

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Petr Karlík

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

KATEDRA ROSTLINNÉ VÝROBY A AGROEKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**TECHNOLOGICKÉ A EKONOMICKÉ ASPEKTY
VÝROBY PELET Z FYTOMASY PRO SPALOVÁNÍ**

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Autor práce: Petr Karlík

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Ročník: 3.

2012

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ:

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma „Technologické a ekonomické aspekty výroby pelet z fytomasy pro spalování“ vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a 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 a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části internetové databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích.

V Českých Budějovicích dne

.....
Petr Karlík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Janu Moudrému, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a veškerý čas, který mi věnoval. Děkuji Ing. Václavu Sladkému, který mi poskytl mnoho podkladů a informací a byl mi ochotný pomáhat ve všem, co souviselo s mou bakalářskou prací. Dále bych chtěl poděkovat panu Václavu Sobolíkovi a Petru Duškovi za veškeré informace týkající se výroby pelet ve firmě Komterm Energy, s.r.o. v Březnici. A v neposlední řadě také děkuji svým přátelům, kteří mi pomáhali s problémy, které nastaly při řešení této práce.

ABSTRAKT

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhodnocení technologických aspektů výroby pelet z fytomasy pro spalování. Práce představuje pelety, palivo vyrobené z biomasy, jako obnovitelný zdroj s ohledem na ochranu životního prostředí, klady a zápory jejich využití. Jako konkrétní příklad je zde hodnocena výroba v peletizační lince v Březnici v okrese Příbram. Dále je hodnocena ekonomická stránka výroby pelet, porovnání tržních a nákladových cen, náklady na technologii, suroviny a další doprovodné investice. Technologie a zpracovávaný materiál jsou následně porovnávány s jinými druhy výroby pelet.

Klíčová slova: pelety, biomasa, peletizační linka, ekonomická analýza

ABSTRACT

The main aim of this thesis is to evaluate the production of pellets from phytomass form combustion from the technological point of view. The work introduces pellets as a renewable source with regard to the environmental protection and the advantages and disadvantages of their usage. Pellets are fuel made out from biomass. As a specific example studied in this work is the evaluation of production in pelletizing line in Březnice, Příbram. There is also evaluated the economical point of production of pellets, comparison of market price and the cost of production, the cost of technology, raw materials and other related investments. Technologies and manufactured materials are then compared with other types of pellets production.

Keywords: pellets, biomass, pelletizing line, economic analysis

OBSAH

1	Úvod.....	8
2	Literární přehled.....	10
2.1	Co je to biomasa.....	10
2.2	Biomasa využitelná k energetickým účelům.....	11
2.3	Pelety.....	12
2.4	Výroba pelet.....	14
2.4	Fyzikálně-mechanické a chemické vlastnosti pelet.....	16
2.4.1	Spotřeba energie pro peletování.....	19
2.5	Technologické linky.....	20
2.5.1	Sušící a peletovací linka firmy OBILNÍ TECHNIKA, s.r.o. Zlín.....	20
2.5.2	Peletovací linka LSP 1800 firmy ATEA PRAHA, s.r.o.....	21
2.5.3	Linka na výrobu pelet firmy AGROING BRNO s.r.o.....	22
2.5.4	Peletovací linka MGL 200 firmy KOVO NOVÁK Citonice.....	23
2.5.5	Ekonomika pelet z pohledu spotřebitele.....	24
3	Metodika.....	27
4	Výsledky a diskuse.....	28
4.1	Technologická analýza peletizační linky.....	28
4.2	Porovnání výrobní linky podniku Komterm Energy, a.s. s vybranými výrobními linkami na trhu.....	34
4.3	Ekonomická analýza výroby pelet ve firmě Komterm Energy, s.r.o.....	36
5	Závěr.....	39
6	Seznam použité literatury.....	41

1 ÚVOD

Celosvětové zvyšování životní úrovně, ekonomický a technologický rozvoj mají za následek vyšší nároky na spotřebu energie. V současné době je světová výroba energie kryta převážně využíváním fosilních paliv, jako je ropa, zemní plyn a uhlí. Jejich zásoby se však ztenčují a lidstvo musí řešit problém, jak tato paliva nahradit. Do popředí se tak dostávají obnovitelné zdroje jako je sluneční záření, větrná energie, vodní energie, geotermální energie, energie získaná spalováním biomasy a další.

Česká republika svou polohou ve střední Evropě, klimaticky spadá do mírného podnebného pásma. To znamená, že se zde pravidelně střídají čtyři roční období. V zimním období klesají průměrné teploty pod bod mrazu, což nás nutí chránit svá obydlí před mrazem a řešit problémy s jejich vytápěním a zateplením. Při stavbě domu se tak každý z nás musí rozhodnout, jaký zdroj energie je pro něj nejvýhodnější. Rozhodujeme se na základě velikosti vytápěných prostor, dostupnosti a snadné manipulace s palivem a v neposlední řadě rozhoduje cena. Vzhledem k avizovanému úbytku fosilních paliv a jejich negativnímu vlivu na životní prostředí, se stále více lidí rozhoduje pro využití obnovitelných zdrojů. Ačkoliv se v České republice využívá sluneční, větrné a vodní energie, tak jako další vhodný zdroj se nabízí spalování rostlinné biomasy.

Jednou z možností, jak biomasu spalovat nabízejí pelety. Pelety jsou mnohými lidmi nazývány „palivem budoucnosti“ a ačkoliv jsou relativně novým druhem paliva, v mnoha státech roste počet těch, kteří tento zdroj energie využívají. Jedná se o vysoce kvalitní vylisky z rostlinného materiálu, které svou výhřevností silně konkurují například hnědému a černému uhlí. Na rozdíl od uhlí, kusového dřeva a briket je spalování pelet mnohem méně náročné na obsluhu a manipulaci s palivem. U každého kotle je zásobník na pelety, ze kterého je palivo dodáváno přímo do kotle. Díky malému procentu popelovin není třeba časté vynášení popela, což zajišťuje celkovou bezobslužnost až po dobu 14 dnů.

Na trhu, můžeme nejčastěji najít pelety vyrobené ze dřeva. Pro výrobu tohoto paliva se však nabízejí i další alternativy organického materiálu, který umožňuje následné spalování. Mezi ně patří odpady zemědělské výroby (seno, sláma, plevy apod.), odpady z potravinářských průmyslových výrob (např. pokrutiny) nebo

papírenské odpady. Škála možností zpracování je široká, proto se pelety stávají palivem s vysokými ambicemi výroby z velkého množství obnovitelných zdrojů. Zajišťují tedy ekologické vytápění a napomáhají tak trvale udržitelnému rozvoji naší společnosti.

Cílem této bakalářské práce je objasnění technologických aspektů výroby pelet pro spalování. Pelety jsou zde představeny jako jedna z možností využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie. Jejich výroba je popsána z hlediska materiálu, technologie výroby, ekonomických a provozních nákladů. Je zde kladen důraz na objektivní pohled na různé druhy peletizačních linek a jejich porovnání s konkrétní linkou v Březnici. Na základě informací o Březnické lince, je vytvořena ekonomická bilance výroby pelet a její finanční výhodnost.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Co je to biomasa

Biomasa je definována jako substance biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství nebo z údržby a péče o krajinu.

Teoretické propočty různých odborníků uvádějí roční celosvětovou produkci biomasy na úrovni $20 \cdot 10^{11}$ t, jejíž energetický potenciál se pohybuje kolem $3 \cdot 10^{12}$ J. To je téměř desetkrát více, než činí roční objem světové produkce ropy a plynu. Čím je tedy limitováno využití biomasy k energetickým účelům a vyřešení jednoho z globálních problémů?

- Produkce biomasy pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (např. k potravinářským a krmivářským účelům, zajištění surovin pro průmyslové účely, uplatnění mimoprodukční funkce biomasy).
- Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšíření produkčních ploch nebo zvýšení intenzity výroby biomasy, což sebou nese potřebu vyšších kapitálových vkladů do výroby biomasy.
- Získávání energie z biomasy v současných podmínkách s obtížemi ekonomicky konkuruje využití klasických energetických zdrojů. Tato skutečnost může být postupně měněna tlakem ekologické legislativy.
- Maximální využití zdrojů biomasy k energetickým účelům z celosvětového hlediska je problematické vzhledem k rozmístění zdrojů biomasy a energetických spotřebičů, vzhledem k potížím s akumulací, transportem a distribucí získané energie

Na druhé straně existují nesporné výhody využití biomasy k energetickým účelům:

- Menší negativní dopady na životní prostředí
- Zdroj energie má obnovitelný charakter
- Jde o tuzemský zdroj energie, snižuje se spotřeba dovážených energetických zdrojů
- Zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny

- Účelně se využijí spalitelné, někdy i toxické odpady
- Řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péči o ni
(Pastorek 1994)

Podle Petříkové (2005) má využívání biomasy pro energii nesporný význam nejen pro získání obnovitelných energetických zdrojů, ale rovněž z celé řady dalších důvodů. Dostatečné zásoby tohoto biopaliva lze v ČR úspěšně zajistit. Je třeba důsledně využívat veškeré lesní a dřevní odpady a současně využívat přebytečnou zemědělskou půdu pro produkci energetických rostlin, z nichž největší význam má krmný šťovík. Pěstování energetických rostlin má pro zemědělce nespornou výhodu, neboť nekonkurují na trhu potravin a tato „zelená energie“ zajišťuje plynulý odbyt vypěstované produkce.

