovným a s horním přívodem paliva. Zatímco kotle se spodním nebo vodorovným přívodem paliva se hodí pro různé substráty (dřevní štěpka, sláma, zrno), kotle s horním přívodem paliva byly vyvinuty jen pro dřevěné pelety a neumí spalovat štěpku ani substráty. [34]



Obr. 17 Schéma automatického kotle na pelety [32]

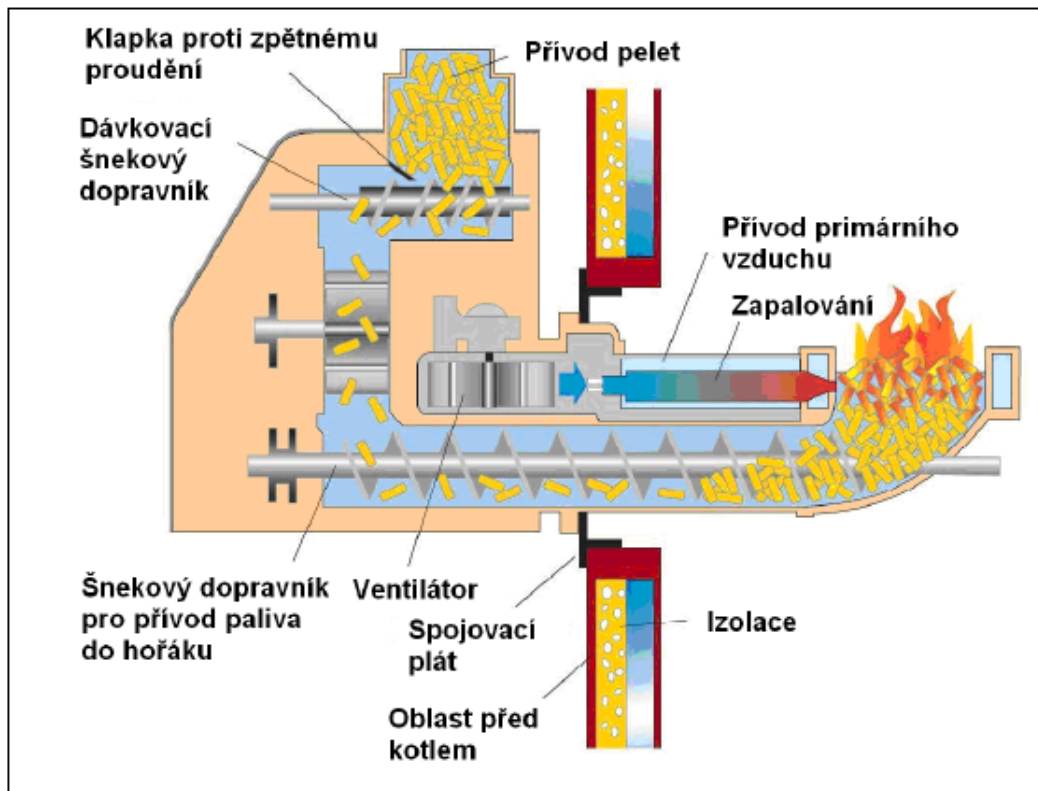
Hořáky na pelety namontované na stávající kotel

Naftové nebo plynové hořáky namontované na kotly se nahradí hořákem na pelety (obr. 18). K hlavní výhodě tohoto systému patří možnost použití stávajícího kotle, čím se ušetří náklady na pořízení kotle nového.

Při výměně hořáku musí být splněny některé podmínky: komín odolný proti vyhoření sazí s odpovídajícím tahem, vhodná velikost spalovací komory, pravidelné čištění hořáku a kotle.

Výkonost tohoto systému je mnohem nižší než u kotlů určených přímo ke spalování pelet. Účinnost je kolem 60 %. [33]

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet



Obr. 18 Peletový hořák [32]

7 Společnost Agricultur s.r.o.

Společnost Agricultur s.r.o. můžeme nalézt v městě Nýrsko, které se nachází poblíž západních hranic s Německem na trase Klatovy - Železná Ruda. Společnost je na trhu od roku 1992 a působí jak na českém tak i na německém trhu. Společnost se dlouhodobě orientuje na výrobu dřevěných euro palet a dřevěných obalových materiálů. Kromě toho se zabývá také zemědělskou činností, konkrétně chovem hovězího dobytka a produkcí zemědělských plodin jako je řepka, kukuřice, pšenice, aj.



Obr. 19 Pohled na výrobní areál firmy Agricultur s.r.o.

A – Výrobní hala s plánovanou výrobní linkou na zpracování dřevního odpadu a skladem vyrobeného materiálu; B – Výrobní hala na europalety; C – Sklad dřevního odpadu; D – Sklad balíků ze slámy

