

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Zařízení pro výrobu pelet z biomasy pro  
energetické účely, teoretické principy a komerční  
zařízení**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kára, CSc.

Autor bakalářské práce: Jakub Beneš

Praha 2011

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta: technická

Katedra: mechaniky a strojnictví

Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jakub Beneš**

Studijní obor: Zemědělská technika

Název práce: Zařízení pro výrobu pelet z biomasy pro energetické účely, teoretické principy a komerční zařízení

### Zásady pro vypracování:

#### Cíl práce:

Popsat typy peletovacích lisů, pracovní principy. Vhodnost způsobu použití, výhody a nevýhody. Energetická náročnost, měrná energetická náročnost produkce.

#### Osnova práce:

1. Úvod, význam energetického využití biomasy, význam obnovitelných zdrojů energie.
2. Současný stav využití biomasy a pelet pro energetické účely v zahraničí a ČR.
3. Zjištění teoretických principů zařízení pro výrobu pelet, energetická náročnost produkce.
4. Charakteristika komerčních zařízení dostupných na trhu a jejich určení pro různé okruhy zákazníků.
5. Diskuse a závěry.

#### Metodika práce:

V souladu s podrobnou osnovou bakalářské práce a s přihlédnutím k obsahu zadaného tématu studie:

- popsat význam energetického využití biomasy, význam pelet,
- provést rozbor současného stavu využití peletovacích zařízení,
- zaměřit se zejména na zjištění principů konstrukce a energetické náročnosti jednotlivých konstrukčních řešení,
- popsat konstrukční a výkonové parametry peletovacích zařízení vhodných pro podmínky ČR.

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha, CC PUBLIC s.r.o., 2004, 288 s. ISBN 80-86534-06-5

Simanov, V.: *Energetické využívání dříví*. Terra polis Olomouc, 1995, 115 s.

Kára, J., Adamovský, R.: *Obnovitelné zdroje energie*. MZe ČR, 1993.

Sladký, V.: *Příprava paliva z biomasy*. 3/95 UVTIZ Praha, 1996, 50 s.


Rybín, M.: *Spalování paliv a hořlavých odpadů v ohništích průmyslových kotlů*. SNTL Praha 1985, 417 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kára, CSc.

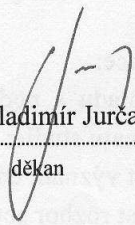
Datum zadání bakalářské práce: listopad 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011



  
prof. Ing. Rádómír Adamovský, DrSc.

vedoucí katedry

  
prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

děkan

V Praze dne 19. 1. 2009

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Káry, CSc. a použil jsem jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

V Praze, dne 7.4. 2011

.....

Podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaroslavu Károvi CSc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Dále pak firmě ATEA Praha s.r.o. za poskytnuté materiály. Nemalý dík patří nejbližšímu okolí za překlad abstraktu do anglického jazyka a pomoc při úpravách textu.

**Abstrakt:** Bakalářská práce na téma: „Zařízení pro výrobu pelet z biomasy pro energetické účely, teoretické principy a komerční zařízení“ pojednává o problematice získávání energie ukryté v biomase. V první části se zaměřuje na společenskou podporu energie získávané z biomasy. Dále jsou zde uvedeny nejrozšířenější zdroje dendromasy a fytomasy. V druhé části je objasněn postup mechanického zpracování dřevní hmoty a stébelnin, postup výroby pelet, její energetická náročnost a druhy peletovacích lisů. V poslední části je srovnání výrobních linek na pelety ze stébelnin, určených pro různý okruh zájemců, podle velikosti produkce, dostupných na našem trhu.

**Klíčová slova:** biomasa, dendromasa, fytomasa, pelety, peletovací lisy, zařízení na mechanickou úpravu biomasy.

### **The equipments for the biomass pellets production for energy purposes, theoretical principles and commercial applications**

**Summary:** Bachelor thesis: "The equipments for the biomass pellets production for energy purposes, theoretical principles and commercial applications" deals with the issue of obtaining a hidden energy from biomass. The first part aims on the social support of energy obtained from biomass. There are presented the most widespread sources of biomass and phytomass. The process of mechanical processing of wood and culm pellet production process, its energy intensity and types of pellet presses are mentioned in the second part. A comparison of production lines for culm pellets which are designed for different applicants, according the quantity of production, available on Czech market, is listed in the last part.

**Key words:** biomass, dendromass, phytomass, pellets, pellet presses, equipment for mechanical biomass treatment.

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Biomasa .....	2
2.1	Biomasa v ČR a EU .....	2
2.2	Příčiny nízkého používání biomasy na energetické účely .....	3
2.3	Zdroj biomasy pro výrobu pelet .....	4
2.3.1	Dendromasa .....	4
2.3.1.1	Rychlerostoucí dřeviny .....	5
2.3.1.2	Odpadní dendromasa .....	6
2.3.2	Fytomasa.....	7
2.3.2.1	Jednoleté rostliny .....	8
2.3.2.2	Obilniny .....	8
2.3.2.3	Olejniny .....	9
2.3.2.4	Víceleté energetické plodiny .....	10
2.3.2.5	Víceleté byliny .....	10
2.3.2.6	Exotické trávy .....	11
3	Výroba pelet.....	12
3.1	Peletovací lisy .....	13
3.1.1	Peletovací lisy s horizontální maticí.....	14
3.1.2	Peletovací lisy s prstencovou, vertikální maticí .....	16
3.1.3	Speciální samojízdné peletovací lisy .....	18
3.2	Úprava vstupního materiálu .....	20
3.2.1	Skližeň fytomasy.....	20
3.2.1.1	Sběrací vozy .....	20
3.2.1.2	Sklízeční řezačky .....	22
3.2.1.3	Sběrací lisy.....	22
3.2.1.4	Speciální lisy .....	26
3.2.2	Skližeň dendromasy .....	26
3.2.2.1	Úprava rychlerostoucích dřevin.....	27
3.2.2.2	Úprava zbytků z lesní těžby .....	28
3.2.3	Desintegrace vstupní frakce .....	29
3.2.4	Sušení .....	32

3.3	Energetická bilance výroby .....	34
3.3.1	Výroba pelet z dendromasy .....	34
3.3.2	Výroba pelet z fytomasy .....	35
4	Porovnání dostupných zařízení na našem trhu a jejich určení pro různé okruhy zákazníků .....	38
4.1	Peletovací linka pro biomasu HPT 08 15 kW .....	38
4.2	Peletovací linka MGL 400 .....	40
4.3	Peletovací linka LSP 1800 .....	41
5	Závěr a diskuze .....	45
6	Použitá literatura a firemní podklady .....	46
	Seznam obrázků .....	49



# 1 Úvod

Současná společnost si klade stále větší nároky na spotřebu energie. Tento fakt je způsoben růstem životní úrovně a neustálým zvyšováním počtu obyvatel na Zemi (podle World Energy Council se zvyšuje počet obyvatel na Zemi ročně o 80 mil.). Jenže kde tuto energii brát? V poslední době přicházejí od odborníků znepokojivé, až katastrofální zprávy o blížícím se konci fosilních paliv. Jako jedna z možností, jak zčásti nahradit propad množství fosilních paliv, se v poslední době ukazuje používání obnovitelných zdrojů energie.

Obnovitelné zdroje definuje zákon o životním prostředí jako takové přírodní zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka. Ve skutečnosti může být obnovitelnost řady zdrojů považovaných za obnovitelné sporná. [15]

Obnovitelný zdroj energie je široký pojem. Pod tímto označením je možné si představit energii sluneční, větrnou, vodní, geotermální a energii z biomasy. Tato práce je zaměřena na výrobu topných pelet, které se řadí mezi zdroj energie z biomasy. Toto palivo je známé již z druhé poloviny minulého století, kdy se postupně z USA rozšířilo do Evropy. Důvodem současného zájmu o topné pelety jsou stále rostoucí ceny energií (elektřina, plyn, uhlí) a ekologický přínos spalování biomasy. V neposlední řadě pro rozmach produkce pelet hovoří i komfortní vytápění touto surovinou, kdy výrobci již dodávají kotle, které pracují v plně automatickém režimu a mohou se tedy srovnávat s plynovým či elektrickým vytápěním.

## **2 Biomasa**

Biomasa je obecně označována veškerá hmota organického původu. Má široký rozsah druhů zahrnující dendromasu (dřevní hmotu), fytomasu (rostlinná biomasa, zemědělské a energetické plodiny) a biomasu živočišného původu. Jedním ze zdrojů biomasy jsou tak i biologicky rozložitelné odpady (čisté nebo vytríděné z ostatních složek). [14]

Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni. [3]

### **2.1 Biomasa v ČR a EU**

Biomasa se v poslední době dostává do popředí zájmu jak v České republice, tak i v celé Evropské unii. EU stanovila jasné cíle pro produkci a užívání obnovitelných zdrojů energie. V roce 2010 měla zaujímat biopaliva 5,75 % energetického obsahu celkové spotřeby dopravních paliv a v roce 2020 by měl tento podíl činit již 10 %. Celková spotřeba energie EU by měla být do roku 2020 tvořena z 20 % z obnovitelných zdrojů, pro ČR je závazek stanoven na 13 %. Ministerstvo zemědělství ČR podporuje produkci a využívání energetické biomasy několika formami, je však nutné držet se jasných pokynů EU, která určuje priority v této oblasti a vymezuje si právo pro rozhodování o přímé podpoře jednotlivých kroků. Nad rámec těchto pokynů z EU se Ministerstvo zemědělství snaží podporovat biomasu, dle svého uvážení ještě nepřímou formou. Za nepřímé formy podpory lze považovat ty, jež vytvářejí poptávku po vlastní biomase. Tou je například legislativní podpora. ČR tak v souladu s evropskou energetickou politikou uzákonila povinnost nahrazovat část dopravních paliv dostupných na trhu v ČR biopalivy. To bylo provedeno novelou Zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, která stanovuje povinnost přimíchávání biosložek do fosilních paliv.

Ministerstvo zemědělství dále ve spolupráci s dalšími resorty připravilo víceletý program podpory dalšího uplatnění biopaliv. Podpora se bude týkat „čistých“ 100% biopaliv a jejich vysokoprocentních směsí (SMN 30, E85, E95,

čistý rostlinný olej) a bude spočívat v úlevě na spotřební dani. Program je v současnosti zaslán k posouzení Evropské Komisi (EK).

Dalším nepřímým způsobem podpory pěstování biomasy je podpora jejího zpracování. V rámci Programu rozvoje venkova pro období let 2007 – 2013 tak zemědělské podniky mohou získat 35 – 60 % finančních prostředků potřebných na výstavbu či instalaci zařízení pro zpracování energetické biomasy, přičemž 75 % finanční podpory je hrazeno ze zdrojů EU, 25 % pak z národních zdrojů ČR. Podpora se týká investic do zařízení, jakými jsou například peletárny, briketárny, kotle na biomasu, bioplynové stanice, kogenerační jednotky či další podobné technologické celky využívající primárně biomasu.