2.2 Biomasa využitelná k energetickým účelům

Pro získávání energie se využívá:

- a) Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu: cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina (pro výrobu etylalkoholu), olejniny (nejvýznamnější je řepka olejná pro výrobu surových olejů a metylesterů), energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové nebo keřové dřeviny).
- b) Biomasa odpadní:
 - Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny: kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic
 - Odpady z živočišné výroby: exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.
 - Komunální organické odpady z venkovských sídel: kaly z odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch
 - Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob: odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, jatek, mlékáren, lihovarů a konzerváren a odpady z vinařských a dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny)

- Lesní odpady (dendromasa): dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest. (Pastorek 1994)

Podle Pastorka (2004) je energeticky využitelná biomasa dělena do pěti základních skupin a to:

- 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

Noskievič (1996) uvádí podstatu energetického využívání biomasy ve spalovacím procesu, při němž oxidací hořlavých složek paliva vzdušným kyslíkem vznikají produkty reakce. Tyto produkty jsou vždy v plynné fázi a mohou být pouze nositeli fyzického tepla, které je ve spalovacím zařízení předáváno pracovní látce k využití, nebo mohou obsahovat navíc i chemickou energii obsaženou v hořlavých plynech s následným spalováním v jiném zařízení. První případ představuje dokonalé spalování, kdy hořlavé složky paliva zreagují na konečný produkt. Ve druhém případě se jedná v první fázi o nedokonalé spalování se vznikem energeticky vydatného plynného meziprojektu, který je dokonale spálen ve druhé fázi. V běžné terminologii hovoříme o spalování a zplyňování. Tohoto procesu je využíváno u spalování biomasy pro dokonalé spálení uhlíku na oxid uhličitý (CO_2) a zamezení vstupu škodlivého oxidu uhelnatého (CO) do atmosféry.

2.3 Pelety

Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny o průměru 6 mm a délce 5 – 40 mm. Nejčastěji jsou vyráběny z dřevních zbytků, obvykle z pilin a hoblin. Kromě těchto dřevních pelet se také na trhu objevují pelety rostlinné (ze sena, slámy nebo účelně pěstovaných energetických plodin), kůrové, rašelinové a pelety z dalších materiálů z biomasy. Takzvané směsné pelety se vyrábí mícháním těchto různých materiálů. (Biom 2011)

Z dřevního materiálu vznikají nejkvalitnější pelety. Svou výhřevností dosahují okolo 18 MJ/kg a tímto se vyrovnávají hnědému uhlí. Petříková a kol. (2006) uvádí,

že pelety lisované z rostlinné biomasy (stébelniny, energetické plodiny aj.) nedosahují takové výhřevnosti jako dřevní pelety (16,5 až 17,5 MJ/kg). Jejich spalováním vzniká více popelovin (5 až 6%) a více emisních látek, proto vyžadují jiný systém spalování.

Pelety mohou dosahovat různé barvy v závislosti na použitém druhu materiálu, kvalitě suroviny ovlivněné vlhkostí nebo příměsí apod. a použitém technologickém procesu výroby (viz. obrázky č. 1 - 6). (Biom 2011)

Server Biom (2011) uvádí pelety jako palivo, které lze používat v široké výkonové škále kotlů a kamen v rodinných domech i ve větších budovách. Vzhledem k povaze paliva jde o zcela čistý a obnovitelný zdroj energie. Andert (2007) uvádí, že u velkých zařízení je snaha používat palivo s co nejmenšími nároky na úpravu. Jedná se zejména o rozdruženou slámu či dřevní štěpku a minimálně je využívána např. štěpka ze šťovíku či rozdružené seno. Tyto paliva se často používají ve směsích.

Ukázky pelet z různých materiálů (Obr. č. 1-6 – Zdroj:

<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>)



Obr. č. 1: Dřevěné pelety bez kůry



Obr. č. 5: Pelety z řepkové slámy



Obr. č. 3: Dřevěné pelety s kůrou



Obr. č. 2: Pelety ze slunečnice



Obr. č. 4: Pelety ze šfovku



Obr. č. 6: Pelety ze sena

2.4 Výroba pelet

Pelety jsou vyráběny silným stlačením materiálu, při procesu zvaném peletizace. K výrobě kvalitních pelet je zapotřebí vysokého tlaku. Pro soudržnost pelet má kromě tlaku význam především obsah ligninu (je také nazývaný jako „dřevovina“) a pryskyřic ve dřevě. Někdy se k surovině přidávají 1-2 % pomocné organické látky, jako je melasa, škrob atd.

Výrobní proces peletizace je znám již 100 let, byl převzat z krmivářského průmyslu, kde se používal pro výrobu granulovaných krmiv. Vznikem systému spalování drobných dřevěných paliv vznikla i výroba pelet. Peletováním vzniká zcela nový druh paliva s vysokou energetickou hodnotou, dobrými palivářskými vlastnostmi a vynikajícími vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, což umožňuje ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi.

Výroba pelet má následující technologický postup:

- Sušení suroviny (pokud je zapotřebí)
- Mletí (drcení, pokud je zapotřebí)
- Peletování
- Chlazení
- Skladování
- Balení a expedice

Sušení je nezbytné u všech druhů surovin, které mají obsah vody vyšší než je pro peletování přípustné (12-14%). Dodávaný materiál zpravidla obsahuje 50 i více % vody, u zemědělských posklizňových zbytků (seno, sláma) je předpokládaná vlhkost kolem 14%. Sušení je energeticky náročné (až 5 MJ/kg odpařené vody), a tím také nákladné. Rekuperací tepla z odpařené vody (kondenzací) je možno náklady na sušení výrazně snížit.

Mletí nebo drcení probíhá na kladívkových mlýnech a je nezbytné u surovin, které obsahují větší kousky proto, aby byl získán homogenní, stejnorodý, jemný materiál.

Peletování je nejdůležitější operace, která probíhá v peletovacích lisech. Pro vyšší výrobní výkony se používají lisy s prstencovou maticí (obr. č. 7) s mnoha přesně vyrobenými otvory, která se otáčí kolem horizontální osy na horizontálním čepu a která je obklopena pláštěm. Ve vnitřním prostoru matrice jsou umístěny na čepch v přesné vzdálenosti zpravidla 2-3 otáčivé rolny, kterými se zpracovávaný materiál otvory matrice protlačuje. Na vnější straně matrice je umístěný nůž (nože), který upravuje délku vyrobených pelet. Pro nižší výkony se používají peletovací lisy s plochou, talířovou maticí s vertikálním středovým čepem (obr. č. 8), na které se odvalují 3-4 kónické rolny se stejnou protlačovací funkcí. Vzdálenost mezi rolnami a maticí musí být přesně seřízena, protože jejich otáčení je vyvozováno pouze třením mezi maticí, lisovaným materiálem a rolnou. Oba typy protlačovacích matic jsou vybaveny patřičným počtem přesně vyvrtaných otvorů, jejichž průměr odpovídá požadovanému průměru vyráběných pelet s hloubkou děr 30 – 40 mm. V současné době se pelety nejčastěji vyrábějí s průměrem 6 nebo 8 mm a délkou od 10 do 30 mm (určené pro malé topeniště do 25 kW). Zpracovávaný materiál je před vstupem do velkých peletovacích lisů v tzv. kondicionéru změkčen propařením (u menších lisů jen z kropen vodou) a jeho obsah vody upraven na 11 – 14 %. Jedná se výhradně o zvlhčení povrchu částic zpracovávaného materiálu. Surovina se rovnoměrně přivádí do prostoru mezi maticí a rolnami a je jimi protlačována na druhou stranu matrice. Kondicionování suroviny snižuje tření a šetří energii při peletování. Délka pelet se sjednocuje noži na vnější straně matrice, které odřezávají protlačované pelety na potřebnou délku. Do pracovního prostoru peletovacího lisu se surovina od kondicionéru přivádí výhradně šnekovým, dávkovacím dopravníkem.



Obr. č. 7 – Lis s prstencovou maticí – Zdroj: <http://www.timber-online.net/?id=2500,5062927,>



Obr. č. 8 – Lis s taliřovou maticí – Zdroj: <http://www.ateap.cz/>

Chlazení a skladování – na konci výrobní operace musí být pelety, které mohou dosahovat teplot 90 - 100 °C, zchlazeny. Bezprostřední ochlazení je nezbytné, neboť teprve potom získají pelety dostatečnou pevnost a odolnost proti odrolu.

Balení a expedice – při expedici v menším množství, zejména pro uživatele lokálních kamen, se plní pelety do běžných pytlů do hmotnosti 15 kg. Při větším množství se dopravují většinou v cisternách o nosnosti cca 6-7 tun a pneumaticky se dodávají odběrateli přímo do skladu v blízkosti kotle nebo nad kotlem na spalování pelet. Někdy se pelety dodávají na přání zákazníka v obřích vacích s obsahem 1 tuny (Holz, 2008).

2.4 Fyzikálně-mechanické a chemické vlastnosti pelet

Pelety představují špičkové palivo vynikající kvality, která se posuzuje podle několika norem. Podle Stupavského (2011) jsou na trhu pelety odpovídající německým normám DIN 51731 a DIN plus, rakouské normě ÖNORM M 7135, české normě ČSN P CENT/TS 14961 a české technické směrnici č. 55/2008 (MŽP ČR). V tabulce č. 1 je uvedeno jaké musí být složení pelet dle jednotlivých norem.