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

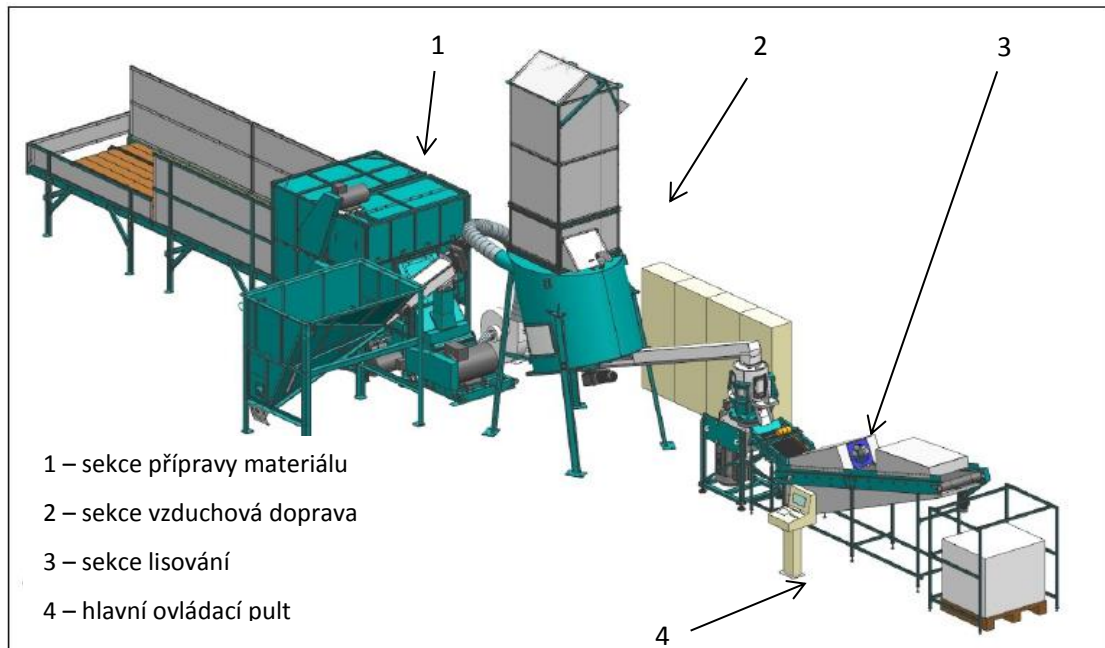
Celkový plánovaný objem zpracovávané suroviny je 500 tun slaměných balíků a 500 tun pilin za rok. V tabulce 3 je přehledně zpracovaný přehled porovnání zpracování suroviny na pelety a brikety.

Tab. 3 Srovnání peletizační a briketovací linky

	Kombinovaná peletizační linka od firmy ProPelety	Kombinovaná briketovací linka od firmy Briklis
Předpokládaná hodinová výkonnost	500 kg/hod	500 kg/hod
Předpokládaná roční výkonnost	1000 tun	1000 tun
Cena za výrobní linku	5 300 000 Kč	5 600 000 Kč
Cena za prodej 1 kg vyrobeného materiálu	5,5 Kč/kg	5 Kč/kg
Roční příjem z prodeje	5 500 000 Kč	5 000 000 Kč

Z tabulky 3 je vidět, že pro naše možnosti zpracování dřevního odpadu a slaměných balíků je při stejné hodinové výkonnosti efektivnější zpracovávat materiál na pelety. Roční příjem z prodeje pelet je o 500 000 Kč vyšší při nižších pořizovacích nákladech na výrobní linku a to o 300 000 Kč. Výrobní náklady (spotřeba elektrické energie, mzda zaměstnanců) je u obou typů výroby srovnatelná. Z tohoto důvodu jsem zvolil návrh zpracování dřevního odpadu a slaměných balíků formou výrobní linky na pelety.

8 Návrh peletovací linky do firmy Agricultur



Obr. 20 Peletovací linka [37]

Peletizační linka bude zpracovávat dvě základní suroviny. Zaprvé se jedná o dřevěný odpad vzniklý při výrobě europalet (tj. na formátovací pile při řezání přesných rozměrů prken na výrobu europalet).



Obr. 21 Pohled na sklad palet a sklad dřevěného odpadu

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Druhou surovinou pro výrobu budou kulaté slaměné balíky. Tyto balíky si firma vyrábí sama jako druhovýrobu při zemědělské činnosti. Balíky budou uskladněny v externím skladu a budou vždy naváženy pro týdenní výkonnost linky.

Předpokládaný objem zpracovávané suroviny je 500 tun slaměných balíků a 500 tun pilin ročně, tzn. 500 kg suroviny/hod.

Pro výrobu pelet nesmí vlhkost materiálu dle výrobce linky přesáhnout 18 %. Dřevěný odpad vznikající z výroby europalet nesmí překročit vlhkost 22 %. V našem případě je vlhkost kolem 20 % a bude stačit pouze dosušení materiálu vzduchem v otevřeném skladu. Slaměné balíky nesmí překročit vlhkost 15 %. V obou případech bude tedy splněna podmínka ohledně vlhkosti vstupního materiálu a z těchto důvodů nebude sušárna součástí výrobní linky.



Obr. 22 Sklad balíků

Mimo peletizační linku se bude nacházet stroj, který přemění dřevní odpad na piliny, které se budou moci využít pro výrobu pelet. Jako vyhovující stroj je zvolen kladívkový mlýn od firmy SG strojírna.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet



Obr. 23 Kladívkový mlýn [38]

Tab. 4 Základní parametry kladívkového mlýnu [38]

Délka x šířka x výška	1425 x 1000 x 1210
Příkon hlav. motoru	30 kW
Hmotnost stroje	990 kg
Velikost štěrky	1-9 mm
Max. výkon na vstupu	400-500 kg /hod
Otáčky rotoru	2100 ot/min

Tento stroj bude umístěn v budově C – sklad dřevního odpadu, kde bude odpad přeměněn na piliny. Z tohoto skladu budou piliny dopravovány v kontejneru do budovy A.