Evropská unie v rámci celku podporuje pěstování energetických plodin tzv. „uhlíkovým kreditem“ nazývaným také „C-kredit“. Jedná se o přímou podporu pěstování těchto plodin. [33]

## **2.2 Příčiny nízkého používání biomasy na energetické účely**

Teoretické propočty různých odborníků uvádějí roční celosvětovou produkci biomasy na úrovni 100 miliard tun, jejíž energetický potenciál se pohybuje kolem 1400 EJ. To je téměř pětkrát více, než činí roční světová spotřeba fosilních paliv (300 EJ). [3]

V současnosti však zůstává velké množství dostupné biomasy nevyužito. Jedná se zejména o slámu obilnou a řepkovou, a také o nevyužitelný odpad dřevní hmoty v lesích po těžbě dřeva. Dále je možné uvažovat o využití potenciálu zatravněných a sečených ploch, které nejsou využívány pro produkci potravin. Dalším významným zdrojem energetické biomasy by mohly být rozsáhlé plochy, které v České republice zůstávají přes zimu pokryté vysokým porostem suchých plevelů. I ty představují značný zdroj biomasy vhodné pro energetické využití. Významné množství biomasy by bylo možné sklízet například i z podmáčených ploch kolem rybníků a vodních toků za použití speciální techniky nebo v zimě, pokud je půda dostatečně zmrzlá. Mezi pozitivní faktory zvyšování produkce biomasy v ČR je možné také začlenit problematiku tzv. marginálních zemědělských půd s nižším produkčním potenciálem z hlediska konvenční

zemědělské produkce, které lze využít k záměrnému pěstování biomasy. Česká republika je ve srovnání s průměrem EU zemí s vysokým zorněním zemědělské půdy (73,8 % proti 54,3 %), které pokrývá 54,3 % rozlohy státu (v EU 15 je to jen 41,5 %). Velká část zemědělské půdy (45 %) navíc leží v horských a podhorských oblastech s členitým kopcovitým terénem a tvrdými klimatickými podmínkami, kde v dnešní době není intenzivní zemědělská výroba ekonomicky efektivní. [2]

Od roku 1990 narůstá rozloha neobdělávané půdy, tato půda je potenciálně využitelná pro rychle rostoucí dřeviny (RRD) a jiné energetické plodiny. Dále je možné k pěstování biomasy využít půd tzv. problémových, které nejsou využitelné pro potravinářskou produkci v důsledku nevhodné lidské činnosti. Jejich rozloha je odhadována na 54 tis. ha. Po katastrofálních záplavách se také objevila možnost a zájem využít plantáže RRD na nově vzniklých náplavách a sedimentech, které nejsou pro klasickou rostlinnou výrobu vhodné (kamenitost, špatná kapilarita, málo humusu). [2]

Dalším omezujícím faktorem je spotřeba velké části biomasy na produkci potravin, krmiv a jiným průmyslovým účelům. [3]

## **2.3 Zdroj biomasy pro výrobu pelet**

Biomasu určenou k výrobě tuhých paliv můžeme rozdělit do dvou základních skupin.

- Dendromasa: Biomasa získávána zpracováním dřevní hmoty.
- Fytomasa: Biomasa získávána zpracováním hmoty z jednoletých nebo víceletých zelených rostlin pěstovaných na zemědělské a ostatní půdě.

### **2.3.1 Dendromasa**

Dřevo je zahrnováno mezi obnovitelné zdroje energie jako jeden z druhů biomasy. Je to snadno dostupný přírodní materiál, který je lidstvem široce využíván po celou dobu jeho historie. [4]

V současnosti se dendromasa pro energetické účely získává z odpadního dřeva ať už přímo z těžby, či následného zpracování (nejčastěji ve formě pilin, hoblin nebo štěpky) a nebo formou účelně pěstovaných dřevin, do kterých se řadí rychlerostoucí dřeviny.

### **2.3.1.1 Rychlerostoucí dřeviny**

Rychlerostoucí dřeviny se pěstují na plantážích s krátkou obmětní dobou na přebytečné zemědělské půdě (obr. 1). V našich zemích lze nalézt určitou analogii v lesním hospodářství. Projevem extenzivního využívání lesů bez cílevědomé pěstební péče byly tzv. „pařeziny“, které známe již ze středověku. Vznikaly v hustě osídlených krajích se značnou spotřebou palivového dříví. Při tomto způsobu obhospodařování lesů se využívá pařezové výmladnosti některých druhů listnatých dřevin, na příklad vrb, dubů a akátů. [3]

*obr.1 Plantáž rychlerostoucích dřevin*



*Zdroj: [25]*

Pro zakládání plantáží rychlerostoucích dřevin lze využívat jednak ekonomicky nerentabilní půdy pro zemědělské plodiny s ohledem na nároky jednotlivých klonů na stanoviště, ale i účelově pěstování biomasy rychlerostoucích dřevin v okolí elektráren a tepláren pro samospalování a společné spalování s fosilními palivy. [5]

Výnos hmoty z plantáže s různou obmýtní dobou ovlivňuje mnoho činitelů, z nichž nejvýznamnější jsou: stanoviště, druh rostliny, délka odmýtní, půdní podmínky, kvalita ošetření, vodní režim.

Na nejvhodnějších stanovištích s příslušnými odrůdami může být dosaženo průměrného ročního přírůstku 10 až 15 t·ha<sup>-1</sup> sušiny. Reálné je však uvažovat v podmínkách ČR s výnosem 5 až 10 t·ha<sup>-1</sup> sušiny ročně.[3]

### **2.3.1.2 Odpadní dendromasa**

Lesní závody vyprodukují ročně asi 0,5 mil. m<sup>3</sup> štěpky. Štěpka se suší a třídí (0,1 mil. m<sup>3</sup>), pak se používá do středové vrstvy dřevotřískových desek vyráběných suchým způsobem. Jinak nevyužitelný zbytek štěpky po třídění je spalován v kotli. Většinou je netříděná štěpka spalována v kotlích a získaná tepelná energie je v závodech využívána k topení a sušení.

Nezpracované těžební zbytky po obnovních těžbách (0,4 mil. m<sup>3</sup>) jsou bez využití likvidovány spalováním po těžbě v lese, nebo jsou ponechávány na hromadách. Z výchovných těžeb je vytříděno a prodáno asi 0,3 mil. m<sup>3</sup> tyčí a tyčových výřezů, zbytek tvoří klasické těžební zbytky a tenké dřevo. Tyto zbytky zůstávají převážně ležet v lese a tenké dřevo do průměru 7 cm je prodáváno obyvatelstvu jako palivové dříví a na jiné použití (např. ploty). Celkem zůstává cca 1 mil. m<sup>3</sup> využitelné lesní biomasy, což je přibližně 36 % všech těžebních zbytků. Uvažuje-li se průměrná vlhkost lesní štěpky 35 % pak výhřevnost vztažená na 1 m<sup>3</sup> vlhké dřevní hmoty je asi 5,6 MJ·m<sup>-3</sup>.

Druhým odpadem co do objemu dřevní hmoty je kůra. V současné době je odkorňováno v lesních závodech asi 82 % sklizených porostů, zbytek je odkorňován v dřevozpracujících závodech na odkorňovacích strojích. Kůra, která vzniká jako odpad v lese, je tam také spalována spolu s těžebními zbytky. Jen malá část je drcena a využívána k topení nebo kompostování. Výhřevnost kůry je při vlhkosti 35 % asi 5,5 MJ·m<sup>-3</sup> vlhké dřevní hmoty. V dřevozpracujících závodech jsou po odkorňování spalovány asi ¾ kůry, zbytek je vyvážen na skládku.

Celková situace ve využívání kůry je na nízké úrovni, neboť z celkového objemu dřevní hmoty kůry (více než 1,1 mil. m<sup>3</sup>) je doposud pro spalování využíváno pouze 13 %. [6]

### **2.3.2 Fytomasa**

Na území České republiky se podstatná část zemědělské půdy využívá k pěstování kulturních plodin na výrobu potravin a krmiv. Z této produkce zůstává na polích velká část rostlin jako nevyužitý odpad, v mnoha publikacích nazývaný jako zdroj biomasy z jednoletých rostlin. Tento odpad má velký energetický potenciál. Výhodou jednoletých rostlin je využití již používaných zemědělských strojů a zvýšení zisku ze zemědělské činnosti. Výkupní ceny zemědělských komodit v potravinářství a krmivářství v posledních letech stagnují, nebo klesají. Tento stav ruku v ruce s poklesem stavů hospodářských zvířat snižuje poptávku a také zájem zemědělců o pěstování speciálních plodin na výrobu potravin a krmiv. Negativní stav působící na zemědělskou produkci lze ale využít k výrazné změně v sortimentu pěstovaných plodin na zemědělské půdě. Jedná se o cílené pěstování energetických rostlin. Tyto rostliny vykazují vyšší výnos z hektaru, jak je zřejmé z tabulky 1, se zároveň sníženými náklady na obdělávání pozemku (není třeba každý rok provádět orbu, přípravu pod setí a setí). Nový způsob využití zemědělské půdy se sice jen pozvolna dostává do popředí, ale v budoucnu může pomoci stabilizovat zemědělství v ČR. Je to způsobeno snížením nákladů na obdělání zemědělské půdy a také snížením produkce „klasických“ zemědělských komodit pro potravinářské a krmivářské účely. Tento aspekt společně s rostoucí poptávkou po produkci bioetanolu a bionafty by mohl postupně zvyšovat výkupní ceny pšenice a řepky.

tab. 1. Výnos a zdroj energie vybraných rostlin

Rostlina		Výnos sušiny [t·ha <sup>-1</sup> ]	Výhřevnost [Mj·kg <sup>-1</sup> ]	Energie [GJ·ha <sup>-1</sup> ]
Jednoleté	Obilniny	11	17,2	189,2
	Řepka olejná (sláma)	6	16,9	101,4
	Slunečnice (sláma)	1,6	18,6	29,8
	Konopí seté	12,1	15,3	185,1
	Len setý	3,1	17,4	53,9
vytrvalé (energetické)	Šťovík krmný	15	17,6	264
	Křídlatka	35	17,4	609
	chrástice rákosová	9	15,1	135,9
	Exotické trávy	35	18,5	647,5

Zdroj:[3,4]

### 2.3.2.1 Jednoleté rostliny

Mezi jednoleté rostliny zařazujeme obilniny, převážně jejich slámu, která se řadí jako odpadní složka hlavní produkce zrna, slámu olejnin a dále cíleně pěstované jednoleté plodiny jako např. konopí seté, čirok cukerný, hyso atd. [3]

### 2.3.2.2 Obilniny

Obilniny patří do čeledi lipnicovité. Jsou využívány pro svá semena. Slouží především k výživě lidstva – jako celá zrna (rýže) nebo se melou na mouku. Nemalá část výnosu zrn se zkrmuje a celá nadzemní část se využívá jako zelená píče. Celosvětově zauímají obilniny 60 až 70 % lidské výživy.

Jako zdroj fytohmoty z obilnin převažuje využívání odpadní slámy. K těmto účelům se pěstují rostliny s vysokým podílem slámy. Podíl slámy vůči zrnům vybraných plodin je uveden v tabulce 2. K těmto komoditám se řadí nejrozšířenější plodiny v ČR pšenice ozimá, tritikále, kukuřice na zrna. Další možností je využití celé rostliny. V ČR se tento model zatím ještě moc nerozšířil, ale např. v sousedním Rakousku už delší dobu s tímto účelem pěstují ozimé žito nebo tritikále. Zvláště tritikále, které bylo záměrně vyšlechtěno spojením žita a pšenice,



se vyznačuje vysokým výnosem fytomasy. V těchto případech se pohybuje celková produkce biomasy 10 -12 t·ha<sup>-1</sup>. [3,4]

tab. 2. Poměr zrna ke slámě

Plodina	Poměr zrna : sláma
Pšenice	1 : 1.85
Žito	1 : 1.7
Ječmen	1 : 0.8
Oves	1 : 1.4
Kukuřice	1 : 1.2

Zdroj:[3]

### 2.3.2.3 Olejniný

Olejniný u nás zaujímají velkou část osevních ploch. Pěstují se pro získávání olejnatých semen. Mnoho olejin se vyznačuje vyšším vzrůstem, takže poskytuje velký podíl slámy. Sláma olejin nemá ve většině případů v živočišné produkci žádné uplatnění. Tento fakt ji předurčuje k výrobě agropaliv. Sláma olejin obsahuje rostlinné oleje, které napomáhají v hoření, a proto je pro výrobu paliv vhodnější, než sláma obilná.

