

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

## **ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby  
Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**NÁVRH, OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI A HODNOCENÍ  
TECHNOLOGICKÉ LINKY PRO ZPRACOVÁNÍ SLÁMY  
URČENÉ K ENERGETICKÝM ÚČELŮM Z BĚŽNĚ  
OBHOSPODAŘOVANÝCH PLOCH**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Fríd, CSc.

Autor bakalářské práce: Milan Havel

Rok vydání: 2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Milan HAVEL**  
Osobní číslo: **Z10275**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Návrh, ověření funkčnosti a hodnocení technologické linky pro zpracování slámy určené k energetickým účelům z běžně obhospodařovaných ploch.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Omezené zásoby fosilních paliv vedou v současné době k hledání dalších zdrojů k pokrytí narůstající spotřeby energie. V současné době se zvyšuje zájem o spalování energetických rostlin, hlavně spalování slámy a sena sklizeného z trvalých luk a pastvin.

Píce používanou pro přímé spalování vzhledem k velkému objemu je nutné upravit. Výrobou topných briket či pelet se dosáhne zmenšení objemu, zlepší se manipulace s materiálem a sníží se potřeba skladovacích prostorů.

Hlavním cílem práce je návrh a ověření strojní linky pro zpracování slámy určené k energetickým účelům z běžně sklíditelných ploch v podniku zemědělské prvovýroby určené pro vytápění bytových a provozních objektů. Dalším cílem je zpracování ekonomického hodnocení strojní linky.

V práci se zaměřte na:

1. Linku pro sklizeň píce.
2. Linku pro úpravu píce před spalováním.


Práci doplňte přehledem nákladů na pořízení a provoz navržených linek.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

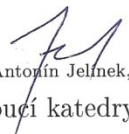
- 1] Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky, MŽP, Praha 2005;
- 2] Koncepce agrární politiky ČR pro období po vstupu do EU (2004 - 2013), [www.mze.cz](http://www.mze.cz);
- 3] Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2005, Ministerstvo zemědělství ČR, [www.mze.cz](http://www.mze.cz);
- 4] KOHOUTEK, A., POZDÍŠEK, J.: Vliv obhospodařování travních porostů na výnos, kvalitu a konverzi píče skotem. In: Sborník mezinárodní vědecké konference, Praha, ÚZPI 2005: 19-32. ISBN: 80-86555-75-5;
- 5] KOLLÁROVÁ, M., ALTMANN, V., JELÍNEK, A., PLÍVA, P.: Zásady pro zpracování zbytkové biomasy z údržby TTP, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha, 2008. ISBN 978-80-86884-32-5;
- 6] ŠARAPATKA a kol.: Trvalé travní porosty v ekologickém zemědělství, PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk, prosinec 2005;
- 7] ŠARAPATKA, B., ČIŽKOVÁ, S., SUCHÁNEK, B.: Ekologické zemědělství v mikroregionu Jeseníky. VUP Olomouc, 2001, 84 p.;
- 8] ŠARAPATKA, B., URBAN, J. a kol.: Ekologické zemědělství, II. díl. PRO-BIO, 2005, 334 p.;
- 9] NOSKIEVIČ, P. a kol.: Biomasa a její energetické využití. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1996, 68s. ISBN 80-7078-367-2;
- 10] <http://biom.cz/>, <http://ekowatt.cz/>, <http://energie.tzb-info.cz/>;
- 11] JUCHELKOVÁ, D., PLÍŠTIL, D.: Energetické využívání tvarově upravených produktů z biomasy a alternativních paliv. In: Briketovanie a peletovanie, Bratislava 2004, ISBN 80-227-2146-8, str. 51-55.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Fríd, CSc.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**

  
Ing. Karel Suchý, Ph.D.  
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚLŠKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studená 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 27. března 2012

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Milana Frída, CSc. a že jsem uvedl použitou literaturu a jiné podklady, ze kterých jsem čerpal v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích 29. listopadu 2013

.....

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Milanu Frídovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vytvoření této bakalářské práce a za čas, který mi při zpracování práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat panu Šedivcovi za poskytnutí informací o jeho podniku, ze kterých byla vyhotovena praktická část práce, a za praktické připomínky k problematice výroby pelet ze slámy.

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá návrhem a ověřením strojní linky pro zpracování slámy určené k energetickým účelům.

Teoretická část obsahuje popis vlastností a produkce slámy. Dále popisuje sklizně slámy, prostředky používané při sklizni a základní technologické procesy při výrobě pelet. Praktická část obsahuje návrh strojní linky pro sklizeň slámy. Jako další návrh je uvedena strojní linka pro výrobu slaměných pelet pana Karla Šedivce, která se nachází v Lomnici nad Lužnicí. Dalším cílem je zpracování ekonomického hodnocení strojních linek pro sklizeň slámy a pro výrobu slaměných pelet.

**Klíčová slova:** strojní linka, sklizeň, peletizační linka, pelety, sláma.

## **Abstract**

This work deals with the design and check out of the machine line for energetic-usable straw treatment.

Theoretic part contains characteristics of straw properties and production. Also contains straw harvesting, means of harvest and tools and basic pellet producing technological processes. Practical part of work contains machine line design for the straw treatment. As the next draft is the other machine line meant. It is private line of Mr. Karel Šedivec, which is situated in Lomnice nad Lužnicí. Next target is the economic evaluation of the machine lines for straw pellets treatment.

**Keywords:** machine line, harvest, pelletizing line, pellets, straw

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární rešerše .....	10
2.1 Biomasa .....	10
2.2 Sláma obecně .....	10
2.2.1 Produkce slámy ve světě.....	11
2.2.2 Produkce slámy v ČR .....	11
2.2.3 Obilná sláma .....	13
2.2.4 Řepková sláma.....	13
2.3 Technologie sklizně slámy.....	14
2.3.1 Shrnovače.....	15
2.3.2 Lisování slámy do balíků.....	15
2.3.3 Lisování slámy pro výrobu pelet .....	15
2.3.4 Balíky.....	16
2.3.5 Zařízení pro manipulaci s balíky .....	16
2.4 Pelety .....	17
2.4.1 Výroba pelet.....	18
2.4.2 Kvalita materiálu na vstupu .....	18
2.5 Základní technologické procesy .....	19
2.5.1 Příjem materiálu.....	19
2.5.2 Šrotování.....	19
2.5.3 Granulace .....	20
2.5.4 Rozdělení lisů na pelety.....	21
2.5.5 Chlazení pelet .....	25
2.5.6 Dopravníky a balení vychlazených pelet.....	26
2.6 Kvalita pelet ze slámy.....	26
2.6.1 Lignin ve slámě a jeho význam.....	27

2.6.2 Aditiva a jejich význam pro pojivost pelet .....	27
2.8 Strojní linky .....	27
3. Cíl práce .....	30
4. Metodika .....	31
4.1 Stanovení fixních a variabilních nákladů pro jednotlivé linky .....	31
4.2 Výpočet délky trvání sklizně slámy .....	35
5. Vlastní návrh strojní linky pro sklizeň slámy .....	36
5.1 Stanovení výkonnosti, časů a strojů pro sklizeň slámy .....	36
5.2 Popis linky pro sklizeň slámy .....	37
5.3 Ekonomické zhodnocení linky pro sklizeň slámy .....	39
5.3.1 Výpočty fixních a variabilních nákladů .....	40
5.3.2 Výnos linky na sklizeň slámy .....	42
6. Návrh stacionární strojní linky na výrobu pelet .....	43
6.1 Charakteristika podniku .....	43
6.2 Manipulátor .....	43
6.3 Stacionární rozdružovač .....	44
6.4 Rotační drtič .....	46
6.5 Granulátor .....	47
6.6 Chladicí dopravník .....	49
6.7 Doprava materiálu .....	50
6.8 Skladování a expedice vyrobených pelet .....	50
6.9 Produkce pelet navržené linky .....	50
7. Ekonomické zhodnocení peletizační linky .....	51
7.1 Výpočty fixních a variabilních nákladů .....	52
7.2 Výnos peletizační linky .....	54
8. Závěr .....	55
9. Použitá literatura .....	56



## 1. Úvod

Z důvodu omezených zásob fosilních paliv se v současné době hledají další zdroje k pokrytí narůstající spotřeby energie. Rovněž se zvyšuje zájem o spalování energetických rostlin, hlavně spalování slámy a sena sklizeného z trvalých luk a pastvin. Píci používanou pro přímé spalování vzhledem k velkému objemu je nutné upravit. Výrobou topných briket či pelet se dosáhne zmenšení objemu, zlepší se manipulace s materiálem a sníží se potřeba skladovacích prostorů.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Biomasa

Biomasa je základem obnovitelných zdrojů energie, o čemž v současné době již nikdo nepochybuje. Zaujímá až 75 % v rámci všech obnovitelných zdrojů jako je voda, vítr, slunce apod. Proto je také podrobována stále většímu zkoumání z hlediska jejího využívání. Sleduje se nejen výhřevnost a efektivita spalování, ale rovněž zplodiny jejího hoření - emise. Energetická biomasa využívaná pro přímé spalování je veškerá rostlinná hmota, tedy fytomasa, včetně dřeva, slámy a nejrůznějších druhů rostlin. Vlastnosti fytomasy se mohou značně různit podle jednotlivých rostlinných druhů. Hlavní rozdíly jsou mezi fytomasou dřevní a fytomasou nedřevní (z rostlin bylinného charakteru), z nichž lze za hlavního představitele považovat např. slámu. Základní vlastnosti si přitom tato fytomasa zachovává při různém způsobu jejího zpracování a využívání jako jsou balíky slámy, řezanka, brikety či pelety [1].

Někteří odborníci považují slaměnou briketu nebo peletu za ideální „zázračné“ palivo. Překážkou zůstávají jen vysoké investiční náklady na strojové vybavení zpracovatelské linky (manipulační zařízení, rozdrůžovač balíků, drtič slámy a peletovací lisy) [2].

Biemans zdůrazňuje, že před masivním zavedením pěstování energetických rostlin je zapotřebí prozkoumat jejich vliv na životní prostředí, diverzitu, ekosystémové služby a udržitelnost přírodních a zemědělských stanovišť [3].

### 2.2 Sláma obecně

Termín sláma označuje vymlácené vyschlé stonky a stébla v širším významu ze všech polních plodin a v užším významu pouze z obilnin.

Odlišným termínem je seno. Seno se vyrábí z píce (především z trávy, ale také např. z jetele), které jsou posekány a vysušeny na vzduchu. Seno je využíváno zejména jako píce. Sláma je sice rovněž v omezené míře využívána jako krmivo, ale vedle toho je využívána k podestýlání, jako biopalivo, stavební materiál, surovina pro výrobu aglomerovaných materiálů, materiál pro výrobu domácích ozdobných předmětů, může

sloužit i pro výrobu papíru, briket, slávek apod. V minulosti sloužila i jako výplň do matrací, které se pak nazývaly slamníky.

Sláma se dnes stává významnou energetickou komoditou jako biopalivo, zpracovaná jako brikety nebo pelety. V podobě slaměných balíků ji lze využít na stavbu slaměného domu či jeho izolování [4].

### 2.2.1 Produkce slámy ve světě

Ročně se ve světě vyprodukuje odhadem 216 345 miliard tun biomasy a její energetický potenciál je  $3 \cdot 10^{21}$  J. Toto množství téměř 10 krát převyšuje roční objem světové produkce ropy a plynu. Velmi důležité je, že se jedná o zdroj obnovitelné energie. K energetickým účelům se ve světě biomasa využívá pouze z 2-3%. V tabulce 1: je uvedena odhadovaná světová produkce slámy [5].

Tabulka 1: Odhadovaná světová produkce slámy

Plodina	tisíc tun sušiny
Pšeničná sláma	545 000
Ječná sláma	175 000
Ovesná sláma	60 000
Žitná sláma	40 000
Rýžová sláma	350 000
Len olejný	2 000
Tráva (semenářský porost)	3 000
Sláma celkem	1 175 000
Stonky bavlny	68 000
Stonky kukuřice	690 000
Stonky čiroku	242 000

### 2.2.2 Produkce slámy v ČR

Produkce slámy obilovin kolem 419 tis. tun (po odečtení produkce na krmení, stlaní, částečné zaorávky, ztrát při provozu atd.) by mohla být využita na spalování.

S produkcí slámy řepky (celkem 1 328 tis. tun) by mohla zabezpečit takové množství energie, které by stačilo na zajištění provozu 47 elektráren s parním turbo-generátorem s výkonem 5 MW (megawatt) nebo by toto množství zajistilo vytápění cca 239 000 rodinných domků. V tabulce 2: je uvedena průměrná roční produkce slámy v ČR [5].

