

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

NAVRHNĚTE A PROVĚŘTE MOŽNOSTI VÝROBY SLAMĚNÝCH
BRIKET PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.
Autor bakalářské práce: Karel Sládek
Rok vydání: 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel SLÁDEK**
Osobní číslo: **Z08136**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika, obchod, servis a služby**
Název tématu: **Navrhněte a proveďte možnosti výroby slaměných briket pro energetické využití.**
Zadávající 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 :

Cílem práce je prověřit možnosti výroby slaměných briket přímo na poli z řádků vzniklých po průjezdu sklízecí mlátičky, čímž by se ušetřila operace sklizně a skladování slámy a tím i dopravní náročnost.

1. Produkce slámy a její vlastnosti.
2. Přehled současných technologií sklizně a skladování slámy.
3. Energetická náročnost, náklady a pracnost procesu sklizně a uskladnění slámy.
4. Požadavky na úpravu slámy pro různé způsoby následného zpracování.
5. Definujte základní podmínky a předpoklady pro získání výsledného produktu bezprostředně po sklizni přímo na poli.
6. Navrhněte technologické schéma zařízení pro výrobu, dopravu a skladování vyrobených briket.
7. Porovnejte předpokládanou nákladovost, energetickou náročnost a výkonnost navrženého postupu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**


Seznam odborné literatury:

- Mazancová, J.: Briketirovanie i granulirovanie biomassy. [Production of briquettes and pellets from biomass]. In Havrland B. et al. Biomassa dlja energetičeskogo ispolzovanija. [Biomass for energy use] : Kišiněv, Chisinau - Praha, April 2008. 1. vyd. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2008, s. 123-134. ISBN 978-80-213-1806-9;
- Souček, J.: Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy. VÚZT Praha, 2008. ISBN 978-80-86884-31-8;
- Jevič, P.: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioodpadů. VÚZT Praha, 2008. ISBN 978-80-86884-42-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. března 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Josefa Frolíka, CSc., a že jsem uvedl všechnu použitou literaturu a jiné podklady, ze kterých jsem čerpal.

V Českých Budějovicích, dne

.....
Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Josefu Frolíkovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vytvoření této bakalářské práce.

Abstrakt

V této bakalářské práci se řeší problematika výroby slaměných briket. Cílem práce je prověřit možnosti výroby slaměných briket přímo na poli z řádků vzniklých po průjezdu sklízecí mlátičky, čímž by se ušetřila operace sklizně a skladování slámy a tím i dopravní náročnost.

Základem bakalářské práce je zjištění produkce slámy v České republice a její možný potenciál k výrobě briket. V ČR je možnost využívat k energetickým účelům průměrně 1 600 000 t/r slámy obilovin a 900 000 t/r slámy řepky. Nízká měrná objemová hmotnost řezané slámy komplikuje dopravu slámy do spaloven nebo ke stacionárním linkám na výrobu jiných forem paliv. Lisování slámy do balíků měrnou objemovou hmotnost zlepšuje, ale náklady spojené s dopravou jsou stále poměrně vysoké. Z důvodu nízké měrné objemové hmotnosti je sláma nejčastěji skladována volně ve stozích.

Ne všechna sláma, která se nevyužije přímo v zemědělství, se používá ke spalování. Najde se i jiné průmyslové využití pro slámu, jako jsou ekopanely (ve stavebnictví), výroba papíru, různých ozdob a pomůcek (např. ošatky).

Nejdůležitější pro výrobu briket je vlhkost vstupního materiálu, která nesmí přesáhnout 15 %. Základem pro získání briket přímo na poli je vhodná kombinace sklízecí řezačky a briketovacího lisu, například samojízdný briketovací lis Biotruck 2000 je postaven na základě řezačky Claas Jaguar. Sklízecí řezačka se sběracím adaptérem sbírá slámu ze řádků a dopravuje ji k briketovacímu lisu, cestou je sláma ještě dosušena vlivem tepla od výkonného motoru. K samotnému briketování se používá několik druhů lisů, které jsou také popsány v této práci. Nejvyšší brikety vznikají na principu tlačného šneku.

Poslední dvě části bakalářské práce se zabývají návrhem technologické linky na výrobu briket z řádků slámy přímo na poli. Jsou zde popsány použité stroje, jejich pořizovací ceny, energetická náročnost a výkonnost. Součástí navrženého postupu je i suchý krytý sklad na brikety.

Klíčová slova:

produkce slámy, sklizeň slámy, skladování slámy, briketování, lisování

Abstract

This thesis addresses the problem of making straw briquettes. The aim is to examine the possibility of making straw briquettes directly on the field from lines arising after the passing of the combine harvester, which would save the operation of harvesting and storing straw and thus transport intensity.

The basis of this work is finding straw production in the Czech Republic and its possible potential to produce briquettes. The Czech Republic is able to use for energy purposes, an average of 1.6 million t / y of straw cereals and 900 000 t / y of rape straw. Low specific density cut straw complicated transport to incinerators or to stationary lines to produce other forms of fuel. Pressing the straw bales specific density improves, but costs associated with transport are still relatively high. Because of low specific density, straw often stored in open stacks.

Not all the straw, which is not used directly in agriculture, is used for combustion. There are also other industrial uses for straw, as Ecopanel (construction), paper, various ornaments and tools (for example: baskets).

Most important for the production of briquettes is the moisture content of input material, which may not exceed 15%. The basis for obtaining briquettes directly in the field is appropriate combination of forage harvester and briquetting press, for example self-propelled briquetting press Biotruck 2000 is constructed from the Claas Jaguar. Forage harvester transports straw to the briquetting press, during transport is straw dried because of the heat from powerful engine. To briquetting is used several types of presses that are described in this thesis. The best quality briquettes are formed on the principle of screw press.

The last two parts of the thesis are dealing with proposal the technological line for production of briquettes from straw directly on the field. There are described here used machines, their cost, performance and energy efficiency in those parts of the thesis. In the proposed procedure is a dry indoor storage of briquettes.

Keywords:

straw production, straw harvesting, straw storage, briquetting, pressing

Obsah

Úvod	1
1. Produkce slámy a její vlastnosti	2
1.1 Produkce slámy	2
1.1.1 Obilní sláma	4
1.1.2 Řepková sláma	4
1.2 Vlastnosti slámy	5
1.2.1 Zvláštnosti vlastností pevných biopaliv	6
1.2.1.1 Obsah kyslíku	6
1.2.1.2 Vysoký podíl těkavých látek	6
1.2.1.3 Nižší měrná objemová hmotnost	6
1.2.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti tuhých biopaliv	8
1.2.2.1 Obsah vody	9
1.2.2.2 Spalné teplo	9
1.2.2.3 Výhřevnost	10
1.2.2.4 Chlor (Cl)	10
1.2.2.5 Dusík (N)	10
1.2.2.6 Síra (S)	11
1.2.2.7 Draslík (K)	11
1.2.2.8 Vápník (Ca), hořčík (Mg), fosfor (P)	12
1.2.2.9 Těžké kovy	12
1.2.2.10 Teplota deformace popela, teplota měknutí, tání a tečení	12
2. Přehled současných technologií sklizně a skladování slámy	14
2.1 Sklizeň slámy	14
2.1.1 Svoz balíků	18
2.2 Technologie sklizně s ohledem na zpracování a spalování slámy	21
2.3 Technické řešení desintegrace rostlinných surovin	23
2.3.1 Řezačky	24
2.4 Skladování slámy	25
2.4.1 Zásady skladování slámy	25
2.4.2 Skladování slámy v krytých prostorech	25
2.4.3 Skladování slámy volně ve stozích	26
2.4.4 Samozahřívání a samovznícení slámy	27
2.4.5 Potřebná velikost stohu	27
3. Energetická náročnost, náklady a pracnost procesu sklizně a uskladnění slámy	28
3.1 Provozní náklady strojů	28
3.2 Zemědělská technika a technické služby	31
4. Požadavky na úpravu slámy pro různé způsoby následného zpracování	32
4.1 Zpracování a úpravy slámy jako paliva	32
4.1.1 Možnosti úpravy slámy pro spalování	33
4.1.1.1 Obří balíky	33

4.1.1.2 Peletování a briketování	34
4.2 Další možnosti průmyslového využití slámy	34
4.2.1 Ekopanely	34
4.2.1.1 Mechanicko-fyzikální vlastnosti ekopan. desek z pšeničné slámy	34
4.2.1.2 Použití ekopanelů	35
4.2.1.3 Ekonomické aspekty výroby ekopanelových desek	35
4.2.2 Využití slámy v papírenství	35
4.2.3 Využití slámy k pletení různých ozdob a pomůcek	35
5. Definujte základní podmínky a předpoklady pro získání výsledného produktu bezprostředně po sklizni přímo na poli	37
5.1 Briketování	37
5.2 Briketa	38
5.3 Briketování a peletování slámy a stébelnin při sklizni	39
5.4 Problematika briketování slámy určené ke spalování	40
5.5 Spalování briket ze slámy	41
5.6 Technika briketování slámy	41
5.7 Druhy lisů	42
5.7.1 Pístové lisy	42
5.7.2 Šnekové briketovací lisy	43
5.7.3 Protlačovací lisy na granule – pelety	44
6. Navrhněte technologické schéma zařízení pro výrobu, dopravu a skladování vyrobených briket	46
6.1 Výroba	46
6.2 Doprava	46
6.3 Skladování	46
7. Porovnejte předpokládanou nákladovost, energetickou náročnost a výkonnost navrženého postupu	47
7.1 Nákladovost	47
7.1.1 Náklady spojené s pořízením linky	47
7.2 Energetická náročnost	48
7.3 Výkonnost	48
7.4 Výhody a nevýhody navrženého postupu	48
7.4.1 Výhody	48
7.4.2 Nevýhody	49
Závěr	50
Seznam použité literatury	51

Úvod

Rostliny jsou neodmyslitelnou složkou životního prostředí. Jsou součástí našeho okolí a suroviny rostlinného původu, nás provázejí od prvních do posledních okamžiků našeho života. Suroviny rostlinného původu nelze plnohodnotně nahradit, ačkoliv v některých oblastech lidské činnosti existují substituenty. V celosvětovém měřítku jsou však rostlinné suroviny stále základním prvkem lidské výživy, nenahraditelnými průmyslovými surovinami a důležitým, pro část lidstva stále hlavním, zdrojem energie. Rostliny jsou důležitým článkem pro zajištění koloběhu a akumulace živin a energie na Zemi.

Z hlediska zpracování je nevýhodou všech rostlinných materiálů jejich značná nehomogenita a nízká objemová hmotnost. Tyto vlastnosti způsobují, že jsou rostlinné materiály v surovém stavu zpracovatelné většinou velmi obtížně. Jejich doprava, manipulace a skladování je značně neefektivní. Z těchto důvodů je problematika zpracování a využívání rostlinné biomasy nutně spojena s prováděním rozměrových úprav. Špatné rozměrové vlastnosti surovin se v praxi částečně eliminují rozdužením materiálu na menší částice. Rozdužování je nejčastěji prováděnou operací při rozměrových úpravách rostlinné biomasy (Souček, 2008).

Zvýšení energetického využití biomasy a zavádění efektivních technologií její konverze je ústřední cíl mnoha nástrojů politiky a programů na národní a evropské úrovni. Uvedení nových a inovovaných technologií na trh je ale jen tehdy trvale úspěšné, když je také ekologicky účelné a ekonomicky atraktivní v rámci požadovaného harmonizovaného trhu s energiemi (Jevič, 2008).

1. Produkce slámy a její vlastnosti.

1.1 Produkce slámy

Andert, Sladký a Abrham (2006) uvádějí, že k energetickým účelům se ve světě využívá asi 2 miliardy tun fytomasy, což kryje asi 10 % světové potřeby primární energie. Z agronomického hlediska je možné energeticky využít bez nebezpečí snížení úrodnosti půdy a tedy snížení organických složek v půdě veškerou slámu olejnin a 25 až 50 % slámy obilnin. Možný potenciál pevných fytopaliv v ČR je podle těchto autorů znázorněn v tabulce 1.1.

Tabulka 1.1 – Možný potenciál pevných fytopaliv v ČR, úroveň 2005 až 2010

Palivo	zdroj	množství (t/r)
Dřevo	40 % lesní těžby, zpracovatelský odpad	2 600 000
Sláma obilovin (400 000 ha)	25 % ploch – (4 t/ha)	1 600 000
Sláma řepky (300 000 ha)	100 % - (3 t/ha)	900 000
Traviny (400 000 ha)	20 % ploch – 2 t/ha	800 000
CELKEM (současný stav)		5 900 000
Využitelný domovní odpad, dřevní šrot, papír, obaly	města i venkov ČR	6 000 000
Energetické rostliny (po roce 2010) (400 000 ha)	až 10 t/ha	4 000 000
Fytopaliva po roce 2010	přibližně celkem	16 000 000

Poznámka: V přepočtu na energetickou hodnotu se jedná o cca 15 – 20 % všech paliv v ČR. Podle předpokladů by mohlo být po roce 2020 dosaženo roční spotřeby až 20 mil tun.

Většina vedlejší zemědělské produkce nachází své uplatnění přímo v zemědělství, a proto není farmáři vykazováno jako odpad. Z tohoto důvodu se neobjevuje ani ve statistikách. Samotná produkce slámy (přesněji zbytkové biomasy po sklizni zrnin a olejnin) výrazně převyšuje celkové statisticky zjištěné množství zemědělských odpadů z rostlinné výroby (KÁRA, HUTLA, PASTOREK, 2008).

Podle Hutly (2010) jsou obiloviny naprosto převažujícími plodinami v zemědělství ČR. Z nich pšenice se pěstuje na více než 50 % takto osevaných ploch. Přehledně jsou tyto údaje spolu s řepkou uvedeny v tabulce 1.2.

Tabulka 1.2 – Bilanční hodnoty obilovin a řepky v ČR v roce 2007

Plodina	Osevní plocha (ha)	Výnos (t/ha)	Poměr hmotnosti zrna a slámy
Pšenice	811 000	4,88	1 : 1,85
Ječmen	499 000	3,85	1 : 1,08
Žito	37 500	4,72	1 : 1,70
Oves	59 000	2,91	1 : 1,40
Tritikale	50 000	4,29	1 : 1,75
Řepka	337 500	3,10	1 : 1,20 až 1,80

Jak uvádějí Stražil a Šimon (2009), v současné době již část zemědělských podniků, především v zemědělské výrobní oblasti kukuřičné a řepařské, hospodaří na půdě bez chovu skotu a některé i bez živočišné výroby (převážně zemědělci s pronajatou půdou). Při odhadu 20% zastoupení takto hospodařících zemědělských podniků v těchto oblastech to představuje zhruba 280 tis. ha orné půdy.

Při vyšších procentech zastoupení obilnin v plodinových strukturách obilnin (nad 65 % a více) i při nutné zaorávce slámy (přísun organické hmoty do půdy) činí produkce tzv. „nepoužitě“, nadbytečné slámy minimálně 500 tis. tun, která je okamžitě k dispozici jako fytopalivo. Produkci fytomasy a energetický obsah uvádí tabulka 1.3.