Nejvýznamnější olejinou v České republice je řepka olejná, která se podílí 95 % na produkci olejin. Ve světě zaujímá druhé místo po sóje. Řepka se po roce 1989 stala nejvýznamnější transformační plodinou, když nahradila úbytek ploch krmných plodin. Její produkce, díky používání na výrobu bionafty, stoupá. Převládá pěstování ozimé řepky, která se vyznačuje vyšším výnosem a časnější sklizní. Rostlina řepky má výšku 120 až 220 cm a větví se na 6 až 8 větví. Poměr zrna vůči slámě činí 1:1,2 až 1,8. Řepka je vynikající předplodinou pro ozimou pšenici, kdy přerušuje obilný sled a zvýší úrodnost půdy. Je alternativním zdrojem za organické hnojivo. Nahradí 40 až 60 t hnoje, což je v současné době, kdy se snižují stáda hospodářských zvířat, vítaný efekt. [4,5]

Z dalších olejin pěstovaných na území České republiky patří za zmínku slunečnice roční, která po sklizni zanechává na poli velké množství hmoty skládající se ze stébel a slunečnicových úborů. Tato hmota se dá velmi dobře

využít k energetickým účelům. Vlivem pozdní sklizně je však nutné zajistit případné dosušení této hmoty. Len setý, ze kterého se pro energetické účely používá pazdeří. Pazdeří jsou dřevnaté kousky ze stonku, které se odstraňují při tření. [4]

#### **2.3.2.4 Víceleté energetické plodiny**

Jak již bylo výše uvedeno, tyto rostliny mají pro zdroj fytomasy velký význam. Jsou pro tento účel vybírány na základě požadavku o co největší výnos sušiny. To je zajištěno vysokou produkcí nadzemní biomasy. Tyto rostliny, z velké části pocházející z exotických oblastí, dosahují i v našem klimatu vzrůstu několika metrů a výnosu až 40 tun z hektaru. Nespornou výhodou jsou nižší náklady na jejich pěstování, odpadá každoroční zpracování půdy, a u některých druhů (křídlatka, „sloní tráva“) sklizeň probíhající v zimním období či brzy zjara, což pozitivně rozkládá potřebu mechanizačních prostředků a pracovních sil do období celého roku. [3]

#### **2.3.2.5 Víceleté byliny**

Doposud nejrozšířenější rostlinou pěstovanou na našem území za tímto účelem se považuje šťovík krmný. Šťovík krmný byl vyšlechtěn v 80-tých letech minulého století v tehdejší Sovětské svazu zkřížením šťovíku zahradního a šťovíku tjanšanského. Kříženec dosahuje výrazně vyšší produkce nadzemní hmoty než původní druhy. Oproti jiným energetickým plodinám (křídlatka, ozdobnice čínská atd.) je šťovík nenáročný na pěstování a snadno se množí pomocí osiva. Rostlina dorůstá do výše 2 až 2,6 m, sklizeň probíhá zpravidla dvakrát do roka, kdy po první sklizni zaschlého šťovíku počátkem července porost rychle obráží a do konce září je možné sklizeň opakovat. Sklizeň se provádí pomocí sklízecí řezačky. Šťovík začíná plodit již druhý rok a na stanovišti vydrží 18 let.

Dalším zdrojem fytomasy by mohlo být využití planých víceletých energetických bylin, kam se řadí křídlatka. Křídlatka je invazivní rostlina, která byla do Evropy zavlečena jako okrasná rostlina z východní Asie. Je to rostlina vytrvalá,

která od třetího roku své vegetace vytváří stabilní výnosy. Rostlina se vyznačuje rychlým růstem dosahujícím výšky 2 až 5 m. Křídlatka se obtížně rozmnožuje, protože její semena málokdy dozrávají. Proto se k jejímu množení zatím dá použít jen kořenových oddenků. Křídlatka je velice agresivní rostlina k svému okolí, kdy po řádném uchycení dochází do tří let ke kompletní likvidaci dřívější vegetace. Záměrně se křídlatka zatím nepěstuje, ale její vysoký energetický potenciál již tuto myšlenku pozvolna prosazuje. Zatím lze použít produkci ze spontánně rostoucí vegetace. [3,4]

### **2.3.2.6 Exotické trávy**

V tropických oblastech se vyskytují víceleté trávy jako je např. ozdobnice čínská hovorově nazývaná „deltská“ či „sloní“ tráva. Dorůstají výšky 7m a v ideálních podmínkách produkují 66 až 88 t hmoty z 1 ha za rok. Výhřevnost absolutně suché biomasy těchto travin dosahuje  $18,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

V evropských podmínkách produkce sušiny „sloní trávy“ poklesla na asi 30 až 40 t z ha za rok, i přesto se jedná o nejperspektivnější energetickou plodinu.

Sklizeň „sloní trávy“ lze provádět běžně dostupnými sklízecími řezačkami, doposud používanými na sklizeň silážní kukuřice. [3]

### 3 Výroba pelet

Surovinou pro výrobu pelet může být čistá, homogenní dřevní hmota ve formě pilin, alternativně se mohou použít odpady z rostlinné výroby (sláma, zbytky po čištění obilí) nebo záměrně pěstované energetické rostliny (energetický šťovík, miscanthus, křídlatka). Optimální rozměry vstupní suroviny jsou 2 až 5 mm, závisí na konstrukci lisu i na velikosti lisovaných pelet. Pro užití v domácích automatických kotlích jsou optimální pelety o průměru 6 nebo 8 mm (obr. 2) Obsah vody v surovině by neměl překročit 15 %.

*obr.2 Pelety ze slámy*



*Zdroj [32]*

Pokud je nutné sušit surovinu, používají se zpravidla bubnové sušárny se sušením přímo spalinami. Výhodnější je sušení horkým vzduchem do 160 °C, u kterého nedochází ke ztrátě spalitelných těkavých látek, ale odstraní se jen přebytečná voda. Potom také nedochází k náhodnému připalování nebo dokonce k zahoření sušárny, ale toto sušící zařízení je o investici do výměníku nákladnější. Výkonnost sušícího zařízení je zpravidla o něco větší než výkonnost hlavního peletovacího stroje, ale nerovnoměrnost výkonů stejně vyrovnává chladicí mezizásobník suché suroviny.

Do výrobního procesu většinou nepřichází surovina v optimálním tvaru, je třeba ji desintegrovat na částice vhodné velikosti. To se zajišťuje výkonným kladívkovým drtičem, zařazeným před granulátor. Příkon drtiče je několik desítek

kW a svou spotřebou se přibližuje spotřebě granulátoru. Pokud technologický stav suroviny dovoluje homogenizátor vynechat, docílí se značných úspor, investičních i provozních nákladů.

Hlavním strojem výrobní linky pelet je protlačovací, matricový lis. Vyrábí se v několika konstrukčních provedeních, jako talířový, plochý nebo prstencový. Protlačovací matrice je vyrobena z ušlechtilé oceli, je opatřena soustavou otvorů požadovaného průřezu a nad ní v přesně stanovené nepatrné vzdálenosti se odvalují, při otáčení matrice, přítlačné rolny, které zpracováváný materiál protlačují otvory v matrici. Při tomto procesu vzniká vlivem vysokých tlaků značné teplo, uvolňující a změkčující v surovině obsažený lignin, který působí jako pojivo. Před vstupem do prostoru matrice a rolen se surovina, pokud je to potřebné, povrchově navlhčuje nebo dokonce u stébelnin propařuje, aby granulování snáze probíhalo.

Po výstupu z granulátoru jsou pelety chlazeny. Tento proces slouží k zatuhnutí ligninu a tím získání požadované pevnosti pelety. Použitý chladič musí mít odpovídající výkonnost, musí zajišťovat plynulý průtok značného množství materiálu bez toho, aby ještě málo pevné pelety poškozoval. Proto chladič patří nejen k objemově největším zařízením výrobní linky, ale bývá také po sušárně, drtiči a peletovacím lisu nejnákladnější. Tok vyrobených pelet směřuje buď přímo do expediční váhy nebo do koncového zásobníku. Všechny výrobní prvky peletovací linky propojuje soustava horizontálních a vertikálních dopravníků mechanických nebo vzduchotlakových. U vzduchotlakových je nezbytné použití rotačních uzávěrů - turniketů. K dopravním systémům se zařazuje odlučovač prachu a před expedicí je ještě zařazeno vibrační ploché nebo rotační síto, které z finálního výrobku odstraňuje prach a zlomky pelet.

Z uvedeného přehledu technologie vyplývá, o jak složitý výrobní systém se jedná. Systém musí být v provozu neustále sledován, k čemuž slouží řada teplotních a hmotnostních čidel a operační počítač. Neopominutelné jsou elektrorozvody, vodovod a další příslušenství provozu.[13]

### **3.1 Peletovací lisy**

Peletovací lisy přetvářejí vstupní materiál na požadovaný granulovitý tvar. Tento proces je uskutečněn protlačováním materiálu tlakem až 31,5 MPa skrz

matrici s požadovanými otvory. Díky tomuto působení dochází k redukci objemu v poměru 12:1. Protlačování zajišťují rolny, které se v nepatrné vzdálenosti od matrice odvalují po „filmu“ zpracovávaného materiálu vnikajícího do štěrbiny mezi matricí a rolnu. Lisy můžeme rozdělit do tří skupin:

- Lisy s horizontální matricí
- Lisy s prstencovou, vertikální matricí
- Speciální samojízdné lisy

### **3.1.1 Peletovací lisy s horizontální matricí**

Lis s horizontální matricí vychází z lisů používaných k výrobě granulovaných krmiv. V mnoha případech se k výrobě pelet dají použít starší lisy na výrobu krmiv jako je tomu například u granulátoru TL700 společnosti Gama Pardubice ( obr. 3). Lis je vybaven kruhovou matricí s otvory odpovídajícími

*obr.3 Granulační lis TL700*



*Zdroj: [29]*

požadovanému průměru pelet, (zpravidla 6 až 20 mm), po které se v odvalují otáčivé, vrubované rolny, které protlačují surovinu otvory v matrici. Pohon je zajištěn asynchronním elektromotorem, na kterém je zpravidla umístěna převodová skříň s kuželovým nebo šnekovým soukolím. Matrice kruhového

průřezu je umístěna těsně ve válcovém prostoru, do kterého je nad matricí dopravován vstupní materiál, který zaplňuje odvalující se rolly. Nedostatek materiálu mezi matricí a rolnami výrazně zvyšuje jejich opotřebení. Průchodu suroviny matricí vznikají žádané pelety, které jsou odřezávány pohybujícím se nožem pod matricí na požadovanou délku 20 až 30 mm a směřují ústím peletovacího lisu k třídičce. Celý proces je patrný na obr. 4.

obr.4 Řez granulačním lisem KAHL Kollermühle



Zdroj[34]

Matrice je vyrobena s ocelového plechu o tloušťce asi 20 mm. Většina výrobců dodává matrice uzpůsobené k oboustrannému použití, které výrazně prodlužuje její životnost. Aby došlo k dokonalému zhutnění vstupní suroviny, jsou otvory v matrici kónické. Podle průměru matrice, který bývá 120 až 400 mm se volí počet roln, který se pohybuje od 2 do 4 kusů (obr. 5).

obr.5 Pohled na horizontální matrici se třemi rolkami



Zdroj: [29]

Výkonnost horizontálního peletovacího lisu je 0,1 až 1,5 t·h<sup>-1</sup> s požadovaným příkonem 5 až 100 kW. [7]