*Tabulka 2: Průměrná roční produkce slámy v ČR*

<b>Plodina</b>	<b>Průměrná sklizňová plocha (ha)</b>	<b>Průměrný výnos (t/ha)</b>	<b>Průměrná produkce slámy (t)</b>
Pšenice ozimá	850 931	4,6	3 949 561
Pšenice jarní	63 236	3,6	192 659
Žito	39 781	3,5	139 501
Ječmen ozimý	147 025	4,0	588 300
Ječmen jarní	345 620	3,5	1 207 547
Oves	52 982	2,8	146 643
Kukuřice na zrno	59 930	7,3	442 948
Ostatní obilniny	34 749	2,9	120 416
Obilniny celkem	1 611 951	4,3	6 854 218
Řepka	326 624	2,9	842 427
TTP celkem	455 807	3,1	1 249 442

*Tabulka 3: Chemické složení slámy*

<b>Ukazatel</b>	<b>Sláma obilní</b>	<b>Sláma řepková</b>
C (%)	47,0	46,0
O2 (%)	38,0	40,0
H (%)	5,6	5,0
S (%)	0,1	0,2
Cl (%)	0,1	0,1
popel (%)	5,0	6,0
Výhřevnost (MJ/kg)	14,0	15,0

### 2.2.3 Obilná sláma

Obiloviny zaujímají v ČR více než 50 % plochy zemědělské půdy. Ročně se sklízí z celkové plochy cca 1 500 000 ha. Když uvážíme, že průměrný výnos jsou 4 tuny slámy z hektaru, je dosaženo celostátní produkce 6 000 000 tun slámy. Při výhřevnosti slámy 14,4 GJ/t a roční produkci cca 6 000 000 tun, uvažované v dlouhodobém horizontu, a účinnosti spalování 80 %, je teoreticky možno z vyprodukované slámy získat 69 000 TJ energie. Tato hodnota reprezentuje teoretický potenciál energetického využití slámy. Celkový výnos slámy není možno v plné míře využít. Z celkového množství vyprodukované obilní slámy lze pro nezemědělské (např. energetické) využití uvažovat maximálně 20-30 %. Zbývající sláma zůstává v zemědělských podnicích ke krmení a na stelivo, část slámy zůstává na polích k zaorání. Využitelný potenciál obilní slámy při 30% využití 1 800 000 tun slámy ročně s uvažovanou výhřevností 14,4 GJ/t je 25 920 TJ.

Plnému využití dostupného potenciálu brání celá řada překážek souvisejících s nutností dopravy slámy na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd. Vzhledem k těmto překážkám není možno dostupný potenciál stoprocentně využít. Reálný potenciál se pohybuje od 7 % (v realistickém scénáři) do 20 % (v optimistickém scénáři) roční produkce slámy. Při realistických předpokladech použitých pro dlouhodobý horizont a využití 7 % vyprodukované slámy je využitelný potenciál obilní slámy 420 000 tun ročně, tj. 6 050 TJ [6].

### 2.2.4 Řepková sláma

Řepka olejná patří z hlediska agroenergetiky k významným plodinám. Oproti obilní slámě, u které se počítá s výhřevností 14,0 -14,4 GJ/t, má řepková sláma vyšší výhřevnost - 15 až 17,5 GJ/t. Od roku 1989 se výměra sklizňové plochy řepky v České republice zdvojnásobila. Na výši hektarových výnosů řepky olejné má vliv průběh počasí během zimy, zvláště dlouhotrvající zima má zásadní vliv na přezimování porostů. Dalším významným faktorem je stav včelstev a jejich rozptýlení po krajině. Nepřízeň počasí a snížení stavu včelstev snižuje opylení řepky olejné a tím výnosy této plodiny. Narůstající spotřeba semene řepky olejné pro potravinářské a nepotravinářské (produkce bionafty) účely a efektivní zhodnocení na trhu umožňuje

rozšiřování osevních ploch, ale za předpokladu dodržení zásad řádné agrotechniky a časového odstupu pro pěstování řepky ozimé. Podle těchto zásad je možné řepku olejnou pěstovat až do 12,5 % maximálního zastoupení na orné půdě a v běžném osevním postupu s minimálně čtyřletým časovým intervalem. Celková osevní plocha řepky činí 230 000 ha. Výnos řepkové slámy se v ideálním případě pohybuje kolem 4 t/ha, což by v ideálním případě, tj. při 100% využití slámy a osevní ploše 270 000 ha, přineslo roční produkci 1 080 000 tun slámy. Při výhřevnosti řepkové slámy 15 GJ/t je využitelný potenciál vyprodukované řepkové slámy 16 200 TJ. Vzhledem k tomu, že část slámy je zaorávána a řepka je pěstována i v oblastech, kde jsou dosahovány nižší výnosy slámy, a vzhledem k různým dalším překážkám souvisejícím s nutností dopravovat slámu na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd., bude možno využít 60 % vyprodukované řepkové slámy. Při osevní ploše řepky 270 000 ha tak činí využitelný potenciál řepkové slámy 648 000 tun, tj. 9 800 TJ [6].

### **2.3 Technologie sklizně slámy**

Pro ekonomicky stabilní výrobu pelet ze slámy je nejdůležitější kvalita sklizené slámy. Na obsah vody v surovině je třeba klást velký důraz hlavně při lisování slámy do balíků.

Sklizeň slámy je soubor finančně nákladných operací, které se musí dokonale zvládnout v krátkém časovém rozmezí a to pouze ze suchého počasí. Každým deštěm se výrazně prodlužuje doba sklizně a tím se i zvyšují náklady. Také v zájmu agronomů je odklizení slámy z pozemku v co nejkratším časovém úseku, jelikož podmínka po sklizni zamezí vysychání půdy. Vhodným pracovním postupem s výkonnými stroji, lze částečně eliminovat vliv deštivého počasí na kvantitu a kvalitu sklizené slámy. Pokud je suchá sláma slisovaná do balíků a řádně uložena do zakrytých stohů, svojí vlhkost dále výrazně nezvyšuje.

Strojová technika pro sklizeň slámy vyžaduje značný objem finančních prostředků. Technika musí kapacitně odpovídat výkonu kombajnové sklizně a zároveň ukládat balíkovanou slámu do stohů kvadratických tvarů. Většina zemědělských podniků vlastní alespoň část této techniky, která kromě období sklizně zrna není využívána [7].

### **2.3.1 Shrnovače**

V případech, kdy je nutné slámu na řádcích dosušit na obsah veškeré vody přijatelný pro další zpracování a skladování, je vhodné slámu provzdušnit. Zvýší se tak rychlost odpařování a sláma prosychá rovnoměrně. V rámci technologického postupu sklizně slámy se nejčastěji používají rotorové shrnovače. Uplatňují se zejména v případech, kdy je vhodné shrnout více řádků na jeden a zvýšit tak efektivitu následujících technologických operací [8].

### **2.3.2 Lisování slámy do balíků**

V zemědělské výrobě se k tvarování slámy do formy balíků v průběhu sklizně používají sběrací lisy. Jejich úkolem je plynule sebrat z řádků a slisovat suchý stébelnatý materiál do formy balíků.

V současnosti jsou používány lisy, které lisují sebrané suroviny do válcových a hranolových forem balíků. Velké hranolové balíky jsou produkovány lisy s pístovým lisovacím mechanismem. Jejich profil má čtvercový průřez. Hmotnost se v závislosti na vlastnostech lisovaného materiálu a velikosti balíku pohybuje v rozmezí 200-600 kg. Válcové balíky jsou nejčastější formou při podestýlání slámou v živočišné výrobě. Mají profil kruhového průřezu. Hmotnost válcových balíků se pohybuje v rozmezí 190-400 kg [7].

Svinovací lisy lze podle konstrukčního řešení rozdělit na lisy s pevnou komorou a lisy s variabilní komorou, které mohou při stejné slisovanosti produkovat balíky o různé velikosti. Manipulace s velkými balíky vyžaduje použití mechanizačních prostředků. Objemovou hmotnost slisované slámy lze zvýšit pořezáním před vstupem do lisu. V současnosti je většina sklízecích lisů vybavena řezacím mechanismem, který je včleněn mezi sběrací ústrojí a vstup do lisovací komory. Po slisování nebo během lisování na předepsanou slisovanost se balík převazuje provázkem nebo sítí [8].

### **2.3.3 Lisování slámy pro výrobu pelet**

Při lisování velkých objemů slámy je výhodné jí lisovat do velkých hranolových balíků s hustotou, které odpovídá asi 160 až 220 kg/m<sup>3</sup>. Lisy na hranolové balíky se vyznačují odlišnými rozměry lisovacích kanálů. Výška lisovacího kanálu by měla být

vhodně volena podle přepravní výšky vozů určených na přepravu balíkované slámy (maximální povolená výška pro silniční přepravu je 4 m), šířku lisovacího kanálu je vhodné z důvodu přepravy a manipulace volit na 1,2 m. Délka balíku se nastavuje mechanicky nebo pomocí počítače nejčastěji na 2,4 m. Tuto délku stanovíme dle délky ložné plochy přepravovacího vozu tak, aby byla celá plocha maximálně využita [7].

#### **2.3.4 Balíky**

Měrná hmotnost balíků se v závislosti na zhutnění a obsahu vody pohybuje od 100 do 250 kg/m<sup>3</sup>. Měrná spotřebovaná energie na lisování se pohybuje v širokém rozpětí 100–200 MJ/t. Jednotkové náklady na sklizeň slámy lisováním se běžně pohybují na úrovni 500–900 Kč/t, není ale výjimkou, kdy jednotkové náklady vzrostou nad 1000 Kč/t. Vše závisí na výnosu slámy, typu lisu a jeho využití. Lisování do hranolových balíků je energeticky i finančně náročnější než produkce balíků válcových. Většina linek pro další technické nebo energetické využití slámy je však konstruována pro příjem hranolových balíků. Oproti řezance má sláma ve formě balíků výhodu, že je daleko snáze obchodovatelná. Jsou nižší jednotkové náklady na dopravu, tudíž je možné realizovat dopravu na delší vzdálenosti, u balíků lze snáze definovat vlastnosti důležité z hlediska obchodního styku (hmotnost, obsah vody) a příjem suroviny lze snáze automatizovat. Z hlediska skladování jsou balíky v porovnání s řezankou méně náročné na prostor i podmínky [8].

#### **2.3.5 Zařízení pro manipulaci s balíky**

Mechanizace používaná při manipulaci slámy má formu samojízdného prostředku nebo zařízení integrovaného k externímu energetickému nebo dopravnímu prostředku. Samojízdné nakladače neboli manipulátory jsou zpravidla víceúčelové stroje využívané pro více druhů materiálu. Manipulátor plní funkci zařízení určeného k nakládce, vykládce, manipulaci a přepravě na krátké vzdálenosti. Užitečná nosnost manipulátorů se pohybuje do 10 t, zdvih pomocí teleskopického ramene běžně do 10 m. Výkon motoru se u střední výkonové třídy pohybuje do 100 kW. Víceúčelovost manipulátoru se zvyšuje používáním výměnných pracovních adaptérů. Některé manipulátory jsou vybaveny třibodovým závěsem a vývodovým hřídelem a jsou využívány jako doplňkový nosič nářadí, případně jako dopravní prostředek na krátké



vzdálenosti. Mechanizace bez vlastního zdroje energie používaná při sklizni slámy je integrovaná k traktoru, případně univerzálnímu nosiči nářadí nebo dopravnímu prostředku. Při sklizni se používají nakladače, které jsou konstrukčně řešeny jako návěsné, nesené nebo jako součást dopravního zařízení (hydraulická ruka), případně součástí vybavení skladu (portálový jeřáb). Pohon nakladačů je řešen od vývodového hřídele nebo pomocí hydraulického okruhu, v případě stacionárních zařízení elektromotorem. Nosnost a manipulační schopnosti integrovaných nakladačů jsou omezeny konstrukčním řešením vlastního stroje i energetického prostředku. Nosnost se pohybuje řádově ve stovkách kilogramů. Výhodou nesamojízdných nakladačů jsou relativně nízké pořizovací náklady, nevýhodou potřeba energetického prostředku a malá univerzálnost využití. Další skupinou zařízení, která jsou využívána při sklizni slámy, jsou manipulační vozy. Zpravidla se jedná o jednoúčelová zařízení, jejichž úkolem je naložit sklizenou surovinu, většinou ve formě balíků, dopravit ji na místo skladování a uložit ji. Vůz nakládá surovinu ze země nebo přímo od výstupu zařízení provádějícího předchozí operaci (například lisu). Manipulační vozy jsou nejčastěji návěsné nebo přívěsné, ale výjimečně mohou být i samojízdné. Pro účely přepravy suroviny musí odpovídat předpisům o provozu na pozemních komunikacích. Nosnost manipulačních vozů je srovnatelná s nosností běžných dopravních prostředků [8].

## 2.4 Pelety

Pelety se používají jako náhrada fosilních paliv v kotlích, domácích kamnech a krbech. Protože jsou sypké, mohou se používat i v kotelnách s automatickým provozem. Pomocí dopravníku je možné přesně a plynule regulovat přísun paliva a tím regulovat tepelný výkon kotle. Vytápění tímto palivem je značně rozšířeno ve skandinávských zemích a v Itálii. Pelety se dělí na pelety určené pro domácnosti a pelety určené pro průmyslové vytápění a ohřevy (například teplárny, elektrárny). Pelety určené pro průmysl bývají zpravidla horší jakosti, mívají větší obsah příměsí, nižší výhřevnost a vyšší obsah popelovin resp. nespalitelných látek [9].

Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny v průměru 6 mm a různorodé délce 5 – 40 mm. Pelety 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 [10].