Tabulka 1.3 – Energetický obsah a energetická produkce

Druh rostl. biomasy	Výhřevnost biomasy při vlhkosti 5% (MJ/kg)	Spalné teplo sušiny biomasy (MJ/kg)	Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha)	Energetická produkce 1 ha (GJ)
Sláma obilnin	15,5	17,5	4,2	65,1
Sláma řepky olejky	15,3	17,5	3,0	45,9

Jevič (2008) uvádí, že podle sklizně obilovin a řepky olejné v roce 2008, je zde současný dostupný potenciál slámy obilovin pro výrobu cca 1 mil. tun tuhých biopaliv z obilní slámy ve formě standardizovaných briket a pelet. Přitom se zohledňuje agronomicky správný postup týkající se skladby plodin. Předpokládá se řízený sběr slámy pšenice ozimé, tritikale a řepky olejné v průměrném množství max. 1 t.ha⁻¹. To velmi reálně udržuje nezbytný podíl organických zbytků a anorganických živin v půdě.

1.1.1 Obilní sláma

Obiloviny zaujímají v ČR 51,5 % plochy zemědělské půdy. V roce 2000 byly sklizeny obiloviny z celkové plochy 1 580 000 ha a při uvažovaném průměrném výnosu 4 tuny slámy z hektaru bylo dosaženo celostátní produkce 6 324 000 t slámy. Největší množství slámy je vyprodukováno v jihomoravském a středočeském regionu.

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.

1.1.2 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.

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 (Motlík, Váňa, 2002).

1.2 Vlastnosti slámy

Za pozornost podle Anderta, Sladkého a Abrhama (2006) stojí vedle uhlíku a kyslíku i obsah vodíku (tabulka 1.4), který s kyslíkem v plameni vytváří vodu, resp. vodní páru. Z 1 kg vodíku vzniká bezmála 9 kg vody. 1 kg vody odnáší ve spalínách 2,44 MJ tepla. Proto kondenzační kotle, které dokáží toto unikající teplo využít se začínají objevovat i v oblasti spalování biopaliv. Každá bylina během svého růstu obsahuje nejméně 80 % vody. Tento obsah v procesu dozrávání a po jeho skončení a odumření nadzemní stébelnaté části postupně klesá až asi na 20 %, případně i méně (tabulka 1.5). Zralé stébelniny ponechané za příznivého počasí na řádku mohou během tří dnů ztratit vodu až na cca 15 %. To zcela vyhovuje pro sklizeň i skladování včetně následného slisování do balíků nebo i zpracování například do briket. Ukázalo se však, že nejlepším stébelnatým palivem je palivo vymoklé a znovu usušené. V dánských výtopnách se sláma šedivá, ale suchá, cení více než sláma krásně žlutá - nevymoklá. Souvisí to s nutností zbavit se rozpustných organických sloučenin obsahujících chlor, draslík, fosfor i dusík. Vymoknutím se snižuje i obsah popele, zvyšuje výhřevnost, protože ve stébelninách zůstává jen část křemíku, vápníku a draslíku, které do popele přecházejí.

Tabulka 1.4 – Složení pevných paliv s obsahem vody do 15 %

Palivo	Obsah zplyňujících látek v sušině (%)	Obsah prvků (%)					
		C	O	H	N	S	Cl
Sláma	75-80	44	35	5	0,5	0,1	0,2
Dřevo	70-75	43	37	5	0,1	0,0	0,0
Dřevní uhlí	23-25	71	11	3	0,1	0,0	0,0
Rašelina	70-75	47	32	5	0,8	0,3	0,0
Uhlí hnědé	47-57	58	18	5	1,4	2,0	0,0
Uhlí černé	24-28	73	5	4	1,4	1,0	0,0
Koks	4-6	80	2	2	0,5	0,8	0,0

Tabulka 1.5 – Vlastnosti pevných biopaliv, obsah vody, výhřevnost, popel

Palivo	Vlastnosti						Teplota měknutí popele (°C)
	Obsah vody (%)		Výhřevnost (MJ/kg)		Obsah popele (%)		
	rozsah	převlád.	rozsah	převlád.	rozsah	převlád.	
Dřevní štěpka	20 - 55	40	5 -13	9	0,5 - 2	0,8	900
Kůra čerstvá	40 - 65	55	4 -10	7	0,5 - 5	1,5	850
Sláma řepky	15 - 25	17	13 -17	14	3 - 10	5	750
Rašelina surová	45 - 55	50	8 - 11	10	0,5 - 4	3	900
Domovní odpad	10 - 50	25	4 -15	9	10 - 50	25	650
Dřevo, polena	20 - 30	25	12 -15	13	0,5 - 2	0,7	900
Dřevo, obaly, truhlář. odpad	10 - 15	13	15 -17	16	0,5 - 2	0,7	900

1.2.1 Zvláštnosti vlastností pevných biopaliv

1.2.1.1 Obsah kyslíku

Biopaliva (nedávno ještě živá biomasa) se při porovnání s fosilním palivem (ležícím miliony let v podzemí) vyznačují vysokým stupněm okysličení, tj. obsahem kyslíku a tím sníženou výhřevností, ale s lepším prohoříváním spalných plynů a nižšími emisemi.

1.2.1.2 Vysoký podíl těkavých látek

(70 až 80 %) snadno zplyňujících při teplotách přes 200 °C. Tato základní odlišnost biopaliv (od pevných fosilních paliv), musí být zohledněna při jejich spalování dostatečným prostorem v topeništích. Dále jsou nutné dostatečné prostory k zajištění prohoření vznikajícího velkého množství spalných plynů. Biopaliva předávají teplo především konvekcí - stykem vyhořelých spalin s tělesem výměníku. Koks a dřevní uhlí obsahují jen 5 % těkavých látek a při hoření předávají teplo především sáláním tepla ze žhnoucího paliva. Proto jsou konstrukce topeniště kotle pro obě tyto skupiny paliv naprosto rozdílná.

1.2.1.3 Nižší měrná objemová hmotnost

Je další odlišnou základní fyzikální hodnotou biopaliv, která se pohybuje od cca 40 kg/m³ sypaného nejlehčího paliva (suchých pilin, řezané slámy) až do cca 700 kg/m³ u nejvíce slisovaných briket a pelet (tabulka 1.6). Hustota (tabulka 1.7) samotné peletky je až 1 300 kg/m³.

Tabulka 1.6 – Objemové hmotnosti paliv ze slámy

Stav paliva	Měrná hmotnost (kg/m ³)	Hmotnost kusu (kg/ks)	Způsob manipulace
Sláma řezaná	40 - 60	0,0	mechanicky
Nízkotlaké balíky standardní	60 - 80	5	ručně i mechanicky
Vysokotlaké balíky standardní	80 - 120	10	ručně i mechanicky
Obří balíky válcové	60 - 90	350	jen mechanicky
Obří balíky kvádrové	80 - 160	400	jen mechanicky
Brikety (sypná hmotnost)	350 - 600	0,5 - 1	ručně i mechanicky
Pelety, granule (sypná hmotnost)	300 - 550	0,01	ručně i mechanicky

Poznámka: Pelety a granule do průměru 20 mm. Brikety průměr 40 – 90 mm

Tabulka 1.7 – Orientační údaje základních vlastností pevných biopaliv

Palivo - stav, forma	Hustota		Vody (%)	Výhřevnost	
	sušiny (kg/m ³)	hmoty (kg/m ³)		(MJ/kg)	(MJ/m ³)
Polena, jehličnany	410	820	50	8,1	6 660
Polena, listnáče	580	1 160	50	8,1	9 396
Kůra, volná, čerstvá	160	320	50	8,1	2 592
Průmyslová štěpka	170	340	50	8,1	2 772
Štěpka suchá	170	210	20	14,4	3 024
Krajinky vázané	300	600	50	8,1	4 860
Piliny	120	240	50	8,1	1 944
Dřevní pelety, brikety	495	550	10	16,6	9 108
Lesní štěpka jehličnany	175	250	30	12,3	3 060
Lesní štěpka listnáče	225	320	30	12,3	3 960
Tyčovina, jehličnany	300	429	30	12,3	5 293
Těžební odpad, větve	40	80	50	8,1	648
Probírky, listnáče	80	160	50	8,1	1 296
Topoly, štěpka	160	355	55	7,1	2 520
Sláma: řezanka	50	60	15	14,4	936
Sláma: kvádrové balíky	120	140	15	14,4	2 160
Sláma: válcové balíky	85	100	15	14,4	1 548
Sláma a zrno: kvádrové balíky	160	190	15	14,4	2 952
Sláma a zrno: válcové balíky	120	140	15	14,4	2 160
Sláma: brikety, pelety	450	500	10	16,6	8 280

1.2.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti tuhých biopaliv podle Jeviče (2008).

Do seznamu vlastností určujících jakost tuhých paliv se dá napsat velký počet znaků, jimž se v praxi přisuzuje různě velký význam. V podstatě je třeba rozlišovat dvě skupiny znaků: chemické složení a fyzikální vlastnosti. K chemickým znakům patří obsah prvků (především Cl, N, S, K a těžké kovy) a rovněž obsah popela, vody a spor hub. Vedle toho do této skupiny patří také výhřevnost a tavitelnost popela. Fyzikální vlastnosti charakterizují naproti tomu mimořádně zřetelné znaky, příp. způsob úpravy. Dají se popsat parametry jako jsou rozměry, sytná hmotnost, sytný objem, rozdělení podle velikosti, rozměr částic, mechanická odolnost, odolnosti proti otěru apod. Příklady analýz uvádí tabulka 1.8.

Tabulka 1.8 – Fyzikálně-mechanické a chemické vlastnosti topných pelet z řepkové a pšeničné slámy \varnothing 8 mm

Složení	Jednotka	Řepková sláma	Pšeničná sláma
Voda	% m/m	7,85	6,4
Prchlavá hořlavina	% m/m	70,11	69,81
Neprchlavý zbytek	% m/m	16,4	17,46
Popel	% m/m	5,64	6,33
C	% m/m	43,64	43,04
H	% m/m	6,11	6,51
N	% m/m	0,84	0,72
S	% m/m	0,14	0,05
O	% m/m	35,64	36,89
Cl	% m/m	0,14	0,09
Tavitelnost popela			
t_s (deformace)	°C	1 050	780
t_a (měknutí)	°C	1 300	800
t_b (tání)	°C	1 300	1 020
t_c (tečení)	°C	1 300	1 050
Otěr (mechanická odolnost)	%	2,28	0,98
Hustota pelety	kg.m ⁻³	1 225,1	1 343,3
Spalné teplo	MJ.kg ⁻¹	16,75	16,93
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	15,23	15,45
Sytná hmotnost	kg.m ⁻³	665,2	634,7

1.2.2.1 Obsah vody

Obsah vody je veličina podstatně ovlivňující výhřevnost. Protože bezvodá biomasa se v přírodě prakticky nevyskytuje, musí se vždy během spalování nebo zplyňování odpařit větší nebo menší množství vlhkosti. Vedle výhřevnosti ovlivňuje obsah vody také vhodnost ke skladování. Obsah vody nad 16 % vede zpravidla k biologickým procesům odbourávání nebo transformace, které jsou spojeny se ztrátami. Odbourávání substance bakteriemi nebo houbami probíhá ale také souběžně se změnou složení paliva. Například vlivem růstu hub dochází příležitostně ke zvýšení obsahu ligninu. Také je tendence ke zvyšování obsahu popela, protože anorganická masa zůstává stejná. K tomu přistupuje nebezpečí požáru, které existuje u vlhkých paliv především ze samovznícení. Je zapříčiněno respirací (dýcháním) ještě žijících buněk Parenchymu. Od teploty 40 °C probíhá tato respirace ve zvýšené míře, takže další uvolňování tepla do 60 °C, příp. 75 °C vede zpětně k metabolismu hub a bakterií. Příčiny dalšího zvyšování teploty do 100 °C nejsou dosud úplně objasněny.

Zde se tuší průběhy procesů sorpce vodní páry, pyrolýzy a hydrolyzy a rovněž katalytické efekty určitých kovů. Nad 100 °C dochází konečně k chemické oxidaci, která může vést až k samovznícení. Toto nebezpečí existuje především při naskladnění vlhkých balíků sena a u jemně rozdrčeného dřeva ve formě pilin nebo kůry, protože vznikající teplo nemůže být odváděno z důvodu zabraňující přirozené konvekce a nepatrného vedení tepla.

1.2.2.2 Spalné teplo

Spalné teplo je množství tepla, které je k dispozici, když se také zpětně získává kondenzační teplo z vodní páry, která se tvoří při spalování. K tomu musí být spaliny ochlazený tak, aby mohla kondenzovat vodní pára z vazeb paliva obsahujících vodu ve formě vázané nebo volné. Protože teplo přitom uvolněné přispívá k výtěžku energie, leží spalné teplo stále výše než výhřevnost. To platí obzvláště u vlhkých paliv, u kterých s kouřovým plynem odchází vodní pára a pokud není využito jejich kondenzační teplo, snižuje se tepelná účinnost spalování. Teprve rekondenzace vznikající vodní páry umožňuje vyšší zisk energie, při kterém je využito spalné teplo („technika spalného tepla“).

Při nízkém obsahu vody (< 30 %) se již tolik neprojevuji změny obsahu vody v daném množství paliva (např. v naplněném silu štěpky) na celkové množství energie. Sice výhřevnost a spalné teplo klesají lineárně se zvyšujícím se obsahem vody, avšak

energetické množství ohodnocené spalným teplem zůstává na obsahu vody nezávislé. To znamená, že při sušení paliva ve spodní oblasti obsahu vody nestojí v popředí zvýšení netto-energie, ale víceméně zamezení hmotnostních ztrát biologickým odbouráváním a rovněž dodržení jakosti. Stébelniny a energetické obiloviny a byliny se obvykle spalují suché. Ovšem neměli bychom vyloučit siláže celých rostlin, kde lze uplatnit využití techniky spalného tepla. Látky obsažené v palivu mají vliv na emise škodlivin, na vývoj koroze a na tvorbu strusky ve spalovací komoře a výměníku tepla.

1.2.2.3 Výhřevnost

Výhřevnost je v praxi podstatně více ovlivňována obsahem vody než druhem biomasy. U absolutně suché stébelné hmoty je např. výhřevnost pouze asi o 6 % nižší než u sušiny dřevin. Pro výhřevnost sušiny je rozhodující látkové složení. Biomasa s vysokým obsahem ligninu má zpravidla vyšší výhřevnost než materiál obsahující převážně celulózu.

Výhřevnost samotného ligninu je při 28,8 MJ/kg o cca dvě třetiny vyšší než celulózy (cca 17,3 MJ/kg). Výhřevnost tuhých biopaliv je také ekonomickým parametrem.