Norma		DIN 51731	DINPlus	ÖNORM M 7135	ČSN P CEN/TS 14961	Směrnice č. 55-2008
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
Obsah síry	% (m/m)	$\leq 0,04$	$< 0,8$	$\leq 0,04 / \leq 0,08$	4 třídy	$\leq 0,15$
Obsah dusíku	% (m/m)	$\leq 0,3$	$< 0,3$	$\leq 0,30 / \leq 0,60$	5 tříd	$\leq 0,9$
Obsah chloru	% (m/m)	$\leq 0,02$	$< 0,03$	$\leq 0,02 / \leq 0,02$	4 třídy	$\leq 0,18$
Otěr	% (m/m)	2,3	0	$\leq 2,3 / \leq 2,3$	3 třídy	$\leq 2,3$
Pomocný lisovací prostředek	% (m/m)	2	0	$\leq 2 / \leq 2$	určit druh a obsah	≤ 6
Jemné částice	% (m/m)	-	-	-	3 třídy	-
Minimální doba skladovatelnosti	měsíce	-	-	-	≥ 6	≥ 6

Tabulka č. 1: Porovnání norem DIN 51731, DIN plus, ÖNORM M7135, ČSN P CEN/TS 14961 a Technické směrnice č. 55 – 2008 (MŽP ČR) – Zdroj: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kvalita-pelet-certifikace-a-normy-pro-pelety>

Stupavský (2011) uvádí, že normami zajištěná výhřevnost je do 18 MJ/kg, obsah vody kolem 10 % a obsah popela kolem 1 %. Podle Petříkové (2006) těchto hodnot dosahují dřevní pelety, u pelet z rostlinné fytohmoty je výhřevnost od 16,5 do 17,5 MJ/kg a obsah popelovin od 5 do 6%.

Podle Winklera 2006 výhřevnost značně závisí na vlhkosti. U dřevěné biomasy uvádí tabulku vlivu obsahu vody na výhřevnost, kde se stoupající hodnotou vlhkosti rapidně klesá výhřevnost. Jedná se o dřevěnou biomasu obecně, hodnoty u pelet jsou tedy o něco vyšší.

Obsah vody %	Výhřevnost MJ/kg
0	18,5
10	16,4
20	14,3
30	12,2
40	10,1
50	8,0
60	6,0

Tabulka č. 2 - Vliv obsahu vody na výhřevnost dřevěné biomasy

Z uvedených hodnot výhřevnosti je zřejmé, že zásobu paliva je nutno skladovat v suchém prostředí. Pokud je palivo vlhké, je na dosažení stejného množství vyrobeného tepla mnohem větší potřeba množství paliva. Nevhodným skladováním tedy dochází k jeho znehodnocování. Lepší než skladování na volném prostranství jsou proto jednoduché přístřešky nebo kryté prostory, které ochrání zásobu před přímým deštěm a sněhem. Potřebný prostor pro uskladnění 1 GJ tepelné energie pro jednotlivé druhy paliva z dřevní biomasy popisuje následující tabulka:

Polena	0,17 m³/GJ
Odřezky	0,22 m³/GJ
Štěpka	0,34 m³/GJ
Dřevěné brikety	0,06 m³/GJ
Pelety	0,06 m³/GJ

Tabulka č. 3 - Potřebný prostor pro uskladnění 1 GJ tepelné energie u různých druhů dřevního paliva

Absolutní objemová hmotnost pelet přesahuje hodnotu 1 kg.dm⁻³ (1000 kg.m⁻³, takže neplavou ve vodě). Sypná hmotnost se pohybuje od 600 do 650 kg.m⁻³, což v porovnání s ostatními druhy sypných dřevních paliv je výhodné s ohledem na dopravu a skladování (Sladký 2001).

V tabulce č. 4 je uvedeno organické a chemické složení pelet podle Sladkého (2001)

Organické složení pelet		Chemické složení pelet	
celulóza	40 - 55 %	uhlík	51 %
lignin	20 - 35 %	kyslík	42 %
glycidy	18 - 25 %	vodík	6 %
popel	0,3 - 0,8 %	dusík	1 %

Tabulka č. 4 – Organické a chemické složení pelet (Sladký 2001)

2.4.1 Spotřeba energie pro peletování

Pro výrobu jedné tuny pelet (1,7 m³) je zapotřebí 5 - 8 m³ fytomasy. Samotné peletování suché suroviny vyžaduje asi jen 1,5 - 2 % energie, která je obsažena ve vyrobených peletách. Je-li nezbytné sušení mokřích surovin, stoupá podíl vložené energie na 7 - 10 % energetického obsahu vyrobených pelet. Ve finančních nákladech činí podíl spotřebované energie sušením asi 18 % ceny pelet.

Vyrobena tuna pelet má energetický potenciál až 5000 kWh, což odpovídá asi 500 litrům topného oleje. Při výrobě pelet ze suché suroviny, činí spotřeba energie na jejich výrobu 75 - 100 kWh/t elektrické energie, je-li nezbytné sušení suroviny spotřeba energie stoupne na 350 - 500 kWh/t (Holz 2008).

2.5 Technologické linky

S přibývajícím poptávkou po nových alternativách vytápění, mezi které patří i pelety, přibývá firem zabývajících se výrobou technologických linek pro výrobu pelet. Touto cestou se nabízí zpracování nejrůznějších druhů biomasy a odpadů, pro které není jiné využití jako např. piliny, sláma, seno, štěpka apod. S rozdílnými vlastnostmi, ať už fyzikálními nebo chemickým složením, musí přijít i odlišné technologické prvky při výrobě různých druhů pelet. Jevič (2008) uvádí výčet typů výrobních linek, které se v České republice zatím vyrábí. Spektrum linek je od vyspělých velkovýrobních až po jednoduché využitelné například pro vlastní výrobu.

2.5.1 Sušící a peletovací linka firmy OBILNÍ TECHNIKA, s.r.o. Zlín

Společnost je zaměřena na výrobu samostatných sušících linek až po kompletní peletovací linky „na klíč“ s výkonností od 1,2 do 5 tun/hod. Největší linky se vyrábí podle individuálních potřeb zákazníka. Linky zpracovávají dřevní hmotu až do maximálního průměru 380 mm.

Základní peletovací linka zahrnuje tyto provozní soubory:

- Příjem suroviny, kde dochází k vyřídění větších kusů dřevní hmoty (štěpka, kusové dřevo apod.)
- Sušení suroviny na požadovanou vlhkost pro peletování horkovzdušnou technikou, kterou pohání kotel o výkonu 1000 kW spalující dřevní odpad
- Homogenizace suroviny na stejně veliké částičky a odležení před lisováním
- Lisování suroviny na granule o standardním průměru 6 mm, popřípadě 8 mm a délce 5-20 mm
- Chlazení pelet, které po lisování dosahují teploty až 90 °C na pokojovou teplotu
- Separace odrolu, který se následně využívá jako palivo pro horkovzdušný kotel u sušárny
- Balení a expedice

Cena základní linky na klíč (výkon 1,2 – 1,5 t/h) začíná na úrovni cca 13 mil. Kč (bez DPH) (Jevič, 2008)

2.5.2 Peletovací a briketovací linka LSP 1800 firmy ATEA PRAHA,

S.F.O.

Technologická peletizační linka LSP 1800 je určena na výrobu palivových pelet a briket. Základní surovinou je sláma (pšeničná, ječná, řepková apod.) slisovaná do hranatých balíků s maximálním průřezem 120 x 120 cm. Optimální vlhkost vstupní hmoty je 15 %, se zvyšující se vlhkostí výrazně klesá výkon linky a kvalita výstupní pelety popř. brikety.

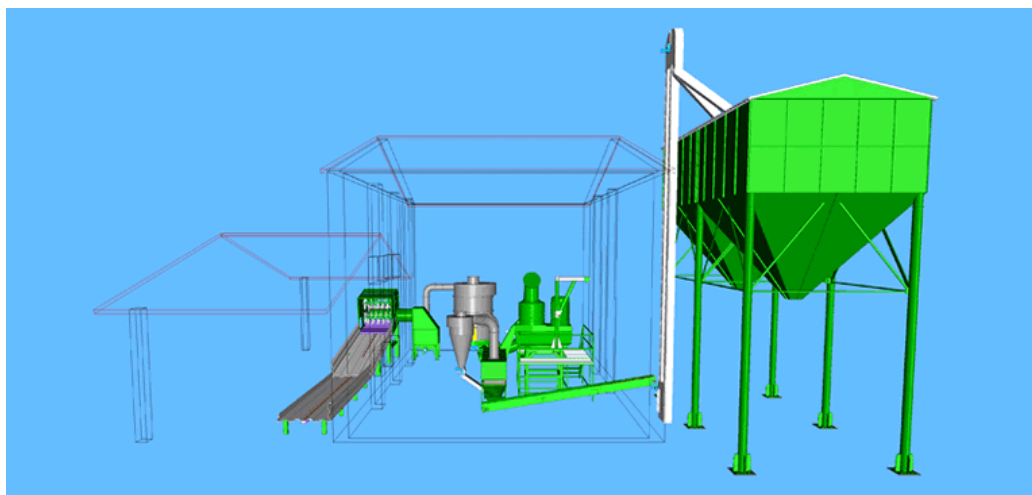
U výroby pelet je využito techniky granulátoru, který byl vyráběn před rokem 1989 v TMS Pardubice za účelem granulace krmiv.

Výkon linky se pohybuje od 1300 do 1800 kg vyrobených pelet (briket) v závislosti na kvalitě a vlhkosti materiálu. Měsíční výkon při nepřetržitém provozu je 1000 tun. Optimální roční objem zpracované slámy pro linku odpovídá sklizeným plodinám (pšenice, řepka olejná) z plochy 2000 – 2500 ha.

Linka LSP 1800 zahrnuje tyto provozní soubory:

- Podávací dopravník balíků 10,5 m dlouhý
- Rozdružovací zařízení
- Drtič slámy
- Peletovací lis
- Výpadková šachta třídící pelety od odrolu
- Pásové a šnekové dopravníky
- Podjezdový zásobník na 40 t

Cena takto koncipované strojní linky činí 5 200 000 Kč a montáž 930 000 Kč bez DPH (Jevič 2008, Atea Praha 2012).



Obr. č. 9: Dispoziční řešení peletovací linky LSP 1800 – Zdroj: <http://www.ateap.cz/>

2.5.3 Linka na výrobu pelet firmy AGROING BRNO s.r.o.

Linka zpracovává balíky sena popř. slámy nebo sušší separát z BPS stanice. Soustava je vybavena pásovou sušárnou, nabízí se tak možnost zpracovávat i vlhký materiál. Linka na výrobu pelet je navržena tak, že na vstupu přichází materiál ve formě balíků a vlhkého separátu a na výstupu vypadává již granulovaný, zchlazený materiál. Výkonnost dosahuje až 2 t vyrobených pelet za hodinu. Celkový příkon linky včetně dopravníků činí cca 180 kW.