### 3.1.2 Peletovací lisy s prstencovou, vertikální matricí

Pro vyšší výrobní výkony (0,5 až 16 t·h<sup>-1</sup>) se používají lisy s prstencovou matricí s přesně vyrobenými otvory umístěnými na obvodu prstence (válce), obr. 6. Matrice se otáčí kolem vodorovné osy na čepu. Vnitřní průměr matrice se pohybuje od 220 do 1100 mm a šířka 50 až 180 mm. Ve vnitřním prostoru matrice jsou umístěny na čepch v přesné vzdálenosti zpravidla dvě otáčivé válcové rolky, kterými je zpracováván materiál otvory matrice protlačován. Na vnější stěně matrice je umístěn nůž, který vyrobené pelety odřezává na stanovenou délku. Celý komplet je uložen ve vnějším plášti, který usměrňuje vyrobené pelety do výstupního otvoru (obr. 7).



obr.6 Prstencová matrice se dvěma rolnami



Zdroj[35]

Prstencové granulátory jsou zpravidla dodávány jako jeden celek s mixerem. Ten je namontován na vstupu do granulátoru a slouží k promíchání a případnému navlhčení vstupní suroviny. Mixer je poháněn vlastním elektromotorem a jeho délky se pohybují v rozmezí 1300 až 2000 mm. Příkon celého lisu při zpracování biomasy na výrobu pelet je 37 až 180 kW. [7,28,31]

obr.7 Prstencový lis s mixerem



Zdroj: [28]

### **3.1.3 Speciální samojízdné peletovací lisy**

S rostoucím zájmem o topné pelety roste i zájem o co nejefektivnější výrobu tohoto topiva. Energie získaná ze slámy obilnin je levná, protože sláma na poli zůstává, a proto pořizovací cena této komodity není vysoká. Spotřeba energie na přetvoření vstupní suroviny na topné pelety nepřesahuje 5 % získané energie. Dosavadní proces, kdy se sláma nejprve sklídila z pole a uskladnila poblíž stacionární výroby pelet, je dosti neefektivní. Sláma se většinou slisuje do balíků, ať už válcových nebo obřích hranatých, a následně při výrobě pelet je znovu rozduřována, šrotována a znovu lisována. To představuje řadu zbytečných operací (manipulace s balíky, rozduřování), které jsou energeticky náročné. O něco lépe vychází svoz slámy sběracími vozy. Tento způsob si ale klade vysoké nároky na skladovací prostor a následnou manipulaci.

Proto dochází k vývoji technologie a techniky na přímou výrobu energetických pelet ze stébelnatin, popřípadě energetických rostlin (trav, bylin), na sklízeném pozemku. Tato technologie se zatím moc nerozšířila a tak je tu jediný systém řešící tuto myšlenku. Jde o systém Haimer (obr. 8), samojízdnu řezačku vybavenou žacími nebo sběracími ústrojími, rozšířenou o dosoušecí zařízení a peletovací lis se zásobníkem. Koncept je osazen motorem o celkovém výkonu 353 kW, získané odpadní teplo je využito k dosoušení sklizeného materiálu. Samotná granulace probíhá stlačováním nařezané hmoty mezi soustavu rýhovaných válců a navazujících odřezávacích válců. Lisování probíhá kontinuálně, kdy je vytvořen nekonečný vlnitý pás o šířce asi 100 mm a tloušťce do 25 mm, který se průchodem stroje rozlamuje na vlnovice. Podle zkoušek probíhajících ve výzkumném ústavu Freising-Weißenstephanu, SRN lze samojízdný peletovací lis Haimer srovnat se stejně výkonným stacionárním protlačovacím lisem, jak je vidět z tabulky 3. Z ekonomického hlediska je nutné, aby samojízdný peletovací lis byl nasazován během celého sklizňového období a bylo využito rozdílného dozrávání pěstovaných rostlin. Další možností je demontáž peletovacího lisu ze sklízecí řezačky v mimosezónním období a jeho následné použití ve stacionární výrobní lince. [3]

tab. 3. Porovnání tvarovacího stroje HAIMER a běžného protlačovacího lisu.

Údaj	Jednotka	HAIMER	Pelety
Výkonnost (sláma)	t·h <sup>-1</sup>	3	3
Výkonnost (sláma + zrno)	t·h <sup>-1</sup>	7	9
Potřeba energie	MJ·t <sup>-1</sup>	590	600
Tvar výrobku	-	Vlnovice	Váleček
Délka výrobku	mm	30·100	5 až 50
Průměr, tloušťka	mm	12	6 až 35
hustota	kg·m <sup>-3</sup>	850 až 1000	Přes 1000
Sypná hmotnost	kg·m <sup>-3</sup>	300 až 500	450 až 650

Zdroj: [3]

obr.8 Samojízdný peletovací stroj



Zdroj: [3]

## **3.2 Úprava vstupního materiálu**

Při použití stacionárních lisů zpravidla samotné granulaci musí předcházet příprava materiálu. Ta začíná samotnou sklizní biomasy a transportem surovin do závodu na výrobu pelet, kde probíhá finální úprava na požadované parametry vstupního materiálu do peletovacích lisů. Sklizeň biomasy se dá rozdělit na sklizeň fytomasy a dendromasy. V této přípravné fázi probíhající na pozemku pěstované rostliny je kladen důraz na co nejnižší náklady, rychlost operace, ale s návazností na následné skladování. Finální úprava, jak již bylo řečeno výše, probíhá v peletovací lince

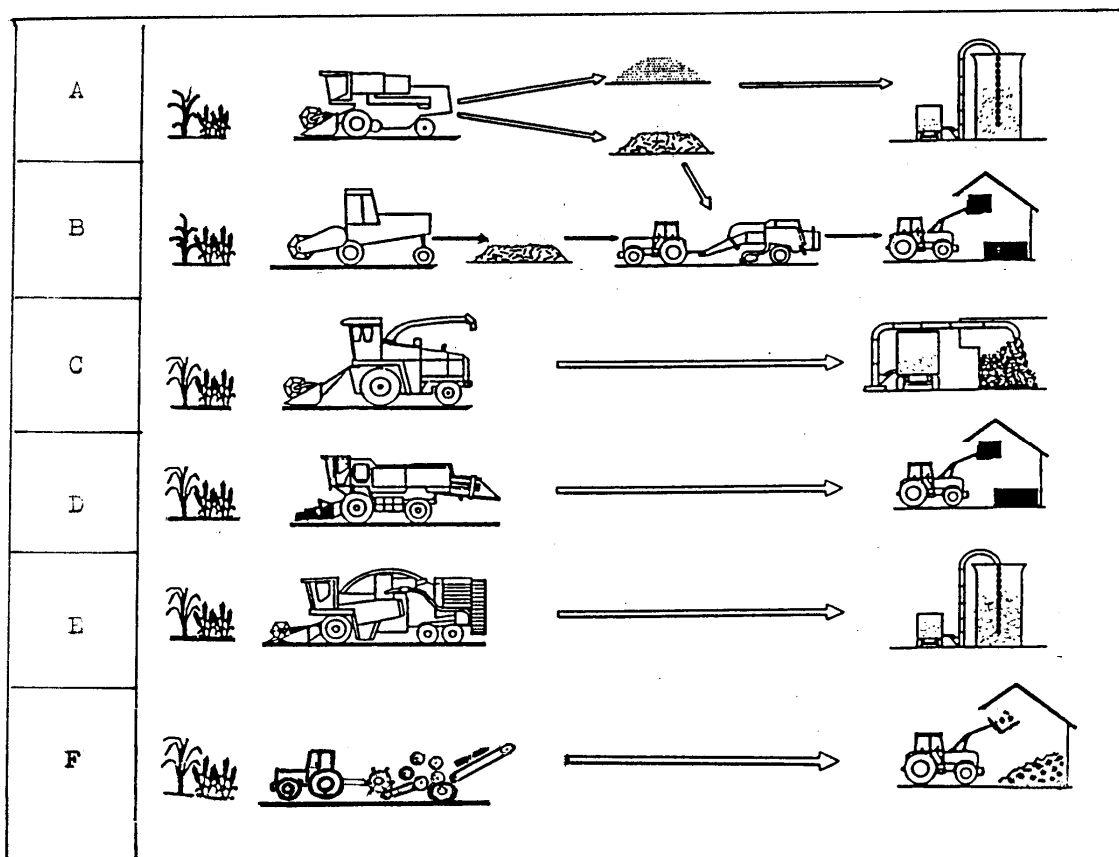
### **3.2.1 Sklizeň fytomasy**

Sklizeň fytomasy lze vykonat univerzálními stroji v zemědělství již používanými a nebo speciálními stroji určenými právě pro sklizeň fytomasy na energetické účely jak je patrné na obr. 9. Vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům těchto strojů stále převládá používání klasických postupů sklizně.

#### **3.2.1.1 *Sběrací vozy***

Tento způsob sklizně se používá spíše okrajově. Materiál je ve sběracím voze, obr. 10, málo stlačen, a proto lze tento způsob sklizně doporučit jen na pozemku vzdáleném do 2 km. Výhodou tohoto řešení je malý nárok na výkon tažného prostředku a relativně vysoká plošná výkonnost. Nevýhodou je malá objemová hustota materiálu, kterou lze z části kompenzovat použitím moderních sběracích vozů s řezacím zařízením. Ale i tak jsou kladeny vysoké nároky na velikost skladovacích ploch. [3]

obr.9 Systémy sklizně a úpravy energetických stébelnin celého obilí a travin



Zdroj: [3]

obr.10 Sběrací vůz



Zdroj: [27]

### **3.2.1.2 Sklízecí řezačky**

Sklizeň sklízecí řezačkou (obr. 11) lze použít pro vzrostlý porost, což je velmi výhodné v případě energetických bylin a trav, které jsou schopné dozrát do požadované vlhkosti max. 15 %. Tento způsob je uplatňován třeba při sklizni křídlatky. Pro sklizeň hmoty uložené v řádcích je sklízecí řezačka opatřena sběracím ústrojím. Možnost výměny sklizňových adaptérů činí sklízecí řezačku velice variabilním strojem. Výkonnost se dá srovnávat se sklizňovou linkou na velkoobjemové balíky. Nevýhody tohoto řešení jsou vysoké nároky kladené na logistiku dopravy nařezaného materiálu, velký objem hmoty, a proto potřeba dostatečného místa na skladování. [3]

*obr.11 sklizeň šťovíku sklízecí řezačkou*



*Zdroj: [12]*

### **3.2.1.3 Sběrací lisy**

Sběrací lisy patří k nejrozšířenějšímu způsobu sklizně fytomasy. Může se jednat o sklizeň energetických stébelnin v suchém stavu, tj. slámy obilnin a olejnin, energetických obilnin (triticale), rákosovitých travin, lnu i konopí. Z dřívějšího

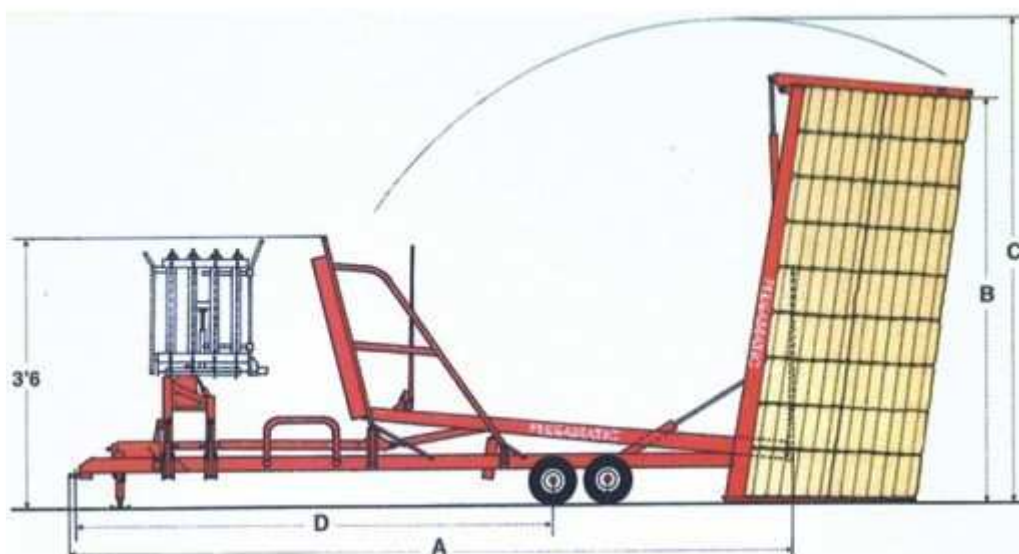
používání lisů na klasické malé balíky, které jsou k vidění již jen na malých farmách, se přešlo ke strojům na velké hranaté a válcové balíky. Tento vývoj je zapříčiněn vyšší výkonností, lepším stlačením a hlavně plně mechanizovanou sklizňovou linkou, kdy tyto lisy lze doplnit o samonakládací a stohovací vozy na svoz balíků, obr. 12 a obr. 13. [3]

obr.12 Sběr balíků samosběracím vozem



Zdroj: [17]

obr.13 Systém stohování balíků samosběracím vozem



Zdroj: [17]