1.2.2.4 Chlor (Cl)

Obsah chloru v tuhých biopalivech je důležitý technický parametr s ohledem na tvorbu korozivní HCl. Význam se také diskutoval s ohledem k jeho možné účasti při tvorbě polychlorovaných dibenzo-dioxinů/furanů (PCDD/F) při spalování. Kvantitativní souvislosti mezi obsahem Cl v palivu a emisemi PCDD/F jsou dostatečně objasněny řadou autorů. Korozivní účinky se dále projevují ve spolupůsobení s alkalickými kovy a s SO₂ na povrchu výměníku tepla a dalších kovových částí zařízení. Mimoto může zvýšený obsah Cl také vést ke snížené teplotě měknutí popela.

1.2.2.5 Dusík (N)

Obsah N v palivu působí přímo na produkci oxidu N, protože tento prvek přechází při spalování téměř úplně do plynné fáze. K vázání na popel téměř nedochází, neboť teploty popela zůstávají velmi nízké, což ovšem vede ke špatnému vyhoření a vysokým emisím CO a uhlovodíků C_xH_y. Oxidace množství N obsaženého v palivu představuje při využití biomasy s odstupem nejdůležitější mechanismus tvorby NO_x.

1.2.2.6 Síra (S)

Také pro oxidy S má primární význam obsah prvku v palivu. Síra přechází během spalování za tvorby SO_2 , SO_3 a stupňů alkalisulfátů z největší části do plynné fáze. Jako v případě chloridu dochází během ochlazení kouřových plynů v kotli částečně ke zpětné kondenzaci, při které se alkali a erdalkalisulfáty buď srážejí na částicích polévatého popílku, případně jsou sulfaticky vázány. SO_2 ve formě plynu a sulfát vázaný na neodstraněném prachu uniká do okolí. Síra může být také nepřímo zodpovědná za zvýšené riziko koroze. To spočívá v tom, že při vyšších koncentracích SO_2 v kouřovém plynu dochází k vyšší sulfatizaci dispozičních alkalických a erdalkalických chloridů. Tím je uvolňován Cl_2 podporující korozi.

1.2.2.7 Draslík (K)

Obsah K v palivu určuje na jedné straně nepřímé působení při korozních procesech na výměníku tepla a dalších částech zařízení přicházejících do styku se spalinami a na druhé straně také ovlivňuje měknutí popela. Oproti Ca, který zvyšuje bod tání, K teplotu tání snižuje. Přitom zřejmě záleží na poměru K : Ca. Spolupůsobení na korozních procesech u K (a sodíku Na) je dáno skutečností, že tyto prvky nejsou sice tak snadno prchavé jako Cl a S, ale při spalování mohou tvořit plynné alkalichloridy. Ty při ochlazení kondenzují na plochách výměníku nebo na částicích letícího prachu. Na výměníku tepla reagují tyto kondenzující alkalichloridy s SO_2 ze spalin na alkalisulfáty a Cl_2 . Poslední difundují porézními vrstvami okují na ocelových stěnách výměníku tepla, na nichž dochází vlivem redukčních podmínek k tvorbě FeCl_2 . Vlivem velkých rozdílů v teplotě uvnitř obkladové vrstvy na výměníku tepla dochází k různým parciálním tlakům FeCl_2 , které vedou k tomu, že toto plynné vázání opět difunduje ven z ocelové stěny, přičemž na své cestě se opět dostává do oxidačních podmínek. Přitom se oxiduje železo, takže část uvolněného Cl je znova k dispozici pro proces koroze. Lze hovořit o oxidaci povrchové vrstvy kovu při zvýšené teplotě, tzv. tvorba okují. Vedle těchto nepříznivých účinků se ale také velký podíl K váže s popelem a je tak v případě zhodnocení užitečně k dispozici jako hnojivo. Podíl K v hrubém popelu z topení dřevem a kůrou je asi 5,3 % (6,4 % K_2O). Podobně vysoké obsahy K přicházejí v úvahu v popelu z cyklonu, zatímco jemný polévatý popílek má v průměru asi 11,8 % (14,3 % K_2O).

1.2.2.8 Vápník (Ca), hořčík (Mg), fosfor (P)

Ca a P působí zvýšení bodu tání popela z biomasy. Také Mg jsou připisovány takové účinky. U paliv s nepříznivými poměry měknutí popela může být prostřednictvím přísad obsahujících Ca dosaženo zlepšení poměrů tání popela. Další pozitivní účinky se ukazují při vázání problémových látek popelem. Vysoký obsah alkalických kovů (především Ca) vede např. k tomu, že velká část S zůstane v popelu, a tím se neprojeví ve spalinách jako problémová látka. Tři uvedené prvky samotné zvyšují mimoto hnojivou hodnotu popela.

1.2.2.9 Těžké kovy

Těžké kovy zůstávají z velké části v popelu a ovlivňují tím opětnou použitelnost jako hnojivo. Těžkými kovy jsou především Cd, Zn a Pb lehce prchající. Nacházejí se následkem rekondenzace na částicích poléťavého popela opět ve zvýšené míře v jemném poléťavém popílku (např. v tkaninových filtrech nebo elektrofiltrech). Odděleným zhodnocením příp. odstraněním ložního, cyklonového a jemného poléťavého popela („frakční odlučování těžkých kovů“) mohou být minimalizována rizika vnesení škodlivin při zemědělském zhodnocení popela jako hnojiva.

1.2.2.10 Teplota deformace popela, teplota měknutí, tání a tečení

Při termických procesech přeměny energie dochází na žárovém lůžku k fyzikálním změnám popela. Podle úrovně teploty dochází k deformaci až k úplnému roztavení částic popela. Tyto změkčovací poměry jsou charakterizovány teplotami deformace, měknutí (kulovitěho tvaru), tání (polokulovitěho tvaru) a tečení. U paliv s nízkými teplotami měknutí popela, mezi které patří např. stébelniny a celé rostliny obilovin, existuje vysoké riziko, že překročení kritické teploty povede k připečeninám v topeništi, na roštu a na stěnách výměníku. Tyto připečeniny mohou vést k poruchám, přerušování provozu a ke změnám v přívodu spalovacího vzduchu a musí být mechanicky odstraňovány. Zamezení připečenin se může provádět nákladnými přídatnými zařízeními, jako jsou vodou chlazené roštové systémy nebo spalovací pánve, zpětná vedení spalin, drtiče popela, víření paliva apod., přesto je to většinou spojeno se zvýšením nákladů. Paralelně k tomu musí být často také omezena maximální teplota spalování. Protože tento pokles teploty není vždy

kompenzován odpovídající větší dodatečnou spalovací zónou ke zvýšení doby trvání plynu, je tendence k následným účinkům na úroveň produkce škodlivin, neboť při klesajících teplotách probíhají spalovací reakce pomaleji a vyžadují tak delší reakční dobu, aby se zajistilo co možná úplné spálení nespálených částic spalin. Ke zjištění usazenin a emisí jsou v tabulce 1.9 souhrnně uvedeny body tání a varu důležitých prvků v obilním zrnu a očekávaných sloučenin při spalovacím procesu.

Tabulka 1.9 – Příklady teplot tavitelnosti popela získané analýzou různých zkušebních vzorků

Druh paliva	Teploty (°C)			
	deformace	měknutí	tavení	tečení
Ječná sláma	659	783	923	1118
Pšeničná sláma	612	767	1044	1257
Řepková sláma	633	665	1452	1460
Kukuřičná sláma	796	886	1036	1059
Pšeničné zrno	612	727	772	792
Smrkové dřevo	1041	1180	1265	1310
Hnědé uhlí	1260	1280	1360	1500

2. Přehled současných technologií sklizně a skladování slámy

2.1 Sklizeň slámy

Souček (2009) uvádí, že ke sklizni slámy jsou k dispozici různé postupy. Technologické postupy, které jsou standardně využívány v rostlinné výrobě v podmínkách České republiky, vyžadují zpracování slámy zbývající z porostu po sklizni zrna.

V praxi je využíváno několik alternativ zpracování slámy. V případech, kdy je slámy málo nebo pro ni není vhodné využití, je nejčastěji rozdělena a rozmetána po poli pomocí drtiče integrovaného ke sklízecí mlátičce. Tento způsob zpracování slámy je výhodný zejména proto, že jej lze realizovat v rámci jedné operace společně se sklizní zrna, nevyžaduje samostatnou technologickou operaci spojenou s pořízením a provozem samostatného stroje a s přejezdy po pozemku. Oblíbenost tohoto způsobu zpracování v našich podmínkách roste.

V případech, kdy je pro slámu k dispozici vhodné využití, je její zpracování zaměřeno na efektivní sklizeň, transformaci do požadovaného stavu a racionální dopravu do místa skladování. V takovém případě jsou téměř výhradně využívány technologie sklizně s využitím sklízecího lisu nebo sklízecí řezačky. Tyto způsoby v celorepublikovém měřítku téměř vytlačily v minulosti hojně využívaný systém sběru a dopravy pomocí sběracích vozů.

Při sklizni pomocí sklízecí řezačky lze materiál sbírat ze řádku nebo sklízet nastojato pomocí žacích adaptérů. Výstupní materiál je od řezačky dopravován pomocí velkoobjemových dopravních prostředků ve formě řezanky na místo skladování. Vzhledem k nízké objemové hmotnosti vniklé řezanky je tento způsob sklizně akceptovatelný pouze při dopravě materiálu na krátké vzdálenosti. Při skladování zabere řezanka v porovnání se slámou slisovanou do balíků dvakrát až třikrát větší objem.

Pro sklizeň slámy je v podmínkách českého zemědělství nejčastěji aplikována alternativa s využitím sklízecích lisů na hranolové, případně válcové balíky ve druhé fázi sklizně. V první fázi sklizně jsou oddělena semena nebo celé vrchní části rostlin. První fáze sklizně je zpravidla provedena sklízecí mlátičkou. Lis následně sbírá materiál ze řádku. Operaci lze zefektivnit předchozím shrnutím řádků. Jak již bylo zmíněno, tento způsob sklizně stále ve větší míře nahrazuje ještě v nedávné minulosti častěji využívané alternativy sklizně s využitím sběracího vozu. Hlavním důvodem je fakt, že přeprava volně ložené slámy je méně efektivní a nákladnější, protože velikost ložného prostoru dopravních

prostředků je omezena předpisy o provozu na pozemních komunikacích. Dopravní prostředky jezdí při dopravě stébelnatých materiálů vytíženy na 20 až 50 %. Doprava zhutněných materiálů je vzhledem k vyšší objemové hmotnosti efektivnější.

V případě využití sklízecích lisů má výstupní materiál nejčastěji formu velkoobjemových balíků. Lisované balíky padají na pozemek, odkud jsou pak pomocí nakladače, manipulátoru nebo hydraulické ruky naloženy na dopravní prostředek a odvezeny na místo skladování.

Méně využívané jsou lisy, které slámu lisují do formy malých balíků, paketů, briket nebo pelet. Moderní sklízecí lis musí být podle definice v odborné literatuře schopen plynule sebrat z řádků suchý nebo zvadlý stébelnatý materiál a slisovat jej, případně svázat do stejných výlisků při seřiditelné velikosti a slisovanosti. Výlisky, nejčastěji balíky, jsou buď umístěny na strniště, nebo naloženy na dopravní prostředky. V současnosti jsou používány lisy, které lisují sebrané suroviny do následujících forem balíků:

- a) malé, hranolové o hmotnosti 20 až 35 kg, umožňující ruční manipulaci,
- b) velké, válcové, kruhového průřezu o hmotnosti 190 až 500 kg,
- c) případně obří hranolové čtvercového průřezu o hmotnosti 380 až 600 kg.

K balíkování jsou používány svinovací lisy (ty 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), pístové lisy a v malé míře i lisy šnekové.

Manipulace s velkými balíky vyžaduje použití mechanizačních prostředků. Objemová hmotnost balíků suché slámy je 50 až 250 kg/m³. Objemová hmotnost se zvýší desintegrací (viz kapitola 2.3) před vstupem do lisu. V současnosti je desintegrace u některých lisů řešena včleněním řezacího zařízení mezi sběrací ústrojí a vstup do lisovací komory.

Po slisování nebo během lisování na předepsanou slisovanost se balík převazuje provázkem nebo sítí.

Výhody hranatých balíků podle Javorka (2009):

Při lisování velkých objemů slámy, zejména v případě, že se bude tato komodita přepravovat na větší vzdálenosti či se bude využívat jako energetická surovina v různých typech průmyslových spaloven, se ukazuje výhodné ji lisovat do velkých hranatých balíků s hustotou, která odpovídá asi 160 až 220 kg/m³, a to v závislosti na konstrukci lisu, vlhkosti lisovaného materiálu a jeho struktuře. V evropských podmínkách převažuje nasazení lisů na velké hranaté balíky, v některých regionech se setkáváme rovněž s lisováním do malých hranatých balíků. Nasazení těchto klasických lisů na malé hranaté

balíky má značnou oblibu také v zámoří. Koneckonců to dokumentují výrobní programy jednotlivých výrobců této techniky, kdy se v nabídce pro vyspělé evropské země setkáváme převážně s lisy na velké hranolové balíky, nabídka v zámořských lokalitách obsahuje oba typy lisů. Základem lisů na hranaté balíky je lisovací komora a lisovací píst poháněný klikou.

Setkáváme se s různými modely, které se vyznačují odlišnými rozměry lisovacích kanálů. Tyto rozměry jsou velmi podobné mezi jednotlivými výrobci a liší se rámcově v rozsahu $\pm 0,1$ m co do výšky nebo šířky balíků. Typizované rozměry balíku, a tedy komory vypadají takto: 0,8 m x 0,5 m; 0,8 m x 0,8 m; 1,2 m x 0,7 m; 1,2 x 0,9 m a 1,2 x 1,2 m. Délka balíku je potom nastavitelná v rozsahu 0,5 až 3 m, a to v závislosti na výbavě stroje, konstrukci komory a systému lisování. Součástí lisovací komory je vázání buď jednoduché, nebo dvojité. Podle šířky balíku se setkáváme zpravidla se čtyřmi až šesti uzlovači, většinou s pneumatickým čištěním během provozu. Vázání je doplněno zásobníkem pro motouz, a to řádově pro 25 až 35 rolí podle typu a velikosti lisu. Jen pro orientaci, běžné rozměry balíků z lisu pro lisování malých hranatých balíků jsou následující: 0,35 až 0,4 m x 0,45 až 0,5 m, délka balíků je zpravidla nastavitelná v rozsahu 0,3 až 1,3 m v závislosti na výrobcu, typu apod. Některé lisy na klasické hranaté balíky v zámoří pracují i se systémem, který umožňuje malé balíky dále vázat a vytvářet z nich velké hranolové balíky. Někteří výrobci lisů na hranaté balíky rovněž nabízejí systém, kdy jeden velký balík tvoří několik malých balíků, například o rozměru 1,2 x 0,7 m a délce 0,3 až 1,35 metru. Dalším příslušenstvím pro lisy na velké hranaté balíky jsou tzv. kumulační vozíky, které umožňují skládání více balíků buď na sebe, nebo vedle sebe, což výrazně přispívá ke zvýšené výkonnosti při následném sběru a odvozu, a to v případě, že zvolíme svozovou linku postavenou na různém typu a druhu nakladače a příslušeném počtu přepravních prostředků.