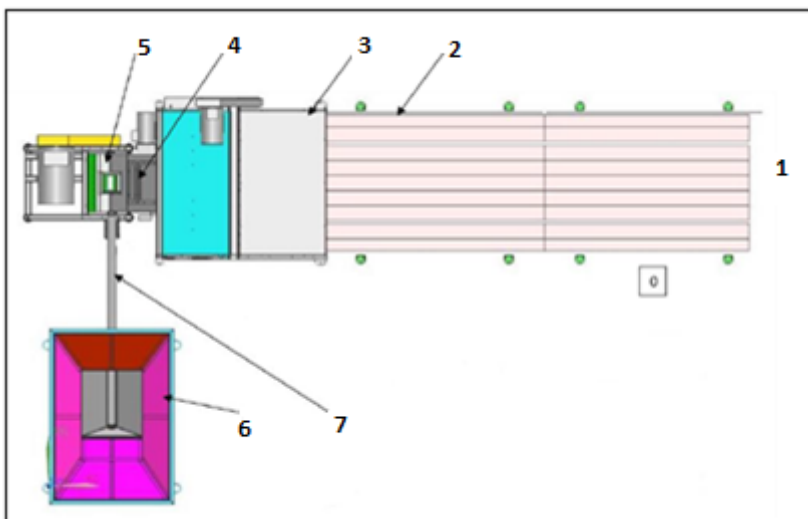
Pro firmu Agricultur byla zvolena linka od firmy ProPelety. Linka ProPelety 1000 splňuje přesně požadavky na hodinovou výkonnost lisu, která je 500 kg/hod pelet vyráběných z pilin a 700 kg/hod pelet vyráběných ze slámy.

Popis a návrh samotné peletizační linky bude rozdělen do několika částí:

- Sekce přípravy materiálu
- Sekce vzduchová doprava
- Sekce lisování
- Hlavní ovládací pult

Všechny komponenty v peletizační lince splňují výrobní kapacitu, která je minimálně 500 kg/hod.

Sekce přípravy materiálu



Obr. 24 Pohled na peletovací linku [37]

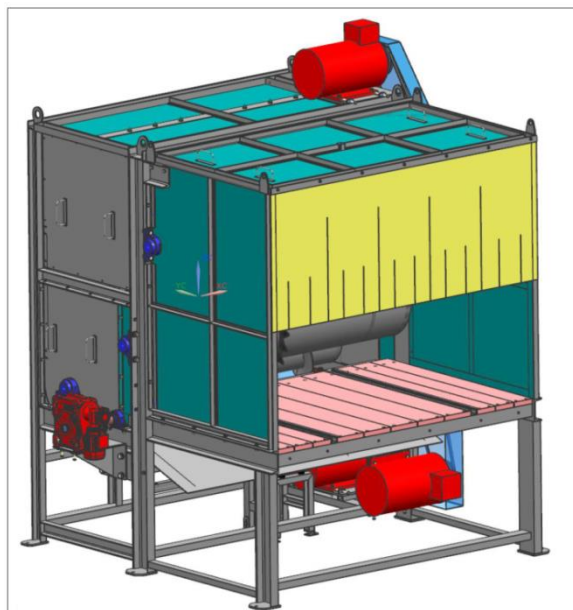
1 – Prostor pro nakládku balíků, 2 – Vstupní dopravník, 3 – Rozdružovač, 4 – Krátký dopravník, 5 – Drtič, 6 – Vstupní násypka, 7 – Dávkovací dopravník

Vstupní dopravník a rozdružovač:

Tyto stroje jsou určeny k dopravení a rozdělení vstupní suroviny (v našem případě slámy). Rozdružovat se dají standardní hranaté balíky o průřezu do 1200 mm x 1200 mm a kulatých balíků do průměru 1200 mm.

Vstupní dopravník dopravuje vstupní surovinu do rozdružovače. Jsou tvořeny sběrnou a vyrovnávací částí s nezávislou regulací rychlosti posuvu. Rychlost posuvu balíků může být v rozmezí 2,5–25 cm/min. Posuv je zajištěn pomocí elektromotorů.

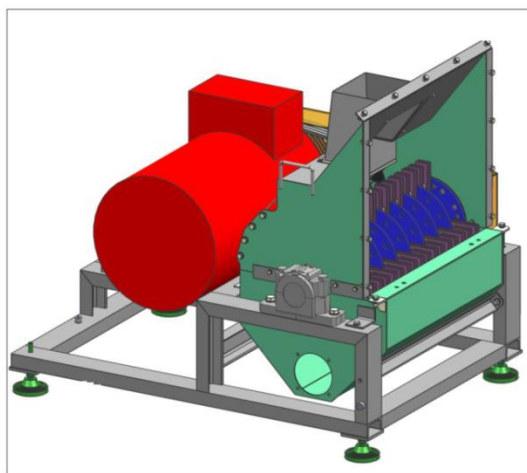
Rozdružovač je složen ze dvou válců a šneku odvádějící rozdružený materiál do drtiče.



Obr. 25 Rozdružovač [37]

Drtič:

Drtič zpracovává surovinu na frakci potřebnou k lisování pelet. Surovina ve formě rozdružené slámy je podávána z rozdružovače krátkým dopravníkem. Z drtiče je nadrcená surovina odváděna vzduchovou dopravou do sila. Velikost nadrcené frakce se pohybuje v rozmezí 3–10 mm.



Obr. 26 Drtič [37]

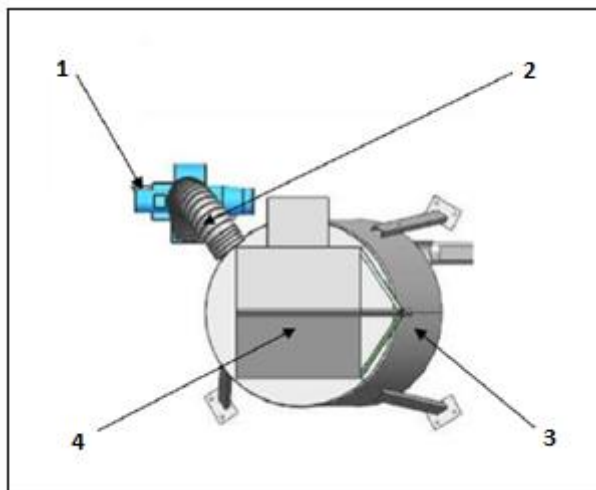
Vstupní násypka:

Vstupní násypka slouží k dopravě pilin (do velikosti 2 cm) pomocí dávkovacího dopravníku do drtiče, kde se materiál rozdrtí do frakce vhodné k peletování. Poté je pomocí vzduchové dopravy dopravována do sila (stejně jako při drcení slámy).