### 2.4.1 Výroba pelet

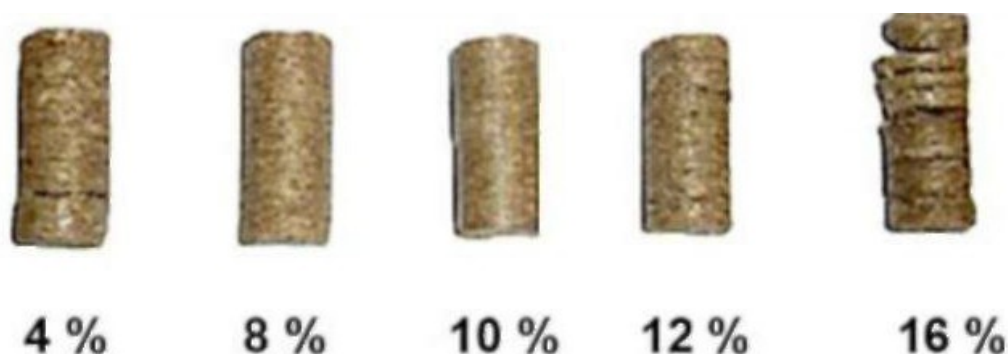
Pelety jsou vyráběny z dřevních nebo zemědělských zbytků silným stlačením, které se nazývá peletování. Tímto procesem vznikají nová biopaliva s vysokou energetickou hustotou, tepelnou výhřevností a výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, která umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi. Na rozdíl od topenišť spalujících dřevo se při hoření pelet nevytváří kouř. Při dokonalém spalování vzniká bezbarvý  $\text{CO}_2$  (oxid uhličitý) a  $\text{H}_2\text{O}$  (vodní pára) a jen nepatrné množství škodlivin. Při hoření dále vzniká jen nepatrné množství popele, odpovídající přibližně 0,5 % spáleného paliva, což představuje cca 5 kg popele na 1 tunu pelet. Tento popel lze výhodně využít jako zahradní hnojivo [10].

Výroba pelet z biomasy je poměrně složitý a energeticky náročný proces, proto je k jeho přípravě a realizaci nutné přistupovat se znalostí problému. Nemá smysl vynakládat množství energie, zpravidla elektrické, na získání stejného nebo dokonce menšího množství tepelné energie [11].

### 2.4.2 Kvalita materiálu na vstupu

Materiál na vstupu do granulačního procesu by měl mít stabilizovanou vlhkost 10 - 12 %. Sušší materiál vyžaduje pečlivější zpracování, ale výsledkem jsou velmi kvalitní granule. Vlhčí materiál (do 18 %) sníží dlouhodobou kvalitu finálního produktu, i když se lépe granuluje a pelety jsou zpočátku „pevnější“, za krátkou dobu se ale začnou drobit. Existuje také systém s opakovanou granulací, ve kterém se materiál tak dlouho granuluje, odsušuje a třídí, až se ze vstupní hmoty o vlhkosti do 30 % podaří vyrobit pelety o výstupní vlhkosti asi 14 %. Na obrázku 1 je vidět vliv obsahu vody na pojivost pelet. Vlivem opakované granulace mají peletky příznivou měrnou hmotnost. Tento proces je i v granulačním systému znám mnoho desítek let, běžně se používá v podobě několikanásobné granulace u speciálních krmiv. Velikost částic materiálu ke granulaci by neměla přesahovat 1/5 průměru finálních granulí, toto je velmi podstatný údaj. Čím je jemnější struktura materiálu ke granulaci, tím je lepší výsledná pevnost peletek. Souvisí to s povrchovou plochou částic, které se mají pojit. Obvykle se proto šrotuje na sítích s otvory 4 - 6 mm. Poslední úpravou materiálu před granulací je jeho zvlhčení nebo napaření. Jde o povrchové navlhčení, nikoliv do hloubky materiálu.

Tato vnesená vlhkost se následně odpaří za granulačním lisem v chladiči granulí. Slouží pro nabobtnání a uvolnění lepidel a různých silic na povrchu materiálu [11].



Obrázek 1: Vliv obsahu vody v surovině na pojivost pelet

## 2.5 Základní technologické procesy

### 2.5.1 Příjem materiálu

Poměrně složitá a náročná operace je příjem balíků slámy a sena. Balíky se bez motouzů rozdužují speciálním strojem – rozdužovadlem, který představuje horizontální, široký řetězový dopravník, který je na jednom konci osazen soustavou rotujících frézovacích válců. Rozdužená sláma se rovnoměrně dopravuje šnekovým dopravníkem do drtiče. Na trhu jsou dostupné také vertikální rozdužovací a drticí zařízení typu Tomahawk nebo Rotogrind. Tyto stroje jsou původně konstruovány jako návěsy za traktor pro rozdužování zejména válcových balíků slámy ke stlaní. Jejich hlavní nevýhodou je vysoká prašnost a nerovnoměrnost dávkování. V případě poruchy nebo zahlcení vlhčí slámy v drticím zařízení musí obsluha ručně vyházet celý balík. U stacionárních rozdužovačů s frézovacími válci, které jsou součástí linky, stačí při přetížení buď zastavit posun balíku do válců nebo přepnout na zpětný chod, stroj zastavit a následně provést potřebný provozní zásah [13].

### 2.5.2 Šrotování

Jedná se o přípravu materiálu před granulací. Přívod slámy z předchozího zařízení je řešen podle návrhu linky. Před vlastním šrotovníkem musí být nějaké třídění nežádoucích příměsí - kamení, kovy atd. Nejvhodnější je pneumatické rozdužovací

zařízení pracující na základě rozdílné měrné hmotnosti. Pro kontrolu a zachycení lehkých ferokovových částic - kousky tenkého plechu apod. - je ještě zařazen silný magnetický separátor. Šrotovník by měl být vybaven zařízením na potlačení výbuchu - evropský předpis ATEX 100. Šrotovník by měl být připojen na odsavač, řeší to i odvod vlhkého vzduchu z prostoru šrotovníku [11].

### **2.5.3 Granulace**

V ČR jsou dobře známy a rozšířeny granulátory s plochou maticí. Dodávají se s elektromotorem o výkonu 75–90 kW. Princip všech vyráběných granulátorů s plochou maticí je stejný. Je založen na ploché, talířové matici, po jejímž povrchu rotují rolny, které protlačují materiál otvory matice. Výrazné rozdílnosti jsou pouze ve způsobu rotace lisovacího mechanismu. V případě tuzemských granulátorů matice rotuje a po jejím obvodu se třecí silou otáčejí jednotlivé rolny. U granulátoru německého výrobce Akahl naopak matice nerotuje, po jejím povrchu rotuje unášecí hlavice s rolnami, které se otáčejí po děrované ploše matice. Přednastavený tlak rolen na matici má významný vliv na kvalitu, výkon a opotřebení stykových součástí. Tento tlak se nastavuje v prázdném granulátoru hydraulickým přitlakem nebo mechanicky dotažením hřídelové matice na 5–10 MPa. Důležitým požadavkem je rovnoměrné pokrytí stykové plochy matice a rolen surovinou. Pomocí dobře řešených stíracích mechanismů se surovina vlivem odstředivé síly rovnoměrně rozhodí přímo pod rolny. Délka vyrobených pelet pod maticí se reguluje výškově nastavitelnými noži umístěnými pod maticí. Tyto nože jednoduše odlomí pelety od matice. Jsou statické nebo rotující. Pod každou rolnou bývá nejméně jeden nůž [13].

## 2.5.4 Rozdělení lisů na pelety

1. Podle pohonu:

- mechanické,
- hydraulické.

2. Podle lisovacího nástroje:

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

3. Podle polohy matrice:

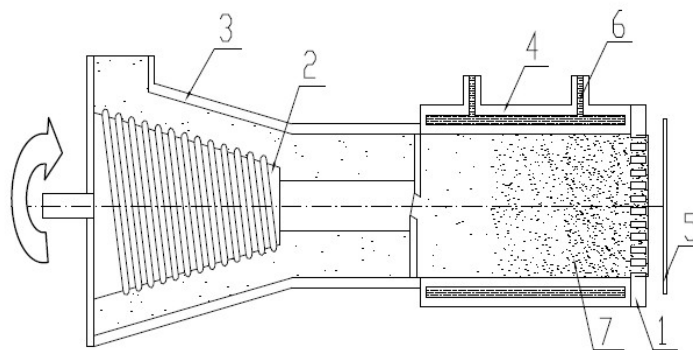
- horizontální,
- vertikální.

4. Podle typu matrice:

- talířová (desková),
- prstencová (válcová).

- Peletovací lis se šroubovicí na obrázku 2.

Šroubovice je zároveň podavačem i lisovacím nástrojem. Materiál je velkým tlakem protlačován kruhovou matricí. Pelety se ulamují po dotyku s pevnou deskou (5). Mezi výhody patří plynulý chod, jednoduchá výměna matrice (změna průměru pelet). Nevýhodou je potřeba chladicího zařízení (chlazení lisovací komory) a nízký výkon stroje. [12]

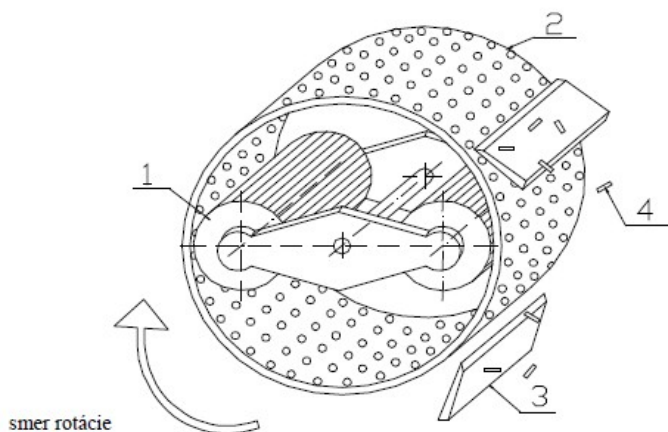


Obrázek 2: Schéma šroubového peletovacího lisu

1 – matrice, 2 – šroubovice, 3 – komora, 4 – chladič, 5 – nůž, 6 – chladičí médium, 7 – zpracovávaný materiál

- Peletovací lis horizontální s válcovými kladkami na obrázku 3.

Materiál je do komory dodáván ve směru osy matrice. Rotace prstencové matrice zároveň promíchává materiál. Kladky se otáčejí pouze kolem své osy rotace. Pelety jsou odřezávány noži (3). Výhodou tohoto konstrukčního řešení je malé opotřebení kladek a matrice (během rotace se matrice ani kladky nedotýkají), nevýhodou nerovnoměrnost dodávky materiálu pod obě kladky.

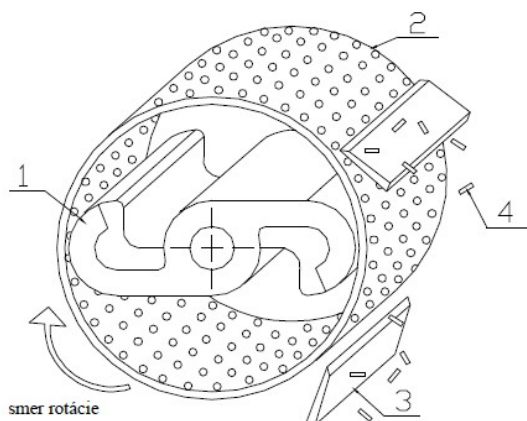


Obrázek 3: Schéma horizontálního peletovacího lisu s válcovými kladkami

1 – lisovací kladky, 2 – ocelová matrice, 3 – nůž, 4 – pelety

- Horizontální peletovací lis s prstencovou maticí na obrázku 4.

Konstrukce je shodná s předchozím typem. Rozdíl je v lisovacím nástroji. Výhodou tohoto stroje je jednodušší konstrukce. Nevýhodou vyšší tření mezi nástrojem a maticí (rychlejší opotřebení rotoru).

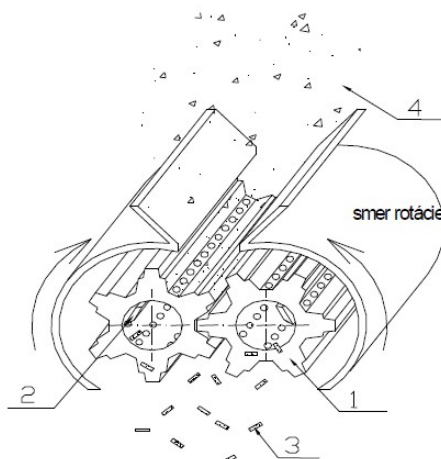


Obrázek 4: Schéma horizontálního peletovacího lisu s lisovacím rotorem

1 – lisovací rotor, 2 – ocelová matrice, 3 – nože, 4 – pelety

- Horizontální peletovací lis s ozubenými koly na obrázku 5.

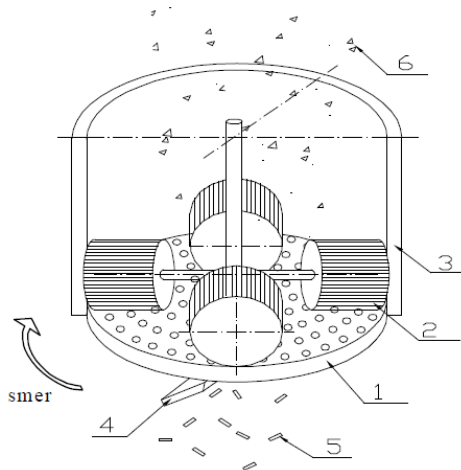
Lis se skládá ze dvou dutých ozubených válců. Ozubení obsahují otvory, kterými se materiál protlačuje dovnitř válců. V dutinách válců jsou nože, které pelety odřezávají. Výhodou je jednoduché dávkování materiálu, nedochází k dotyku mezi koly. Nevýhodou je malý počet zubů a tedy malý hodinový výkon.