### 3.2.1.3.1 Lisy na válcové balíky

Lisy na válcové balíky (obr. 14) jsou hojně rozšířené. Je to způsobeno nižší pořizovací cenou oproti lisům na hranaté balíky a také menší energetickou náročností. Lisy mohou být opatřeny variabilní nebo pevnou lisovací komorou. Variabilní komora lisuje materiál již od středu přibližně stejnou lisovací silou, což má za následek možnost ukončit lisování v průměru balíku podle přání zákazníka a docílit stále stejných vlastností finálního balíku. Vázání je uskutečněno sítí nebo provázkem. Průměry balíku se pohybují od 0,8 až do 1,8 m, kdy hmotnost balíku slámy dosahuje zhruba 500 kg. Moderní lisy jsou osazeny řezacím ústrojím s proměnným počtem nožů. Řezání vstupního materiálu se s oblibou používá při využití balíku k dalšímu zpracování na výrobu pelet. Nevýhodou tohoto řešení je nárůst požadovaného výkonu tažného prostředku, který ovšem není tak markantní. Šířka sběracího ústrojí se pohybuje kolem 2 m, díky které je vedení stroje v řádku pro obsluhu pohodlnější a je možné dosahovat větších denních výkonů.

[3]

obr.14 Lis na válcové balíky



Zdroj: [18]



### 3.2.1.3.2 Lisy na hranaté balíky

Lisy na hranaté balíky (obr. 15) jsou zařazeny do sklizňové linky ve velkých zemědělských podnicích a ve firmách poskytujících služby. Tyto stroje jsou energeticky mnohem náročnější než lisy na kulaté balíky. Pokud je lis osazen řezacím ústrojím, je zapotřebí tažný prostředek o výkonu zhruba 110 kW. Výrobci nabízejí různé provedení lisovacího ústrojí, kdy je často použita předlisovací komora, ta materiál slisuje do menších „balíků“ které jsou následně v hlavní komoře zhutněny na požadovanou mez a svázané do jednoho celku. Díky předlisovací komoře je lis schopný pracovat kontinuálně a není třeba při vázání balíku zastavit soupravu, jak je tomu u lisů na kulaté balíky. Vázání balíků je provedeno pomocí provázku. Rozměry lisovacích komor jsou variabilní a pohybují se v hodnotách: výška 70 až 120 cm, šířka 80 až 120 cm a délka 60 – 300 cm. Celý proces je řízen elektronicky a obsluha má o průběhu přehled pomocí monitoru umístěného v kabině traktoru. [3]

*obr. 15 Lis na hranaté balíky*



*Zdroj: [19]*

### 3.2.1.4 **Speciální lisy**

Firmy DEUTZ – FAHR a CLAAS vyvinuly samojízdné lisy na hranaté balíky, obr. 16. Lis je osazen na podvozku podobném obilnému kombajnu, s říditelnou zadní nápravou. Základní provedení je osazeno sběracím ústrojím o záběru 6,4 nebo 8 m v pevném provedení. Na stroj je možné napojit sběrací ústrojí s přihrnováním pomocí paprskových kol a nebo žací lištu na energetické rostliny. Za lis lze připojit přepravník balíků, takže celou sklizňovou linku obslouží jeden pracovník. [3]

obr.16 Samojízdný lis Deutz Fahr



Zdroj: [20]

### 3.2.2 **Sklizěň dendromasy**

Stejně jako u fytomasy předchází samotné výrobě energetických pelet sklizeň a doprava dendromasy. Vzhledem k neforemnosti a velkým rozměrům dendromasy je nezbytné sklizenou hmotu ihned na místě rozměrově upravit a připravit ji k přepravě.

### **3.2.2.1 Úprava rychlerostoucích dřevin**

V současné době rozlišujeme dvě technologie sklizně a zpracování rychlerostoucích dřevin.

Jde o technologie využívající převážně traktorový tažný prostředek, popřípadě o speciální samojízdné stroje, na kterých je namontován odřezávač stromků, které jsou následně dopravníkem kladeny na ložnou plochu návěsu, kde jsou rovnány, popř. převázány. Takto sklizené stromky jsou buď ponechány na okraji pole nebo dopraveny na místo konečného zpracování. Po řádném vyschnutí, které trvá několik měsíců, jsou štěpkovány.

Druhou používanou technologií je využití většinou samojízdných sklízecích strojů, schopných okamžitě vyrobit štěpku. Jedná se o kombinaci odřezávacího stroje, který ihned dopravuje sklizenou hmotu do štěpkovače.

Tato štěpka má větší vlhkost, ale je snáze manipulovatelná a lze jí dopravovat na velké vzdálenosti. Použité stroje se dále odlišují podle sklizené rostliny. Pro sklizeň vrby, která má krátkou obmýtní dobu, lze použít upravenou sklízecí řezačku se speciálním adaptérem. Takto upravená řezačka např. od firmy Claas s adaptérem HS-2 je schopná zpracovat až 70 mm silné kmeny vrby, jak je vidět na obr. 17. Tuto výhodu s ní nesdílí topol. Jeho doba obmýtní je 3 až 5 let, jeho kmínky jsou podstatně silnější než u vrby, která se sklízí po 2 až 4 letech. [3,21]

*obr.17 Sklizeň rychlerostoucích dřevin upravenou sklízecí řezačkou*



*Zdroj: [21]*

### **3.2.2.2 Úprava zbytků z lesní těžby**

Styly úpravy odpadů z lesní těžby směřují stejným směrem jako při zpracování rychlerostoucích dřevin. Patrné jsou dva hlavní postupy při zpracování této hmoty, výrobu štěpek, kdy se hmota seká nebo drtí, a nebo paketování, kdy získáváme kompaktní balíky (pakety).

Během paketování je klest lisována do balíků podobných slámovým speciálním paketovacím lisem (obr. 18), který vykonává zároveň funkci sběrače a lisu. Lisování probíhá při mnohem vyšším tlaku než při lisování stébelnatin, neboť klest klade při lisování velký odpor. Balíky mohou být tvaru válce nebo hranolu. Jejich následnou přepravu ulehčuje kladení takto získaných paketů na euro palety.

Druhým způsobem je vytvoření štěpky přímo na pozemku. Tento postup má své klady a zápory. Štěpka je skladná a snadno se přepravuje. Její odvoz nákladními automobily je tedy velice produktivní. Značnou nevýhodou tohoto postupu je vlhkost získané štěpky, kdy je zapotřebí brzké dosušení a tudíž vysoká energetická náročnost. Štěpku můžeme získat sekáním nebo drcením těžebního odpadu.

Sekání je beztrískové dělení dřeva. Výrobci dodávají různou konstrukci sekacího mechanismu. Mohou to být sekačky s diskovým ústrojím, které jsou konstruovány pro vysoké výkony a vstupní materiál do 500 mm. Jejich nevýhodou je malý vstupní otvor, proto se nehodí pro sekání náletů a křovin. K těmto účelům lze použít bubnové sekačky, které mohou být osazeny velkým vstupním otvorem. Jejich výkonnost je ovšem podstatně nižší a musejí být vybaveny ventilátorem pro dopravu štěpky. Poslední sekačkou je sekačka šroubová, která je určena pro materiál do velikosti 10x10 cm. Je tvořena šroubovicí s rostoucím průměrem, která se stará o přísun hmoty a její rovnoměrné sekání na štěpku o tloušťce asi 1 cm, a setrvačnickovým kolem, které má na sobě namontované lopatky, jež se starají o odvod štěpky.

Ke zpracování drobného, netvárného a znečištěného dřeva slouží drtiče. Drtiče rozlišujeme nízkootáčkové a vysokootáčkové. Pro účely zpracování odpadního dřeva z lesa se používají výhradně vysokootáčkové, které následně rozdělujeme na bubnové a diskové. [3]

obr.18 Paketovací stroj



Zdroj: [3]

### 3.2.3 Desintegrace vstupní frakce

Ke konečné desintegraci vstupního materiálu pro peletovací lis dochází většinou v samotné peletovací lince. Výjimku tvoří dřevěné piliny získávané ze dřevozpracovatelských závodů. Takto získané piliny jsou vhodným materiálem pro přímé peletování. Jiné materiály, jako je štěpka, obilná a olejná sláma a hmota z energetických rostlin, se musí podrtit na frakci odpovídající průměru pelet. Vstupní materiál musí mít velikost vždy menší než je průměr výstupních pelet. K této úpravě dochází v drtičích. V poslední době, kdy se stále zvyšují nároky na výkon peletovací linky, se drtiče rozlišují podle drceného materiálu na drtiče zpracovávající dendromasu a na drtiče upravující fytomasu. Princip drcení je podobný. Materiál je drcen převážně kladívkovými drtiči, kdy výstupní frakci ovlivňuje zvolené síto, přes které materiál prochází. Při zpracování fytomasy předchází samotnému drcení sekání hmoty na menší délku a při použití balíkové suroviny k rozdužení balíků. Některé firmy dodávají tyto stroje jako jeden celek, jak je vidět např. na obr. 19, nebo je možné je různě kombinovat. Obr. 22.

obr.19 Rozdružovač balíků s drtičem od firmy Kovo Novák



Zdroj: [10]

U větších linek je úprava stébelnatin rozdělena do několika sekcí, kdy jednotlivé stroje na sebe navazují a jsou propojeny dopravníky. V první sekci je materiál (balík) rozdružen (obr. 20) a vhodným dopravníkem

obr.20 Rozdružovač balíků sts Olbramovice



Zdroj: [24]

(např. šnekovým) dopraven k druhému stroji (obr. 23), kde je nadrcen na požadovanou frakci. Při zpracování dendromasy odpadá energeticky dosti nákladné rozdružování balíku a štěrka je přímo zpracovávána v drtiči. Obr. 21.

*obr.21 Drtič na dřevní hmotu*



*Zdroj: [22]*

*obr.22 Rozdružovač balíků s nožovým mlýnem*



*Zdroj: [11]*

obr.23 Řez drtičem na stébelniny



Zdroj: [30]

### 3.2.4 Sušení

U některých zdrojů biomasy je potřebné před samotnou granulací snížit jejich vlhkost na požadovaných 12 až 16 %. Jedná se zejména o surové piliny, hobliny a štěpku, které se do výrobního procesu dodávají s vlhkostí 50 až 60 %. Pro rychlejší sušení a díky tomu i nižším nákladům se sušárna řadí až za desintegrační jednotku, kdy vstupní frakce do sušárny se pohybuje v rozmezí 4 až 10 mm. To napomáhá výměně vody do sušícího vzduchu. Princip sušení spočívá v přívodu horkého vzduchu, často společně se spalinami z externího kotle. V kotli se uplatňuje spalování štěpky, která se řadí k obnovitelným zdrojům a vyznačuje se nízkými emisemi. Díky použití energie ze štěpky se snižuje ekonomická zátěž sušení na celou výrobní linku. Pohyb materiálu je kontinuální a může být řešen mechanicky (pohyblivým dnem). Obr. 24, nebo pneumaticky, kdy je materiál



*obr.24 Sušička s pohyblivým dnem*



*Zdroj: [23]*

unášen horkým vzduchem a pomocí proměnlivých průměrů potrubí dochází ke změně rychlosti proudění. Obr. 25.