Svinovací lisy s pevnou i proměnlivou, nebo částečně proměnlivou lisovací komorou se uplatňují rovněž při sklizni slámy. Vzhledem k nižší hmotnosti suchého materiálu a k ekonomickým ukazatelům přepravy jde zejména o lisy s pevnou nebo částečně proměnlivou lisovací komorou o větším průměru, tj. nad 1,5 m, a lisy s proměnlivou komorou s větším průměrem balíků, tj. od 1,8 metru. Při lisování slámy se samozřejmě využívají i lisy s pevnou komorou o průměru 1,2 m i variabilní lisy s průměrem balíků do 1,5 m, neboť je nutné posuzovat ekonomiku lisu jako celek. Dalším faktorem, který rozhoduje při výběru vhodného průměru balíku, je technologie svozu, respektive možnost využití kapacity přepravních prostředků a nakládání balíků. Je třeba

minimalizovat „hluchá“ místa, která vznikají mezi jednotlivými balíky, což u hranatých balíků neznáme.

Sběr hmoty zajišťuje sběrač obdobné konstrukce, která byla popsána u lisů na hranaté balíky, šířka sbírání dosahuje u větších modelů svinovacích lisů zpravidla 1,8 až 2,2 m, u menších typů se setkáváme se šířkou 1,4 až 1,8 metru. Vkládání a řezání vychází z obdobných konstrukčních principů jako u lisů na hranaté balíky. Svinovací lisy mají většinou 15 až 25 nožů a teoretická délka řezanky je zpravidla 40 až 70 mm. Vkládání může být doplněno systémem reverzního chodu, nebo výklopným dnem, které se využívá při ucpání.

Lisovací komora u modelů s konstantním průměrem balíků (lze hovořit rovněž o lisování balíků s tzv. neutuženým jádrem) může být tvořena lisovacími válci, laťovým dopravníkem nebo jde o kombinaci obou systémů. Dopravníky mohou být tvořeny buď ocelovými řetězy, nebo pryžovými pásy vyztuženými speciální tkaninou. Latě, které spojují oba dopravníky, mají různý profil a slouží k zapření se do povrchu balíku, respektive hmoty. Vzhledem ke konstrukci, kdy nejdříve dochází k postupnému naplňování komory materiálem a teprve po jejím naplnění začíná lisování, je balík nejvíce utužen po obvodu a naopak nejméně ve střední části. Lisovací komora u modelů s proměnlivou komorou (balíky s utuženým jádrem), je tvořena soustavou pásů vyrobených z technické, patřičně pevné a vyztužené pryže, nebo jde opět o soustavu řetězových nebo pryžových dopravníků spojených latěmi různé konstrukce. Hmota se lisuje téměř od středu balíku, takže dochází k plynulému lisování v rámci celého průměru a vzniká balík s utuženým jádrem. Průměr balíku se potom mění nastavením dráhy pohybu těchto dopravníků.

Některé lisy mohou být vybaveny rovněž tzv. částečně proměnlivou komorou. V tomto případě je komora tvořena laťovým dopravníkem a změnou dráhy dopravníku se mění průměr balíku, respektive jeho obvod. Jde tedy principiálně o pevnou komoru, to znamená, že se lisují balíky s měkkým jádrem, ale díky možnosti změnit dráhu dopravníků se mění jejich průměr.

Andert, Sladký, Abrham (2006) uvádí, že sláma obilovin, řepky a dalších stébelnin se sklízí pro energetické účely v létě po sklizni zrna a to výhradně z řádků položených za sklízecí mlátičkou nebo žacím strojem na relativně vysoké strniště, umožňující proschnutí stébelnin během několika dnů pěkného počasí. Stébelniny se sklízí při vlhkosti 15 – 20 %. Pro účely spalování se více hodí vymoklá, ale suchá sláma. Má snížený obsah minerálií (např. chloru, dusíku, draslíku) a tím i množství popele a sníženou agresivitu spalin.

2.1.1 Svoz balíků

Podle Hutly (2010) se sláma z pole expeduje nejčastěji ve formě balíků, a to válcových nebo hranolových. V tabulce 2.1 jsou uvedeny typické parametry balíků slámy zjištěné při sklizni lisy Case. Stupeň slisování, tj. dosažená hustota závisí na konstrukci lisovacího zařízení a na zkrácení materiálu.

Tabulka 2.1 – Průměrné rozměry a hmotnosti balíků

Ukazatel	Jednotka	Válcový balík		Hranolový balík	
		bez řezání	s řezáním	bez řezání	s řezáním
Počet nožů	kus	-	15	-	33
Hmotnost balíku	kg	328	375	303	313
Rozměr	průměr/délka	mm	1780	2300	
	šířka	mm	1200	1200	
	výška	mm	-	700	
Objem balíku	m ³	2,99		1,93	
Objemová hmotnost slisované slámy	kg/ m ³	110	126	157	162

Standardní forma paliva ve formě balíků má výhodu ve snadné manipulaci, v použití i v obchodování. Toto palivo je vhodné pro centrální kotelny, kde jsou použity kotle nad 1 MW. Většina těchto kotelen ovšem preferuje palivo ve formě balíků hranolových.

Systémů dopravy podle Součka (2009) balíkové slámy existuje víc. Aby bylo využití dopravního prostředku co nejvyšší, musí být vybrán nejvhodnější typ a provedení dopravního prostředku z hlediska agregace s tažným prostředkem a jeho povolené rychlosti. V úvahu je nutné vzít možnosti využití automobilní techniky. Významným kritériem výběru je i možnost a způsob případné výměny mezi taženým dopravním prostředkem při pohybu v terénu a na krátké vzdálenosti a dopravním prostředkem určeným pro silniční dopravu na delší vzdálenosti. S ohledem na převažující podíl jízd po zpevněných komunikacích a mění se dopravní vzdálenosti podle místa pracovního nasazení je vhodné, aby přípojná vozidla disponovala povolenou rychlostí nejméně 40 km/h.

V případě využití velkoobjemové nástavby musí být v její konstrukci zohledněny vlastnosti přepravovaných balíků. Z hlediska vyprazdňování musí být zase zohledněn způsob následné manipulace s materiálem. V provozu je pak třeba zohlednit, zda se jedná o

vykládání na volné ploše, které je v podstatě bez omezení, či pod střechou, kde je třeba ověřit výškový i průjezdný profil. Provozně jednodušším řešením je průjezdné uspořádání hal, které minimalizuje manévrování soupravy uvnitř a odstraňuje kolizní situace. Zkracuje rovněž čas vykládky.

S rozšiřováním metody sklizně slámy s využitím lisů se rozvíjí skupina speciálních přípojných vozidel na přepravu balíkových velkoobjemových hmot. Jejich provedení je přívěsové nebo návěsové. Z hlediska manipulace s balíky existuje ve spojení s dopravním prostředkem několik konstrukčních řešení:

- plošinové traktorové přívěsy s nákladkou mobilním nakladačem na poli nebo na překladišti,
- traktorové návěsy vybavené vlastním nakládacím zařízením,
- speciální traktorové návěsy vybavené automatizovaným nakládáním a stohováním.

Příkladem jsou typy balíkových přívěsů s užitečným zatížením 7,3 až 14 t a kapacitou 30 až 44 kusů válcových nebo hranolových balíků. Ložná plocha má délku 7,6 nebo 11,8 m při výšce nad zemí 1,1 m. Provedení podvozku je dvou- nebo třínápravové. Na trhu v ČR jsou k dispozici přívěsy na přepravu balíků s kapacitou zpravidla 21 velkých hranolových balíků nebo 26 válcových balíků o průměru do 1,5 m. Vyrábí se variantně s nápravami pro rychlost 40 nebo 80 km/h, pérováním parabolickými pružinami nebo vzduchovými vlnovci.

Tato vozidla se využívají vesměs na svoz balíků z pole do zemědělského závodu na kratší dopravní vzdálenosti (5 až 6 km). Nákladku i vykládku zajišťují zpravidla samojízdné nakladače. S variantou přívěsu pro vyšší přepravní rychlost než 40 km/h lze uvažovat i o agregaci s nákladním automobilem na větší dopravní vzdálenosti (nad 20 km).

Návěsy s vlastním nakládacím zařízením sbírají válcové balíky po poli, přemístí je na návěs, vytvoří obvykle dvojici (dva balíky vedle sebe nebo na sobě), odsunou je pomocí podlahového dopravníku směrem dozadu, a tak postupně naplní celý návěs. Balíky jsou vykládány směrem vzad, na zem, opět pohybem podlahového dopravníku. Takto řešené stroje mají nejčastěji ložnou kapacitu 14 válcových balíků ukládaných po dvou na sebe. Typ o největší ložné kapacitě dokáže naložit 32 balíků. Samočinné nakládání balíků do přepravníku zajišťuje obdobně další skupina strojů, která je však navíc vybavena sklápěním dozadu celého ložního prostoru, takže náklad „postaví“ za sebe a vytváří tak postupně „stoh“ z balíků.

Vytváření stohu balíků např. na okraji pole lze také využít pro variantu odvozu balíků na větší vzdálenost, kdy se balíky teleskopickým nakladačem ze stohu přeloží na soupravu.

V obchodním styku by mělo být součástí dopravního cyklu vážení na mostové váze a dohoda dodavatele s odběratelem o uznání navážených hodnot. Alternativní variantou je vážení náprav na tenzometrických přejezdových vahách.

Součástí podnikové strategie je optimalizace dopravní vzdálenosti a způsob dopravy, neboť náklady na dopravu tvoří stále významnější podíl logistických nákladů. Tento fakt je důsledkem nezanedbatelné ceny pohonných hmot, zavádění zpoplatnění dálnic a silnic pro nákladní vozidla (mýtné) a v neposlední řadě i rostoucích osobních nákladů při obsluze a údržbě dopravních prostředků. Dopravní vzdálenost bezprostředně ovlivňuje i spotřebu času vynakládaného na dopravu.

Technologie svozu balíků podle Javorka (2009).

Existují dvě základní technologie. Standardní – s využitím běžné manipulační a dopravní techniky, a speciálními, kdy pro svoz kulatých či hranatých balíků využíváme takovou mechanizaci, která je pro tento účel zkonstruována. Standardní technologii bude vždy tvořit jeden nebo více manipulačních prostředků a jeden nebo více dopravních prostředků. Pro nakládání a vykládání balíků můžeme zvolit traktor s čelním nakladačem, teleskopický nakladač různé konstrukce a také velký kolový nakladač. K manipulaci s kulatými i hranolovými balíky existuje na trhu řada adaptérů – od jednoduchých špiců přes různé modely drapáků a kleští až po speciální adaptéry pro stohování a svoz. Manipulační techniku je nutné volit především s ohledem na druh a hmotnost balíku, požadavky na nakládání či jejich ukládání ve skladech a také s ohledem na další manipulaci (nakládání fólií ovinutých senážních balíků). Pro samotný svoz se využívají klasické návěsy a přívěsy, u nichž je však nutné zajistit balíky proti samovolnému pohybu a vyvarovat se tak nebezpečí při přepravě po pozemních komunikacích, které by mohlo mít nedozírné následky. Dnes se setkáváme na trhu i s řadou výrobců, kteří nabízejí různé návěsy a přívěsy pro přepravu kulatých a hranatých balíků. Tato dopravní technika je konstruována na různou nosnost a počet balíků a díky provedení zajišťuje bezpečnou přepravu při dodržení pravidel bezpečnosti práce.

Další skupinu tvoří speciální technika pro dopravu a manipulaci s balíky. Také zde se setkáváme s různou úrovní výbavy, odlišným provedením, přičemž i do této oblasti pronikají systémy automatizace. Jde o jednoduché návěsy s hydraulickým nakládacím

ramenem, mechanické a jednodušší návěsy pro sběr, přepravu a vykládku balíků až plně automatizované stohovací návěsy, které jsou určeny zejména pro hranaté balíky. Pracovní část tvoří nakládací zařízení, systém pro posuv balíku od nakládacího do přepravního prostoru, samotný přepravní prostor a rovněž systém pro opětovné vykládání balíků. Některá provedení jsou uzpůsobena tak, aby bylo možné balíky stohovat. Také v této oblasti se setkáváme s různými modely v rámci nabídky jednotlivých výrobců, které se opět liší počtem přepravovaných balíků a nosností. S rostoucími rozměry balíků klesá jejich počet, který je možné naložit, a každý z výrobců přesné údaje o kapacitě závislé na rozměru balíků uvádí, zejména s ohledem na technické možnosti a bezpečnost práce. Díky této technice je možné s jedním pracovníkem, v případě použití jedné soupravy, zajistit kompletní systém manipulace a dopravy se slisovanou slámou, ale také senem, případně senáží. Tyto skupiny technologií se týkají zejména řešení v rámci farmy, nebo zemědělského podniku.

Co se týká dopravy na delší vzdálenosti, ta se řeší soupravami rychlých systémových nosičů s pojezdovou rychlostí 60 až 80 km/h, nákladními automobily, případně soupravami s přípojnými vozidly (eventuálně kombinovanými s nakládacím ramenem) a kamionovými návěsy. V případě přepravy na pozemních komunikacích je nutné pamatovat na předpisy spojené s provozem vozidel na pozemních komunikacích. Týká se to zejména celkové šířky, které je potřeba přizpůsobit rozměry lisovaných balíků. Dalším parametrem je celková výška soupravy, i zde je nutné přizpůsobit rozměry balíků, respektive počet jejich vrstev při nakládání. Nesmíme také zapomínat na celkovou hmotnost soupravy. Nakládku opět řeší standardně používaná manipulační technika.

Dnes existuje řada možností, jak efektivně a ekonomicky manipulovat a dopravovat slámu, zejména s ohledem na vrůstající přepravní vzdálenosti, snižování časové náročnosti na úklid pozemků a skladování hmoty v místě uložení. Preferovány budou především větší hmotnosti balíků a takové technologie, které umožní snižovat počet pracovníků na tyto operace při zachování požadované výkonnosti.

2.2 Technologie sklizně s ohledem na zpracování a spalování slámy

Sběrací vozy, (doporučuje se použití řezacího ústrojí) o ložném obsahu 40 – 70 m³ se skladováním sklizené slámy většinou do polních stohů pomocí stohařů nebo do krytých skladů s mechanickým manipulačním zařízením. Doprava z pole je výhodná cca do 2 km.

Řezačky závěsné nebo samojízdné upravují materiál do formy snadno manipulovatelné řezanky, jako vhodné formy pro každé následující tvarové zpracování. Na poli vyrobená řezanka se odváží velkoobjemovými vozy a skladuje buď ve stozích pomocí pneumatických dopravníků nebo ve skladech s vhodnou manipulační technikou. Doprava je ekonomická do 2 km.