Obrázek 5: Schéma horizontálního peletovacího lisu s ozubenými kladkami  
 1 – ozubené kladky, 2 – nože, 3 – pelety, 4 – lisované piliny

- Vertikální peletovací lis s válcovými kladkami a plochou maticí na obrázku 6.

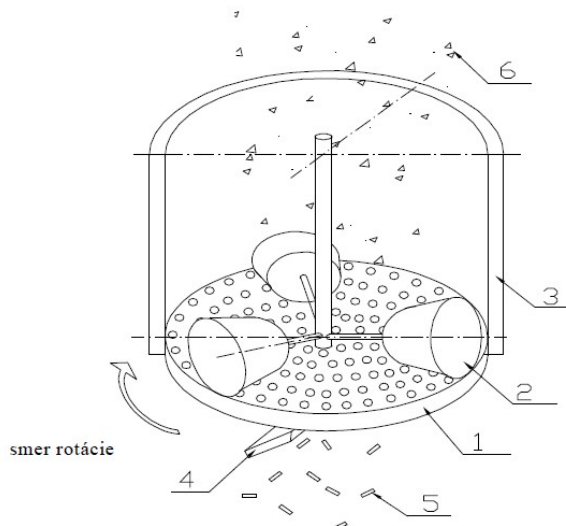
Válcové kladky jsou staticky umístěny, matrice se otáčí. Materiál je rovnoměrně dodáván na celou plochu matrice. Nože pro odřezávání pelet jsou umístěny pod maticí. Výhodou principu je rovnoměrné dávkování materiálu a dynamická vyváženost systému. Nevýhodou je poměrně velké opotřebení kladek.



Obrázek 6: Schéma vertikálního paletovacího lisu s válcovými kladkami  
*1 – plochá matrice, 2 – válcové kladky, 3 – lisovací komora, 4 – nože, 5 – pelety, 6 – piliny*

- Vertikální peletovací lis s kuželovitými kladkami a plochou matricí na obrázku 7.

Použitím kuželovitých kladek je dosaženo jejich rovnoměrného opotřebování po celé výšce. Konstrukce je ze 3 kladek pootočených o 120 °. Kladky jsou statické, otáčejí se matrice.

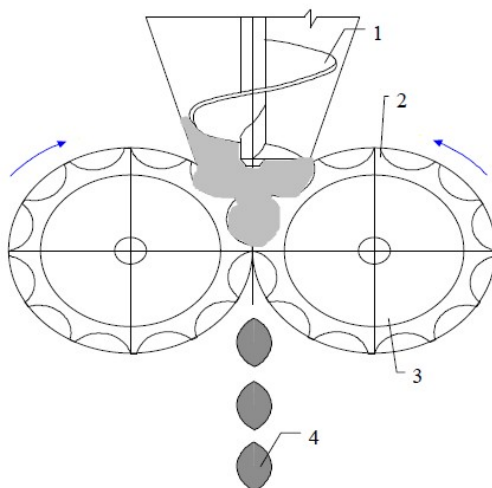


Obrázek 7: Schéma vertikálního paletovacího lisu s kuželovitými kladkami  
*1 – plochá matrice, 2 – kuželovité kladky, 3 – lisovací komora, 4 – nože, 5 – pelety, 6 – piliny*



Válcový peletovací lis na obrázku 8.

Válcování je technologie zhutňování odpadu, při které je materiál požadované frakce a vlhkosti zhutňován mezi dvěma proti sobě se otáčejícími hladkými nebo rýhovanými válci, které jsou k sobě navzájem přitlačován. Lepší zhutnění se dosahuje použitím pojiva [12].



Obrázek 8: Schéma válcového peletovacího lisu [12]

*1 - podávací šnek, 2 - bandáže s drážkami ve tvaru granulí, 3 - protiběžné válce, 4 - granule*

### 2.5.5 Chlazení pelet

Pelety vypadávají z granulátoru o teplotě okolo 85 °C. V tomto stavu jsou velice křehké, jelikož se z nich ještě odpařuje voda. Svou stabilitu a tvrdost získávají až po vychlazení na teplotu 30±5 °C, tím se také redukuje obsah vody od 2 - 4 %. Chlazení je zajišťováno proudem studeného vzduchu, který prochází přes vrstvu pelet. Tuhé prachové částice jsou separovány. Chladicí zařízení je většinou řazeno přímo pod granulátorem, pokud to stavební výška nedovoluje, je vhodné nevychlazené pelety do chladicího zařízení dopravovat pomocí pásového dopravníku, na kterém se podle jeho délky už částečně chladí. Jemné částice z pelet se separují pomocí vibračního třídiče na vstupu nebo výstupu chladicího zařízení. Tyto částice se zpětně dopravují k peletizaci, i když se někdy uvádí, že snižují pevnost takto vyráběných pelet. Dopravní cesty pro vychlazené pelety musí být voleny tak, aby se pelety zbytečně nerozbíjely [13].

### 2.5.6 Dopravníky a balení vychlazených pelet

Vychlazené pelety se dopravují pásovým dopravníkem do zásobního sila, do žoků (big bagů) nebo přímo do balicího stroje. Pelety v obalech zpravidla po 15 kg lze bez problémů skladovat a v topné sezóně prodávat pro lokální topeniště. Většinou jsou však pelety ze slámy určeny pro velkospalovny jako volně ložené. Pro tyto účely se dopravují do podjezdového sila (alespoň 60 m<sup>3</sup>) pomocí korečkového dopravníku. Z důvodu minimalizace poškození pelet a snížení podílu jemných částic se doporučuje volit kapsy elevátoru o objemu více než 0,4 litru a rychlost pásu max. 1 m/s [13].

## 2.6 Kvalita pelet ze slámy

Pro zajištění plynulé výroby pelet ze slámy je potřeba mít připraveno skladem více matic s různou hloubkou a průměrem lisovacích otvorů. Volba matrice se musí přizpůsobit surovině, požadovanému výkonu a kvalitě pelet. Například pro výrobu pelet ze suché, ale „vymoklé“ slámy, potřebujeme delší lisovací komoru. Naopak výroba pelet z čerstvé ječné slámy vyžaduje kratší lisovací komoru až o 15 mm. Tvrdost a odolnost pelet souvisí se surovinou a jejím složením. Sláma z pole neodpovídá vždy stejným parametrům, záleží na odrůdě, pozemku, způsobu hnojení a použití pesticidů. Tato problematika se bohužel nedá kategorizovat, rozhoduje zkušenost obsluhy. Lisovací otvory matrice musí být naprosto hladké. Tím se zajistí vysoká třecí plocha a pelety se lépe „utáhnou“. Hladkého povrchu je možné docílit pomocí speciální „zajížděcí“ směsi písku, transformátorového oleje a otrub. Touto směsí se také zabíhají nové matrice po dobu alespoň 30 minut. Hustota pelet se reguluje kompresním poměrem (délka: průměr lisovacích otvorů). Lisovací tlak exponenciálně roste v závislosti na kompresním poměru a tím roste i hustota pelet. Vliv na hustotu pelet (lisovací tlak) dále souvisí se surovinou, obsahem vody, aditivem, kvalitou frakce řezanky a teplotou matrice. Podle W. Stelte je prokázáno, že se zvyšující teplotou matrice klesá lisovací tlak. Po 30 minutách provozu za normálních podmínek zůstává teplota matrice konstantní na 93 až 100 °C. Proto je důležité nepřetěžovat studený granulátor surovinou, mohlo by tak dojít k „zapečení matrice“. Po 30 minutách provozu a zahřátí lisovacího mechanismu se může postupně zvyšovat dávkování na požadované množství. V porovnání s dřevní hmotou má sláma větší vliv na otěr matrice, zejména díky vyššímu obsahu oxidu křemičitého, příp. půdních minerálů. Horší pojivost pelet je také způsobena nižším obsahem ligninu. Životnost matrice pro výrobu pelet ze slámy je o 15

% nižší v porovnání se stejnou maticí pro výrobu dřevní hmoty a kratší jsou lhůty k renovaci. Z tohoto důvodu je vhodné pro výrobu pelet ze slámy používat matrice, které jsou vyrobeny z otěruvzdornějších ocelí [13].

### **2.6.1 Lignin ve slámě a jeho význam**

Lignin je organická látka, která spojuje buňky rostlin a zabezpečuje dřevnatění buněčných stěn. Lignin procesem peletizace (tlak a teplota 75–120 °C) plastifikuje a pojí surovinu ve formě pelety stejně tak jako lepidlo. Obsah ligninu ve slámě činí 14–17 %, ve dřevní hmotě 25–35 % [13].

### **2.6.2 Aditiva a jejich význam pro pojivost pelet**

Pro lepší pojivost pelet a vlastnosti popele je možné použít různá aditiva (hydroxid vápenatý, škrob, žitnou nebo kukuřičnou mouku.). Obvykle se však u pelet pro velkoodběratele nepoužívají, hlavně z důvodu navýšení výrobní ceny pelet. Jako aditivum při výrobě pelet postačuje používat malý přídavek vody. Pro snížení opotřebení matrice a zvýšení pojivosti pelet se doporučuje prohřátí suroviny párou. V průběhu výroby se postupuje tak, že obsah vody vstupní suroviny se měří v balíku pomocí tyčkového vlhkoměru. Vhodné pojivosti docílíme vlhčením řezanky, ale pouze v případech obsahu vody méně než 10 % [13].

## **2.8 Strojní linky**

Definice strojních linek – znamená cílevědomé spojení několika strojních výrobních zařízení, která zajišťují několik na sebe navazujících pracovních operací stejného pracovního postupu. Strojní výrobní zařízení na sebe navazuje funkčně, technickým provedením, výkonností a časově (tj. předpokládá se, že přerušení práce mezi dvěma libovolnými operacemi zajišťovanými strojní linkou nepřekročí délku jedné směny).

Jako strojní linku označujeme seřazení několika strojů (popř. souprav nebo skupin strojů) včetně obsluhy k vykonávání časově za sebou bezprostředně následujících operací určitého pracovního procesu a navazujících na sebe svou funkcí, technickými parametry a výkonností. Bezprostřední časová návaznost vyplývá z požadavků na způsob zpracování materiálu.

Uvedená stručná definice je bez podrobnějšího objasnění obtížně srozumitelná. Do strojní linky může být zařazen – většinou na její začátek nebo konec – i jiný technický prostředek než stroj.

V rámci jednoho pracovního postupu (např. sklizně obilnin sklízecí mlátičkou s úklidem slámy sběracím návěsem) může být použito několik různých druhů strojních linek, jako:

- pro sklizeň zrna na poli
- pro úklid slámy

Strojní linka tedy nemusí zabezpečovat vykonání celého pracovního postupu.

Základní jednotku, ze které se sestavují strojní linky podle zásad vyjádřených v definici linky a podle zvolené organizace práce, nazýváme prvkem. Prvek tvoří např. souprava, samojízdný stroj nebo jiný technický prostředek, vždy společně s obsluhujícím pracovníkem.

Při sestavování linky se často stává, že jediný prvek nestačí svou výkonností dostatečně zabezpečit vykonání jedné z operací zajišťovaných linkou. Jeho individuální výkonnost může být příliš nízká. Aby byla splněna podmínka souladu výkonností, je v takovém případě třeba zařadit k vykonání této operace větší počet prvků, tzn. náležitě dimenzovat články strojní linky. Článek je tedy nadřazená jednotka strojní linky. Může být zabezpečován jednou nebo více soupravami (prvky). Například ve strojní lince pro sklizeň kukuřičné siláže existuje výkonnostní nesoulad mezi sklízecí řezačkou a výkonností svozového vozu, která se mění dle dopravní vzdálenosti.

Ve strojní lince označujeme jeden z článků za hlavní – tzn. stroj, v němž se získává zpracováváný materiál předepsaných kvalitativních ukazatelů nebo který jejich dosažení nejvíce ovlivňuje. Podle hlavního článku většinou bývá pojmenována i celá strojní linka. Ve složitých strojních linkách může být dokonce několik hlavních článků.

Kromě hlavního článku musí z hlediska pracovního postupu existovat články vedlejší, určené k vykonávání ostatních operací. Dále může být z hlediska výkonnosti strojní linky článek klíčový, který omezuje výkonnost strojní linky a taktéž určuje rytmus činnosti linky. Z hlediska provozní pohotovosti definujeme článek kritický (nejslabší) jako ten, jehož pravděpodobnost bezporuchového provozu je nejnižší. Někdy splývá s článkem klíčovým.

Strojní linky je možné obvykle charakterizovat, popř. klasifikovat, podle určitých hledisek:

### **Rozsah práce lidí nutných při provozu strojní linky**

Plně mechanizované – přípustné, aby doplňkové úkony byly u některé z mechanizovaných operací dočasně vykonávány ručně (např. oddělování příměsí na sklízeči brambor).