Celkově tato peletizační soustava obsahuje tyto komponenty:

- Násypka s dopravníkem
- Pásová sušárna
- Šrotovník se zásobníkem
- Granulační lis TL 700
- Chladicí jednotka
- Filtrační jednotka
- Pásové a šnekové dopravníky

Celková cenová kalkulace této peletizační linky při rekonstrukci na klíč je 7 500 000,- Kč bez DPH (Šindelář, Musílek 2011).

2.5.4 Peletovací linka MGL 200 firmy KOVO NOVÁK Citonice

Jedná se o malotonážní kompletní linku určenou pro zpracování suché biomasy z malých hospodářství. Její průměrná hodinová výkonnost se pohybuje kolem 100 kg/hod. Lisovací ústrojí je tvořené rolnami a matricí o průměru 198 mm, přes kterou jsou protlačovány pelety o průměru 8 mm.

Do této linky musí přijít materiál už správně nadrcený na požadovanou velikost částic a vysušený na optimální vlhkost pro peletování.

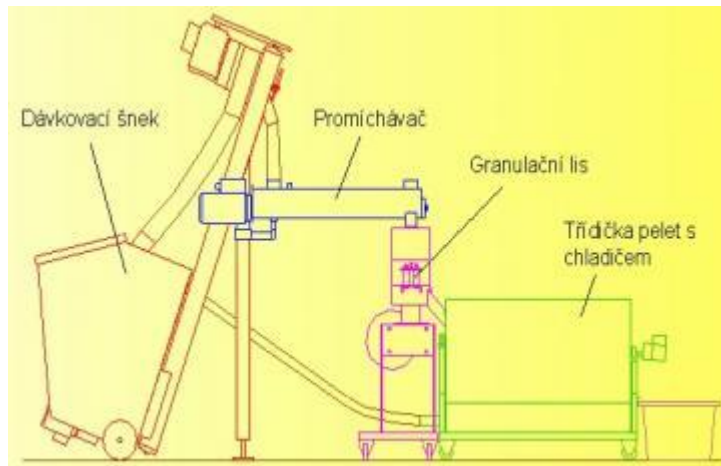
Peletovací linka MGL 200 je složena z těchto technologických souborů:

- Dávkovací šnek s uzavřenou násypkou
- Promíchávač hmoty
- Peletizační lis
- Třídička pelet s chladičem
- Odsávání
- Elektrický rozvaděč

Cena kompletní linky MGL 200 je stanovena na 203 500 a šrotovníku RS 650 na 60 700 Kč bez DPH (Jevič 2008, Kovo Novák 2012).



Obr. č. 10: Provozní stav peletovací linky MGL 200 – Zdroj: <http://www.kovonovak.cz/mala-granulacni-linka>



Obr. č. 11: Schéma celkového řešení peletovací linky MGL 200 – Zdroj: <http://www.kovonovak.cz/mala-granulacni-linka>

2.5.5 Ekonomika pelet z pohledu spotřebitele

O tom, že pelety patří mezi perspektivní palivo svědčí zejména skutečnost, že ač nejsou v současné době nijak dotovány, lze je zařadit ve srovnání s ostatními používanými palivy z hlediska vlastností k nejlevnějším. Pro spotřebitele, který se rozhoduje, jakým druhem paliva bude vytápět své obytné prostory, je samozřejmě nejdůležitějším kritériem výběru cena paliva s ohledem na výkon.

Aby mohla být cena pelet pro spotřebitele co nejpříznivější, je podle Klobušníka (2003) důležité minimalizovat náklady na dopravu surovin, z nichž se pelety vyrábějí, což je možno zajistit zejména výstavbou peletáren v místech, kde jsou zdroje surovin stále k dispozici (například pily, podniky dřevozpracujícího průmyslu apod.)

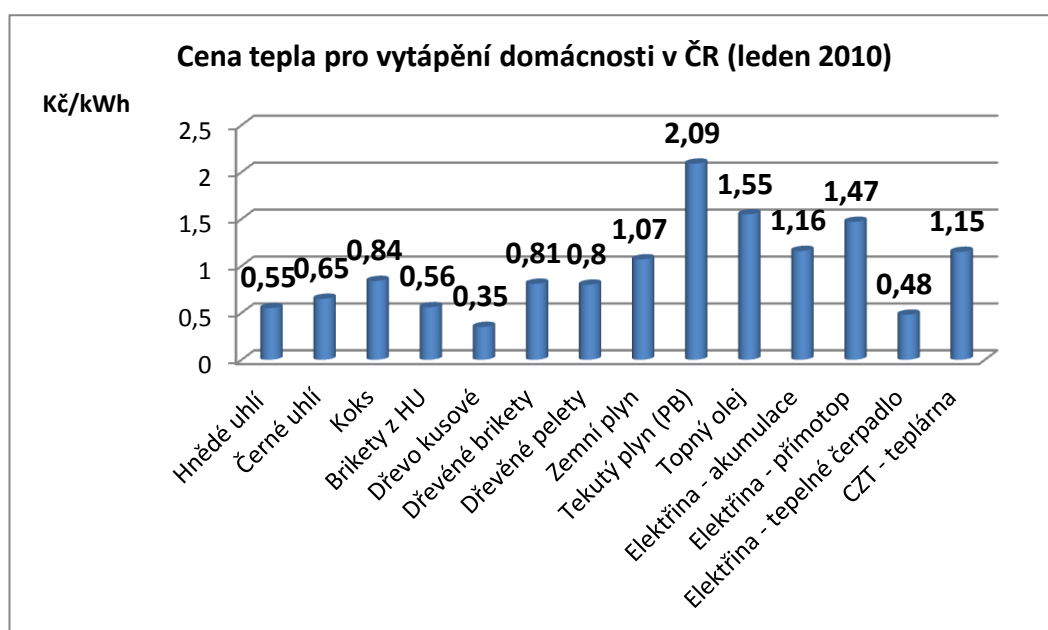
Není proto účelné stavět jednu centrální „republikovou“ peletárnu, ale je vhodnější postavit menší peletárny v místech se zdroji surovin. Tak bude moci být vybudována rozsáhlejší výrobní a distribuční síť, která bude schopna pružně reagovat na potřeby konečných spotřebitelů. Zároveň může výstavba peletáren v některých regionech napomoci řešit problematiku nezaměstnanosti tím, že vzniknou nové pracovní příležitosti související s výrobou a distribucí pelet i technologických zařízení na jejich spalování.

Jako další kritérium, kromě ceny a výkonu, může být pro hodně spotřebitelů důležitá technologie a manipulace s palivem. Technologie spalování pelet nabízí poměrně jednoduchou a bezpracnou manipulaci, kdy si spotřebitel doveze nebo

nechá dovést palivo do zásobníku svého domu, odkud si kotel automaticky přijímá palivo šnekovým dopravníkem. Ve srovnání s vytápěním na kusové dřevo, které je sice levnější, ale vyžaduje obsluhu při přikládání i několikrát za den, vytápění peletami nevyžaduje obsluhu i několik dní.

Srovnání cenové výhodnosti pelet ukazuje graf č. 1, ve kterém je tato cena porovnána s druhem paliva nebo energie. Potřebné množství a ceny paliv a energií na vytápění je uvedeno v tabulce č. 5.

Z této tabulky a grafu je patrné, že reálné provozní náklady na vyrobenou 1 kWh tepla z pelet jsou v současné době cca 0,80 Kč, při uvažované průměrné účinnosti kotlů 80%, výhřevnosti pelet 18,5 MJ/kg a ceně pelet 4 Kč/kg.



Graf č. 1 – Cena tepla pro vytápění domácností v ČR (leden 2010) podle Klobušníka (2010)

V tabulce č. 5 můžeme najít informace týkající se vytápění obytných prostor s průměrnou roční spotřebou tepla 17 453 kWh (62,831 GJ). Počítá se zde s 16 hodinami vytápění za den po dobu 244 dní. Bere se v úvahu tepelná ztráta objektu 10 kWh/rok.

Druh paliva	Měrná jednotka	Výhřevnost paliva MJ/m.j.	Cena paliva Kč/m.j.	Cena využitelné energie		Účinnost zdroje %	ostatní náklady Kč/rok	Roční spotřeba paliva a energie, cena paliva a potřebné energie vč. Ostatních nákladů			
				Kč/GJ	Kč/kWh			Kč/Gj	Kč/kWh	Potřeba paliva m.j. za rok	Kč/rok
Hnědé uhlí	kg	18	2,55	141,7	0,51	65	900	232,3	0,84	5 370	14 594
Černé uhlí	kg	22,7	4,5	198,2	0,71	67	900	310,2	1,12	4 131	19 490
Koks	kg	26,3	8	304,2	1,1	70	900	448,9	1,62	3 413	28 203
Brikety z HU	kg	23	3,3	143,5	0,52	67	900	228,5	0,82	4 077	14 355
Dřevo kusové	kg	14,6	1,8	123,3	0,44	70	225	179,7	0,65	6 148	11 291
Dřevěné brikety	kg	18	3,8	211,1	0,76	75	225	285,1	1,03	4 654	17 911
Dřevěné pelety	kg	18,5	4	216,2	0,78	80	225	273,9	0,99	4 245	17 206
Zemní plyn	m ³	33,4	11,28	337,6	1,22	80	3 310	474,7	1,71	2 351	29 828
Zemní plyn - kond. Kotle	kWh	3,6	1,074	298,3	1,07	80	3 310	425,7	1,53	2 078	26 745
Propan	kg	46,4	21	452,6	1,63	80	1 000	581,6	2,09	1 693	36 546
Topný olej	kg	42	18,5	440,5	1,6	80	800	563,3	2,03	1 870	35 395
Elektřina - akumulace	kWh	3,6	1,84	509,8	1,84	96	4 746	606,6	2,18	18 180	38 114
Elektřina - přímotop	kWh	3,6	2,32	643,9	2,32	98	4 456	728	2,62	17 809	45 741
Elektřina - tepelné čerpadlo (před 04/05)	kWh	3,6	2,23	620,1	2,23	300	1 950	237,7	0,86	5 818	14 936
Elektřina - tepelné čerpadlo (od 04/05)	kWh	3,6	2,23	620,1	2,23	300	4 456	277,6	1	5 818	17 442
CZT - teplárna	kWh	3,6	1,44	400	1,44	95	0	421,1	1,52	18 372	26 455

Tabulka č. 5 – Spotřeba a ceny energií na vytápění pro domácnost v ČR (leden 2010) podle Klobušníka (2010)

3 METODIKA

Tato bakalářská práce je zaměřena na porovnání různých typů peletizačních linek s vybranou konkrétní linkou v Březnici. Předmětem posuzování byla technologie, vstupní materiál, výchozí produkt, celkové náklady spojené s výstavbou a provozem a ekonomická rentabilita.