Obr. 27 Vstupní násypka [37]

Sekce vzduchová doprava



Obr. 28 Sekce vzduchové dopravy [37]

1 – Ventilátor vzduchové dopravy, 2 – Potrubí s klapkou, 3 – Silo, 4 – Filtrace

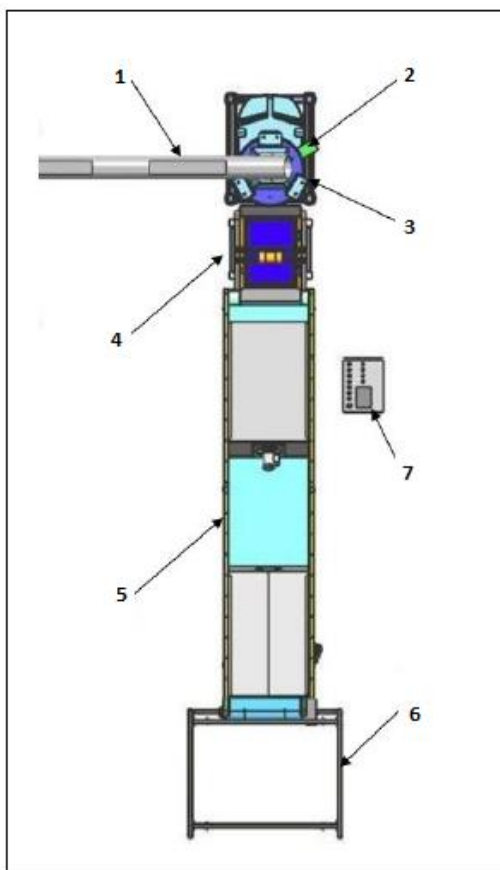
Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Vzduchová doprava se skládá z radiálního ventilátoru, dopravního potrubí, závěrných klapek a hadice pro čištění lisu a dopravníku.

Materiál, který je nadcen na velikost 3–10 mm o hustotě vyšší než 100 kg/m^3 je z drtiče odsáván centrálním ventilátorem a dopravován potrubím se vzduchovou klapkou do mezizásobníku (tj. sila).

Mezizásobník /silo odděluje vzduch a pevné částice. Umožňuje promíchání a další homogenizaci frakce. Je napojen na vzduchovou filtraci s automatickým oklepem prachu. Po oklepu sedá prach na dno mezizásobníku a je promíchán s rozdrčenou frakcí a následně je tato směs vynášena do dopravníků pro granulaci/lisování.

Sekce lisování



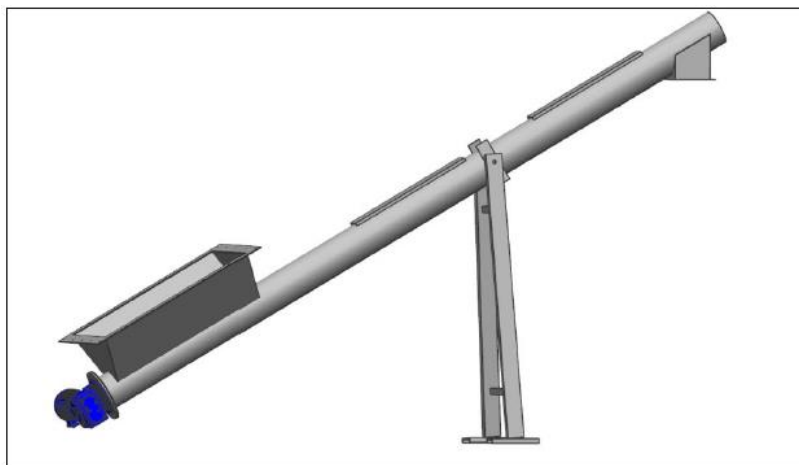
Obr. 29 Sekce lisování [37]

1 – Dávkovací dopravník, 2 – Lis, 3 – Odsavač par a prachu, 4 – Čistící vibrační dopravník, 5 – Chladicí dopravník, 6 – Držák na big-bag, 7 – Ovládací panel

Dávkovací dopravník:

Je řízen frekvenčním měničem a dopravuje rozdrcený materiál do lisu. Lis je také vybaven odtahem prachu a vlhkého vzduchu a vzduchovým chlazením matrice.

V případě, že by byla vlhkost vstupního materiálu do lisu nižší než 9 %, lze provést dovlhčení. Velikost navlhčení lze nastavit v rozmezí 12–14 %. Toto navlhčení provádí obsluha linky podle vlhkosti vstupního materiálu a požadované kvality pelet. Vlhčit lze dvěma způsoby: vodou nebo přesměrováním odtahu páry z granulárního lisu zpět do vzduchové dopravy.

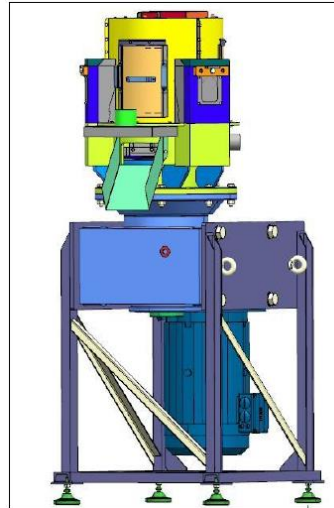


Obr. 30 Dávkovací dopravník [37]

Lis:

Lis slouží pro výrobu pelet ze vstupního materiálu (tj. slámy a dřevěného odpadu). Ve svařeném rámu je umístěna převodovka s motorem. Na převodovce je umístěn pracovní mechanismus lisu.