Automatizované – určitá část funkcí nebo všechny funkce některého stroje zařazeného v lince jsou ovládány zařízením vydávajícím impulsy pro řízení činnosti na základě vloženého programu a kontrolovány obsluhou

### **Posuzování strojních linek dle jejich využití**

Jednoúčelové – určeno ke zpracování jednoho druhu materiálu (např. posklizňové zpracování brambor)

Víceúčelové – schopnost zpracovávat více druhů materiálu s podobnými fyzikálně mechanickými vlastnostmi (např. pícniny a sláma)

### **Hledisko pohybu, zda se přemísťuje materiál nebo pracovní stroje**

Mobilní – přemísťují se pracovní stroje

Stacionární – technické prostředky zařazené do linky pracují na místě a zpracovávaný materiál se pohybuje od jednoho stroje k druhému

Kombinované – takové, kde některé stroje zařazené do linky buď materiál převážejí nebo jej zpracovávají za jízdy, další stroje však zpracovávají materiál na stacionárním pracovišti

Strojní linky je možné sestavovat pro nejrůznější účely. Různým seskupením stejných druhů mechanizačních prostředků nebo změnou jejich počtu v závislosti na počtu obsluhujících nebo změnou jejich organizace práce lze rovněž vytvořit celou řadu strojních linek pro stejný účel. Všechny vyvolávají otázku: které řešení z mnoha možných je nejlepší [14]?

### **3. Cíl práce**

Hlavním cílem mé práce je návrh a ověření strojní linky pro zpracování slámy určené k energetickým účelům z běžně sklíditelných ploch. v podniku zemědělské prvovýroby určené pro vytápění bytových a provozních objektů. Dalším cílem je zpracování ekonomických hodnocení strojních linek.

Dalším bodem mé práce bylo navrhnout linku pro výrobu pelet. K této lince jsem měl navrhnout linku na sklizeň slámy v závislosti na roční produkci pelet. Cílem bylo rovněž stanovení fixních a variabilních nákladů pro jednotlivé linky a stanovení nákladů na výrobu pelet v závislosti na použité technologii sklizně a zpracování slámy.

## 4. Metodika

Zpracování této bakalářské práce je zaměřeno na technologickou linku pro zpracování slámy určené k energetickým účelům, konkrétně k výrobě pelet vhodných ke spalování. Uvedená peletizační linka se nachází v Lomnici nad Lužnicí.

Pro vypracování bylo důležité získání informací o technickém řešení strojní linky na výrobu pelet za slámy. Tyto informace o chodu, výrobě, nákupních cenách slámy, výkupních cenách pelet, pořizovacích nákladech, nákladech variabilních a ostatních nákladech mi poskytl pan Karel Šedivec z Lomnice nad Lužnicí. Dále mi pomohl získat technické informace o jednotlivých strojích peletizační linky.

Z důvodu, že pan Šedivec pro výrobu pelet vykupuje slaměné balíky od zemědělců a nezabývá se sklizní slámy, jsem vypracoval vlastní návrh mechanizované linky pro sklizeň slámy na základě vyhledávání informací k danému tématu. Informace jsem následně prostudoval a na základě získaných podkladů vytvořil návrh strojní linky pro sklizeň slámy o výměře 600 ha s předpokládaným výnosem slámy 3,7 t/ha, což pokryje roční spotřebu peletizační linky, která je 2220 tun slámy ročně.

U linky pro sklizeň slámy se počítá s volně v řádku loženou slámou od sklizecí mlátičky z předchozí sklizně obilí. Sláma se bude lisovat z řádků do balíků o průměru 150 cm svinovacím lisem s variabilní komorou Claas Variant 365 v agregaci s traktorem Massey Ferguson MF 5455. Nakládání a odvoz se provede pomocí traktoru John Deere 6230 s čelním nakladačem Trac-Lift TL320 a přepravníkem balíků T 022 Pronar. Výkonnosti a časové nasazení jednotlivých strojů budou stanoveny pomocí uvedených vzorců.

### 4.1 Stanovení fixních a variabilních nákladů pro jednotlivé linky

V této části jsem uvedl vzorce pro výpočet fixních a variabilních nákladů. Variabilní náklady jsem rozdělil na dvě části pro-linku na sklizeň slámy a pro paletizační linku. Dále jsem uvedl náklady na provoz, na tunu produktu a náklady na 1hektar.

## A) Fixní náklady

Náklady se stanoví jakou součet jednotlivých složek. Fixní náklady jsou stejné pro linku na sklizeň slámy i pro výrobu pelet. Jsou v podstatě nezávislé na ročním nasazení. [Kč\*r<sup>-1</sup>]

$$N_f = N_a + N_p + N_{sk} \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}] \quad N_a - \text{náklady na amortizaci stroje}$$

$N_p$  - náklady na pojištění

$N_{sk}$  - náklady na uskladnění

### 1) Náklady na amortizaci stroje

Vychází se ze skutečné pořizovací ceny strojů a zůstatkové ceny. Rozdíl mezi těmito cenami je rozpočítán jako průměrný úbytek hodnoty stroje na 1 rok doby používání.

$$N_a = \frac{C_p - C_z}{T_f} \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}]$$

$T_f$  - doba užívání stroje [roky]

$C_p$  - pořizovací cena stroje [Kč]

$C_z$  - zůstatková cena [Kč]

### 2) Náklady na pojištění

Náklady na pojištění se zpravidla stanoví podle sazeb jako procentuální podíl z pořizovací ceny strojů.

$$N_p = \frac{C_p * S_p}{100} \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}]$$

$S_p$  - roční pojistná sazba [% . rok<sup>-1</sup>]

$C_p$  - pořizovací cena stroje [Kč]

### 3) Náklady na uskladnění

$$N_{sk} = (D + 1) * (S + 1) * u \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}]$$

$S$  - šířka stroje [m]

$D$  - délka stroje [m]

$u$  - cena garážování [Kč\*m<sup>-2</sup>\* r<sup>-1</sup>]



## B) Variabilní náklady pro výpočet sklizňové linky

Náklady se stanoví jakou součet jednotlivých složek. Jejich výše závisí na nasazení stroje. [Kč\*ha<sup>-1</sup>]

$$N_{var} = N_{phm} + N_o + N_{mz} \quad [\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}]$$

$N_{phm}$  - Náklady na pohonné hmoty a maziva

$N_o$  - Náklady na opravy a údržbu

$N_{mz}$  - Náklady na mzdy obsluhy stroje

### 4) Náklady na pohonné hmoty a maziva

Jedná se o náklady, které jsou spojené se spotřebou pohonných hmot a maziv.

$k_{maz}$  - koeficient spotřeby maziv

$$jN_{phm} = (1 + k_{maz}) * C_{pa} * Q_{phm} \quad [\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}]$$

$Q_{phm}$  - spotřeba paliva na plochu [l\*ha<sup>-1</sup>]

$C_{pa}$  - cena paliva [Kč\*l<sup>-1</sup>]

### 5) Náklady na opravy a údržbu

$k_o$  - koeficient oprav [%]

$$N_o = \frac{N_a * k_o}{W_{ha}} \quad [\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}]$$

$W_{ha}$  – sezonní výkonost [ha\*rok<sup>-1</sup>]

$N_a$  - náklady na amortizaci stroje [Kč\*r<sup>-1</sup>]

### 6) Náklady na mzdy obsluhy stroje

Jedná se o hodinovou mzdu obsluhy.

$W_{ha}$  – sezonní výkonost [ha\*rok<sup>-1</sup>]

$$N_{mz} = \frac{h_m * t}{W_{ha}} \quad [\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}]$$

$h_m$  - hodinová mzda [Kč\*h<sup>-1</sup>]

$t$  - odpracovaná doba za rok [h\*rok<sup>-1</sup>]

## C) Náklady na provoz sklizňové linky

Náklady na provoz strojů mají dvě základní složky, náklady pevné (fixní) a náklady proměnlivé (variabilní).

$N_f$  – fixní náklady [Kč\*r<sup>-1</sup>]

$$N_{pro} = N_f + (N_{var} * W_{ha}) \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}]$$

$N_{var}$  – variabilní náklady [Kč\*ha<sup>-1</sup>]

$W_{ha}$  – sezonní výkonost [ha\*rok<sup>-1</sup>]

## D) Variabilní náklady pro výpočet paletizační linky

Náklady se stanoví jakou součet jednotlivých složek. Pro výrobu pelet jsou variabilní náklady počítány v korunách na 1 tunu vyrobených pelet. [Kč\*t<sup>-1</sup>]

$$N_{var} = N_{ele} + N_o + N_{mz} \quad [\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}]$$

$N_{ele}$  - Náklady na elektrickou energii  
 $N_o$  - Náklady na opravy a údržbu  
 $N_{mz}$  - Náklady na mzdy obsluhy stroje

### 6) Náklady na elektrickou energii

Jedná se o náklady, které jsou spojené se spotřebou elektrické energie a maziv. Při počítání elektrické energie u paletizační linky jsem místo spotřeby paliva na plochu, uváděl spotřebu kW hodin na vyrobenou tunu pelet.

$$N_{ele} = (1 + k_{maz}) * C_{el} * Q_{el} \quad [\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}]$$

$k_{maz}$  - koeficient spotřeby maziv  
 $C_{el}$  - cena elektrické energie [Kč\*kW<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>]  
 $Q_{el}$  - spotřeba el. energie na tunu [kW\*t<sup>-1</sup>]

### 7) Náklady na opravy a údržbu

$$N_o = \frac{N_a * k_o}{W_t} \quad [\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}]$$

$k_o$  - koeficient oprav [%]  
 $W_t$  - roční výkonnost [t\*rok<sup>-1</sup>]  
 $N_a$  - náklady na amortizaci stroje [Kč\*r<sup>-1</sup>]

### 8) Náklady na mzdy obsluhy stroje

$$N_{mz} = \frac{h_m * t}{W_t} \quad [\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}]$$

$W_t$  - roční výkonnost [t\*rok<sup>-1</sup>]  
 $h_m$  - hodinová mzda [Kč\*h<sup>-1</sup>]  
 $t$  - odpracovaná doba za rok [h\*rok<sup>-1</sup>]

## E) Náklady na provoz paletizační linky

Rozdíl mezi náklady na provoz sklizňové linky je v uvádění roční výkonnosti v tunách za rok.

$$N_{pro} = N_f + (N_{var} * W_t) \quad [\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}]$$

$N_f$  - fixní náklady [Kč\*r<sup>-1</sup>]  
 $N_{var}$  - variabilní náklady [Kč\*t<sup>-1</sup>]  
 $W_t$  - roční výkonnost [t\*rok<sup>-1</sup>]

## 4.2 Výpočet délky trvání sklizně slámy

### 1) Výkonnost efektivní

Výkonnost efektivní je poměr zpracované plochy a času, kterého bylo ke zpracování potřeba.

$$W_1 = \frac{m}{T_1} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

m - zpracovaná plocha [ha]  
T<sub>1</sub> - čas hlavní - potřebný ke zpracování [h]

### 2) Výkonnost provozní

Výkonnost W<sub>07</sub>, pro nás rozhodující, vychází z výkonnosti strojů W<sub>1</sub> a k výkonnosti W<sub>07</sub> se dopravují přes součinitel celkového času T<sub>07</sub>.

$$W_{07} = W_1 * T_{07} \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}]$$

T<sub>07</sub> - součinitel celkového času [0,5]

### 3) Potřebný čas na práci

$$T = \frac{S}{W_{07}}$$

S – sklizená výměra [ha]  
W<sub>07</sub> – výkonnost provozní [ha·h<sup>-1</sup>]

### 4) výkonnost odvozu

$$W_o = \frac{m}{T_{yk}} \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}]$$

m – nosnost [kg]  
T<sub>yk</sub> – čas 1 cyklu [h]

### 5) plocha sklizená po naplnění 1 soupravy

$$s_n = \frac{m}{V_s} \quad [\text{ha}]$$

m – nosnost [kg]  
V<sub>s</sub> – výnos slámy [t·ha<sup>-1</sup>]

## **5. Vlastní návrh strojní linky pro sklizeň slámy**

Vlastní návrh linky pro sklizeň slámy vychází z návrhu linky na výrobu pelet. Peletizační linka vyrobí okolo 2 tis. tun pelet ročně. Při předpokládaném průměrném výnosu slámy 3,7 t/ha by pro pokrytí roční produkce pelet stačila sklizňová plocha 600 ha. Na tuto plochu je navržena mechanizovaná linka pro sklizeň slámy z běžně obhospodařovaných ploch. Předpokládaná roční produkce slámy je 2 220 tun, to stačí na pokrytí roční výroby pelet. Dále jsou uvedeny investiční náklady na pořízení linky a vypočteny fixní náklady, variabilní náklady a náklady na provoz.

### **5.1 Stanovení výkonnosti, časů a strojů pro sklizeň slámy**

#### **Sběr**

Pro lisování slámy je využita souprava s traktorem Massey Ferguson MF 5455 v agregaci s lisem Claas Variant 365. S provozní výkonností 2 ha za 1 hodinu. Čas potřebný na práci T o výměře 600 ha je 300 hodin. Tento čas se rozdělí do 30 pracovních dní po 10 hodinách denně od poloviny července do konce srpna v závislosti na počasí. Na tuto operaci je potřeba jednoho zaměstnance.