Sběrací lisy na lisování stébelnin do standardních malých balíků o hmotnosti 5 – 10 kg, přičemž se vyrobené balíky zpravidla dopravují od lisu na tažený nebo vedle jedoucí dopravní prostředek. Skladování je pod střechou s ruční manipulací, nebo s použitím různých typů dopravníků, event. drapákových jeřábů. Tato technologie je však na ústupu, nepodařilo se zatím ani vyvinout kotle na jejich přijatelné spalování.

Sběrací lisy na obří válcové nebo kvádrové balíky s hmotností od 250 do 400 kg, které se jednotlivě nebo skupinově odkládají na pozemek a následně mechanizovaně nakládají na dopravní prostředky. Uskladňují se pod střechou nebo ve stohu, který se pak přikrývá řezankou ze slámy nebo se zakryje folií. Technologie obřích balíků začíná v současné době převládat, neboť je vysoce výkonná (až 3 ha za hodinu) a balíky se mohou ekonomicky přepravovat až do vzdálenosti cca 50 km. Na rozdíl od ostatních forem při skladování zabírají zlomek prostoru. Vyhovují i pro spalování ve větších zařízeních.

Samojízdné sklizňové stroje se v současné době kromě tažených sklizňových strojů na stébelniny vyvíjejí a ověřují s cílem dosáhnout vyšší kulturnosti práce a vyšší výkon. Kromě toho se objevují i stroje, které některé energetické plodiny, například celou rostlinu Triticale (sláma i zrno) sklízí nastojato. Porost musí být však bez zelených plevelů a zcela zralý.

Sklízecí řezačka s peletovacím lisem je výjimečný kombinovaný stroj, umožňující výrobu topných slaměných pelet přímo na poli. Výkonnost je kolem 5 t za hodinu. Podmínkou jeho efektivního využívání je maximální využití během sklizně stébelnin a lisu i během roku jako stacionárního zařízení, protože pořizovací cena je zatím vysoká. Systém však přináší mnoho provozních výhod, především při větší přepravní vzdálenosti podstatnou úsporu dopravních nákladů. Dále též úsporu části skladovacího prostoru a následně automatizaci příkládání a provozu kotlů bez zbytečných technologických mezičlánků.

2.3 Technické řešení desintegrace rostlinných surovin

Desintegrace je energeticky poměrně náročná operace. Z toho důvodu je vhodné spojit ji s jinými operacemi. Typickým příkladem takového spojení je sklizeň rostlin sklízecí řezačkou. Při přejezdu konvenční sklízecí řezačky sklízeným porostem je oddělena sklízená část rostliny a dopravena do řezacího ústrojí. Zde proběhne její desintegrace a vzniklá řezanka je dopravena do dopravního prostředku. Sklízecí řezačka tedy integruje operaci sklizně desintegrace a manipulace. Takový postup je vhodný z hlediska energetického, logistického i technologického. Podobným způsobem je výhodné desintegraci provádět ve spojení s jinými operacemi (údržba a likvidace porostů, doprava, skladování, homogenizace směsi atd.)

Technické řešení desintegrace rostlinné biomasy není zpravidla nijak obtížné, ale jeho správnost je velmi důležitá z hlediska efektivity vložených finančních prostředků. Správné řešení může ušetřit výrazné množství finančních prostředků, které by bylo nutné vložit do dopravy, manipulace nebo do likvidace nevyužitelné hmoty. Oproti tomu nevhodné řešení může vést ku vložení investičních prostředků do zařízení, které je nevhodné. V daném případě zpracování surovin lze použít pouze omezeně a návratnost investičních prostředků je pak neúměrně dlouhá.

V praxi jsou pro desintegraci rostlinné biomasy na bázi dřevin nejčastěji používány štěpkovače a drtiče. Při desintegraci rostlinných surovin na bázi bylin jsou nejčastěji používaným zařízením řezačky. Při desintegraci na malé částice (tzv. jemné desintegraci; například při přípravě směsí před lisováním tuhých biopaliv) jsou nejčastěji používány drtiče, nebo speciální štěpkovače. Tato zařízení jsou někdy označována jako dodrcovače.

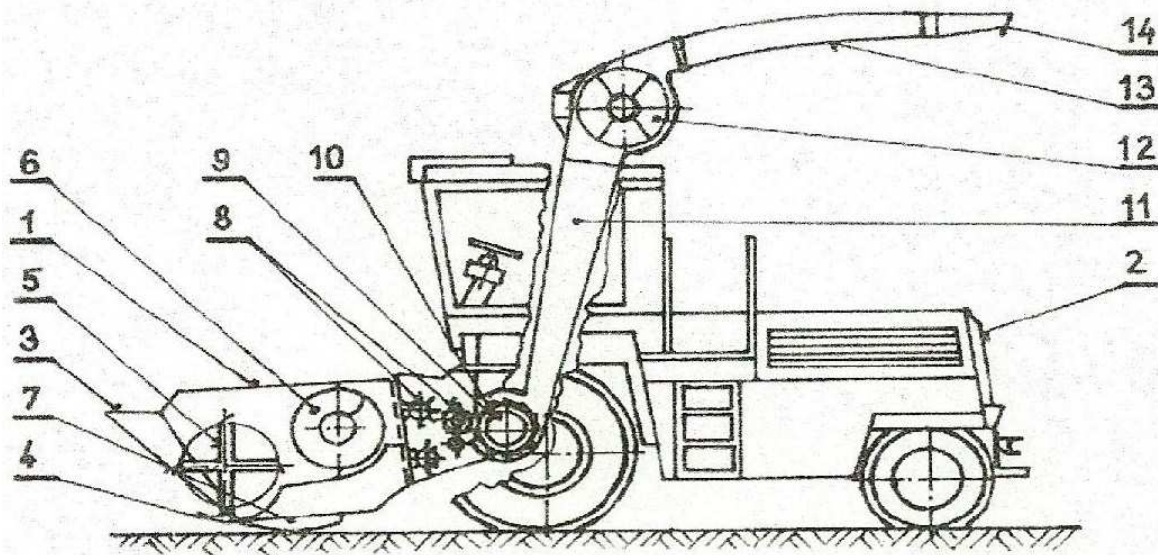
2.3.1 Řezačky

Řezačky jsou v podmínkách ČR využívány ve formě stacionárních i mobilních zařízení. Konstrukční provedení řezacího ústrojí má několik alternativ, nejčastěji používané způsoby jsou: - bubnové řezací ústrojí

- kolové řezací ústrojí
- cepové sklízeče

Stacionární formy řezaček jsou používány méně často. Nejčastěji jsou koncipovány jako součást linky, kde je nutné rozdružit volně loženou nebo balíkovanou slámu.

Nejběžnější forma je využívání řezaček v mobilní formě jako sklízecích řezaček. Sklizeň bylin pomocí sklízecí řezačky (schéma na obrázku 2.1) probíhá jednofázově, nebo ve druhé fázi po předchozí sklizni semen sklízecí mlátičkou.



Obrázek 2.1 – Schéma samojízdné sklízecí řezačky

- 1 – žací ústrojí (případně adaptér); 2 – základní jednotka; 3 – dělič;
4 – žací lišta; 5 – přiháněč; 6 – průběžný šnekový dopravník; 7 – plaz;
8 – vkládací ústrojí; 9 – řezací ústrojí; 10 – brousící zařízení; 11 – hubice;
12 – metač; 13 – koncovka; 14 – sklopka;

2.4 Skladování slámy

2.4.1 Zásady skladování slámy

Souček (2009) uvádí, že skladování slámy k energetickým a průmyslovým účelům se řídí stejnými zásadami jako při využití ke stelivovým nebo krmivářským účelům. Hlavním parametrem je udržení obsahu vody na nízkých hodnotách (do 17 %), které minimalizují riziko napadení plísněmi, hnilobou, houbami nebo jinými škodlivými činiteli. V případě zvýšeného obsahu vody je třeba materiál dosušit. Při využití sklízecích lisů je neefektivnější dosušit materiál na požadovanou vlhkost v řádcích na pozemku před lisováním. Dostatečně slisované balíky pak navlhají pouze na povrchu a do vnitřních vrstev voda neproniká. To je výhodou při nutnosti venkovního skladování. Zároveň tento fakt přináší nevýhodu, že v případě slisování mokrého materiálu nadměrnou vlhkost z vnitřních vrstev balíku prakticky nelze odstranit.

Obsah vody v materiálu je jedním z nejdůležitějších kvalitativních parametrů slámy v obchodním styku. Zvýšený obsah vody znamená zpravidla nižší výkupní cenu suroviny. Přesnou kontrolu je nutné provést stanovením obsahu sušiny v laboratoři. Pro orientační měření jsou na trhu k dispozici zapichovací vlhkoměry. Zkušení pracovníci poznají zpravidla zvýšený obsah vlhkosti i podle vyšší hmotnosti balíků. Hmotnost balíku je ovšem vedle obsahu vody v surovině ovlivněna rovněž slisovaností balíku a druhem slámy. Pro účely skladování lze i při energetickém nebo průmyslovém využití slámy použít standardní zařízení pro skladování zemědělských produktů, např. zastřešené zpevněné plochy, seníky atd. Výhodná je možnost skladování s možností aktivního provzdušňování, kdy lze slámu se zvýšeným obsahem vody dosušet i v průběhu skladování. Nouzově lze využít i venkovní skladování.

2.4.2 Skladování slámy v krytých prostorech

Maleř (1982) uvádí, že s přihlédnutím k hodnotě slámy mají být skladovací prostory pro slámu co nejlevnější. Masivní budovy zvyšují podstatně náklady na uskladnění; údržba a odpisy takových budov činí více, než je cena slámy. Dovolené zatížení výrobních nákladů slámy odpisy budov by nemělo činit více než jednu třetinu ceny. I jednoduché sklady slámy tuto hodnotu v současné době převyšují.

Budují-li se kryté skladovací prostory na slámu (např. v humidních oblastech), nesmějí se obezdívat ze čtyř stran, ale je vždy nutné ponechat minimálně jednu, nejlépe však dvě strany volné, aby se sláma mohla při sedání posouvat. V kůlnách, které kryjí pouze štíty, může sláma ustoupit do dvou podélných stran. Uzavře-li se přístřešek ze čtyř stran, mohou boční tlaky slámy celou stavbu poškodit.

Ukazuje se, že náročnost investiční výstavby pro živočišnou výrobu nedovolí počítat se skladováním slámy pod přístřešky. Je to logické, protože investiční prostředky je třeba soustředit na rozhodující úkoly, například na zvyšování koncentrace chovaných zvířat. Sláma se musí tedy skladovat vhodně volně ve stozích.

2.4.3 Skladování slámy volně ve stozích

Při skladování v dobře tvarovaných stozích se sláma poškozuje vlivem počasí jen velmi málo, pokud se nejvyšší vrstva stohu upraví do střechovitého tvaru tak, aby voda mohla stékat. Deštěm se promáčí pouze vrstva s tloušťkou 150 až 300 mm, ostatní sláma zůstane suchá. Naproti tomu u nevhodně tvarovaného stohu (například fouká-li se řezaná sláma volně bez promyšleného usměrňování) vznikají kupovité stohy, u nichž se zatékáním vody znehodnocuje 15 až 25 % slámy. Snížit tyto ztráty předpokládá zmenšit povrch stohu na minimum. V praxi však nepřevládají dobré zkušenosti se stavbou stohů. Většinou se skladovaná sláma znehodnocuje. Tento nedostatek se musí řešit optimálním tvarem stohu a technologickým postupem zakládání a vyskladňování.

Především je nutné stohovat jen takové množství slámy, které bude nezbytné. Skladuje-li se sláma volně ve stozích musí se počítat s tím, že se jí určitá část znehodnotí. Není-li k dispozici krytý sklad, musí se sklízet slámy o něco více. Místo značných jednorázových investičních nákladů vznikají pak každým rokem určité zvýšené provozní náklady.

Aby se zabránilo znehodnocení stohů z lisované slámy v humidních oblastech, je třeba přes tyto stohy přefukovat slámu sklízenou sběracími návěsy a vytvářet tak ochrannou vrstvu (s tloušťkou 300 až 600 mm, podle množství a vydatnosti dešťových srážek), která zabraňuje promáčení slámy. Chránění stohů fólií z PVC je drahé a může se stát, že voda, která kondenzuje na vnitřní straně fólie, určitou část slámy znehodnotí.

2.4.4 Samozahřívání a samovznícení slámy

Skladování polovlhké a vlhké slámy vede ke značnému snížení její kvality, samozahřívání a někdy až k samovznícení a požáru. Samozahřívání při skladování vlhké slámy, popřípadě slámy s obsahem zelených příměsí, je způsobeno množstvím aerobních bakterií, které rozkládají celulózu, bílkoviny a uhlovodany. Rozkladem se zvyšuje teplota zhruba na 45 °C. Při této teplotě aerobní bakterie hynou a dále se množí pouze bakterie termofilní u kterých je látková výměna možná do teploty zhruba 75 °C. Vlastní samovznícení nastává při teplotách 80 až 85 °C; působí je zřejmě prudký rozklad bílkovin. Při tomto pochodu se vyvíjí vodík, čpavek a metan. Zelená hmota ve slámě vytváří živné prostředí pro bakterie. Glycidy obsažené v zelených příměsích umožňují činnost termofilních bakterií. U vymáčené slámy (ležící dlouho na řádcích) samovznícení nenastává, protože glycidy z ní byly vyplaveny. Zkušenosti z praxe dokazují, že nejhůře skladovatelná (z hlediska možnosti samovznícení) je sláma ječná s podsevem a ovesná.

Vzniku samovznícení lze předcházet ošetřováním vlhké slámy. Riziko samovznícení zvyšuje zejména vlhká sláma se zelenými příměsmi (hlavně ječná a ovesná). Tomu lze předcházet provzdušňováním slámy studeným vzduchem na dosoušecích roštích.

2.4.5 Potřebná velikost stohu

Ze srovnání objemové hmotnosti řezanky a dlouhé slámy vyplývá, že úspora skladovacího prostoru proti dlouhé slámě se projeví teprve při délce řezanky menší než 60 mm. Zatímco například lisovaná sláma nemění v průběhu skladování svou objemovou hmotnost, nastává u řezanky i u dlouhé slámy při skladování zřetelná změna objemové hmotnosti. Nafouká-li se řezanka o délce 120 mm do výšky 10 m, má 1 m³ čerstvě pořezané slámy hmotnost asi 25 kg, zatímco po uvedené skladovací době dosahuje spodní vrstva objemové hmotnosti přes 90 kg.m⁻³ a průměrná objemová hmotnost je asi 70 kg.m⁻³. Z toho je patrné, že objemová hmotnost skladovaného materiálu je závislá na výšce skladování. Z hlediska objemové hmotnosti jsou proto výhodnější vyšší skladovací vrstvy, které se však špatně vyskladňují.