Vstupním otvorem, který se nachází v horní části lisu, vstupuje surovina z dávkovacího dopravníku do lisu, kde je protlačena pře matrici na výsledný produkt (tj. pelety). Vyrobené pelety vypadávají z bočního otvoru ve spodní části lisu na vibrační dopravník. V boční a horní části lisu se nachází otvor pro odsávání par.



Obr. 31 Lis [37]

Odsavač par a prachu:

Odsavač prachu a par slouží k odstranění prachu a vodní páry z granulačního lisu linky. Skládá se z radiálního ventilátoru, který odsává jemný prach a páru z prostoru pod maticí lisu. Prach je ukládán do plastového pytle, vzduch je odváděn přes filtr do okolí.

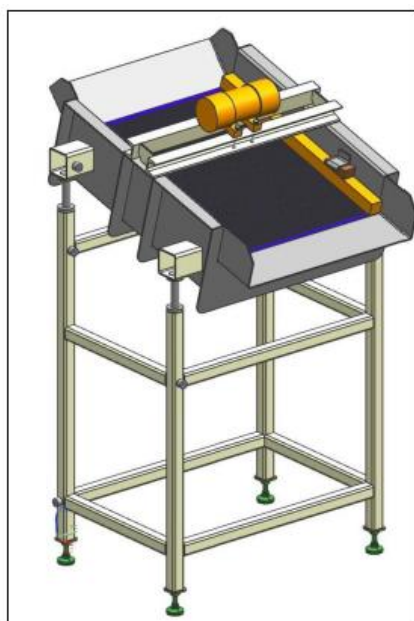


Obr. 32 Odsavač par a prachu [37]

Čistící a vibrační dopravník:

Čistící vibrační dopravník čistí pelety od odrolu až k dopravě pelet z lisu do chladicího dopravníku linky.

Dopravník je složen z pevného rámu (svařen z profilů) a vibrační vany. Na rámu je zavěšena vana se sítí. Na vaně je umístěn (příšroubován) vibrační motor. Na spodní straně vany je výstupní příruba pro odsávání odrolu.

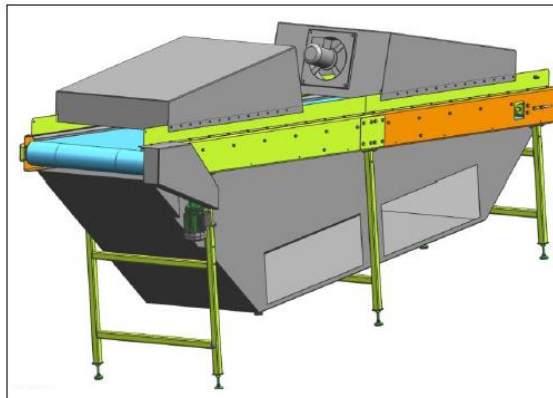


Obr. 33 Čistící a vibrační dopravník [37]

Chladicí dopravník:

Chladicí dopravník chladí a dopravuje vyrobené pelety do big-bagu nebo do dalších zařízení určených pro přepravu vyrobených pelet.

Chladicí dopravník je tvořen dvěma U-profilů s nohami. Mezi tyto profily jsou vloženy podpěrné válečky sloužící k podepření dopravníkového pásu. Tento pás je napnut mezi napínacím a poháněcím válcem. Pod pásem je také umístěna vana na sběr odrolu. Za dopravním pásem jsou umístěny dva chladicí boxy s ventilátory.



Obr. 34 Chladicí dopravník [37]

Hlavní ovládací pult

Slouží pro ovládání jednotlivých částí výrobní linky. Součástí pultu je i dotykový display, kde můžeme nastavit výrobní parametry jednotlivých částí linky.

9 Ekonomické zhodnocení projektu

Pro stavbu peletizační linky je podle Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova možné získat dotace na stavbu linky ve výši až 50 %. Po konzultaci s majitelem společnosti bude ekonomické zhodnocení projektu počítáno bez této dotace.

9.1 Investiční náklady

Tab. 5 Investiční náklady [37]

Zařízení	Cena (Kč)
Vstupní dopravník a drtič dřevěného odpadu	112 000
Vstupní dopravník a rozdrůžovač slámy	991 631
Drtič	345 344
Ventilátor vzduchové dopravy	128 271
Filtrace	108 537
Mezizásobník	300 943
Dávkovací dopravník do lisu	128 271
Lis	1 376 444
Odsavač par a prachu	14 800
Čistící vibrační dopravník	44 401
Chladicí dopravník	172 672
Balička	14 800
Rozvaděč linky	922 563
Ovládací panel	69 069
Vstupní násypka	88 803
Dávkovací dopravník do drtiče	226 941
Potrubí a kabeláž + stavební úpravy	254 510
Celkové náklady na zařízení	5 300 000

9.2 Výrobní náklady

Náklady na mzdy zaměstnanců

Výroba bude řešena jednosměnným provozem, kde bude zapotřebí dvou zaměstnanců. Jeden technik, který bude dohlížet na chod peletizační linky a dodávat vstupní surovinu a druhý dělník, který bude drtit dřevěný odpad a navážet slaměné balíky k paletizační lince.

Tab. 6 Náklady na mzdy zaměstnanců

	Dělník	Technik
Náklady	(Kč)	(Kč)
Hrubá mzda (hod)	150	200
Hrubá mzda (měsíc)	25 200	33 600
Zdravotní pojištění - odvod zaměstnavatel (9 %)	2 268	3 024
Sociální pojištění - odvod zaměstnavatel (25 %)	6 300	8 400
Náklady na zaměstnance (měsíc)	33 768	45 024
Náklady na zaměstnance (rok)	405 216	540 288

Z výše zmíněné tab. 6 vyplývá, že roční náklady na dělníka jsou 405 216,- Kč a na technika 540 288,- Kč.