#### **Odvoz balíků**

Odvoz balíků z pozemku zabezpečuje John Deere 6230 s čelním nakladačem Trac-Lift TL320, za kterým je zapojen přepravník balíků T 022 Pronar. Tato souprava sebere balíky na pozemku a následovně je transportuje na souvat' pozemku, kde jsou provizorně uskladněny pro následný prodej. Čas 1 cyklu s naložením a vykládkou je 49 min. Na jednu cestu připadá 24 balíků o průměru 150 cm s průměrnou hmotností balíku 300 kg. Výkonnost odvozu  $W_o$  je 8,8 t/h, plocha sklizená po jednom odvozu  $S_n$  1,95 ha. Provozní výkonnost této soupravy je 2,4 ha za hodinu. Čas potřebný na práci T o výměře 600 ha je 250 hodin. Tento čas se rozdělí do 25 pracovních dní v srpnu. Na tuto operaci je potřeba jednoho zaměstnance.

## 5.2 Popis linky pro sklizeň slámy

Svinovací lis Claas Variant 365 RC na obrázku 9 s variabilní lisovací komorou a potřebným příkonem 74 KW o hmotnosti 2840 kg s rozměry balíků šířka 1,20 m a průměr 0,9 - 1,55 m se sběračem širokým 2,1m s výkyvnými kopírovacími koly a mechanickým odpružením pro maximální kopírování členitého povrchu i při vysokých jezdových rychlostech. Sběrač s malým průměrem 300 mm a společně s vysokou frekvencí prstů sběrače na úrovni 120 ot/min. zajišťuje sesbírání i velmi krátkého materiálu. Sběrací prsty jsou uloženy v U profilu pro zvýšení životnosti prstů. Lisovaný materiál dále prochází k plnicímu rotoru a díky bočním usměrňovacím válcům s vysokou frekvencí otáčení na hodnotě 272 ot./min. je plynule dopravován a usměrněn do středu vkladacího kanálu. Pro funkci řezání jsem zvolil provedení Heavy Duty rotor s hvězdicemi o tloušťce 8 mm, ty jsou určeny pro velké farmy nebo pro poskytovatele služeb. O kvalitní a čistý řez se stará 14 nožů usazených se sklonem pro kluzný, kvalitní a plynulý řez. Nože jsou mechanicky jištěny pomocí vinutých pružin [15].



Obrázek 9: Lis Claas Variant 365 RC

Lis je zapojen za traktorem Massey Ferguson MF 5455 na obrázku 10. Motor traktoru je Perkins řadový vznětový čtyřválec s přeplňováním a mezichladičem s maximálním výkonem při 2000 ot/min 82 kW. Zdvihový objem motoru je 4,4 litru, maximální kroutící moment při 1400 ot./min činí 463 Nm, měrná spotřeba paliva 209 g/kWh. MF 5455 disponuje elektronickým vstřikováním Common-Rail s 16 ventily. Převodovka traktoru je 16 stupňová poloautomatická s levostranným ovládním

Power Control. Maximální rychlost traktoru je 40 km/h, potřebné otáčky vývodového hřídele k lisu jsou 1000 ot/min, ty dosahuje traktor při 2000 ot./min motoru. [16].



Obrázek 10: Massey Ferguson MF 5455

Převravník balíků T 022 PRONAR na obrázku 11 je určen k přepravě i vykládce pouze jedním tažným prostředkem osazeným nakladačem. Přední i zadní vysouvateľné čelo, vysoké 1 640 mm je na čepch zcela sklopné a lze jej snadno demontovat. Má odpružené nápravy, vzduchové dvouokruhové brzdy a 3 mm silnou podlahu. Nakládací výška vleku je 1 100 mm. Podvalník má nosnost 7 300 kg, ložná délka je 6,5 m, ložná šířka 2,45 m, celková délka 9,1 m, maximální přepravní rychlost 40 km/h. Na podvalníku je možné přepravovat 30 balíků o průměru 120 cm, při průměru 150 cm pouze 24 balíků slámy [17].



Obrázek 11: T 022 PRONAR

Podvalník je zapojen za traktorem John Deere 6230, který je vybaven čelním nakladačem Trac-Lift TL320 na obrázku 12. Traktor má maximální výkon motoru 74 kW. Zdvihový objem motoru je 4,5 litru. Motor sám je uložen v rámové konstrukci na silentblocích zabraňujících jeho otřesům a přenosům vibrací. Převodovka PowerQuad Plus 16/16 nabízí čtyři rychlosti řazené při zatížení ve čtyřech plně synchronizovaných skupinách. Olejem chlazená spojka PermaClutch 2 je vybavena lamelami o velkém průměru pro účinnější přenos výkonu. Maximální rychlost traktoru je 40 km/h [18]. Čelní nakladač Trac-Lift TL320 SLi Powerful s paralelogramem je vybaven kleštěmi pro manipulaci a stohování balíků [19].



Obrázek 12: John Deere 6230 s čelním nakladačem Trac-Lift TL320

### 5.3 Ekonomické zhodnocení linky pro sklizeň slámy

#### Investiční náklady na linku:

- Lis Claas Variant 365 RC cena: 774 000,00 Kč
- Traktor Massey Ferguson MF 5455 cena: 1 250 000,00 Kč
- Převodník balíků T 022 Pronar cena: 200 000,00 Kč
- Traktor John Deere 6230 Standart cena: 1 140 000,00 Kč
- Čelním nakladačem Trac-Lift TL320 SLi Powerful Cena: 131 500,00 Kč
- Kleště na balíky TB 160 Cena: 28 000,00 Kč

Linka pro sklizeň slámy je složena s nových strojů. Celkové náklady na tuto strojní linku jsou: 3 523 500,00 Kč bez DPH.

### 5.3.1 Výpočty fixních a variabilních nákladů

Stanovení potřebných údajů pro výpočty fixních a variabilních nákladů:

- Plocha sklizně 600 [ha\*rok<sup>-1</sup>]
- Koeficient oprav 0,5
- Pojistná sazba na stroje byla zvolena ve výši 35 [%] z pořizovací ceny
- Cena skladovacích prostor byla stanovena na 100 [Kč\*m<sup>-2</sup>\*r<sup>-1</sup>]
- Koeficient spotřeby maziv 0,2
- Hodinová mzda byla stanovena na 134 [Kč\*h<sup>-1</sup>]
- Cena pohonných hmot 29 [Kč\*l<sup>-1</sup>]
- Doba užívání strojů 5 let.

V tabulce 4 jsou uvedeny fixní náklady na stroje pro sklizeň slámy.

Tabulka 4: Fixní náklady na stroje pro sklizeň slámy

		<b>Claas Variant 365</b>	<b>Massey Ferguson MF 5455</b>	<b>T 022 Pronar</b>	<b>John Deere 6230 + Nakladač Trac-Lift</b>
Pořizovací cena stroje	$C_p$ [Kč]	774 000	1 250 000	200 000	1 299 500
Zůstatková cena	$C_z$ [Kč]	234 545,5	378 787,9	60 606,1	393 787,9
Doba užívání stroje	$T_f$ [rok]	5	5	5	5
<b>Náklady na amortizaci stroje</b>					
$N_a$ [Kč*r <sup>-1</sup> ]		<b>107 890,9</b>	<b>174 242,4</b>	<b>27 878,8</b>	<b>181 142,4</b>
Roční pojistná sazba	$S_p$ [%]	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>Náklady na pojištění</b>					
$N_p$ [Kč*r <sup>-1</sup> ]		<b>2 709</b>	<b>4 375</b>	<b>700</b>	<b>4 548,3</b>
Délka stroje	$D$ [m]	5,7	5,3	10,1	7,5
Šířka stroje	$S$ [m]	3,5	3,3	3,5	3,3
<b>Náklady na uskladnění</b>					
$N_{sk}$ [Kč*r <sup>-1</sup> ]		<b>1 995</b>	<b>1 749</b>	<b>3 535</b>	<b>2 475</b>
<b>Fixní náklady</b>	$N_f$ [Kč*r <sup>-1</sup> ]	<b>112 594,9</b>	<b>180 366,4</b>	<b>32 113,8</b>	<b>188 165,7</b>



V tabulce 5 jsou uvedeny variabilní náklady na stroje pro sklizeň slámy.

Tabulka 5: Variabilní náklady na stroje pro sklizeň slámy

	<b>Claas Variant 365</b>	<b>Massey Ferguson MF 5455</b>	<b>T 022 Pronar</b>	<b>John Deere 6230 + Nakladač Trac-Lift</b>
Koeficient spotřeby maziv $k_{maz}$	0,2	0,2	0,2	0,2
Cena paliva $C_{pa}$ [Kč]	0	29	0	29
Spotřeba paliva na plochu $Q_{phm}$ [l*ha <sup>-1</sup> ]	0	5	0	3,5
<b>Náklady na pohonné hmoty</b> <b><math>N_{phm}</math> [Kč*ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>0</b>	<b>174</b>	<b>0</b>	<b>121,8</b>
Koeficient oprav $k_o$	0,5	0,5	0,5	0,5
Sezonní výkonnost $W_{ha}$ [ha*sez <sup>-1</sup> ]	600	600	600	600
<b>Náklady na opravy a údržbu</b> <b><math>N_o</math> [Kč*ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>89,9</b>	<b>145,2</b>	<b>23,2</b>	<b>151</b>
Hodinová mzda $h_m$ [Kč*h <sup>-1</sup> ]	134	134	134	134
Odpracovaná doba za rok $t$ [h*rok <sup>-1</sup> ]	300	300	250	250
<b>Náklady na mzdy obsluhy stroje</b> <b><math>N_{mz}</math> [Kč*ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>55,8</b>	<b>55,8</b>
<b>Variabilní náklady</b> <b><math>N_{var}</math> [Kč*ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>156,9</b>	<b>386,2</b>	<b>79</b>	<b>328,6</b>

V tabulce 6 jsou uvedeny náklady na provoz strojů pro sklizeň slámy.

Tabulka 6: Náklady na provoz

	<b>Claas Variant 365</b>	<b>Massey Ferguson MF 5455</b>	<b>T 022 Pronar</b>	<b>John Deere 6230 + Nakladač Trac-Lift</b>
<b>Náklady na provoz</b> <b><math>N_{pro}</math> [Kč*rok<sup>-1</sup>]</b>	<b>206 734,9</b>	<b>412 086,4</b>	<b>79 513,8</b>	<b>385 325,7</b>

### **5.3.2 Výnos linky na sklizeň slámy**

Provozní náklady na sklizeň jednoho hektaru slámy jsou 1 806 Kč. Při předpokládané produkci 3,7 t/ha a výkupní ceně slámy 800 Kč/t je čistý zisk 1 154 Kč z jednoho hektaru. Přepočteno na 1 tunu sklizené slámy jsou náklady na provoz 488,1 Kč a z toho vychází zisk 311,9 Kč na tunu slámy. Potřebná produkce slámy pro celoroční výrobu pelet vychází na 2220 tun, tomuto množství odpovídá 600 ha sklizňové plochy. Při této produkci vychází provozní náklady na 1 083 600 Kč a čistý zisk je 692 400 Kč. V návrhu je počítáno s posečenou slámou připravenou ke sklizni.

## **6. Návrh stacionární strojní linky na výrobu pelet**

K navrhnutí linky, určené k energetickému zpracování slámy, jsem využil podnik pana Karla Šedivce, který se zabývá výrobou pelet ze slámy. Podnik se nachází v Lomnici nad Lužnicí. Díky tomu jsem získal potřebné informace a také možnost prodiskutování a ověření funkčnosti této linky. Na základě získání informací o finančních výdajích a příjmech je vytvořena ekonomická bilance výroby pelet ze slámy.

### **6.1 Charakteristika podniku**

Podnik pana Karla Šedivce se nachází v Lomnici nad Lužnicí. Peletárna funguje od roku 2008 ve starším zemědělském objektu. V roce 2008 pořídil pan Šedivec strojní linku na výrobu pelet ze slámy a sena od firmy ATEA Praha, která absolutně nesplňovala udávané výrobní hodnoty a dalo by se říct, že nebyla schopna plynulého provozu. Pan Karel Šedivec musel tuto nevyhovující paletizační linku od základů přestavět. Po výměně jednotlivých článků linky zůstaly z původní linky pouze dopravníky, podjezdový zásobník pelet a granulátor.

### **6.2 Manipulátor**

Na vykládku a pro zajištění stohování do výšky a navážení balíků je využit teleskopický manipulátor Claas Scorpion 7045 na obrázku 13. Manipulátor má maximální výkon motoru 103 kW a maximální zdvih teleskopického ramene je 7,1 m. Nosnost stroje je 4 400 kg. Je možné připojení celé škály speciálních adaptérů. Pro manipulaci s hranatými balíky je manipulátor vybaven napichovacími vidlemi.