3. Energetická náročnost, náklady a pracnost procesu sklizně a uskladnění slámy

3.1 Provozní náklady strojů

Podle Abrhama a kol. (2007) je pro racionální řízení provozu a obnovy strojového parku třeba znát řadu údajů o využití strojů, nákladech na provoz a nákladech na udržování provozní spolehlivosti a rovněž údaje o nabídce zemědělských strojů na trhu a o jejich technických a ekonomických parametrech. Obnova zemědělské techniky je často poznamenána nedostatkem kvalitních informací pro rozhodování a její řízení bývá často intuitivní.

Pro podporu rozhodování v této oblasti jsou ve VÚZT, v.v.i. zpracovávány a pravidelně aktualizovány normativy. Zpracování normativů je realizováno s využitím databázového modelovacího programu AGROTEKIS. Program pro výpočet nákladů na provoz zemědělské techniky je jedním z jeho modulů.

Základem výpočtu je pravidelně aktualizovaná databáze technických, provozních a ekonomických parametrů strojů a dále ukazatelů vnějšího ekonomického prostředí. Struktura výstupních informací je zřejmá z výsledků uvedených v tabulce 3.1. Ve výstupních informacích strojů zůstává členění provozních nákladů na dvě odlišné skupiny:

- fixní náklady (odpisy, daně a poplatky, pojištění, uskladnění stroje, zúročení kapitálu), tyto náklady jsou z hlediska roku konstantní, vznikají tedy i když stroj vůbec nepracuje, z hlediska podílu na jednotku nasazení stroje jsou však proměnlivé a snižují se s růstem intenzity nasazení.
- variabilní náklady (pohonné hmoty a maziva, udržování a opravy)

Náklady na provoz strojů byly vypočteny pro následující podmínky:

- Pořizovací cena stroje – uvedena průměrná orientační cena v roce 2007 (bez DPH) při pořízení stroje za hotové. Pro většinu kategorií strojů jsou uvedeny dvě orientační ceny. Jedna je typická pro nižší cenovou úroveň a druhá pro vyšší cenovou úroveň.
- Fixní náklady zahrnují:
 - náklady na odpisy - vypočteny jako průměrná roční hodnota daňového odpisu, pro srovnatelnost s normativy zpracovanými v předchozích letech byla ponechána doba odpisu 6 let (stroje na chemickou ochranu a hnojení 4 roky)

- náklady na garážování (uskladnění) stroje vychází z roční sazby 100 Kč za 1 m² plochy potřebné pro uskladnění stroje
- silniční daň - je stanovena podle platného zákona
- Variabilní náklady obsahují:
 - náklady na palivo - vychází z ceny 22,20 Kč za 1 litr nafty (cena bez DPH při velkoodběru cisternou)
 - náklady na oleje a maziva (10 % z ceny paliva)
 - náklady na opravy a udržování (vypočteny podle normativů VÚZT, v.v.i. Praha)
- Doporučené roční využití stroje – výsledné provozní náklady strojů se stanovují pro doporučené roční nasazení strojů v podmínkách našich zemědělských podniků.
- Výkonnost stroje – uvádí se jen u samojízdných a přípojných mechanizačních prostředků a představuje průměrnou výkonnost za 1 hodinu směnového času.
- Osobní náklady obsluhy stroje nejsou do provozních nákladů strojů zahrnuty.

Provozní náklady strojů jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1 – Provozní náklady strojů

Souprava	Výkonost (ha.h ⁻¹)	Spotřeba paliva (l.ha ⁻¹)	Náklady (Kč.h ⁻¹)			Náklady (Kč.ha ⁻¹)		
			var.	fixní	celkem	var.	fixní	celkem
Sběr zavadlé píce sklízecí řezačkou								
Traktor 4x4 75 kW	0,8	14,0	743	521	1264	929	651	1580
Sklízecí řezačka přívěsná 1,8 m								
Traktor 4x2, 150 kW	1,3	14,0	1126	919	2045	867	708	1575
Sklízecí řezačka přívěsná 3,1 m								
Sklízecí řezačka	2,0	14,0	1752	1168	2920	876	584	1460
Samojízdná do 200 kW								
Sklízecí řezačka	3,0	14,0	2830	1458	4288	934	481	1415
Samojízdná nad 200 kW								
Sběr sena (slámy) sklízecí řezačkou								
Traktor 4x2, 150 kW	1,3	11,0	990	919	1909	762	708	1470
Sklízecí řezačka přívěsná 3,1 m								
Sklízecí řezačka	2,0	10,0	1280	1160	2440	640	580	1220
Samojízdná do 200 kW								
Sklízecí řezačka	2,5	10,0	1575	1375	2950	630	550	1180
Samojízdná nad 200 kW								
Lisování sena (slámy)								
Traktor 4x2, 60 kW	1,2	4,5	455	325	780	379	271	650
Svinovací lis 1,2 m								
Traktor 4x2, 75 kW	1,8	4,3	549	576	1125	305	320	625
Svinovací lis 1,6 m								
Traktor 4x2, 75 kW	1,1	6,5	449	382	831	408	347	755
Lis na klasické hranolové balíky								
Traktor 4x2, 90 kW	1,2	6,5	467	430	898	388	357	745
Lis na klasické hranolové balíky								
Traktor 4x2, 90 kW	1,7	5,0	610	1056	1666	359	621	980
Lis na velké hranolové balíky								
Traktor 4x2, 135 kW	3,2	5,0	1043	1885	2928	326	589	915
Lis na velké hranolové balíky								
Sběr sena (slámy) sběracími návěšy (měrnou jednotkou t namísto ha)								
Traktor 4x4 50 kW	7,5	0,4	540	585	1125	72	78	150
Sběrací návěš 30 m ³								
Traktor 4x2, 60 kW	8,5	0,4	578	612	1190	68	72	140
Sběrací návěš 40 m ³								
Traktor 4x4 90 kW	13,0	0,4	845	910	1755	65	70	135
Sběrací návěš 58 m ³								
Traktor 4x2, 100 kW	16,0	0,4	960	1120	2080	60	70	130
Sběrací návěš 66 m ³								
DOPRAVA PRODUKCE								
Doprava velkoobjemových hmot (měrnou jednotkou t namísto ha)								
Traktor 4x2, 50 kW	4,2	0,7	225	213	438	54	51	105
Trakt.přívěš 5 - 7 t								
Traktor 4x2, 65 kW	7,1	0,6	264	236	500	37	33	70
Trakt.přívěš 8 - 9 t								
Traktor 4x2, 100 kW	10,0	0,6	320	330	650	32	33	65
Trakt. návěš 10 - 14 t								
Traktor 4x4, 125 kW	14,3	0,6	386	471	857	27	33	60
Trakt. návěš 15 - 17 t								
Nákladní automobil	10,0	0,9	450	300	750	45	30	75
Užitečná hmotnost 8-10 t								

3.2 Zemědělská technika a technické služby

Normativy z oblasti zemědělské techniky a technických služeb jsou podle Kavky (2006) především zaměřeny na úsek provozu zemědělské techniky v podmínkách tržního hospodářství. Ceny služeb mechanizovaných prací jsou uvedeny v tabulce č. 3.2.

Tabulka 3.2 – Ceny služeb mechanizovaných prací

Pracovní operace			
Spotřeba nafty l/měr.jedn.	Potřeba práce h/měr.jedn.	Cena celkem bez DPH Kč/měr.jedn.	Cena celkem s DPH Kč/měr.jedn.
Lisování sena a slámy (válcové balíky) - bez provázku (cca 450 Kč/ha)			
10 l/ha	0,8 h/ha	750 Kč/ha	893 Kč/ha
Sběr slámy sběracími návěsy (do 1 km)			
0,9 l/t	0,14 h/t	110 Kč/t	131 Kč/t
Sběr slámy sběrací rezačkou			
19 l/ha	0,8 h/ha	1500 Kč/ha	1785 Kč/ha
Stohování slámy volné			
3 l/ha	0,1 h/ha	610 Kč/ha	726 Kč/ha
Lisování slámy (klasické hranolové balíky) - bez provázku (cca 300 Kč/ha)			
6 l/ha	0,7 h/ha	760 Kč/ha	904 Kč/ha
Lisování slámy (velké hranolové balíky) - bez provázku (cca 300 Kč/ha)			
6,5 l/ha	0,65 h/ha	1050 Kč/ha	1250 Kč/ha
Drcení slámy			
5 l/ha	0,5 h/ha	580 Kč/ha	690 Kč/ha

4. Požadavky na úpravu slámy pro různé způsoby následného zpracování

4.1 Zpracování a úpravy slámy jako paliva

Sladký (1992) uvádí, že spalování slámy v topeništích je závislé na mnoha faktorech počínaje způsobem sklizně, skladování a úpravou před samotným topeništěm. Vedle běžných sklizňových prostředků jakými jsou sběrací vozy, sběrací lisy vysokotlaké standardní i obří, sklízecí řezačky se sběracím nebo žacím ústrojím, se začínají objevovat i další sklizňové stroje, a to stroje vytvářející ze sklizené hmoty matraci, která dosychá na strništi, nebo sklizenou hmotu přímo na poli briketují. Ve zkouškách jsou také samojízdné sběrací lisy na obří balíky.

V našich podmínkách je bezesporu nejlevnější sklizeň slámy sběracími vozy s ložným obsahem 40 až 70 m³, které jsou pokud možno vybaveny řezacím ústrojím. Řezaná sláma je ideálním palivem pro střední i velká energetická zařízení s plynulým (to je nejdokonalejším) způsobem přikládání. Řezanou slámu je však možno také briketovat a po sešrotování i peletovat. U řezané slámy jsou nevýhodou značné požadavky na skladovací prostor a možnost zpětného zapálení přikládané slámy v dopravních cestách, kterému však lze vhodným technickým provedením zařízení čelit. V podnicích, kde se naleznou volné skladovací prostory a vzdálenosti mezi skladem a kotelnou nejsou příliš velké, je možno sklizeň sběracími vozy doporučit, její pracnost je 1 - 2 h.ha⁻¹.

Sklizeň sběracími lisami standardními i obřími je nákladnější, a to nejen z hlediska spotřeby vázacího materiálu, ale i v důsledku nižší sklizňové výkonnosti a vyšší spotřeby energie i nutnosti nasazení více prostředků (sklízňových a dopravních). Významnou předností lisování slámy při sklizni do tvaru standardních nebo obřích balíků je snížení nároků na skladovací prostory, možnost ruční i mechanizované manipulace, snížení potřeby dopravních prostředků a i možnost přímého spalování takto tvarované slámy buď při dávkovém, nebo plynulém přikládání. Počátky spalování slámy v dánských, rakouských i jiných evropských zemědělských usedlostech se vyznačují právě spalováním standardních balíků v topeništích konstruovaných původně na dřevo (polena). Je jich stále ještě v provozu několik desítek tisíc, i když kvalita spalování je již dnes kritizována. Za zcela perspektivní se považují obří hranaté balíky, které se spalují buď celé, nebo po mechanickém rozpojení ve výkonných teplárnách dálkového vytápění, zejména v Dánsku.

Slisovanost balíků má význam jak z hlediska využití dopravních prostředků a skladů, tak z hlediska rychlosti odhořívání. Balíky s menší hustotou lisování (a platí to i pro brikety) rychleji odhořívají a používají se při roztápění topeniště, balíky s vysokou hustotou lisování prohořívají pomaleji.

Pro potřeby teplárenského provozu se stále více prosazují hranaté obří balíky o rozměrech 2,5 x 1,3 x 1,3 m a o hmotnosti do 600 kg.m⁻³. Pro jejich dopravu jsou standardizovány (normalizovány) velikosti ložných ploch dopravních prostředků, pracovní orgány vysokozdvihných vozíků, rozměry skladů a zejména pomocného manipulačního a rozpojovacího zařízení u spaloven a tepláren.

Válcové balíky dosahují hmotnosti do 350 kg a používají se pouze ojedinele, spíše jen ve velkých zemědělských podnicích nebo ve společných zařízeních pro vytápění několika zemědělských usedlostí. Nevýhodou válcových balíků je jejich nestabilita na polích na svazích a horší využití skladovacího prostoru, případně i zatékání vody při uskladnění slámy do stohu.

4.1.1 Možnosti úpravy slámy pro spalování (Součková, Moudrý a kol. 2006):

4.1.1.1 Obří balíky

Obří balíky se vytvářejí v hranaté nebo válcové formě. Válcové mají hmotnost přibližně 350 kg, objemovou hmotnost 60 - 90 kg/m³. Hranaté balíky mohou vážit i až 600 kg a mají objemovou hmotnost až 160 kg/m³. Jedině ty je ekonomické převážet i na větší vzdálenosti; v Dánsku až do vzdálenosti 40 km na speciálních velkoplošných návěsech. Také skladování a manipulace u tepláren je s nimi velmi výhodná a dá se i automatizovat. Sláma se do nich lisuje výhradně v suchém stavu s obsahem vody 15 - 20 %. Tyto balíky jsou velmi vhodné pro velké spotřebitele, jako jsou teplárny dálkového vytápění, průmyslové podniky, potravinářský průmysl apod. Používají se také jako přídavek energeticky "povzbuzujícího" paliva ve spalovnách komunálního (domovního) odpadu. I při kládání obřích balíků slámy je většinou automatizováno, kdy ze zásoby na jeden den připravené vysokozdvihným vozíkem, odebírá balíky automatický jeřábový podavač. Balíky se vkládají do topeniště buď celé (regulace výkonu je omezena) nebo se rozpojují a do topeniště se vkládá většinou šnekem nebo pístem sláma pořezaná. Zde je regulace tepelného výkonu mnohem přesnější. Obří balíky slámy v energetice mají budoucnost.

4.1.1.2 Peletování a briketování

Peletováním a briketováním se sláma tvaruje do stavu, který je podobný jiným pevným palivům, polínkům, uhlí, koksu. Topeniště potom mohou být více podobné standardním topeništím. Podle zahraničních údajů však samotné slaměné brikety nejsou příliš vhodné pro spalování v malých topeništích (domácnosti, ústřední vytápění v domcích), neboť odhořování je nepravidelné, zpočátku zahoří velmi rychle, přičemž se nedá vyhnout vzniku kouře. Postupně se briketa pokrývá popílkem a hoření se zpomaluje. Toho se doporučuje využít při zakládání zásoby paliva v topeništi na noc. Ve velkých topeništích s pohyblivými rošty tento jev není na závadu, slaměné brikety a pelety jsou vhodným doplňkem jiných pevných paliv, zejména méně kvalitního hnědého uhlí. Peletování a briketování slámy není energeticky příliš náročné (spotřeba energie je asi 5 % energetického potenciálu zpracované slámy), ale je náročné na investice.