Při výpočtu mezd zaměstnanců je vycházeno z ideálních podmínek provozu (nejsou kalkulovány prostoje výroby při poruše strojů a dovolené zaměstnanců), tudíž jde o odhadní hodnoty.

Náklady na elektrickou energii

Náklady na elektrickou energii jsou složeny z energií, kterou potřebují jednotlivé stroje z paletizační linky. Průměrná cena elektrické energii je v roce 2015 4,5 Kč/kWh. Firma Agricultur má však domluvenou smluvní cenu, která je stanovena na 1,21 Kč /kWh. Při výpočtu nákladů na elektrickou energii je vycházeno

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

z ideálních podmínek provozu (nejsou kalkulovány prostoje výroby při poruše strojů a dovolené zaměstnanců), tudíž jde o odhadní hodnoty.

Tab. 7 Spotřeba elektrické energie

Zařízení	Příkon (kWh)
Vstupní dopravník a drtič dřevěného odpadu	30
Vstupní dopravník a rozdružovač slámy	40
Drtič slámy	45
Ventilátor vzduchové dopravy	7,5
Filtrace	0,75
Mezizásobník	1,1
Dávkovací dopravník do lisu	2,2
Lis	56
Odsavač par a prachu	0,37
Čistící vibrační dopravník	0,18
Chladicí dopravník	0,36
Balička	11
Vstupní násypka	2,2
Dávkovací dopravník do drtiče	2,2
Celkový příkon	198,86
Cena za rok (Kč)	489 195,6

Náklady na vstupní surovinu

Pro výrobu pelet bude použit odpad vznikající z výroby dřevěných europalet. Tento odpad nemá doposud žádné využití a je rozdáván zaměstnancům firmy zdarma. Roční produkce tohoto odpadu je cca 500 tun, což je polovina suroviny potřebná na pokrytí produkce výroby pelet. Zbýlých 500 tun bude pokryto formou slaměných balíků. Hmotnost balíku je cca 300 kg a výrobní cena včetně dopravy k paletizační lince je 600 Kč/t.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Tab. 8 Náklady na vstupní suroviny

	Náklady Kč/t
Slaměné balíky včetně dopravy k paletizační lince	600
Dřevěný odpad	Zdarma

Celkové výrobní náklady

Tab. 9 Celkové výrobní náklady

	Roční náklady (Kč)
Vstupní surovina	300 000
Elektrická energie	489 195,6
Personální náklady	945 504
Ostatní	330 000
Celkem	2 064 699,9

Při výpočtu celkových výrobních nákladů je vycházeno z ideálních podmínek provozu (nejsou kalkulovány prostoje výroby při poruše strojů a dovolené zaměstnanců), tudíž jde o odhadní hodnoty.

Úvěr

Celková výše investice činí 5 300 000 Kč. Na tuto částku si bude muset vzít firma úvěr. Úvěr si vezme firma na celou částku s úrokovou mírou 7 % a dobou splácení 5 let. Splátka bude probíhat vždy čtvrtletně. Celková výše úvěru bude 6 327 269,80 Kč.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Tab. 10 Splátkový kalendář úvěru

Rok	Splátka (CZK)	Úrok (CZK)	Úmor (CZK)	Úvěr (CZK)
1	316 363,49	92 750,00	223 613,49	5 076 386,51
1	316 363,49	88 836,76	227 526,73	4 848 859,78
1	316 363,49	84 855,05	231 508,44	4 617 351,34
1	316 363,49	80 803,65	235 559,84	4 381 791,50
Celková splátka za 1. rok	1 265 453,96	347 245,46	918 208,4	
2	316 363,49	76 681,35	239 682,14	4 142 109,36
2	316 363,49	72 486,91	243 876,58	3 898 232,78
2	316 363,49	68 219,07	248 144,42	3 650 088,37
2	316 363,49	63 876,55	252 486,94	3 397 601,42
Celková splátka za 2. rok	1 265 453,96	281 263,88	984 190,08	
3	316 363,49	59 458,02	256 905,47	3 140 695,96
3	316 363,49	54 962,18	261 401,31	2 879 294,65
3	316 363,49	50 387,66	265 975,83	2 613 318,81
3	316 363,49	45 733,08	270 630,41	2 342 688,40
Celková splátka za 3. rok	1 265 453,96	210 540,94	1 054 913,02	
4	316 363,49	40 997,05	275 366,44	2 067 321,96
4	316 363,49	36 178,13	280 185,36	1 787 136,60
4	316 363,49	31 274,89	285 088,60	1 502 048,00
4	316 363,49	26 285,84	290 077,65	1 211 970,35
Celková splátka za 4. rok	1 265 453,96	134 735,91	1 130 718,05	
5	316 363,49	21 209,48	295 154,01	916 816,34
5	316 363,49	16 044,29	300 319,20	616 497,14
5	316 363,49	10 788,70	305 574,79	310 922,35
5	316 363,49	5 441,14	310 922,35	0,00
Celková splátka za 5. rok	1 265 453,96	53 483,61	1 211 970,35	

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

Odpisový plán

Investice vstupuje do účetnictví pomocí odpisů. Nejprve si účetní jednotka musí určit, zda bude odepisovat rovnoměrně či zrychleně. Pro výpočet odpisů byl zvolen rovnoměrný odpis. Peletizační linka se řadí do druhé odpisové skupiny, to znamená, že ji budeme odepisovat po dobu pěti let. Odepisuje se pořizovací cena zařízení, do které se počítají i ostatní náklady spojené s pořízením (např. instalace peletizační linky).