Obrázek 13: Claas Scorpion 7045

### 6.3 Stacionární rozdružovač

Stacionární rozdružovač lisovaných balíků RBS-3VA na obrázku 14 je od výrobce STS Olbramovice. Lisované balíky se stébelnatou bylinnou hmotou jsou rozdruženy pomocí 3 horizontálních rotujících válců opatřených spirálově uloženými noži. Rozdružování musí předcházet předúprava balíků spočívající v odpáskování balíku, odstranění všech obalových materiálů tak, aby nepřicházely do styku s řezacím ústrojím stroje. V opačném případě jsou tyto namotávány na frézovací válce a výrazně se snižuje účinnost řezacího ústrojí stroje. Každý rozdružovací válec má vlastní pohon, dva spodní válce jsou poháněné elektromotory o výkonu 7,5 kW, horní válec je poháněn 3 kW motorem. Z důvodu vysoké rychlosti je každý rozdružovací válec vyvažován na vyvažovacím stroji, aby se eliminovalo nežádoucí kmitání stroje. V čele výpadové komory rozdružovače je umístěn kryt pro provádění čištění a údržby. Součástí základního provedení rozdružovače je i elektrorozvaděč obsahující řídicí jednotku, která hlídá mimo jiné přetížení frézovacích válců. Při zvýšeném odběru proudu dojde k zastavení posuvu podávacího dopravníku, při poklesu pod stanovenou hodnotu se podávací dopravník opět rozběhne. V tabulce 7 jsou uvedena technická data stacionárního rozdružovače RBS-3VA [20].



Obrázek 14: Stacionární rozdružovač RBS-3VA

Tabulka 7: Technická data stacionárního rozdružovače RBS-3VA

Technická data		RBS-3VA
Údaj	Měrná jednotka	Hodnota
Hmotnost celková	kg	1600
Celková výška	mm	3400
Celková šířka	mm	2940
Rozměr vstupního otvoru: šířka x výška	mm	1600 x 2150
Délka základní	mm	3770
Počet frézovacích válců		3
Průměr frézovacích válců bez nožů	mm	320
Průměr frézovacích válců včetně nožů	mm	608 - 655
Otáčky válců: spodní / střední / horní	ot./min	950 / 950 / 950
Provedení frézovacích válců		pravo-levá šroubovice, šroubované žabky
Výkon motorů frézovacích válců -spodní / střední / horní	kW	7,5 / 7,5 / 3
Max. velikost lisovaných balíků - hranaté	mm	1500 x 1800 x 2400
Max. průměr lisovaných balíků – kulaté	mm	1800
Maximální hmotnost balíku	kg	800
Převody		šnekové, kuželočelní
Průměrný hodinový výkon	kg	2000

## 6.4 Rotační drtič

Rotační drtič RDS 2-75-1485 na obrázku 15 pochází od výrobce Strojírna Vodňany. Vstupní materiál jsou rozebrané a rovnoměrně dávkované stébelniny, které jsou do drtiče dopravovány dopravníkem. Rotační drtič stébelnin pak tento materiál rozdrtí na částice, jejichž délka závisí na velikosti otvorů v síti, které jsou pak dále dopravovány k tvarovacímu lisu. Elektrické zařízení stroje je určeno pro pevné připojení k elektrické síti 3/PE/N ~ 230/400 V, 50 Hz. Rotor drtiče vytváří při provozu ventilační účinek, který se projevuje sáním na vstupu do drtiče a výtlakem vzduchu na výstupu z drtiče. S touto zákonitou skutečností je nutno počítat a pro dobrý chod drtiče je nezbytné nebránit dobrému odchodu vzduchu na výstupu z drtiče. V tabulce 8 jsou uvedena technická data rotačního drtiče RDS 2-75-1485 [21].

Tabulka 8: Technická data rotačního drtiče RDS 2-75-1485

Technická data		RDS 2-75-1485
Údaj	Měrná jednotka	Hodnota
Délka	mm	2 594
Šířka	mm	1 434
Výška	mm	2 035
Celková hmotnost	kg	2 570
Celkový počet nožů	ks	448
Otáčky rotoru	ot/min <sup>-1</sup>	1 485
Výkon motoru	kW	75
Otáčky motoru	ot/min <sup>-1</sup>	1 485
Napětí motoru	V	400
Průchodnost při základním síti	kg*h <sup>-1</sup>	2 000
Průměr otvorů síti	mm	10 - 50



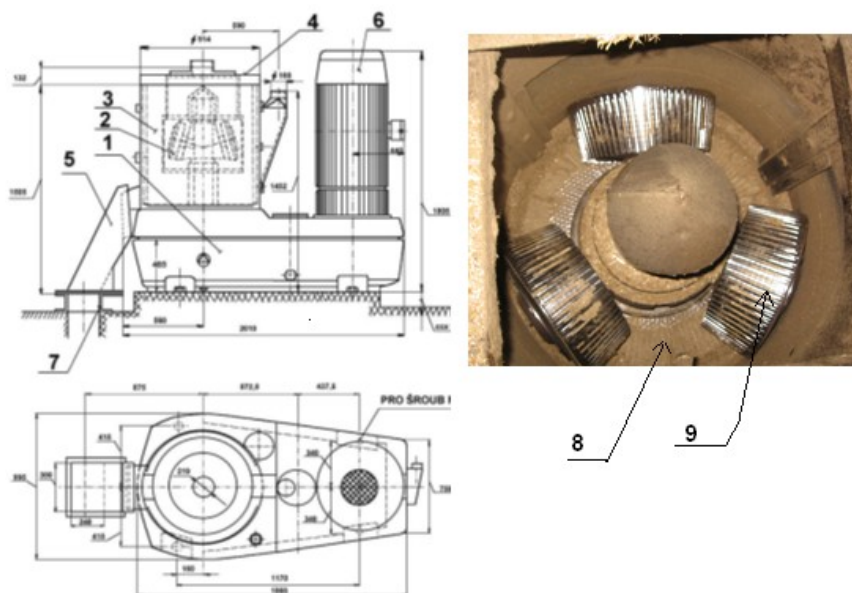
Obrázek 15: Rotační drtič RDS 2-75-1485

## 6.5 Granulátor

Linka je vybavena granulátorem TL 700 na obrázku 16 od výrobce GAMA Pardubice. Granulátor pracuje plynule za předpokladu plynulého přísunu suroviny. Napařená nebo navlhčená surovina je přiváděna na plochu matrice, kde je lisovacími rolnami vtlačována do otvoru matrice a na spodní straně matrice je odřezávána nebo se odlamuje na pelety, které jsou transportovány do výpadu a odtud do chladičného zařízení. Délka pelet je závislá na počtu odřezávacích nožů a od množství přiváděné suroviny.

Po vylisování je nutné pelety chladit na teplotu 20°C nebo o 5°C vyšší než je teplota okolí. Při expedici musí mít pelety teplotu max. 30°C. Vlivem protlačování sypké suroviny otvory matrice dochází v některých případech ke vzniku hygienicky závadných prašných škodlivin, které je nutno aspirovat. V tabulce 9 jsou uvedena technická data granulátoru TL 700 [22].

Matrice a rolny granulačního lisu TL 700 mají životnost okolo 800 tun vyrobených pelet.



Obrázek 16: Schéma Granulátoru TL 700

1 - skříň tvarovacího lisu, 2 - lisovací zařízení, 3 - kryt tvarovacího lisu, 4 - kryt vpádu, 5 - výpad, 6 - elektromotor, 7 - nástavek výpadu, 8 - matrice, 9 - rolny

Tabulka 9: Technická data granulátoru TL 700

Technická data		TL 700 Třírolnová lisovací hlava
Údaj	Měrná jednotka	Hodnota
Průměr otvoru matrice	mm	8
Výkonnost efektivní	kg*h <sup>-1</sup>	Max. 1 800
Výkon motoru	kW	75
Jmenovité napájecí napětí	V	3/PE ~ 400
Jmenovitý kmitočet	Hz	50
Vstupní teplota napařené suroviny	°C	70 – 80
Výstupní teplota pelet ve výpadu	°C	70 – 85
Tlak suché páry pro napařování suroviny	MPa	0,2 – 0,5
Teplota suché páry pro napařování	°C	120 – 150
Hmotnost stroje	kg	4 000
Viskozita melasy	cP	5 500
Teplota melasy	°C	do 47
Celková tlaková ztráta na přípojovací přírubě	Pa	500



## 6.6 Chladicí dopravník

Ke chlazení je použit pásový chladič CH315 od firmy ATEA Praha na obrázku 17. Chladicí zařízení je napojeno na výpad pelet granulátoru pomocí třídícího šikmého dopravníku, kde se separuje odrol od pelet. Dno chladiče je ze síta s pohyblivým roštem, které má děrování vždy o 2 mm menší nežli vyráběné pelety. Síto slouží separaci případného odrolu a také k nasávání studeného vzduchu pomocí ventilátoru o výkonnosti 4300 m<sup>3</sup>/h, který zajišťuje řádné prochlazení pelet. Odsávání je napojeno na cyklonovou separaci prachových částic. Po vychlazení z cca 80 °C na 40 °C pelety dostávají potřebnou pevnost a trvanlivost. Rychlost posuvu pásu s vychlazenými peletami se reguluje frekvenčním měničem. Na výpadu chladicího zařízení je další třídící šikmý dopravník odrolu. Veškerý separovaný prach a odrol je šnekovým dopravníkem přesunut zpětně k peletizaci. V tabulce 10 jsou uvedena technická data pásového chladiče CH315 [23].



Obrázek 17: pásový chladič CH315

Tabulka 10: Technická data pásového chladiče CH315

Technická data		CH315
Údaj	Měrná jednotka	Hodnota
Hmotnost	kg	350
Délka	mm	3 800
Šířka	mm	1 500
Výška	mm	850
Výkon motoru	kW	0,55
Výkonnost	kg*h <sup>-1</sup>	2 000 – 3 000

## **6.7 Doprava materiálu**

Doprava drceného materiálu mezi dílčími technologickými procesy a ke granulovacímu lisu je uskutečněna pomocí šnekových dopravníků od firmy ATEA Praha. Dále jsou použity pásové dopravníky, ty dopravují vyrobené pelety od chladícího zařízení k silu, které je také od firmy ATEA Praha.

## **6.8 Skladování a expedice vyrobených pelet**

Na uskladnění je použit vysoký podjezdový zásobník o objemu 60 m<sup>3</sup> od firmy ATEA Praha na obrázku 7. Slouží pro skladování sypkého materiálu a umožňuje horní plnění kamionu do korby nebo cisterny. Expedici pelet provádí externí obchodní firma pomocí nákladních automobilů, které jsou plněny z podjezdových sil.

## **6.9 Produkce pelet navržené linky**

Produkce pelet se odvíjí od výkonnosti jednotlivých dílčích zařízení, hlavně od granulačního lisu, u kterého výrobce udává efektivní výkonnost lisu 1 800 kg\*h<sup>-1</sup>. Ostatní zařízení jsou navržena tak, aby jejich výkonnost byla stejná nebo větší z důvodů plynulosti linky. Provozní výkonnost této linky je okolo 750 kg\*h<sup>-1</sup>.

## 7. Ekonomické zhodnocení peletizační linky

V této kapitole vypočítáme náklady na pořízení a provoz technologické linky na výrobu pelet. V návrhu počítáme s nákupem výchozí suroviny od soukromých zemědělců a zemědělských podniků. Ekonomiku provozu linky na výrobu pelet ovlivňují zejména náklady na nákup a úpravu surovin a náklady na řízení procesu zhutňování. Nejvíce ekonomiku ovlivňuje výkupní cena pelet.

### Náklady na pořízení peletizační linky

V tabulce 11 jsou uvedeny náklady na pořízení výrobní haly a peletizační linky. Tato linka byla původně postavena jako kompletní celek od firmy ATEA Praha, na linku byla poskytnuta dotace od dotačního programu rozvoje venkova ve výši 2,5 milionu. Linka byla následně inovována, na inovaci nebyla již poskytnutá dotace. V objektu je zařízena jednoduchá kancelář a sociální zázemí.

Peletizační linka je složena z komponentů od firem:

- ATEA PRAHA s.r.o.
- GAMA Pardubice.
- Strojírna Vodňany
- STS Olbramovice

Investiční náklady jsou uvedeny bez DPH.

Tabulka 11: Náklady na pořízení peletizační linky

Název stroje nebo zařízení	Pořizovací ceny strojů $C_p$ [Kč]
Výrobní hala	2 500 000
Manipulátor Claas Scorpion 7045	2 500 000
Linka ATEA Praha	5 530 000
Inovace rozdrůžovač balíků stébelnin	591 500
Inovace rotační drtič stébelnin	671 500
Elektroinstalace pro novou část technologie	116 800
Inovace celkem	1 379 800
<b>Celkem</b>	<b>11 909 800 – 2 500 000 dotace</b>

## 7.1 Výpočty fixních a variabilních nákladů

Stanovení potřebných údajů pro výpočty fixních a variabilních nákladů:

- Roční výkonnost 2220 [ $t \cdot rok^{-1}$ ]
- Koeficient oprav 0,5
- Pojistná sazba na stroje byla zvolena ve výši 35 [%] z pořizovací ceny
- Cena skladovacích prostor byla stanovena na 100 [ $Kč \cdot m^{-2} \cdot r^{-1}$ ]
- Koeficient spotřeby maziva 0,2
- Hodinová mzda byla stanovena na 100 [ $Kč \cdot h^{-1}$ ]
- Cena pohonných hmot 29 [ $Kč \cdot l^{-1}$ ]. V ceně není započítána daň.
- Cena elektrické energie 1 500 Kč/MWh.
- Doba užívání strojů 5 let.