*obr.25 Trubková sušička pilin*



*Zdroj: [26]*

### 3.3 Energetická bilance výroby

Energetická bilance je rozdělena na výrobu pelet z dendromasy a výrobu pelet z fytomasy. Každá surovina klade odlišné nároky na zpracování a jejich pořizovací cena se také různí. Energetická bilance je závislá na konkrétně použité technologii, proto nelze jednoznačně určit náročnost této produkce. Výpočty jsou proto provedeny na konkrétní linkách používaných v provozu.

#### 3.3.1 Výroba pelet z dendromasy

Pro výrobu dřevních pelet se využívá jako suroviny především odpad ze zpracování dřeva. Jsou to především surové piliny, v menší míře štěpka. Jedná se o odpad, který lze již ve své základní podobě využít jako palivo. Vyplatí se tedy tuto surovinu ještě dále lisovat do formy pelet? Energetická bilance výroby dřevních pelet vychází z konkrétních podmínek firmy MADER lesnická firma, s.r.o. s roční výrobní kapacitou 3500 tun pelet. Technologie použitá při výrobě pelet spadá k nejrozšířenějšímu typu peletovací linky, která se v ČR používá. K sušení pilin je využívána rotační bubnová sušárna BS6 na dřevní odpad (štěpku) a peletování probíhá na horizontálním deskovém granulátoru TL700. Výrobní kapacita linky je  $1,1 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ . Vstupní surovinou jsou surové piliny o vlhkosti 50 – 60 % s průměrnou výhřevností  $2 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ , výrobkem pak pelety o výhřevnosti  $4,8 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Vzhledem k nutnosti snižování vlhkosti pilin, čímž zároveň klesá jejich hmotnost, je potřeba na výrobu 1 tuny pelet 1,8 tun pilin, jak vyplývá ze zkušeností firmy. Celkový instalovaný elektrický příkon linky je 170 kW. K výrobnímu procesu je nutné zařadit dopravu suroviny k výrobní lince. Piliny jsou přepravovány běžným nákladním automobilem s kontejnerem o objemu  $22 \text{ m}^3$  z maximální přepravní vzdálenosti 50 km. Spotřeba automobilu je 40 l motorové nafty na 100 km o výhřevnosti paliva  $10 \text{ kWh}\cdot\text{l}^{-1}$ . Za jeden dovoz (50 km tam a 50 km zpátky) je tak spotřebováno 400 kWh energie obsažené v motorové naftě. Z kontejneru je vyrobeno 3000 kg pelet, při dovozu suroviny je tak spotřebováno 0,13 kWh energie z motorové nafty na 1 kg vyrobených pelet. Stejným způsobem je dopravována štěpka s tím rozdílem, že jeden kontejner štěpky postačí na výrobu až 40 tun pelet, tedy při stejné uvažované přepravní vzdálenosti vychází na výrobu 1 kg pelet spotřeba 0,01 kWh energie vázané v motorové naftě. Celková

doprava surovin potřebných k výrobě si tedy vyžádá 0,14 kWh energie obsažené v motorové naftě na 1 kg pelet.

Ze samotného zpracování pilin na pelety ve výrobní lince je jednoznačně energeticky nejnáročnější operací sušení. Piliny jsou z původní vlhkosti dosušovány na vlhkost do 15 % v rotační bubnové sušárně s využitím spalin z kotle na štěpku. Na výrobu 1 tuny pelet je zapotřebí spálit 180 kg štěpky o výhřevnosti cca 2,9 kWh·kg<sup>-1</sup> (vlhkost do 40 %). Na výrobu 1 kg pelet je tak spotřebováno 0,52 kWh energie vázané ve štěpce.

Elektrická energie spotřebována výrobní linkou a ostatním elektrickým vybavením výrobní haly, jakým je např. osvětlení, činí 0,15 kWh·kg<sup>-1</sup>

K objektivnímu posouzení je nutné započítat také energii spotřebovanou na distribuci pelet zákazníkovi. Distribuce se nedá jednoznačně specifikovat, protože není známo přesné složení zákazníků a tudíž průměrná dopravní vzdálenost. Proto je počítána na průměrnou vzdálenost 100 km s vytižeností návěsu. Spotřeba motorové nafty je opět 40 l na 100 km a přepravované množství 20 t. Z toho vyplývá spotřeba 0,02 kWh energie vázané v motorové naftě na dopravu 1 kg pelet.

Z výše uvedených hodnot vyplývá, že výrobní proces spotřebuje na výrobu 1 kg pelet 0,83 kWh energie. V celkové bilanci je potřeba uvažovat i energii obsaženou v surových pilinách, která činí 3,6 kWh·kg<sup>-1</sup>. Výrobkem je tedy palivo o výhřevnosti 4,8 kWh·kg<sup>-1</sup> při dodané energii ve výši 4,43 kWh·kg<sup>-1</sup>. Z toho vyplývá, že přeměna surových pilin na pelety přinese energii ve výši 0,37 kWh·kg<sup>-1</sup>. Dalším pozitivem k tomuto výsledku je fakt, že necelých 12 % spotřebované energie je z obnovitelných zdrojů, neboť je uschována ve štěpce. I díky tomu se peleta z obchodního hlediska stává velice zajímavou komoditou na trhu s palivy především pro domácnosti. [16]

### **3.3.2 Výroba pelet z fytomasy**

Obliba pelet vyráběných z nedřevní biomasy stále stoupá. Zisk energie přetvářením např. obilné slámy na pelety je minimální. Peletování nebo briketování jsou ovšem jedinou možností, jak rostlinnou hmotu zpracovat na palivo pro individuální vytápění malých objektů. Je to dáno vysokou energetickou náročností kotlů na spalování celých balíků, kdy velká spotřeba elektrické energie

potřebné na dopravu suroviny do automatických kotlů činí tento styl vytápění rentabilní až od výkonů kotlů řádově 100 kW. Vzhledem k velké rozmanitosti vstupní suroviny (objemová hmotnost, vlhkost při sklizení, výhřevnost,...) nelze shrnout energetickou bilanci výroby jednotlivých druhů rostlinných pelet do jednoho výpočtu. Energetická bilance je proto stanovena na základě konkrétních údajů získaných při peletování obilné slámy ve firmě ATEA Praha s.r.o. na výrobní lince LSP 1800. Výrobní kapacita linky je  $1,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ . Vstupní surovinou jsou obří hranaté balíky obilné slámy s průměrnou výhřevností  $4,06 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ , výrobkem pak pelety o výhřevnosti  $4,33 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Celkový instalovaný elektrický příkon linky je 130 kW. Celý proces zpracování obilné slámy na pelety zahrnuje lisování a sklizeň slámy z pozemku, v číselném vyjádření to znamená 2,4 l motorové nafty na slisování 1 t slámy do obřích balíků a  $1,5 \text{ l}\cdot\text{t}^{-1}$  motorové nafty na manipulaci s balíky po poli. Následuje doprava balíků k stohu poblíž výrobní linky. Dopravní vzdálenost se pohybuje v průměru okolo 60 km (ve výpočtech je zahrnuta cesta ke stohu a zpět) a hmotnost přepravované slámy je 15 t. Tato operace si vyžádá spotřebu  $4,4 \text{ l}\cdot\text{t}^{-1}$  motorové nafty. Stohování poblíž výrobní linky spotřebuje  $1,5 \text{ l}\cdot\text{t}^{-1}$  motorové nafty a následná doprava ze stohu na linku  $0,5 \text{ l}\cdot\text{t}^{-1}$  motorové nafty. Souhrnně je tedy potřeba na přípravu jedné tuny slámy k výrobní lince energie obsažena v 10,3 l motorové nafty. Tento souhrn operací je energeticky srovnatelně náročný jako samotná granulace. Protože se obilná sláma sklízí s vlhkostí cca. 14 %, nemusí výrobní linka obsahovat sušičku, díky čemuž klesá její spotřeba na  $86 \text{ kWh}\cdot\text{t}^{-1}$ . Po výrobě následuje distribuce pelet zákazníkovi. Aby bylo možné porovnat energetickou náročnost výroby s výrobou dřevních pelet, bude doprava pelet realizována stejným způsobem jako v prvním případě. Z toho vyplývá spotřeba 2 l motorové nafty na dopravu 1 tuny pelet do vzdálenosti 100 km.

Na výrobu a distribuci jedné tuny pelet je tedy potřeba energie z 12,3 l motorové nafty, což při výhřevnosti paliva  $10 \text{ kWh}\cdot\text{l}^{-1}$  představuje 123 kWh energie obsažené v motorové naftě, a 86 kWh elektrické energie pro pohon výrobní linky. Celková spotřeba energie je tedy  $206 \text{ kWh}\cdot\text{t}^{-1}$ , což se rovná  $0,206 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Z výše uvedených hodnot vyplývá, že výrobní proces na výrobu 1 kg pelet spotřebuje 0,206 kWh energie. V celkové bilanci je potřeba uvažovat i energii obsaženou ve vstupní slámě, která činí  $4,06 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Výrobkem je tedy palivo

o výhřevnosti  $4,33 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$  při dodané energii ve výši  $4,266 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Z toho vyplívá, že přeměna obilné slámy na pelety přinese energii ve výši  $0,064 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Ač je samotný proces peletování energeticky výhodnější pro výrobu pelet z obilné slámy, tak konečný zisk energie hovoří jednoznačně pro dřevěné pelety. V úvahu je však nutné brát, jak již bylo zmíněno výše, že spalování nepeletované slámy je v individuálních kotlích takřka nemožné, proto si tento proces výroby pelet našel své postavení na trhu. [4,9,16]

## **4 Porovnání dostupných zařízení na našem trhu a jejich určení pro různé okruhy zákazníků**

V současné době se sortiment výrobních linek na pelety stále rozšiřuje. Především jsou dodávány linky s výkonem 1 až 2 t·h<sup>-1</sup>, kdy se jedná o komplet všech strojů potřebných pro výrobu topných pelet na sebe automaticky navazujících. Tyto linky jsou určeny pro výrobní podnik s plánovanou produkcí 5000 t pelet ročně a více. Pro menší podniky je nabídka peletovacích linek slabší. Výrobci především nabízejí jen samostatné komponenty, které si zákazník musí sám začlenit do výrobního kompletu. Tyto linky mají výkon 100 až 500 kg·h<sup>-1</sup> a jejich provázanost často potřebuje obsluhu pracovníka. Výrobní náklady u těchto linek jsou výrazně vyšší, než u linek vyrábějících řádově tuny pelet za hodinu. Díky často nadsazené prodejní ceně „malých“ peletovacích linek stojí za zamyšlení jejich ekonomická rentabilita, o které se u některých výrobců dá jen s pochybami uvažovat. Na druhé straně stojí malé granulátory, pocházející často z asijského kontinentu, které jsou nabízeny od výkonu několika desítek kilogramů za hodinu. Jejich pořizovací cena je podezřele nízká a přístup prodejců plný mlhavých informací, takže zůstává nejasná představa o funkčnosti a možná i bezpečnosti používání těchto strojů. Následuje výčet některých linek dostupných na našem území, které jsou schopné uspokojit širokou škálu zákazníků.