Pro uvedení do celkové problematiky pelet (tzn. výroba, výhody a nevýhody, ekologie spalování, popis a vlastnosti atd.) bylo nutné studium doposud sepsané literatury a získání informací pro uvedení do problematiky rešerší. Dalším bodem byla konzultace s odborníkem na výrobu pelet Ing. Sladkým z Výzkumného ústavu zemědělské techniky (VUZT) v Praze.

Pro porovnávání bylo důležité získání informací, což znamenalo zajištění tiskových materiálů o vybrané lince Obilní technika, s.r.o. Zlín na výrobu pelet od podniku Komterm Energy, a.s. v Březnici. Studium projekčních materiálů, ze kterých vychází informace o technologii, jednotlivých přístrojích, rozměrech a celkovému chodu celé linky. Co se týče informací o chodu celé linky byly nejdůležitější konzultace s provozovatelem, p. Sobolíkem, který poskytl informace o celé problematice výroby dřevních pelet v jeho podniku.

Závěrem této práce je analýza a hodnocení získaných dat, porovnání výsledků ze zjištěných dat z rozhovorů s literárními zdroji.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Technologická analýza peletizační linky

Technologie peletizační linky v podniku Komterm Energy, a.s. je zakoupena od firmy OBILNÍ TECHNIKA, s.r.o. Zlín s peletizačním lisem od firmy Salmatec a je určená na výrobu dřevěných pelet pro topné účely. Linka vyrábí úsporné a ekologicky šetrné palivo ve formě pelet z rostlinných materiálů, zejména z dřevěných pilin nejčastěji z jehličnatých stromů dřevařské prvovýroby. Pelety jsou určené ke spalování v kotlích pro domácnosti i pro velká spalovací zařízení.

Linka jako taková se všemi automatizovanými technologickými prvky umožňuje výrobu pelet přímo ze syrového pilinového materiálu. Piliny mají při vstupu vlhkost 60 – 80 %, proto je pro optimální fyzikální vlastnosti (pevnost, správná výhřevnost atd.) nutné dosoušení. K tomuto celkovému procesu stačí obsluha 2 osob.

Příprava materiálu před sušením

Materiál pro peletování je ve větším množství přemístěn pomocí manipulační techniky na posuvnou podlahu, odkud je hrabicovým dopravníkem posouván do bubnového třídíče. Tam se vytřídí drobné částice o správném průměru a hrubý odpad. Tento hrubý odpad se může následně rozdrtit a vrátit do procesu, nebo se s ním může naložit jako s palivovým dřevem. Jedná se o části z dřevařské výroby, jako jsou odřezky, kůra apod. Vytříděný materiál je akumulován v zásobníku o objemu 7 m³ odkud může být libovolně odebírán šnekovým dopravníkem pro následné sušení.

Sušení

Peletizační linka Salmatec je jako jedna z nejlepších v České republice vybavena sušícím systémem, díky kterému vzniká produkt vysoké kvality nejen z hlediska fyzikálních vlastností, ale také obsahem svých látek, které při spalování takto suchého materiálu přispívají mnohem menší měrou emisních látek do ovzduší.

Sušení pilin je (podle návodu a technických dat o Bubnové sušárně BS-6 2007) zajištěno v sušícím bubnu BS-6, do kterého je vháněn teplý vzduch od

výměníku tepla. Do tohoto výměníku je teplo přiváděno parovodním potrubím z centrálního kotle, který vytápí zároveň celý areál. Přívodní vedení je osazeno havarijním komínem a hradítkem pro uzavření potrubí v případě výpadku proudu nebo zahoření sušeného materiálu. V případě instalace teplovzdušného kotle by musela být za teplovzdušným potrubím nainstalována uklidňovací komora, která slouží k usměrnění proudu vzduchu a usazení případných jisker z kotle. Sušící buben je usazen v rámu, pohon bubnu je zajištěn elektromotorem s převodovkou, ovládání otáček je zajištěno variátorem. Sušící buben je tříplášťový a zajišťuje svou konstrukcí kvalitní vysušení zpracované hmoty. Odvod vysušené hmoty z bubnu zajišťuje odsávací ventilátor sušiny, který je umístěn na cyklonu sušiny.

Připravený materiál o vlhkosti přibližně 60 – 80% je dodáván do sušícího bubnu šnekovým dopravníkem z dávkovacího zásobníku. Vlhkost sušiny je průběžně snímána měřicím systémem vlhkosti SYTVE-2. Požadovaná vlhkost sušiny na výstupu má být 12 – 14% (Návod k použití BS-6 2007).

Příprava vysušeného materiálu před peletováním

Vysušený materiál je pomocí cyklonového ventilátoru přesouván do šrotovníku pilin VM 22 TAURUS. Materiál je drcen úderem mlecích těles s vysokou obvodovou rychlostí a třením o vnitřní povrch síťového koše. Dále je přesouván do kondicionéru Salmacon 1000-LS, kde se takto nadrcená sušina mísí s kukuřičným práškovým šrotem z mikrodávkovacího zásobníku. (technické údaje a návod kondicionéru 2007)

Mikrodávkovací zásobník je určen k plynulému podávání práškového a zrnitého materiálu v mezích zrnitosti 0-10 mm. Vlhkost práškových materiálů nesmí přesáhnout obsah vody 1%. Materiál nesmí být lepkavý. Mikrodávkovací zásobník je tvořen pomaluběžným šnekovým dopravníkem, zabudovaným ve dně zásobníku, a je určen pro plynulé dávkování škrobu do pracovní hmoty (piliny/hoblíny) peletovací linky. (Návod k použití VM 22 TAURUS 2007)

Kukuřičný práškový šrot s vysokým obsahem škrobových látek zlepšuje funkci pojiva pro kvalitnější výsledek a zlepšuje průchod maticí při procesu peletizace v peletizačním lisu.

Peletování

Nyní se již dostatečně připravený materiál dostává do samotného srdce výroby a to do peletizačního lisu Maxima 500-100 LS. Zde je postupně přisypávaný materiál protlačován přes prstencovou matici. Peletizaci zajišťují 3 rolny otáčející se po vnitřní straně matrice a protlačují skrz daný materiál. K tomu je potřeba vysokého tlaku, v tomto případě 300 – 400 Atmosfér. Dostatečně velkou energii k tomuto procesu zajišťují dva 50 kW motory. Vytlačené pelety na vnější straně prstencové matrice usekávají nože, nastavené v určité vzdálenosti od matrice, podle toho jaké délky pelet chceme dosáhnout.

Průchod maticí za vysokého tlaku doprovázejí vysoké teploty a to 90 – 100 °C, proto nesmí být zpracovávány (podle návodu k použití lisu Maxima 500-100 LS z roku 2007) žádné výbušné anebo zdraví poškozující látky. Stroj je určen výhradně pro granulování suché dřevní moučky a suchých dřevěných pilin.

Chlazení a třídění pelet

Po lisování proudí z peletizačního lisu velké množství horkých pelet. Pro získání správných fyzikálních vlastností se musí chladit. Chlazení je zajištěno protiproudým chladícím silem typu VK 14x14 RP (návod k použití chladicí kolony 2007).

Horké pelety jsou přiváděny shora rotačním vzduchovým uzávěrem do chladicího prostoru. Chladící vzduch prochází přes vyprazdňovací rošty do vrcholu síla proti proudu přicházejícího materiálu. Na vnitřní straně chladicího prostoru je umístěn rotační hladinový snímač, který spustí motor pro vyprázdnění po dovršení výšky vrstvy chlazeného materiálu.

Při odlamování pelet při granulaci a cestě přes dopravníky a chladicí silo, vznikají drobné úlomky, jejichž velikost se pohybuje v řádech milimetrů. Tyto úlomky jsou při balení pro prodej a distribuci nežádoucí a je třeba pelety od nich vyčistit. To zajišťuje kompaktní třídič typ ASS 100 (technické údaje a návod kompaktního třídiče ASS 100 z roku 2007), přes který prochází pelety po sítích. Třídič je ukotven na 4 kloubních čepech a za pomoci motoru vibruje a odděluje tak pelety od drobných částec a úlomků. Z třídiče tak vychází už jen čisté pelety.

Balení a distribuce

V konečné fázi výroby jsou pelety shromažďovány v zásobním síle o objemu 6 m³. Odtud jsou odebírány pro finální balení přes dvoucestnou klapku, která umožňuje pelety posílat do dvou směrů. V prvním se pásovým dopravníkem přesouvají do pytlovací linky, kde dochází k plnění pytlů o hmotnosti 15 kg. Ve druhém směru se pelety mohou balit do tzv. BIG BAGů, které mají hmotnost 1000 kg. Takto je palivo připravené pro přímý odběr nebo distribuci nákladní autodopravou.