4.2 Další možnosti průmyslového využití slámy

4.2.1 Ekopanely

Ověřování možností využití slámy pro průmyslové účely se v uplynulých letech orientovalo především do oblasti výroby stavebních panelů z lisované slámy. Základním vhodným materiálem je kvalitní pšeničná sláma slisovaná do hranolovitých balíků. Sláma tvoří jádro desky. Rozhodující je kvalita slámy po sklizni sklízecí mlátičkou. Nevhodná je sláma s větším podílem drobných částí, které potom tvoří odpad. Ekopanely se vyrábějí lisováním obilné slámy za vysokého tlaku a teploty. Lisování slámy probíhá ve speciálním tvářecím lisu do kompaktní podoby desky. Pomocí přírodního lepidla se toto slisované jádro polepí kartonem.

Nekonečný pás ekopanelů se postupně ochlazuje a je formátován řezacím zařízením na požadované rozměry. Čela formátu ekopanelů se pro zachování fyzikálních vlastností rovněž polepují kartonem. Všechny materiály použité při výrobě ekopanelových desek jsou ekologicky zcela čisté a mají navíc svůj původ v obnovitelných přírodních zdrojích.

4.2.1.1 Mechanicko-fyzikální vlastnosti ekopanelových desek z pšeničné slámy:

Standardní rozměry ekopanelů jsou 2600 x 1200 x 60 mm (délka, šířka, tloušťka), délku lze upravit podle požadavku zákazníka do maximální délky 3300 mm, průměrná hmotnost je 24 kg/m² tj. 398 kg/m³, u ekopanelů byla provedena příslušná certifikace podle ustanovení § 10 zákona č. 22/1997 Sb. O technických požadavcích na výrobky.

4.2.1.2 Použití ekopanelů

Ekopanely se dnes nečastěji používají místo klasických pevných příček, na podhledy, obložení stěn a zateplení objektů, jako mobilní příčky, opláštění nosné konstrukce apod. Příčky z těchto ekopanelů nepotřebují žádnou nosnou konstrukci ani doplňkovou izolaci. Ekopanely jsou samonosné, mají velmi dobrou pevnost a pružnost, mají rovněž výborné tepelně i zvukově izolační vlastnosti.

4.2.1.3 Ekonomické aspekty výroby ekopanelových desek

- výroba ekopanelových desek na bázi obilní slámy významně napomáhá odbytu kvalitní suché slámy pěstitelů v daném regionu a zvyšuje její cenu,
- získané zkušenosti jsou významné pro realizaci obdobných zpracovatelských linek pro využití dalších plodin nebo odpadní fytomasy,
- ekopanely jsou svou jednoduchou a bezpečnou manipulací a propracovanými spojovacími a montážními prvky vhodné jak pro profesionální stavební firmy, tak pro drobnější rekonstrukce svépomocí,
- rozpočet kompletní stavby domu z ekopanelů na 1 m² obytné plochy činí cca 12 000 Kč, z dosavadních výsledků výzkumných prací vyplývá, že průmyslové i energetické využití slámy obilovin má své ekonomické i ekologické opodstatnění a přispívá rovněž k ekonomické stabilitě zemědělského podniku a snížení jeho energetické závislosti na vnějším prostředí.

4.2.2 Využití slámy v papírenství

Ze slámy je možné vyrábět vynikající papír. Celulóza ze slámy může být použita při výrobě většiny druhů papíru jako náhrada celulózy z tvrdého dřeva. Tradiční produkty z papíru vyrobeného ze slámy zahrnují vlnitý karton z neodbarvené slámové celulózy a jemný tiskový a dopisní papír z odbarvené slámové celulózy. Výnos celulózy ze slámy činí 45 % a ze dřeva 55 %.

4.2.3 Využití slámy k pletení různých ozdob a pomůcek

Velké množství předmětů, které se v minulosti užívaly zejména v zemědělském prostředí, se pletlo ze slámy. Sláma sama o sobě však není příliš dobrým pletařským materiálem. Suché stéblo praská, má nepatrnou nosnost a také omezenou délku. Když se však jednotlivá stébla spojí ve svazek či copánek, získají na pevnosti.

Pletení ze svazku slámy je možno ještě rozdělit do dvou technických skupin:

a) volné pletení či svazování - hrsti slámy se různě ovazovaly nebo uzlovaly na jednom, méně často na obou koncích, aby stébla držela při sobě. Touto technikou vznikaly zejména došky a povřísla, různé víchy i některé masopustní maškary.

b) splétání svazku slámy spirálovou technikou - neustále doplňovaný „nekonečný“ pramen slámy se spirálovitě zatáčí do kruhového tvaru a jednotlivé vrstvy se propojují obvykle jiným pletařským materiálem - štípaným prutem, loubkem, lýkem apod. Touto spirálovou technikou se u nás zhotovovala většina užitkových slaměných výrobků.

Sláma je dobrým izolačním materiálem, proto našla využití zejména u takových předmětů, které měly obsah zateplit, nebo ho udržet v suchu (ošatky, zásobnice na peří, na obilí, na sušené ovoce – slaměná stěna zásobnic byla vzdušná, sláma pohlcovala okolní vlhkost a obsah tak zůstával suchý).

5. Definujte základní podmínky a předpoklady pro získání výsledného produktu bezprostředně po sklizni přímo na poli.

5.1 Briketování

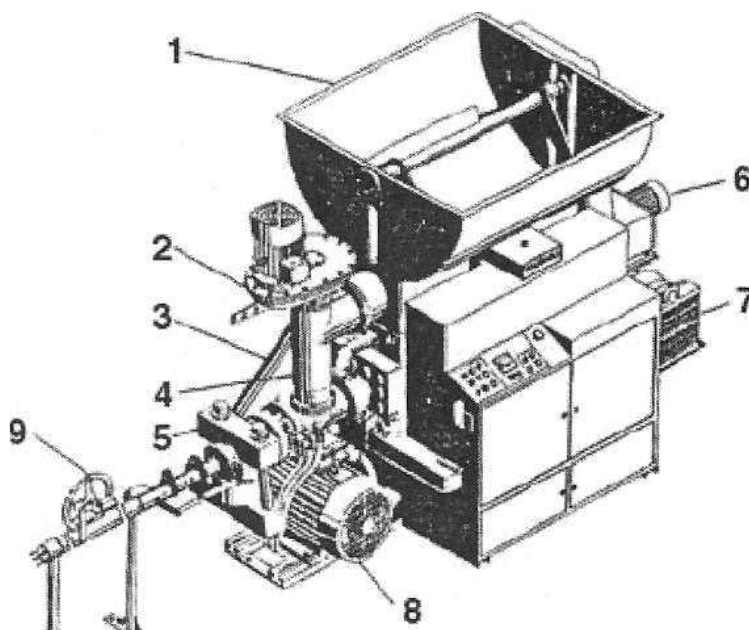
Malat'ák a Vaculík (2008) uvádějí, že tvarová úprava briketováním využívá mechanických a chemických vlastností materiálů, které se použitím vysokotlakého lisování zhutňují do kompaktních tvarů bez přidavku pojiva využitím pryskyřic obsažených v materiálu.

Omezující podmínkou vlastností materiálu pro zpracování je především vlhkost materiálu, která nesmí přesáhnout 15 %, a dále zrnitost materiálu, která nesmí přesáhnout rozměr 15 mm v jednom směru. V lisovaných materiálech by nemělo být více jak 6 - 8 % kůry a prachu max. 20 %. Stupeň slisování má vliv na kvalitativní parametry, jako je výhřevnost, tvarová stálost apod.

Briketování probíhá na briketovacích lisech různých konstrukcí podle pohonu, lisovací komory či lisovacího nástroje (obr. 5.1) při tlaku 400 MPa i více a teploty cca 70 °C. Dochází k objemové redukci cca 12:1.

Nejkvalitnější brikety jsou vyráběny na principu tlačného šneku (zhutnění až 100:1), jedná se o tzv. krbové brikety se středovým otvorem pro lepší podmínky hoření.

Brikety standardní kvality mají výhřevnost 18 až 20 MJ.kg⁻¹.



Obrázek 5.1 – Briketovací pístový lis

- 1 - násypka drcené slámy (pilin) s vyprazdňovacím šnekem;
- 2 - převodový elektromotor vertikálního šnekového podavače;
- 3 - klínové řemeny pohonu setrvačnicku z klikového mechanismu;
- 4 - vertikální vkladač slámy do lisovací komory;
- 5 - seřizování protitlaku;
- 6 - převodový elektromotor šnekového vyprazdňování zásobníku;
- 7 - chladič chladicího okruhu;
- 8 - hlavní elektromotor pohonu lisu;
- 9 - počítadlo vyprodukovaných briket (délky);

5.2 Briketa

Briketa je palivo uměle upravené lisováním sypkého materiálu bez přídavných pojiv do formy vhodné pro spalování. Je vytvořena stlačením různorodých komponentů (stonků, lístků, přísad...). Proto nelze mluvit o homogenním tělese. Místní objemová hmotnost brikety závisí na:

- tlaku při lisování;
- struktuře materiálu;
- vlhkosti materiálu;
- druhu lisovaného materiálu.

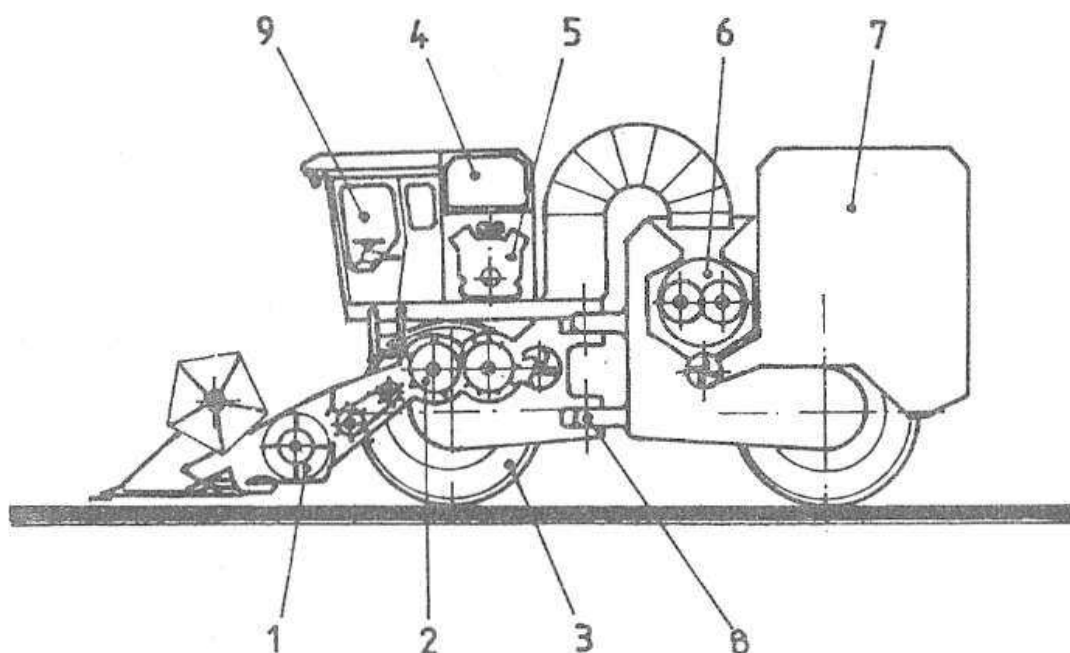
Brikety musí splňovat požadavky platných technických, bezpečnostních, zdravotních, hygienických, obchodních a jiných předpisů, včetně předpisů týkajících se ochrany životního prostředí, vztahujících se na výrobek a jeho výrobu.

Při briketování je dosaženo standardní formy paliva pro jeho další použití ve spalovacím zařízení. Zpracováním je dosaženo podstatného zmenšení objemu a tedy zvýšení objemové hmotnosti i využitelné energie. Z mechanických vlastností

standardizovaných paliv ve formě briket jsou podstatnými vlastnostmi objemová hmotnost a mechanická pevnost. Tyto parametry jsou závislé na použitém materiálu, jeho struktuře, obsahu vody a na lisovacím tlaku.

5.3 Briketování a peletování slámy a stébelnin při sklizni (Sladký, 1992)

Při velkých dopravních vzdálenostech se mění požadavky na úpravu slámy a stébelnin určených ke spalování. Uvádí se, že při vzdálenostech nad 20 km je doprava slámy ve formě briket již 10 krát levnější než ve volně loženém nebo pořezaném stavu a třikrát levnější než doprava balíků, vývoj dospěl k ověřování samojízdného sklízecího stroje (podvozek odvozen od samojízdné sklízecí mlátičky nebo řezačky), který vedle běžného žacího nebo sběracího ústrojí je vybaven dvoustupňovým drtičem a protlačovacím, granulacním lisem a zásobníkem. Je určen především pro sloní trávu (MISCANTUS). Předpokládaný výkon motoru je asi 150 kW a výkonnost briketování do 3 t.h⁻¹, měrná spotřeba na 1 tunu pelet činí 30 - 45 kW, což není v rozporu s běžnými lisami. Výhodný je i poměr spotřebované energie k energii obsažené v lisované hmotě. Je nesporné, že tato technologie, které však může zpracovávat jen materiál s obsahem 18 % vody a méně a která by přímo z pole dodávala hotové palivo vynikající jakosti při přijatelné ceně, by měla velkou perspektivu. Zůstávají však dva problémy. Jednak není vždy možno zajistit přijatelný obsah vody ve sklízecí hmotě a jednak pohyb těžkého stroje v 15 - 20 roků rostoucí kultuře je nežádoucí. První problém snad vyřeší desikace, druhý dělená technologie, při které by se granulace prováděla na stacionárním pracovišti - buď na kraji pole, nebo v závodě. Schéma samojízdného peletovacího sklízecího stroje uvádí obrázek 5.2.



Obrázek 5.2 – Schéma samojízdného sklízecího briketovacího lisu
 1 - žací nebo sběrací ústrojí; 2 - dvoustupňový drtič s metačem;
 3 - čtyřkolový podvozek; 4 - nádrže paliva a oleje; 5 - motor 150 kW;
 6 - granulační protlačovací lis; 7 - zásobník granulí - pelet;
 8 - kloubový, otočný závěs; 9 - kabina řidiče

Samojízdné briketovací stroje podle Sladkého (1998) mohou pracovat jako sběrací z řádků nebo sklízecí stébelniny nastojato. Představují kombinaci sklízecí samojízdné řezačky (s přímým sečením nebo sběračem hmoty z řádků), dosušecího zařízení, které využívá odpadové teplo z výkonného motoru, a jednoduchého briketovacího zařízení. Lis je tvořen dvojicí proti sobě pracujících „ozubených“ dutých kol a vytváří malé brikety (pelety) o sypné hmotnosti kolem 400 kg/m³.

Všechny systémy jednofázové technologie, zejména lisy a řezačky, mohou pracovat v technologii dvoufázové, která se vyznačuje používáním dalšího předřazeného stroje, kterým může být sklízecí mlátička u obilnin, samojízdný žací mačkač nebo žací stroj u ostatních stébelnin, které kladou sklízené rostliny na řádek.