### **4.1 Peletovací linka pro biomasu HPT 08 15 kW**

Jedná se o výrobní linku (obr. 26) obsahující kladívkový drtič, který připravuje materiál na požadovanou vstupní frakci do peletovacího lisu. Lis je řešen pomocí vodorovné matrice o průměru 200 mm s otvory 6 mm. Linka je doplněna dochlazujícím pásem s vibrační třídičkou (obr. 26) na hotové pelety, který zároveň dopravuje pelety do big bag.

obr.26 Peletovací linka HPT 08 s dochlazovacím pásem a vibrační třídíčkou



Zdroj [23]

#### Technický popis:

- silnostěnný rám z ocelového profilu,
- skříň z ocelového plechu,
- lis je vybaven řezačkou,
- délka pelet je nastavitelná,
- průměr matrice je 200 mm,
- otvor matrice je 6 mm,
- otočná kruhová matrice použitelná z obou stran,
- 2 drtící válce s nastavitelnými kuželovými ložisky,
- drtící válce a matrice ze speciální tvrzené ocele,
- výkon  $150 - 300 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  v závislosti na materiálu a průměru matrice (závislý od konzistence suroviny, druhu matrice a kvality peletek),
- odnímatelná násypka,
- řízeno centrální jednotkou SIEMENS ESP,
- dochlazovací pás s vibračním sítím s volitelnou velikostí síta 3 – 15 mm,
- pás dlouhý 4 m, široký 0,5 m,

- úhel sklonu volitelný od 25° do 45°,
- prosévací jednotka 1x0,5 m,
- síťový koš vyměnitelný, standardně 8 mm,
- výkon motoru 0,55 kW, 230 V, 50 Hz.

Na vstupu do trychtýřového zásobníku je umístěn kladívkový mlýn s přímým převodem o příkonu 11 kW, který drtí biomasu na frakci do 6 mm. Plnění lisu je zajištěno návazností šnekového nebo pásového dopravníku na trychtýřový zásobník. Dávkování je plně automatické, v závislosti na zatížení peletovacího lisu. Cena takto dodávané peletovací linky s dochlazovacím pásem a vibračním třídícím je přibližně 752 100 Kč v závislosti na kurzu eura. [11]

## 4.2 Peletovací linka MGL 400

Jde o linku dodávanou firmou Kovo Novák. Koncept vychází z malotonážní linky MGL 200, ve které došlo pouze k navýšení výkonu granulačního lisu (obr. 27) náhradou za výkonnější lis. Tímto řešením bylo docíleno hodinového výkonu až 280 kg hotových pelet. Linka, jak je patrné z obr. 28, obsahuje dávkovací šnek s uzavřenou násypkou, promíchávač hmoty, granulační lis, třídíč pelet s chlazením a odsávání. Pro zpracování surovin s větší zrnitostí než 3 – 3,5 mm je nutné před linku zařadit drtič s požadovanou výstupní frakcí. K těmto účelům lze použít rozdrůžovač balíků s drtičem HZ 1300 (obr.19). Takto sestavená linka stojí 570.000 Kč. [8,10]

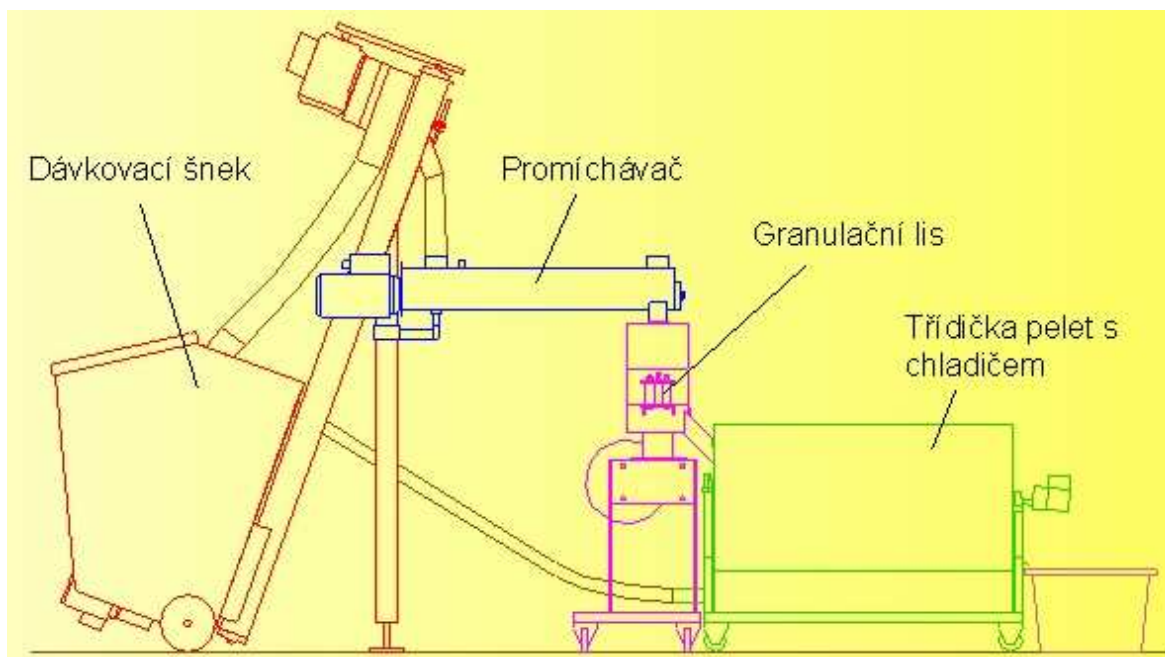
*obr.27 pohled na granulační lis linky MGL*



*Zdroj: [10]*



obr.28 Schéma granulační linky MGL 400

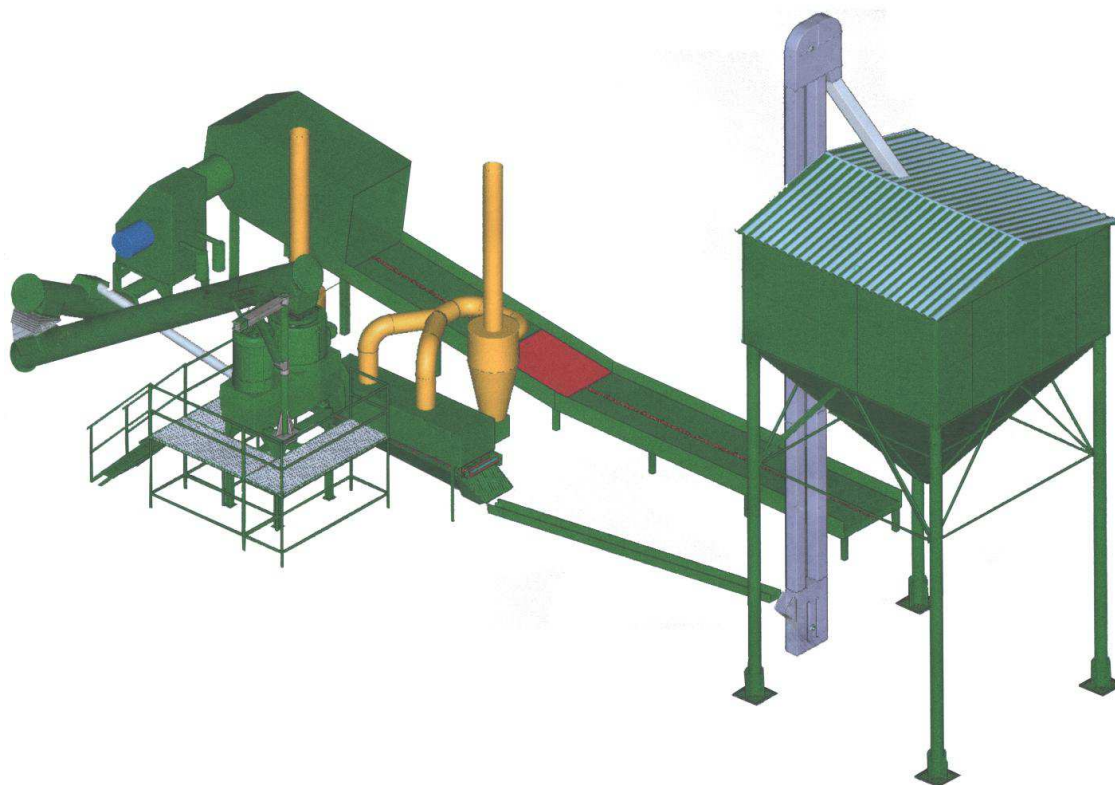


Zdroj: [10]

### 4.3 Peletovací linka LSP 1800

Peletovací linku (obr. 29) dodává firma Atea Praha s r.o. Jedná se o kompletní řešení dodávky spojené s instalací a možnými stavebními úpravami. Linka je navržena na zpracování obilné, eventuelně řepkové slámy. Optimální roční objem zpracovávané slámy pro linku je 5000 tun, což odpovídá sklizeným plodinám (pšenice, řepka) na ploše přibližně 2000 ha. V případě zpracování rostlinných zbytků po čištění zemědělských komodit a jiné fytomasy výrazně stoupá výkon linky. Vlhkost suroviny pro výrobu pelet by neměla přesáhnout 16 %. Linka LSP 1800 zpracuje slámu do formy pelet o průměru 8 mm a o délce dle nastavení v granulátoru. Pelety vyrobené na tomto zařízení odpovídají ČSN P CEN/TS 14961. Hodinový výkon se pohybuje v rozmezí 1000 až 1600 kg v závislosti na druhu a kvalitě vstupní suroviny. Při vlhkosti slámy nad 16 % výrazně klesá výkon linky! Díky aspiračnímu systému je v okolí linky minimální prašnost odpovídajícím normám ČSN

obr.29 Peletovací linka LSP 1800



Zdroj [11]

Deklarovaná časově průměrovaná emisní hladina akustického tlaku A na pracovním místě obsluhy činí 64+4 dB (měřeno podle ČSN EN ISO 11201, při pracovním režimu, při výrobě pelet).

Linka vyrábí úsporné a ekologicky šetrné palivo ve formě pelet z rostlinných materiálů, zejména z pšeničné a řepkové slámy, z rostlinných zbytků – fytomasy - po čištění zemědělských komodit (semena, plevy, pluchy, osiny, kousky ostatních částí rostlin, mlynářské otruby, atd.) Seznam technologie linky LSP 1800 je rozepsán níže. Doprava řezanky je řešena pomocí šnekových dopravníků, ne pneumaticky z důvodu možnosti vzniku požáru. Jako mezizásobník slouží šnek granulátoru. Na šneku je umístěn magnetický separátor, který slouží k zachycení drobných kovových částic. Ovládání jednotlivých strojů peletizační linky je soustředěno na ovládacím panelu. Ovládací panel obsahuje ovladače elektrických pohonů jednotlivých strojů peletizační linky. Elektrické pohony strojů linky jsou spouštěny pomocí ovladačů postupně a samostatně. Ovládací panel obsahuje technologické schéma linky, na kterém jsou u jednotlivých strojů umístěny červené

signálky, které rozsvícením signalizují poruchu, na základě přetížení příslušného elektrického pohonu. Při jakékoliv poruše dochází k automatickému odpojení strojů, které jsou před místem poruchy. Dávkování suroviny je regulováno pomocí frekvenčních měničů, které jsou na pohonech u podávacích stolů (balíky slámy) případně na násypce na rostlinný odpad. Pomocí těchto dopravníků se nastaví optimální množství suroviny pro granulátor. Optimální množství se pozná díky proudu granulátoru, který je zobrazován ampérmetrem na ovládacím panelu. Dalším důležitým faktorem je nastavení čerpadla, pomocí kterého se nastaví přesný průtok vody do míchacího dopravníku. Pro směnu jsou určeni dva proškolení pracovníci. Obsluze peletizační linky musí být v místě k dispozici manipulační zařízení pro manipulaci s balíky slámy a s rostlinnými odpady. [9]

### **Základní technologické zařízení**

1. podávací dopravník balíků 11 m,
2. rozdružovač balíků,
3. drtič slámy,
4. vyrovnávací mezizásobník s odsáváním,
5. šnekový mixer,
6. šnek ke granulátoru,
7. granulátor TL 700 spouštěný softstarterem,
8. separační šupna,
9. chladičí dopravník pelet s posuvným dnem a šnekem odrolu,
10. cyklon granulátoru s potrubím a odbočkou,
11. šnek odrolu,
12. cyklon chladičího dopravníku,
13. pásový dopravník pelet (6m),
14. hladinové čidlo granulátoru,
15. podstavec granulátoru s jeřábem na kladkostroj a opěrou pro šnek,
16. korečkový dopravník pelet (9 m),
17. podjezdový zásobník pelet 60 m<sup>3</sup>,
18. pochozí plošina granulátoru,

19. elektrický rozvaděč s ovládáním pomocí PC,
20. odstředivé vlhčící zařízení,
21. ovládací panel,
22. matrice s průměrem děr 8 mm - 2x (pšeničná a řepková sláma),
23. ruční tyčkový vlhkoměr na měření vlhkosti balíků,
24. maznice a mazací tuk granulátoru.