Kontrola kvality pelet

Pro spotřebitele je samozřejmě důležité, aby věděl, že nakupuje kvalitní palivo. Německé normy DIN 51731, DIN plus a rakouská norma ÖNORM M7135 kontrolu výroby charakterizují v rámci normy ustanovením akreditované laboratoře, která provádí kontrolu výrobního procesu odebráním vzorků a zajišťováním laboratorních zkoušek pelet náhodně odebraných při výrobě a předává výsledky národnímu certifikačnímu orgánu. Tento certifikační orgán pak přiděluje certifikát o pozitivní zkoušce pelet dle DIN, resp. ÖNORM. Dále už jsou prováděny jen jednorázové kontroly kvality. V tomto případě kvalitu kontroluje VUZT Praha Ruzyně (viz následující protokol o poslední kontrole tuhého biopaliva ve formě pelet (Hutla 2012).



Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
Drnovská 507, P.O.Box 54, 161 01 Praha 6 -Ruzyně
Telefon: 233 022 111 Fax: 233 312 507
E-mail: vuzt@vuzt.cz
<http://www.vuzt.cz>
IC: 00027031; DIC: CZ00027031

Testování strojů, měření, analýzy, zkoušky dle zřizovací listiny č.j. 22972/2006 ze dne 23.6.2006.
Ověřování pevných biopaliv dle pověření ČOI č.j 8/114/07 ze dne 27.7.2007.

Protokol o ověření vlastností vzorku tuhého biopaliva č. 103/12012

Palivo: Topné pelety ze suchých pilin z čistého dřeva jehličnanů se stopami kůry.

Výrobce: Peletárna „Sublima“ firmy KOMTERM a.s. Březnice, okres Příbram

Objednatel: Ing. Václav Sobolík, správce zakázek, tel. 731669824

Datum objednávky: 3.3.2012

Adresa firmy: Bělehradská 15, 140 00 Praha 4 IČ: 26760738, DIČ: CZ2660738

Použité normy: Předběžná česká státní norma ČSN P 63 CENT/TS 14961/2005 a
PrEN 14961-1:2008.4 (E), ÖNORM M 7135, E DIN EN 14961-2

Ověřovaný údaj	Jednotka	Hodnota	Poznámka
Hmotnost baleného vzorku	kg	15,-	
Rozměry částic vzorku : průměr	mm	6,1 – 6,2	
délka	mm	5 – 45	Norma D 05 <45 mm
Prchavá hořlavina	% hm. vzorku	76,82	
Neprchavá hořlavina	% hm. vzorku	14,08	
Popel	% hm. vzorku	0,3	Dovol. rozsah do 0,38 %
Obsah popele sušiny dle normy (A 1,5)	% hm. sušiny	0,38	
Obsah vody, dle normy, odst. M 10	% hm. vzorku	8,8	Dovol. rozsah do 10 %
Obsah sušiny	%	91,2	Sušicí pec (105° C)
Hustota	g/cm ³ vzorku	1,171	
Sypná hmotnost, (vzorek 1 dm ³)	kg/m ³ vzorku	664,3	
Jemný podíl v obalu	% hm. vzorku	0,05	
Mechanická odolnost	% hm. vzorku	98,5	Dovol. rozsah do 2,5 %
Odrol, otěr	% hm. vzorku	1,53	New Holmen Tester 10
Přídavek ke zpevnění	% hm. vzorku	1,-	Kukuřičný šrot
Spalné teplo sušiny	MJ/kg	19,89	Kalorimetr HAAKE HC 10
Výhřevnost vzorku	MJ/kg	18,1	Dle obsahu H ₂ O
Obsah prvků v sušině:	C	%	46,15
	H	%	6,00
	O ₂	%	39,02
	N	%	< 0,01
	S	%	0,016
	Cl	%	0,016
Vlastnosti popele: teplota spékání	°C	1120	(lepení)
teplota měknutí	°C	> 1290	
teplota tání	°C	> 1340	
teplota tečení	°C	> 1370	

Celkové hodnocení: Pelety vynikající kvality. Výhřevnost obdobná dobrému hnědému uhlí. vysoká teplota tavitelnosti a nízký obsah popele, nízký obsah dusíkatých látek (dobré emise), nízký odrol.

Možno umísťovat na trhu paliv a spalovat ve všech topeništích na pevná paliva.

Laboratoře: Fyzikální testy a spalné teplo: VÚZT Praha Ruzyně

Chemické testy: VŠCHT Praha Dejvice

K 16.3.2012 dokument připravil: Ing. Václav Sladký, CSc

Schválil gestor: Ing. Petr Hutla, CSc

Č.j. VÚZT/166 /2012

Rozpis jednotlivých částí a příkon linky

Pol.	Název zařízení	ks	Příkon
PP-1	Posuvná podlaha 3,0 x 5,0 x 2,0 m; objem max. 30 m ³	1	4,0 kW
HD-2	Hrabcový dopravník zalomený 45° (3,75 x 4,0 m)	1	2,2 kW
BT-3	Bubnový třídič pilin	1	1,5 kW
PD-4	Pásový dopravník PD 500; 5,0m	1	1,5 kW
ŠD-5	Šnekový dopravník SD 320 – 3,0 m	1	1,5 kW
KE-6	Korečkový elevátor na piliny; 5,0 m (šachty)	1	1,5 kW
ŠD-7	Šnekový dopravník SD 320 – 9,0 m	1	3,0 kW
AZ-8	Akumulační zásobník pilin, objem 7 m ³	1	2,2 kW (měnič)
ŠD-9	Šnekový dopravník dávkovací SD 320 – 3 m; sklon 10°	1	1,5kW
TU-10	Turniket Ø 360 mm	1	2,2 kW
BS-11	Bubnová sušárna BS 6 s pohonem a rámem	1	5,5 kW
VM-12	Horkovzdušný výměník (topné médium – pára)	1	
CS-13	Hlavní cyklon sušiny Ø 1900 mm	1	
VE-14	Ventilátor cyklonu sušiny	1	30,0 kW
TU-15	Turniket Ø 360 mm	1	2,2 kW
MV-16	Měřicí systém vlhkosti, typ SYTVE-02 kompletní	1	0,37 kW
ŠD-17	Šnekový dopravník SD 320 – 2,0 m	1	1,5 kW
ŠD-18	Trubkový šnekový dopravník TSD 250 – 5,0 m; sklon 35°	1	2,2kW
ŠP-19	Šrotovník pilin VM 22 TAURUS	1	22,0 kW
ŠD-20	Šnekový dopravník SD 320 – 3,0 m	1	1,5 kW
ŠD-21	Mikrodávkování	1	0,55 kW (měnič)
KE-22	Korečkový elevátor na piliny; 5,3 m (šachty)	1	1,5 kW
ŠD-23	Šnekový dopravník SD 320 – 3,0 m	1	1,5kW
ŠD-24	Kondicionér Salmacon 1000-LS	1	7,5 kW
AZ-25	Akumulační zásobník pilin se šneky, objem 7 m ³	1	1,5 kW (měnič)
ŠD-26	Šnekový dopravník dávkovací SD 320 – 4,5 m	1	1,5 kW
PL-27	Peletovací lis SALMATEC Maxima 500-100 LS	1	2x55 + 1,7 kW
PD-28	Pásový dopravník PDŽ 300 – 2,0 m	1	1,1 kW
KE-29	Korečkový elevátor EK 20 – 5,5m (násyp/výsyp)	1	1,5 kW
TU-30	Turniket chladiče	1	0,75 kW
CH-31	Chladič VK 14x14 RS	1	1,1 kW
----	Kompresor pro chladič min. 6 barů, typ ALBERT - E.40	1	4,0 kW
TR-32	Třídič peletek ASS – 100 Salmatec	1	1,5 kW
VE-33	Ventilátor RSH 500 odsávání z chladiče	1	11,0 kW
OD-34	Odstředivý odlučovač Ø 1250 mm	1	
TU-35	Těsnící ústrojí P 250.1	1	0,55 kW
TU-36	ZRUŠENO		
ŠD-37	ZRUŠENO	1	1,1 kW
VE-38	Ventilátor radiální transportní OS 400 odsávání	1	5,5 kW

	odrolu		
OD-39	Odstředivý odlučovač SEA Ø 800 mm; v = 1700 mm	1	
TU-40	Těsnící ústrojí Ø 250 mm	1	0,55 kW
KE-41	Korečkový elevátor EK 20 – 9,0 m (násyp/výsyp)	1	1,5 kW
KL-42	Dvoucestná klapka 152	1	ruční
EX-43	Expediční zásobník pelettek, objem 6 m ³	1	
KL-44	Dvoucestná klapka 152	1	ruční
PD-45	Pásový dopravník PDŽ 300 – 3,0 m	1	1,1 kW (měnič)
BA-46	Balení BIG-BAGů; včetně jednotky SYTOM-011/7	1	
BA-47	Pytlovací linka (pásový dopravník je součástí linky)	1	4,0 kW
PD-48	Pásový dopravník PD 500 – 13,0 m	1	2,2 kW
KE-49	Korečkový elevátor EK 20 – 10,0 m (násyp/výsyp)	1	2,2kW
PD-50	Pásový dopravník PD 500 – 3,0 m	1	1,1 kW
ZA-51	Smaltový zásobník na peletky, objem 260 m ³	1	podjezdny
HR-52	Hradítko zásobníku	1	ruční
PD-53	Pásový dopravník PD 500 – 13,0 m	1	2,2 kW
HR-54	Hradítko bočního výsypu zásobníku	1	ruční
TR-55	Třídíč pelet expediční	1	0,75kW
VE-56	Ventilátor odsávání granulátoru LOPP 330	1	2,2 kW
ŠD-60	Šnekový dopravník SD 320 – 2,0 m (2 výpady)	1	1,1 kW
ŠD-61	Šnekový dopravník SD 320 – 11,0 m	1	3,0 kW
DR-62	Drtič strojírna Sušice 1 t/h	1	50,0 kW
ŠD-63	Šnekový dopravník SD 320 – 3,0 m	1	1,5 kW
KE-64	Korečkový elevátor na piliny; 5,0 m (šachty)	1	1,5 kW
ŠD-65	Šnekový dopravník SD 320 – 7,0 m	1	2,2 kW
KE-66	Korečkový elevátor EK 20 – 6,0 m (násyp/výsyp)	1	1,5 kW