V tabulce 12 jsou uvedeny fixní náklady na stroje pro výrobu pelet.

Tabulka 12: Fixní náklady na stroje pro výrobu pelet

		<b>Claas Scorpion 7045</b>	<b>Strojní linka na výrobu pelet</b>
Pořizovací cena stroje	$C_p$ [Kč]	2 500 000	6 909 800
Zůstatková cena	$C_z$ [Kč]	757 576	2 093 879
Doba užívání stroje	$T_f$ [rok]	5	5
<b>Náklady na amortizaci stroje</b>			
$N_a$ [ $Kč \cdot r^{-1}$ ]		<b>348 484,8</b>	<b>963 184,2</b>
Roční pojistná sazba	$S_p$ [%]	0,35	0.35
<b>Náklady na pojištění</b>	$N_p$ [ $Kč \cdot r^{-1}$ ]	<b>8750</b>	<b>24184</b>
Délka stroje	$D$ [m]	4.8	20
Šířka stroje	$S$ [m]	2,3	16
<b>Náklady na uskladnění</b>	$N_{sk}$ [ $Kč \cdot r^{-1}$ ]	<b>1914</b>	<b>35700</b>
<b>Fixní náklady</b>	$N_f$ [ $Kč \cdot r^{-1}$ ]	<b>359 148,8</b>	<b>1 023 068,2</b>

V tabulce 13 jsou uvedeny variabilní náklady na stroje pro výrobu pelet.

Tabulka 13: Variabilní náklady na stroje pro výrobu pelet

	<b>Claas Scorpion 7045</b>	<b>Strojní linka na výrobu pelet</b>
Koeficient spotřeby maziv $k_{maz}$	0,2	0,2
Cena elektrické energie $C_{el}$ [Kč*kW <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup> ]	29	1,5
Spotřeba elektrické energie $Q_{el}$ [kW*t <sup>-1</sup> ]	Spotřeba PHM 2,1 [l*t <sup>-1</sup> ]	231
<b>Náklady na elektrickou energii</b> $N_{ele}$ [Kč*t <sup>-1</sup> ]	<b>Náklady na PHM 73,1</b>	<b>415,8</b>
Koeficient oprav $k_o$	0,5	0,5
Roční výkonnost $W_t$ [t*rok <sup>-1</sup> ]	2220	2220
<b>Náklady na opravy a údržbu</b> $N_o$ [Kč*t <sup>-1</sup> ]	<b>78,5</b>	<b>216,9</b>
Hodinová mzda $h_m$ [Kč*h <sup>-1</sup> ]	100	100
Odpracovaná doba za rok $t$ [h*rok <sup>-1</sup> ]	2667	2667
<b>Náklady na mzdy obsluhy stroje</b> $N_{mz}$ [Kč*t <sup>-1</sup> ]	<b>133,3</b>	<b>133,3</b>
<b>Variabilní náklady</b> $N_{var}$ [Kč*t <sup>-1</sup> ]	<b>284,9</b>	<b>766</b>

V tabulce 14 jsou uvedeny náklady na provoz strojů pro výrobu pelet.

Tabulka 14: Náklady na provoz

	<b>Claas Scorpion 7045</b>	<b>Strojní linka na výrobu pelet</b>	<b>Opotřebení matrice a rolen</b>
<b>Náklady na provoz</b> $N_{pro}$ [Kč*rok <sup>-1</sup> ]	<b>991 626,8</b>	<b>2 723 588,2</b>	<b>138 750</b>

## **7.2 Výnos peletizační linky**

Výkupní cena pelet činí 2 600 Kč/t, provozní náklady na výrobu jedné tuny pelet jsou 1 736 Kč. Když připočteme nákupní cenu slámy 800 Kč/t, dostáváme se na 2 536 Kč za tunu pelet. Tato částka je jen o 64 Kč nižší, než je výkupní cena pelet. Při roční produkci 2 220 tun pelet jsou celkové náklady včetně nákupu slámy 5 629 920 Kč a z toho je čistý zisk 142 080 Kč.

## 8. Závěr

V první části mé bakalářské práce jsem se zaměřil na obecný pojem biomasa. Hlavní pozornost je věnována především produkci slámy obilnin a řepky, u kterých jsou podrobněji rozepsány jejich chemické vlastnosti a velikost produkce slámy.

Další část této práce se zabývá technologií sklizně slámy a jejím následným využitím pro energetické účely takzvaným peletováním. V této části jsou popsány linky pro výrobu pelet, jsou zde rozděleny peletovací lisy a vysvětlena činnost a význam jednotlivých částí linky. Dále se v této kapitole jedná o kvalitě vyrobených pelet ze slámy. Následně je uvedena definice strojních linek.

Další část práce byla praktická. Měl jsem za úkol navrhnout a následně ekonomicky ohodnotit technologickou linku pro zpracování slámy k energetickým účelům. K tomuto úkolu jsem oslovil pana Karla Šedivce, který má uvedenou peletizační linku v provozu v Lomnici nad Lužnicí. Jelikož se pan Šedivec nezabývá sklizní slámy, vytvořil jsem vlastní návrh mechanizované linky pro sklizeň slámy. Popsal jsem celkovou strojní linku pro sklizeň slámy a uvedl jsem investiční náklady této linky. Následně jsem provedl ekonomická zhodnocení, v kterém jsou spočítány fixní a variabilní náklady. Provozní náklady pro sklizeň slámy o výměře 600 ha, vychází na 1 083 600 Kč. Při předpokládané produkci 3,7 t/ha odpovídá množství sklizené hmoty 2 220 tun, při výkupní ceně 800 Kč/t je čistý zisk 692 400 Kč. V návrhu je počítáno s posečenou slámou připravenou ke sklizni.

V poslední části práce je návrh peletizační linky. Popsal jsem celkovou strojní linku a uvedl jsem technická data jednotlivých částí linky. Dále jsou také uvedeny náklady na pořízení a provoz linky. Při výkupních cenách pelet 2 600 Kč/t po odečtení nákupní ceně slámy, která je 800 Kč/t, můžeme počítat 1 800 Kč/t pro vlastní zisk a pokrytí výrobních nákladů. Hodinová výkonnost linky je 750 kg/h, provozní náklady na 1 tunu pelet jsou 1 736 Kč. Čistý zisk z 1 tuny pelet je 64 Kč, roční zisk je 142 080 Kč. Z důvodu snižování dotací na spalování energetických rostlin se výkupní cena pelet od roku 2014 sníží na 2 500 Kč/t. Pro dosažení většího zisku je nutné zvýšit hodinovou produkci pelet a snížit náklady na nákup slámy. Tohoto by se dalo dosáhnout pořízením uvedené linky pro sklizeň slámy.

## 9. Použitá literatura

- [1] PETŘÍKOVÁ, Vlasta, PUNČOCHÁŘ, Miroslav: Biomasa – alternativní palivo z hlediska chemického složení. Biom.cz [online]. 2007-07-16 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-alternativni-palivo-z-hlediska-chemickeho-slozeni>>. ISSN: 1801-2655.
- [2] PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P.: Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCCPUBLIC, 2004. 286 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [3] BIEMANS, M., WAARTS, Y., NIETO, A., GOBA, V., JONE-WALTERS, L. ZÖCKLER, CH. Impacts of biofuel production on biodiversity in Europe. Tilburg: European Centre for Nature Conservation, 2008.
- [4] Wikipedia, Sláma, [on-line], [cit. 2013-04-28], Dostupné z www: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sl%C3%A1ma>>
- [5] SOUČKOVÁ H.; MOUDRÝ J. a kol.: Nepotravinářské využití fytomasy. JČU ZF České Budějovice, 2006. 95 s. ISBN 80-70-40-857-X.
- [6] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (1) Zdroje. Biom.cz [online]. 2002-02-01 [cit. 2013-02-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] BEJLEK, J.; SLADKÝ, V.: Zpracování slámy na topné účely. Zemědělec. 24/2012, s. 12-18.
- [8] Ing. Jiří Souček, Ph.D., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha, [on-line], [cit. 2013-04-28], Dostupné z www: <[http://www.agroweb.cz/Slama:-sklizen-zpracovani\\_\\_s1595x56500.html](http://www.agroweb.cz/Slama:-sklizen-zpracovani__s1595x56500.html)>
- [9] Wikipedia, Peleta, [on-line], [cit. 2013-04-28], Dostupné z www:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Peleta>>



- [10] STUPAVSKÝ, Vladimír: Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>. ISSN: 1801-2655.
- [11] KOTT, Jiří: Výroba pelet z biomasy - technické a ekonomické aspekty. Biom.cz [online]. 2010-12-20 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>>. ISSN: 1801-2655.
- [12] ŠOOŠ, L. Drevný odpad čo s ním?. Bratislava: ECB, 2000. 108 s. Dostupné z WWW:<[http://www.ecb.sk/fileadmin/user\\_upload/editors/documents/Drevny\\_opad\\_a\\_co\\_s\\_nim.pdf](http://www.ecb.sk/fileadmin/user_upload/editors/documents/Drevny_opad_a_co_s_nim.pdf)>.ISBN80-227-1686-3.Janiček Jakub
- [13] KŘEPELKA, J. Využití slámy pro energetické účely. Zemědělec 24/2012, s. 12 – 19.
- [14] ŠPELINA M. a kolektiv, Strojní linky v zemědělství a jejich ekonomika, Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1983, DT631.3, 288s.
- [15] Claas, stroje Claas, [on-line], [cit. 2013-04-27], Dostupné z www: <<http://www.slezskastrojni.cz/claas/lisy/variant/>>
- [16] Massey Ferguson, stroje Massey Ferguson, [on-line], [cit. 2013-04-27], Dostupné z www: <<http://www.tractordata.com/farm-tractors/006/6/9/6692-massey-ferguson-5455.html>>
- [17] Pronar, přepravník balíků T022, [on-line], [cit. 2013-04-27], Dostupné z www: <<http://www.polagro.cz/15098/prepravniky-baliku/>>
- [18] John Deere, stroje John Deere, [on-line], [cit. 2013-04-27], Dostupné z www: <<http://www.stromzapad.cz/zemedelska-technika/>>
- [19] Trac-Lift, čelní nakladač TL320, [on-line], [cit. 2013-04-27], Dostupné z www: <<http://www.trac-lift.cz/>>

- [20] Stacionární rozdělovač RBS-3VA, [on-line], [cit. 2013-11-10], Dostupné z www: <<http://www.stsolbramovice.cz/cs/vyrobky/stacionarni-rozdruzovac-rbs-3va/>>
- [21] Rotační drtič RDS 2-75-1485, [on-line], [cit. 2013-11-10], Dostupné z www: <<http://www.strojirnavodnany.cz/produkty2.php>>
- [22] Granulátorem TL 700, [on-line], [cit. 2013-11-10], Dostupné z www: <<http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>>
- [23] Chladicí dopravník CH315, [on-line], [cit. 2013-11-10], Dostupné z www: <<http://www.ateap.cz/chladak.html>>

### **Zdroje tabulek a obrázků**

1 – 3 - Tabulky 1 - 3: produkce slámy

Zdroj: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Fytomasa.htm>

7 – Tabulka 7: Technická data stacionárního rozdělovače RBS-3VA

Zdroj: <http://www.stsolbramovice.cz/cs/vyrobky/stacionarni-rozdruzovac-rbs-3va/technicke-udaje/>

8 - Tabulka 8: Technická data rotačního drtiče RDS 2-75-1485

Zdroj: <http://www.strojirnavodnany.cz/produkty2.php>

9 - Tabulka 9: Technická data granulátoru TL 700

Zdroj: <http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>

10 - Tabulka 10: Technická data pásového chladiče CH315

Zdroj: <http://www.ateap.cz/chladak.html>

1 - Obrázek 1: Vliv obsahu vody v surovině na pojivost pelet

Časopis zemědělec 24/2012

2 – 8 - Obrázky 2-8: schémata peletovacích lisů

ŠOOŠ, L. Dřevný odpad čo s ním?. Bratislava: ECB, 2000. 108 s. Dostupné z  
WWW:<[http://www.ecb.sk/fileadmin/user\\_upload/editors/documents/Drevny\\_odpad\\_a\\_co\\_s\\_nim.pdf](http://www.ecb.sk/fileadmin/user_upload/editors/documents/Drevny_odpad_a_co_s_nim.pdf)>.ISBN80-227-1686-3.Janiček Jakub

9 - Obrázek 9: Lis Claas Variant 365 RC

Zdroj: <http://www.slezskastrojni.cz/claas/lisy/variant/>

10 - Obrázek 10: Massey Ferguson MF 5455

Zdroj: [http://www.b-agro.cz/fotky/down\\_soubor1076.pdf](http://www.b-agro.cz/fotky/down_soubor1076.pdf)

11 - Obrázek 11: T 022 PRONAR

Zdroj: <http://www.polagro.cz/15098/prepravniky-baliku>

12 - Obrázek 12: John Deere 6230 s čelním nakladačem Trac-Lift TL320

Zdroj: <http://www.trac-lift.cz>

16 - Obrázek 16: Schéma Granulátoru TL 700

Zdroj: <http://www.gama-pardubice.cz/granulator-tl-700.html>

17 - Obrázek 17: pásový chladič CH315

Zdroj: <http://www.ateap.cz/chladak.html>