Tab. 11 Odpisový plán

Rok	Vstupní cena	Odpis	Oprávky	Zůstatková cena
1	5 300 000	1 060 000	1 060 000	4 240 000
2	5 300 000	1 696 000	2 756 000	2 544 000
3	5 300 000	1 272 000	4 028 000	1 272 000
4	5 300 000	848 000	4 876 000	424 000
5	5 300 000	424 000	5 300 000	0

9.3 Příjmy z prodeje

Jediným příjmem firmy z investice bude prodej pelet. Průměrná prodejní cena pelet se pohybuje 6 Kč/kg. Aby firma přilákala potenciální zákazníky, navrhujeme zahájit prodej pelet za zvýhodněnou cenou. Cena bude tedy 5,5 Kč/kg pelet.

Tab. 12 Příjmy z prodeje

Výkon linky (Kg/hod)	500
Výrobní hodiny linky (hod)	2000
Cena 1 kg pelet (Kč)	5,5
Tržby z prodeje výrobků (Kč)	5 500 000

9.4 Ekonomické zhodnocení

9.4.1 Výpočet Cash flow

Tab. 13 Cash flow (v mil. Kč)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Příjmy celkem	5,500000	5,500000	5,500000	5,500000	5,500000	5,500000
Výdaje celkem	1,8755986	1,888199	1,900799	1,913399	1,925999	1,938599
Cash Flow	3,624401	3,611801	3,599201	3,586601	3,574001	3,561401
Cash Flow po splacení úvěru	2,358947	2,346347	2,333747	2,321147	2,308547	2,295947
Čistý zisk	1,298947	0,650347	1,061747	1,473147	1,884547	2,295947

9.4.2 Návratnost investice

Doba návratnosti udává počet let, za které se počáteční kapitálové výdaje vyrovnají peněžním příjmům z investice. [40]

$$\text{Návratnost investice} = \frac{\text{celkové investiční náklady}}{\text{průměrný roční zisk z investice}} = \frac{5,5}{1,29} = 4,26 \text{ roku}$$

Návratnost investice vychází mezi 4. až 5. rokem konkrétně 4,26 roku. Tato doba návratnosti se považuje za velmi dobrou.

9.4.3 Míra rentability

Schopnost dosahovat výnosů (zisku atd.) na základě vložených prostředků. [40]

$$\text{Míra rentability} = \frac{\text{průměrný roční zisk z investice}}{\text{celkové investiční náklady}} = \frac{1,29}{5,5} = 23,45\%$$

Míra rentability vychází 23,45 %. Tato rentabilita se považuje za velmi dobrou.

10 Závěr

Tato diplomová práce se po teoretické stránce zabývá problematikou zpracování dřevního odpadu a biomasy a to formou výroby pelet. Dále byl v práci představen návrh peletovací linky.

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout peletizační linku, která by zpracovávala 500 tun/rok dřevního odpadu z výroby europalet a 500 tun/rok slaměných balíků. Dřevní odpad je potřeba nejprve v drtiči upravit na vhodnou fraxi. Tato úprava bude prováděna pomocí kladívkového mlýna, který nebude součástí peletizační linky.

Samotná peletizační linka je složena z několika sekcí:

- sekce přípravy materiálu,
- sekce vzduchová doprava,
- sekce lisování.

Celkové investiční náklady do peletizační linky včetně stavebních úprav a kladívkového mlýnu jsou 5 300 000 Kč. Výrobní náklady se pohybují kolem 2 000 000 Kč. Příjmy z prodeje pelet jsou při ceně 5,5 Kč/kg odhadovány na 5 500 000 Kč/rok.

Doba návratnosti investice se pohybuje kolem 4,26 roku a míra rentability 23,45 %. Obě tyto hodnoty jsou považovány za velmi dobré a z tohoto důvodu majiteli společnosti Agricultur s.r.o., pro kterého byla peletizační linka navrhována, doporučuji investici do realizace navrženého projektu na pořízení paletizační linky. Majitel společnosti v současné době reálně zvažuje stavbu peletizační linky, a sice za podpory dotace z Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova. Celková výše dotace na stavbu linku může dosáhnout až 50% z celkových nákladů na zařízení peletizační linky.

11 Použitá literatura

- [1] AUGUSTA, P.: *Velká kniha o energii*. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001, 583 s. ISBN 80-238-6578-1.
- [2] *Obnovitelné zdroje energie* [online] Publikováno 2008 [cit. 2016-01-16]
Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>.
- [3] *Obnovitelné zdroje energie – Ekonomika a možnosti podpory* [online]. [cit. 2016-02-18] Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne_zdroje_informacni_podpora/\\$FILE/oued-leporela-20100312.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obnovitelne_zdroje_informacni_podpora/$FILE/oued-leporela-20100312.pdf)
- [4] *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] [cit. 2016-01-12] Dostupné z:
<http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>.
- [5] LIBRA, M.; PASTOREK, V.: *Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie*. ILSA, Praha 2009, s. 160, ISBN 978-80-904311-0-2.
- [6] *Fotovoltaické solární kolektory (panely)* [online] [cit. 2016-02-20] Dostupné z:
<http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>.
- [7] LORENZINI, G.; BISERNI, C.; FLACCO, G.: *Solar thermal and biomass energy*. Boston: WIT, 2010, 211 s. ISBN 18-456-4147-7.
- [8] BERANOVSKÝ, J.; TRUXA, J. a kol.: *Alternativní energie pro váš dům*, ERA group spol. s.r.o., Brno 2003, s. 125, ISBN 80-86517-59-4.
- [9] SRDEČNÝ, K.; BERANOVSKÝ, J.; MACHOLDA, F.; TRUXA, J.: *Větrná energie* [online] Publikováno 2010 [cit. 2016-01-10] Dostupné z:
<http://ekowatt.cz/usporovetrna-energie.shtml>.
- [10] KRESL, L.: *Technologie a technika výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie*. Praha, 2012. Bakalářská práce.
- [11] VAŠINA, M.: *Obnovitelné zdroje energie, energie vody a větru* [online] [cit. 2016-01-12] Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_11.pdf.