Tabulka č. 6 - Rozpis jednotlivých částí a příkon peletizační linky v Březnici
(Klopec Pavel 2007)

4.2 Porovnání výrobní linky podniku Komterm Energy, a.s. s vybranými výrobními linkami na trhu

Při zakoupení a výstavbě peletizační linky, jsou brány v potaz určité podmínky, mezi které patří množství biomasy, kterou chceme zpracovat. S tím souvisí výkon linky, technologie a cena. Důležité je, pro jaký materiál je výrobní linka zkonstruována (dřevní hmota, sláma, seno nebo jiné), protože podle Sladkého (2011) pelety vyrobené ze sena nebo slámy vyžadují jiný způsob spalování. V klasických kotlích pro pelety z dřevní biomasy se pelety ze sena nebo popř. slaměné spékají,

popel se lepí na stěny a zanáší tak hořák a výhřevnost tím pádem klesá, proto se k spalování těchto pelet využívá pohyblivého hořáku. Využívání tohoto druhu paliva tedy znamená investici do speciálního vytápěcího zařízení a to může ovlivnit rozhodnutí spotřebitele, jaké palivo zvolí.

Na technologické špičce ve výrobě pelet, stojí výrobní linky, které při vstupu dokážou zpracovat velké vlhké částice materiálu tak, aby na konci výrobního procesu vycházely již hotové vyčištěné pelety připravené pro balení a distribuci. Mezi ně patří linky od firem:

- OBILNÍ TECHNIKA, s.r.o. Zlín (cena: od 13 mil. Kč bez DPH) hodnocená linka
- AGROING BRNO, s.r.o. (cena: 8 mil. Kč bez DPH)

Každá z těchto linek je schopna vytvářet vysoce kvalitní palivo z dřevní hmoty. Největším rozdílem mezi nimi je cena, která je závislá na sestavení jednotlivých částí linky a hlavně na výkonu. Se stoupajícím výkonem stoupá i cena. Linka od firmy Agroing Brno, s.r.o. navíc nabízí přizpůsobení pro výrobu ze slámy ve formě balíků nebo ze suššího separátu z bioplynových stanic. Důležitou podstatou všech těchto peletizačních linek je zakomponování sušící jednotky ve výrobním procesu, protože veškerá biomasa ve své syrové podobě dosahuje vysokých hodnot vlhkosti a vyrobené pelety z takto neupravené biomasy by nespĺňovaly podmínky kvalitního paliva po stránce fyzikálních vlastností ani po stránce spalování. Velkou výhodou je samozřejmě výroba ze suchých materiálů jako např. piliny z truhlářské výroby, kde se sušení provádět nemusí a snižuje se tím pádem i množství energie potřebné pro peletování i finanční náklady na výrobu.

Peletizační linka od firmy Atea Praha, s.r.o. je na rozdíl od výše uvedených specializovaná pouze na výrobu slaměných pelet a její technologie neobsahuje prvek sušení. Zpracovává slámu (popř. seno) slisovanou do hranatých balíků, které vznikly jako druhotný produkt zemědělské výroby. Tato biomasa se zpracovává při vlhkosti pohybující se kolem 14%, což vyhovuje technologii výroby pelet v této lince a je vhodná i pro spalování. S granulačním lisem s talířovou maticí se výkonem 1,8 t/hod vyrobených pelet vyrovnává lince firmy Komterm, a.s. Na druhou stranu však nevytváří palivo o takové kvalitě a výhřevnosti. Podle Ing. Pavla Bláhy (článek časopisu *Energie 21* 2009) z podniku Alimex Nezvěstice, kde mají linku od firmy Atea Praha, s.r.o., dosahují pelety výhřevnosti jen 16,7 MJ/kg. Pořizovací cena linky se pohybuje kolem 5,5-6 mil. Kč bez DPH.

Firma KOVO Novák představuje peletizační linku pro malovýrobu. Svou sestavou je přizpůsobena k peletizaci různého materiálu, který je již nadrcený a má správnou vlhkost. Její maximální výkon dosahuje 100 kg/hod vyrobeného paliva, v porovnání s linkou v Březnici není při procesu peletizace dosaženo tak vysokého tlaku, tudíž nevzniká tak kvalitní palivo. Tato linka je přizpůsobena pro výrobu paliva pro vlastní potřebu popř. malovýrobu. Celková cena je 200 000,- Kč bez DPH.

4.3 Ekonomická analýza výroby pelet ve firmě

Komterm Energy, s.r.o

Ekonomická výhodnost výroby topných pelet vychází z výpočtů souvisejících s celou technologií výroby. Do nákladových položek jsou zahrnuty tyto vlivy: stavební a strojní investice, jejich odpisy, cena nakupované suroviny, náklady na spotřebu nakupované energie, mzdy a sušení. Veškeré údaje o cenách, se kterými se kalkuluje v této ekonomické bilanci, byly zjišťovány a konzultovány se zástupcem výroby pelet panem Petrem Duškem.

V ekonomické bilanci plánování a výstavby peletizační linky je tou nejvyšší částkou prvotní investice, nákupní cena linky a cena výstavby haly potřebné pro provoz. Firma Komterm, a. s. zajistila pro svou výrobní linku nově vystavěné prostory. Projekt stavby byl sestaven již pro konkrétní linku spolu s prostory pro ovládací a řídicí prvky, kanceláře a sociální zařízení. Strojní zařízení linky bylo pořízeno od firmy Obilní technika Zlín, ale samotný peletovací lis od německé firmy Salmatec. Celková cena výstavby této linky včetně strojního zařízení vyšla přibližně na 30 mil. Kč. V úvahu byl brán rovnoměrný odpis podle zákona o dani z příjmu, kdy v prvním roce vyjde odpis 420 000,- Kč a v dalších letech 1 020 000,- Kč za rok. Budova patří do 5 odpisové skupiny a odepisuje se 30 let. Koeficient dle § 31 zákona o dani z příjmu je 1,4 pro první rok a 3,4 pro další roky odepisování. Z důvodu nedostatku informací o podrobnější ceně linky, strojního zařízení a budovy byl počítán odpis pro celý tento investiční celek v hodnotě 30 mil. Kč.

Výroba pelet začíná nákupem pilin v největší míře od sousedící firmy Sublima, s. r. o., která se zabývá pilařskou výrobou a dodává piliny o různé vlhkosti (podle druhu výroby). Cena nakoupeného jednoho metru prostorového je 300,- Kč. Na výrobu 1 t pelet je potřeba 7 m³ pilin (náklad na 1 t = 2100,- Kč). Volně ložené piliny

jsou manipulační technikou přivázeny na pás, kde piliny vstupují do výrobního procesu. Pokud mají vysokou vlhkost, prochází horkovzdušnou sušárnou BS-6. Horký vzduch je vháněn do sušárny skrz teplotní výměník, který získává teplo z vedlejší kotelny spalující směs uhlí a pilin pro vytápění celého areálu.

Hodinová spotřeba elektrické energie této linky činí 400 kW. Při průměrné ceně energie 3,- Kč/kW vychází náklad na jednu hodinu provozu 1 200,- Kč. Za předpokladu, že se vyrobí za hodinu 1,23 t pelet, připadá na výrobu jedné tuny částka 976,- Kč. Podle Holze (2008) je pro sušení potřeba 7 - 10 % energie navíc. Ke kalkulaci nákladů bylo počítáno s 10 % navýšením finančních prostředků na spotřebu energie, z čehož vyplývá, že pro výrobu jedné tuny pelet musí být připočítán náklad 98,- Kč

Pro celkovou obsluhu výrobní linky je potřeba 2 osob. Při 24 hodinovém provozu rozděleném na 4 směny, zde pracuje celkem 8 zaměstnanců. Podle údajů Českého statistického úřadu (2011) dosahovala průměrná mzda hodnoty 16 504,- Kč/měsíc. Z toho firma odvádí 34 % sociální a zdravotní pojištění 5 611,- Kč (dále jen SP a ZP). Měsíční náklad na jednoho zaměstnance činí 22 115,- Kč. Roční náklady na zaměstnance výroby činí 2 123 075,- Kč.

$(16\,504 + (16\,504 * 0,34 \text{ pojistné na sociální a zdravotní pojištění})) * 12$
měsíců * 8 zaměstnanců = 2 123 075,- Kč

Rozpočet přímých mzdových nákladů na výrobu 1 tuny pelet:

Hrubá mzda (HM)	16 504,- Kč
+ SP a ZP (34 % z HM)	5 611,- Kč

Náklad na 1 zaměstnance za měsíc	22 115,- Kč
----------------------------------	-------------

Děleno fondem pracovní doby 160 h/měsíc	138,- Kč/h
---	------------

Za 1 hodinu se vyrobí 1,23 t, takže pro přepočítání na 1 t je nutné předcházející

částku vydělit 1,23	$138/1,23 = 112,- \text{ Kč}$
---------------------	-------------------------------

Protože na směně jsou 2 zaměstnanci, je nutné tuto částku vynásobit 2

$2 * 112 = 224,- \text{ Kč}$

Konečný produkt je distribuován třemi způsoby, jejichž prodejní cena se liší (cena bez DPH):

- Volně ložené 4100,- Kč/t
- V 1000 kg pytlích (tzv. Big-Bag) 4500,- Kč/t
- V 15 kg pytlích 4300,- Kč/t

Měsíční výroba pelet je při 24 hodinovém provozu 650 t. Z toho je vyvozeno, že celková roční výroba je 7 800 t. Největší množství prodaného produktu je vyváženo do Itálie, dále pak do Rakouska popř. Německa.