### **Požadavky na instalaci linky**

1. elektroinstalace bude připojena na napájecí soustavu L1, L2, L3/ PEN 400/230V 50Hz TN-C, pojistky v kabelové skříni 3x250A, vypínací charakteristika gG,
2. osvětlení haly EPK = 200 lx,
3. odvětrání haly  $4300 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ , vestavěný ventilátor do stěny typ VE400,
4. elektrická instalace je vedena na kabelových roštích a v plastových trubičkách po povrchu,
5. vzhledem k indukčnímu charakteru spotřeby je upozorňováno na nutnost kompenzovat účinník ( $\cos f$ ),
6. pro umístění linky do objektu je požadována jen zpevněná rovná podlaha,
7. rozměry haly pro linku 15 x 10 m, výška 4,5 až 5 m,
8. manipulační prostor pro příjezd dopravní techniky a skládání suroviny 15 x 30 m,

Cena nabízené linky s potřebnou projektovou dokumentací a montáží činí 5.850.000,- Kč. [9]

## 5 Závěr a diskuze

Výroba pelet z biomasy se jeví jako dobrý záměr. V současné době je princip peletování znám na vysoké úrovni. Na trhu jsou dostupné peletovací lisy s horizontální maticí určené pro nižší a střední výkonnosti, peletovací lisy s prstencovou maticí určené převážně pro vyšší výkonnosti a již se objevují prototypy speciálních lisů fungujících na principu samojízdného stroje, kdy se uskutečňuje granulace pelet přímo na pozemku s biomasou. Energetická bilance výroby pelet ukazuje, že i na první pohled náročná a co se týče strojního vybavení rozsáhlá výroba ve svém důsledku přináší zdroj energie, který výrazně převyšuje energii vloženou do výroby. Co tedy brzdí výrazný rozmach tohoto moderního způsobu získávání energie? Je to především pořizovací cena, která je zvláště u menších peletovacích linek v některých případech tak vysoká, že se např. zemědělským firmám nevyplatí investovat do tohoto zařízení, kterým by mohly zpracovávat odpad z hlavní činnosti podnikání. U vyšších výkonností, kdy se uvažuje používání linky jako hlavní činnosti podnikání a jedná se o produkci tisíců tun pelet ročně, vychází rentabilita investic mnohem příznivěji. Dalším problémem je spalování pelet z obilné slámy. Jedná se hlavně o kotle ve výkonnostní třídě do 100 kW. Bohužel zatím se mnoha výrobcům nedaří vyřešit problém se spékáním pelet z obilné slámy v těchto kotlích, ač princip řešení je již dávno znám v kotlích používaných pro větší topné výkony. Na tento problém se zatím zaměřila jen nepatrná část výrobců, kteří v tuto chvíli dodávají kotle, které jsou schopné tento problém řešit, ovšem často na úkor účinnosti. Na našem trhu je možné nalézt i produkty splňující všechny požadavky na ně kladené, jenže prodejci, potažmo výrobci využívají majoritního postavení na trhu a činí tyto kotle pro zákazníka finančně takřka nedostupnými. Právě kotle pro rodinné domy tvoří velký potenciální odbyt „agropelet“. A především výroba pelet na malých zemědělských farmách by mohla přinést v budoucnu tomuto odvětví potřebné finanční zdroje a společnosti dostatek ekologicky šetrného paliva.

## 6 Použitá literatura a firemní podklady

- [1] Klobušník, L.: Pelety - palivo budoucnosti, sdružení harmonie, České Budějovice 2003, 111 s.
- [2] Havlíčková, K.; Weger, J.: Možnosti pěstování energetických dřevin v ČR a jejich ekonomika, VÚKOZ Průhonice, oddělení fytoenergetiky
- [3] Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič, P.: Biomasa - obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC s.r.o. Praha, Praha 2004, 288 s.  
ISBN 80-8653406-5
- [4] Malaťák, J.; Vaculík, P.: Biomasa pro výrobu energie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6
- [5] Stražil, Z.; Šimon, J.: Současné zdroje a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice. Publikace v časopise AGRO, ročník 7, číslo 4, duben 2006
- [6] Noskiewič, P. a kolektiv: Biomasa a její energetické využití. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Česká republika 1996, 68 s.  
ISBN 80-7078-367-2
- [7] Andert, D.; Sladký, V.; Abrham, Z.: Energetické využití pevné biomasy. Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze, Praha 2006, 59 s.  
ISBN 80-86884-19-8
- [8] Jevič, P. a kolektiv: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ISBN 978-80-86884-42-4
- [9] Firemní podklady firmy ATEA Praha s.r.o.
- [10] Firemní podklady firmy Kovo Novák.
- [11] Firemní podklady firmy CB point s.r.o.
- [12] Ing. P. Hutla, CSc.: Energetické plodiny – sklizeň, skladování, zpracování [online]. Dostupné z: <http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2003/hutla.htm>

- [13] Strategie MAS Vltava pro využití energie z biomasy [online]. Dostupné z: [www.vltavotynsko.cz/old//index.php?module=download&idfile=110](http://www.vltavotynsko.cz/old//index.php?module=download&idfile=110)
- [14] Anonym: Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009 – 2011 [online]. Dostupné z WWW: [http://eagri.cz/public/web/file/73553/AP\\_biomasa\\_09\\_01.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/73553/AP_biomasa_09_01.pdf)
- [15] Anonym: Obnovitelný zdroj energie. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.wikipedia.cz>
- [16] Lyčka, Z.: Energetická náročnost výroby pelet z biomasy [online]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-narocnost-vyroby-pelet-z-biomasy>
- [17] Firemní podklady firmy Fugus Praha [online]. Dostupné z WWW: <http://www.faguspraha.cz/zemedelska-technika/samonakladaci-vozy-plegmatic.htm>
- [18] Firemní podklady firmy Vobosystém s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.vobosystem.cz/lisy-na-kulate-baliky-vario-pack>
- [19] Firemní podklady firmy Agraf zemědělská technika a.s. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.agrall.cz/produkt/78/quadrant-3200>
- [20] Firemní podklady firmy Agrotechnik im Einsatz [online]. Dostupné z WWW: [http://www.agrartechnik-im\\_einsatz.de/de/index.php?page=view\\_picture&id=526143#anker](http://www.agrartechnik-im_einsatz.de/de/index.php?page=view_picture&id=526143#anker)
- [21] Firemní podklady firmy Claas [online]. Dostupné z WWW: <http://prodej.klas-nekor.cz/jaguar-800/>
- [22] Firemní podklady firmy CB point s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.cbpoint.cz/vyrobky/drtice-dreva-a-papiru/d:drtic-dreva-unthars-40>
- [23] Firemní podklady firmy CB point s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.cbpoint.cz/vyrobky/susarny-biomasy/d:susarny-s-externim-zdrojem-tepla>
- [24] Firemní podklady firmy sts Olbramovice [online]. Dostupné z WWW: [http://www.stsolbramovice.cz/default.asp?key=46\\_&lng=cz](http://www.stsolbramovice.cz/default.asp?key=46_&lng=cz)
- [25] Firemní podklady firmy ACRE s r.o. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.acre.cz/produkty/rrd-rychle-rostouci-rostliny.html>

- [26] Informace z briketovacilis.cz [online]. Dostupné z WWW:  
[http://www.srotovniky.cz/prisl\\_detail.php?id=2](http://www.srotovniky.cz/prisl_detail.php?id=2)
- [27] Firemní podklady firmy Služby Švarc s.r.o. [online]. Dostupné z WWW:  
<http://www.sluzbysvarc.cz/svoz-sena-a-slamy>
- [28] Firemní podklady firmy STOZA s.r.o. [online]. Dostupné z WWW:  
<http://www.stoza.cz/page.php?page=2>
- [29] Firemní podklady firmy Gama Pardubice s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.gama-pardubice.cz/cs/produkty-a-sluzby/granulator/>
- [30] Firemní podklady firmy HIMEL cz s.r.o.
- [31] Firemní podklady firmy AGROING BRNO s.r.o. [online]. Dostupné z WWW: [http://www.agroing.cz/p\\_granulacni\\_lisy.htm](http://www.agroing.cz/p_granulacni_lisy.htm)
- [32] KOTT, J.: Výroba pelet z biomasy - technické a ekonomické aspekty. *Biom.cz* [online]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>. ISSN: 1801-2655.
- [33] BEDNÁR, J.: Podpora pěstování energetické biomasy v ČR a v kontextu s EU . *Biom.cz* [online]. 2008-11-10 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/podpora-pestovani-energeticke-biomasy-v-cr-a-v-kontextu-s-eu>. ISSN: 1801-2655.
- [34] Firemní podklady firmy Kahl [online]. Dostupné z WWW:  
[http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse\\_pelletierung/kollermuehlen/](http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse_pelletierung/kollermuehlen/)
- [35] Anonym: Ako sa vyrábajú pelety? [online]. Dostupné z WWW:  
<http://www.greenprojekt.sk/vyrobapeliet.html>



## Seznam obrázků

- obr. 1. Plantáž rychlerostoucích dřevin
- obr. 2. Pelety ze slámy
- obr. 3. Granulační lis TL 700
- obr. 4. Řez granulačním lisem KAHL Kollermühle
- obr. 5. Pohled na horizontální matici se třemi rolnami
- obr. 6. Prstencová matrice se dvěma rolnami
- obr. 7. Prstencový lis s mixerem
- obr. 8. Samojízdný peletovací stroj
- obr. 9. Systémy sklizně a úpravy energetických stébelnin celého obilí a travin
- obr. 10. Sběrací vůz
- obr. 11. Sklizeň šťovíku sklízecí řezačkou
- obr. 12. Sběr balíků samosběracím vozem
- obr. 13. Systém stohování balíků samosběracím vozem
- obr. 14. Lis na válcové balíky
- obr. 15. Lis na hranaté balíky
- obr. 16. Samojízdný lis Deutz Fahr
- obr. 17. Sklizeň rychlerostoucích dřevin upravenou sklízecí řezačkou
- obr. 18. Paketovací stroj
- obr. 19. Rozdružovač balíků s drtičem od firmy Kovo Novák
- obr. 20. Rozdružovač balíků sts Olbramovice
- obr. 21. Drtič na dřevní hmotu
- obr. 22. Rozdružovač balíků s nožovým mlýnem
- obr. 23. Řez drtičem na stébelniny
- obr. 24. Sušička s pohyblivým dnem
- obr. 25. Trubková sušička pilin
- obr. 26. Peletovací linka HPT 08 s dochlazovacím pásem a vibrační třídičkou
- obr. 27. ohled na granulační lis linky MGL

obr. 28. Schéma granulační linky MGL 400

obr. 29. Peletovací linka LSP 1800