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

- [12] Energetický poradce: *Slovník odborných výrazů* [online] [cit. 2016-01-10]
Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/slovník/akumulacni-elektrarny>.
- [13] SMÍLEK, J: *Zdroje elektrické energie*: [online] [cit. 2016-01-10] Dostupné z:
<http://www.jsmilek.cz/skripta-pdf/elny-2-vodni-skripta.pdf>.
- [14] *Vodní elektrárny*: [online] [cit. 2016-01-10] Dostupné z: <http://www.vodni-elektrarny.cz/vodni-elektrarny>.
- [15] ULRYCH, E.: *Aplikovaná hydromechanika I*. ČZU-TF, Praha 2007, s. 126, ISBN 978-80-213-1609-6.
- [16] HALL, D.; OVEREND, R.: *Biomass regenerable energy*. 1. vyd. New York: Wiley, 1987, 504 s. ISBN 04-719-0919-X.
- [17] DAHLQUIST, E.: *Biomass as energy source : resources, systems and applications*. 1. vyd. Leiden : CRC Press/Balkema, 2013, 272 s. ISBN 978-0-415-62087-1
- [18] KRESL, L.: *Návrh inovace energetického využití biomasy bioplynovou stanicí*. Praha, 2015. Diplomová práce.
- [19] *Biomasa – definice, rozdělení, využití, rizika, trendy* [online] [cit. 2016-02-21]
Dostupné z: <http://www.bohemia-bioenergy.cz/biomasa.htm#zem-bio>.
- [20] MURTINGER, K.: *Možnosti využití biomasy* [online] Publikováno 2007 [cit. 2016-02-21] Dostupné z:
<http://www.enviweb.cz/clanek/zemedelstvi/62730/moznosti-vyuziti-biomasy>.
- [21] MURTINGER, K.; BERANOVSKÝ, J.: *Energie z biomasy*. ERA group spol. s.r.o., Brno 2008, s. 92, ISBN 978-80-7366-115-1.
- [22] LORENZINI, G.; BISERNI, C.; FLACCO, G.: *Biomass as energy source resources, systems and application: volume 4*. Boston: WIT, 2010, 211 s. ISSN 2164-0645.

- [23] LORENZINI, G.; BISERNI, C.; FLACCO, G.: *Technologies for converting biomass to useful energy: volume 3*. Boston: WIT, 2010, 211 s. ISSN 2164-0645.
- [24] PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *Biomasa – Obnovitelný zdroj energie*. ČZU v Praze, Praha 2008, s. 206, ISBN 978-80-213-1810-6.
- [25] STAF, M.; SKOBLJA, S.; BURYAN, P.: *Pyrolýza odpadní biomasy energie* [online] [cit. 2016-01-20] Dostupné z:
<http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa/Staf.pdf>.
- [26] SKÁLA, Z.: *Energetické parametry biomasy: projekt: GAČR 101/04/1278*. 1. vyd. Brno: VUT Fakulta strojního inženýrství, 2007, 91 s. ISBN 978-80-214-3493-6.
- [27] MATUŠKA, T.: *Energetické využití biomasy* [online]. [cit. 2015-12-10] Dostupné z: http://www.fsid.cvut.cz/~matustom/AZE_biomasa.pdf.
- [28] HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P.; ABRHAM, Z.: *Využití dřevních a jiných lignocelulózových odpadů: palivo budoucnosti*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999, 96 s. ISBN 80-715-7403-1.
- [29] KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J.: *Pilařské zpracování dřeva: technologie pořezu rámovou pilou*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2013, 242 s. ISBN 978-80-87415-79-5.
- [30] NOSKIEVIČ, P.: *Biomasa a její energetické využití*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1996, 68 s. ISBN 80-707-8367-2.
- [31] BÖHM, M.: *Technologie výroby aglomerovaných materiálů*. ČZU, 2005 [online] [cit. 2016-01-10] Dostupné z:
http://fld.czu.cz/~bohml/aglomerovane_materialy.pdf
- [32] KOLONIČITÝ, J.; HORÁK, J.; PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ, S.: *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 105 s. ISBN 978-80-248-2542-7.
- [33] PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: *Biomasa obnovitelný zdroj energie*, Fcc Public s.r.o., Praha 2004, str. 28á, ISBN 80-86534-06-5

Energeticko-ekonomická bilance a návrh peletové technologie na zpracování odpadů z výroby europalet

[34] ŠOOŠ, L.: *Dřevný odpad čo s ním?*. Bratislava : ECB, 2000. 108 s. Dostupné z: http://www.ecb.sk/fileadmin/user_upload/editors/documents/Drevny_odpad_a_co_s_nim.pdf.

[35] SLADKÝ, V: *Dřevní peletky - standardní fytopalivo budoucnosti*. *Biom.cz* [online]. 2001-12-11 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-peletky-standardni-fytopalivo-budoucnosti>.

[36] KOTLÁNOVÁ, A: *Stanovení jakostních ukazatelů pelet z biomasy*. *Biom.cz* [online]. 2009-08-26 [cit. 2015-08-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stanoveni-jakostnich-ukazatelu-pelet-z-biomasy>.

[37] *Peletovací linka*: [online] [cit. 2015-10-10] Dostupné z: <http://propelety.cz>

[38] *Kladívkový mlýn*: [online] [cit. 2015-10-12] Dostupné z: <http://www.sg-stroj.cz/>

[39] ŽÍDKOVÁ, D.; ROSOCHATECKÁ, E.: *Ekonomika podniků*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2009. ISBN 978-80-213-1886-1.

[40] ŘÍMOVSKÁ, P.; VACULÍK, P.: *Metodické postupy v projektování podnikatelských projektů: teoretické přístupy a praktické návody k aplikaci*. Vyd. 2. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008, 252 s. ISBN 978-80-213-1828-1.