Náklady na výrobu jedné tuny ukazuje tabulka č. 7, přičemž tato tabulka nezahrnuje administrativní náklady, případně další režie.

Nákladová položka	Kč/t	Kč/rok
Materiál	2100	16 380 000
Mzdy	224	2 123 075
Elektrická energie	1 074	8 377 200
Odpis	131	1 020 000
Celkem	3 529	27 900 975

Tabulka č. 7 - Nákladové položky na výrobu 1 t pelet

Celkový náklad na výrobu 1 tuny pelet činí 3 529,- Kč, prodejní cena je 4 500,- Kč takže zisk je 971,- Kč/t. Při opomenutí administrativních nákladů, případně další režie. Po započítání i těchto nákladů bude výše zisku ve výsledku nižší. Přesto je ale možné konstatovat, že výroba je výnosná.

5 ZÁVĚR

V České Republice dochází k velkému nárůstu využívání biomasy k energetickým účelům, kam bezpochyby patří i spalování pelet. Pelety představují palivo výborné kvality. Svou výhřevností jsou podobné hnědému uhlí, ale na rozdíl od něj se jejich spalováním do ovzduší dostává stejné množství CO₂, které odebraly rostliny při tvorbě biomasy fotosyntézou. Velké množství energie je obsaženo především v biomase, kterou zastupují zejména dřeviny, dále pak obiloviny, travní porosty atd. Vhodné zastoupení energetické biomasy je hlavně v podobě pilin a hoblin ze dřevozpracujícího průmyslu, z odpadu lesní těžby, v zemědělství pak v podobě slámy a sena a v neposlední řadě v údržbě veřejné zeleně. Všechno tento materiál nabízí výborné využití ve formě kvalitního paliva. Hlavní výhody pelet spočívají v jejich vlastnostech. Jsou drobné, proto se s nimi dobře manipuluje, což je výhodou pro téměř bezobslužné vytápění s možností automatizace. Další výhodou je, že zpracováním biomasy na jejich výrobu udržujeme krajinu. Nevýhodou jsou vyšší investice na systém vytápění. Pelety se musí spalovat ve speciálních kotlích a nedají se kombinovat s jinými druhy paliva.

S klesající dostupností fosilních paliv se jejich cena bude zvyšovat. A tak poroste význam paliv z obnovitelných zdrojů. Postupně se objevuje stále více podniků, které se zabývají výrobou pelet a s nimi i mnoho spotřebitelů oceňujících výhody tohoto paliva. Již dnes jsou na trhu různé typy výrobních linek specializujících se na výrobu pelet z dřevní biomasy nebo bylinné fytomasy (sláma, seno, atd).

Pro porovnání výrobních peletizačních linek je potřeba brát v úvahu více faktů. Linky vyrobené podniky OBILNÍ TECHNIKA, s.r.o. Zlín a AGROING BRNO, s.r.o. jsou bezpochyby nejdražší z pohledu prvotní investice. Svou technologií vyrábí vysoce kvalitní palivo z hlediska fyzikálních vlastností i spalování. Celková automatizace zajišťuje snadnou obsluhu a proto je pro celkový chod potřeba maximálně 2 osob a to je u tak velkých linek výhodou. Pelety vyrobené z rostlinné biomasy (sláma, seno, aj.) nezajišťují takovou výhřevnost (16,5 – 17,5 MJ/kg) jako pelety dřevěné (18 MJ/kg), ale na druhou stranu nabízejí užitečné zpracování této biomasy získané ze zemědělství nebo údržby krajiny. Pro výrobu těchto pelet je určena linka firmy Atea Praha, s.r.o. Její prvotní investiční náklad je na rozdíl od

předešlých linek relativně nižší (cca 6 mil Kč). To je dáno tím, že linka zajišťuje pouze mechanickou přípravu materiálu (drcení) a následné peletování. Pro obsluhu linky jsou také potřeba 2 osoby. Představitelem malovýroby je peletizační linka od podniku KOVO Novák. Tento způsob výroby pelet je sice energeticky méně náročný, ale vyrábí méně kvalitní pelety. Linka je velice jednoduchá a pro obsluhu jí stačí jedna osoba, která materiál musí připravit před peletováním na jiných strojích, a to je velice pracné. Obě linky (Atea Praha, s.r.o. a KOVO Novák) postrádají technologii sušení, to znamená, že materiál se do nich musí dostat již vysušený. Proto se tyto výrobní linky hodí pouze pro zpracování už suchého materiálu, nejčastěji sláma po sklizni obilovin nebo suché piliny z truhlářských podniků.

Ačkoliv cenou nepředčí kusové dřevo, patří pelety mezi jedno z nejlevnějších paliv. Ze získaných informací je zřejmé, že z pohledu podniku Komterm Energy, a.s. je výroba pelet výnosná. Při srovnání výrobních nákladů a prodejní ceny bylo zjištěno, že zisk z jedné tuny pelet činí 971,- Kč. Díky neúplným informacím týkajících se administrativních nákladů a dalších režii podniku, nebyly tyto výdaje započteny do konečného zisku, ten se tak dle mého názoru sníží na 500 – 700,- Kč z tuny vyrobených pelet. Proto při výběru tohoto paliva hrají roli další aspekty, jako je manipulace, snadná dostupnost nebo investice do zařízení vytápění.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ANDERT, D. Sborník přednášek - Zemědělská technika a biomasa. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2007. ISBN 978-80-86884-24-0.
2. ANONYM, Dřevařský průmysl konference rok 2012, Timber-online, 19. 12. 2011, Dostupné z: <http://www.timber-online.net/?id=2500,5062927>, 17. 3. 2012
3. BEJLEK, V. Peletizační linka LSP 1800, Atea Praha, 3. 3. 2011, Dostupné na: <http://www.ateap.cz/lsp1800.html>, 12. 3. 2012
4. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Analýza a vývoje průměrných mezd zaměstnanců, Český statistický úřad, 8. 12. 2011, Dostupné na: http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cpmz030909_analyza09.doc, 15. 3. 2012
5. HOLZ, T. Topíme dřevěnými peletami. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1634-3.
6. HUTLA, P. Protokol o ověření vlastností vzorku tuhého biopaliva č. 103/2012. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 16. 3. 2012. s. 1
7. JEVIČ, P. HUTLA, P. et al. Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. ISBN 978-80-86884-42-4.
8. KLOPEC, P. Návod k použití: Bubnová sušárna BS 6. Březnice: Salmatec, 2007. s. 9 - 10
9. KLOPEC, P. Návod k použití: Chladicí kolona protiproudá typ VK 14x14 RP. Březnice: Salmatec, 2007. s. 7
10. KLOPEC, P. Návod k použití. Kompaktní třidič typ ASS 100. Březnice: Salmatec, 2007. s. 8 - 9
11. KLOPEC, P. Návod k použití: Kondicionér typ 1000 LS. Březnice: Salmatec, 2007. s. 6 - 7
12. KLOPEC, P. Návod k použití: Peletizační lis Maxima typ 500-100/3k LS ZE. Březnice: Salmatec, 2007. s. 12 – 14
13. KLOPEC, P. Technologické schéma: Seznam částí a instalovaný příkon linky. Praha: Projekční činnost Pavel Klopec, 2007. s. 1 – 2.
14. NOSKIEVIČ, P. Biomasa a její energetické využití. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-367-2.

15. NOVÁK, J. Linky na výrobu peletek MGL 200 a MGL 400, Kovo Novák. 1. 1. 2012, Dostupné na: <http://www.kovonovak.cz/mala-granulacni-linka>, 3. 3. 2012
16. PASTOREK, Z. KÁRA, J. JEVIČ, P. Biomasa - obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
17. PASTOREK, Z. Obnovitelné zdroje energie. Praha: FCC Public, 1994.
18. PETŘÍKOVÁ, V. Energetická biomasa z polních kultur, Biom, 5. 11. 2005, Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-biomasa-z-polnich-kultur>, 4. 3. 2012, ISSN: 1801-2655.
19. PETŘÍKOVÁ, V. et al. Energetické plodiny. první vydání. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-86726-13-4.
20. SLADKÝ, V. Konzultace s odborníkem na spalování pelet. Praha, VUZT, 2012.
21. SLADKÝ, V. Výstavba a provoz závodu na výrobu topných dřevních pelet: Studie proveditelnosti podnikatelského záměru. Praha: VUZT, 2001. s. 4 – 8
22. STUPAVSKÝ, V. Kvalita pelet - certifikace a normy pro pelety, Biom, 1. 1. 2010, Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kvalita-pelet-certifikace-a-normy-pro-pelety>, 3. 4. 2012, ISSN:1801-2655
23. STUPAVSKÝ, V. Pelety z biomasy – dřevěné, rostlinné a kůrové pelety, Biom, 1. 1. 2010, Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>, 3. 4. 2012, ISSN:1801-2655
24. ŠINDELÁŘ, J. MUSÍLEK, P. Agroing Brno s.r.o. Rozpočet linky na výrobu pelet. Brno, 10. 10.2011. s. 2 – 6
25. TRNAVSKÝ, J. Místo bioplynu vyrábějí pelety ze slámy, Energie 21, 2009, roč. 2, č. 1, s. 10 – 11.
26. WINKLER, J. KLOBUŠNÍK, L. Obnovitelné zdroje energie: Informační brožura pro starosty, města a obce. první vydání. České Budějovice: Energy Centre České Budějovice, 2006.