5.4 Problematika briketování slámy určené ke spalování

Problémy týkající se dopravy, manipulace i samotného spalování může řešit stlačení slámy do vhodného tvaru - briketování nebo peletování. To je však spojeno se značnými investičními i provozními náklady, které však mohou být na druhé straně kompenzovány nižšími náklady na topeniště a jejich příslušenství, respektive mohou být používána i stávající topeniště na uhlí bez podstatných úprav.

Topeniště na obří balíky válcového nebo hranolovitého tvaru jsou poměrně nákladné, musí mít vhodné příslušenství pro přikládání a filtraci spalin, protipožární zařízení, a proto jsou vhodná pouze pro vysoké tepelné výkony, kde roční úspora LTO činí více než 10 000 litrů. U menších tepelných výkonů a stávajících kotlů je adaptace na volně loženou nebo do standardních balíků lisovanou slámu také poměrně nákladná, a proto se velké naděje kladou do briketování. Zde však je hlavní otázkou dlouhodobé využívání drahého briketovacího lisu, aby vysoké investiční náklady byly rentabilně využity. V rámci relativně malých zemědělských podniků v bývalé SRN je nezbytná kooperace, u velkých podniků jsou podmínky lepší. Kvalitní slaměné brikety by se mohly nabízet i na trhu drobným spotřebitelům, kteří by jimi mohli nahradit větší část stále dražších hnědouhelných briket.

Pro automatická tepelná zařízení vyhovují i energeticky méně náročné pelety (průměr do 20 mm), při ručním přikládání se však vyžadují větší brikety o průměru více než 50 mm.

5.5 Spalování briket ze slámy

Z hlediska požadavků ochrany ovzduší není v SRN dovoleno spalovat slaměné brikety v tepelných zařízeních s tepelným výkonem pod 22 kW a v zařízeních se systémem horního odhořívání - prohořívání. Mohou se používat jen topeniště s vertikálním zásobníkem a spodním odhoříváním a brikety musí být stlačeny na vysokou měrnou hmotnost. Je to proto, aby zplynování slámy bylo postupné. Rychlým zplynováním při omezeném přístupu vzduchu vzniká mnoho kouře. Pokud státní zkušebna potvrdí, že topeniště zaručuje postupné odhořívání slámy (briket), mohou se používat zařízení i s nižším tepelným výkonem než 22 kW. Dobrého hoření se nemůže dosáhnout například u kachlových kamen. Praxe tato přísná ustanovení obchází kombinováním paliv. Přídavek 30 % slaměných briket k hnědému uhlí nemění systém topení.

5.6 Technika briketování slámy

Všechny dosud vyvinuté briketovací lisy na slámu vycházejí buď z osvědčených lisů na seno, nebo z paletizačních, protlačovacích lisů na granulovaná krmiva ze slámy a šrotu. Vždy se doplňují drtičem - šrotovníkem slámy. Je zajímavé, že stávající drtiče slámy mají vyšší měrnou spotřebu energie než samotné lisy. U drtiče se musí počítat se 60 - 80

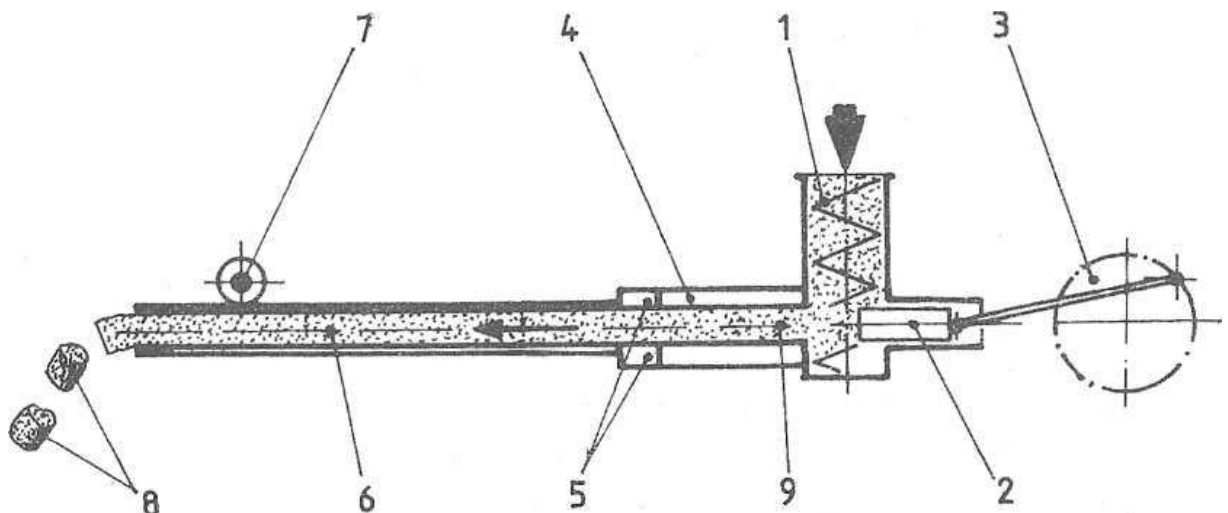
kWh.t^{-1} slámy, u lisu kolem 45 kWh.t^{-1} , i když se už v některých případech dostala měrná spotřeba u lisů i pod 20 kWh.t^{-1} . Lisování slámy je příznivější než lisování sena, lisování řepkové slámy je příznivější než lisování ovesné slámy a energeticky nejvýhodnější je lisování směsi slámy a zrna (v přepočtu spotřeby energie na tunu výrobku).

Kvalita briket se zvyšuje přidáním vazného materiálu nebo předchozím napařením nebo nahřátím, schlazením ještě v podmínkách "pod tlakem", to je v lisovací komoře nebo za ní. Optimální vlhkost slámy se pohybuje od 12 do 16 %. Největším nepřítelem lisů na slámu je přítomnost prachu a písku, která snižuje životnost nejvíce namáhaných částí. Proto jsou některá zařízení vybavena sítí - zpravidla se jedná o děrované žlaby šnekových dopravníků. Nejvíce opotřebitelné části lisů se vyrábějí jako lehce výměnné.

5.7 Druhy lisů

5.7.1 Pístové lisy

Pracují s krátce pořezanou, nebo hrubě podrcenou slámou při tlaku 150 bar (150 atm.). Jejich výkonnost se pohybuje mezi $250 - 400 \text{ kg.h}^{-1}$ při průměru brikety 60 - 70 mm. Jen ojediněle dosahují tyto lisy výkonnosti přes 1000 kg.h^{-1} . Ovšem výkonnost se automaticky zvyšuje o 100 %, jestliže se spolu se slámou lisuje i zrno. Schéma briketovacího lisu na slámu uvádí obrázek 5.3. Pracovní tlak je vyvozován klikovým mechanismem spojeným se setrvačником.



Obrázek 5.3 – Pístový briketovací lis s klikovým, setrvačnickým systémem pohybu pístu a šnekovým vkladačem drcené slámy

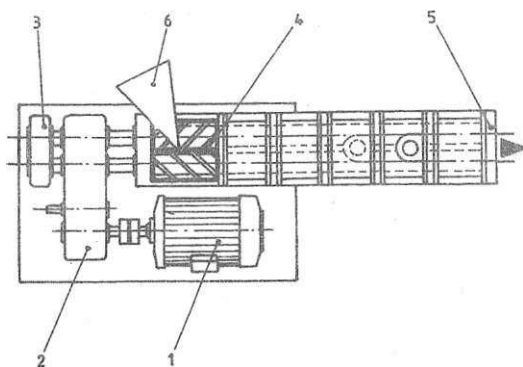
1 - vkládací šnek; 2 - píst lisu; 3 - klikový mechanismus; 4 - otvory lisovací komory; 5 - seřizování protitlaku; 6 - dochlazovací komora; 7 - počítadlo; 8 - brikety; 9 - lisovací komora

U některých menších nebo naopak větších briketovacích lisů je klikový mechanismus se setrvačnickem nahrazen hydraulickým válcem.

Pístové briketovací lisy nemění fyzikální vlastnosti slámy, stupeň stlačení je nižší než například u šnekových lisů a soudržnost briket je krátkodobá, ale pro potřeby spalování postačující.

5.7.2 Šnekové briketovací lisy

Hlavním pracovním orgánem je dokonale konstruovaný šnek z vysoce kvalitní oceli, poháněný přes převodovku elektromotorem o výkonu asi 40 - 50 kW. Některé konstrukce sestávají ze dvou souběžných šneků a jedné protlačovací komory. Sláma musí být více rozdrvena než a pístových lisů a za drtičem prochází přes síto, které větší kousky vrací zpět. Stupeň slisování je větší, tření vede k vysoké teplotě přes 200 °C, takže ve slámě obsažený lignin přechází do voskové fáze a po vychladnutí dokonale spojuje "náplň" brikety, jejíž trvanlivost je velmi dobrá. Sláma se může míchat i s jinými druhy paliva, například s pilinami z tvrdého dřeva. Výrobek je dokonalý a dobře se prodává i na zahraničním trhu. Investice i měrná spotřeba energie jsou vyšší. Šnekové briketovací lisy spíše patří do velkého závodu se zavedeným systémem stálých dodavatelů suroviny i stálých odběratelů výrobku. Schéma šnekového briketovacího lisu uvádí obrázek 5.4 v provedení se dvěma souběžnými šneky.



Obrázek 5.4 – Schéma dvoušnekového lisu na briketování slámy

1 - elektromotor; 2 - převody; 3 - hlavní ložisko;

4 - lisovací šneky s opačným stoupáním; 5 - kalibrační výstupní matrice;

6 - vkládání drcené slámy

5.7.3 Protlačovací lisy na granule - pelety

Protlačovací matricové granulační lisy, známé u nás z výroben tvarovaných krmných směsí a sušáren píce, jsou v současné době nejdostupnějším prostředkem pro briketování - tvarování slámy k energetickým účelům. Rozlišují se v podstatě dva typy:

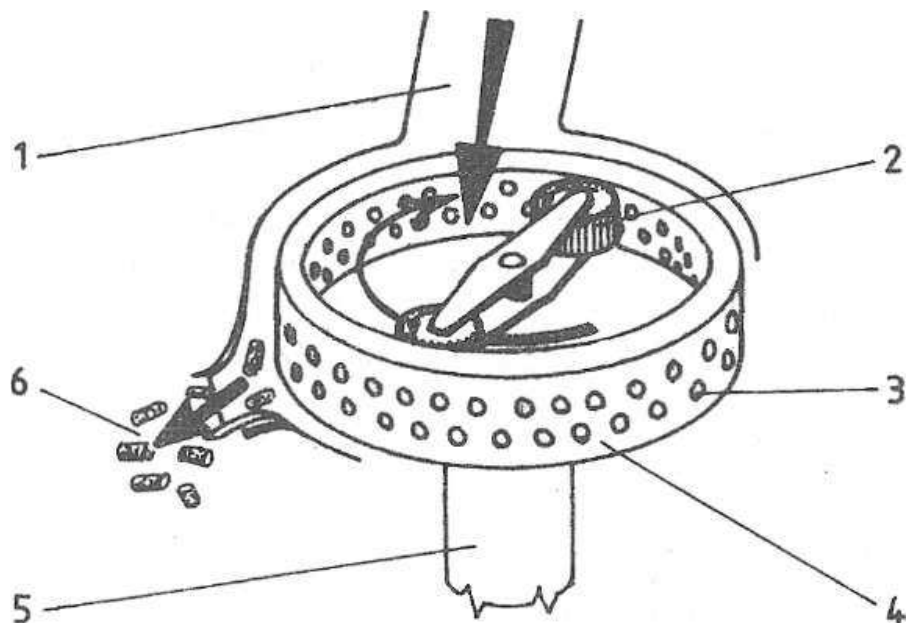
- lisy s horizontální matricí plochou, protlačovací otvory jsou svislé;
- výkonnější lisy s kruhovou vertikální matricí, ve které vedou protlačovací otvory vodorovně.

V obou systémech vykonávají lisovací funkci těžké rotující válce, které rozmělněnou slámu protlačují otvory, zpravidla kruhového nebo čtvercového průřezu, tvar lisovacích otvorů je vypočítán a přesně vyroben tak, aby lisovací účinek byl optimální. V některých případech u lisů s velkou výkonností, to je v rozmezí 1 - 5 t.h⁻¹, je stupeň odporu komůrek řízen hydraulicky stavitelnou klapkou.

Nezbytným doplňkem granulačního stroje je opět výkonný drtič slámy. Zpravidla se kombinuje jeden drtič slámy s jedním zásobníkovým dávkovacím dopravníkem nebo rozpojovačem obřích balíků a se dvěma lisy. Nezbytným doplňkem je i zásobník drcené slámy s vybíracím zařízením. Pro vyrobené brikety se jako zásobník nejlépe osvědčuje velkoprostorový kontejner.

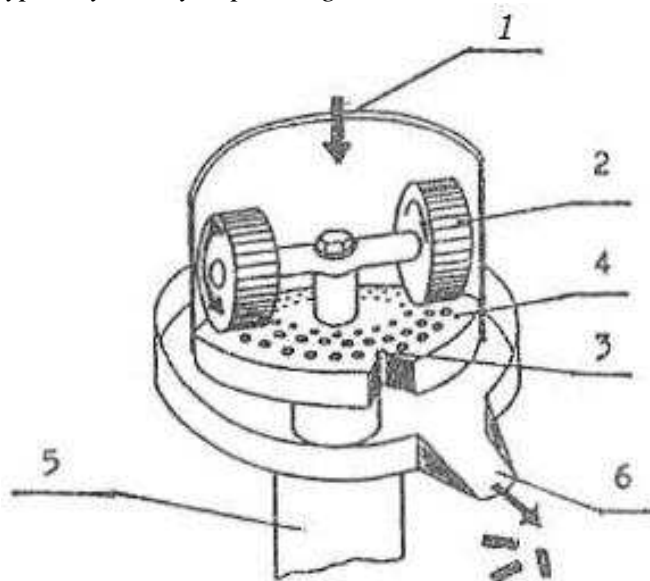
V ČR by se mohly kompletní briketovací linky sestavit z dostupných strojů, dříve používaných ve výrobnách tvarovaných krmiv, takže jejich pořizovací cena by nemusela být příliš vysoká. Postupně by linky mohly být nahrazovány dokonalejšími lisy - podle potřeby spotřebitelů briket.

Na obrázcích 5.5 a 5.6 jsou schémata dvou typů granulačních lisů.



Obrázek 5.5 – Matricový protlačovací lis na drcenou slámu s vertikální kruhovou maticí (výkonnost 1 až 1,5 t.h⁻¹)

- 1 - přísun drcené slámy; 2 - rotující protlačovací válce;
- 3 - protlačovací, kalibrující otvory; 4 - prstencové vertikální matrice;
- 5 - pohon protlačovacích válců - převodový elektromotor;
- 6 - výpad vyrobených pelet - granulí



Obrázek 5.6 – Matricový protlačovací lis na slámu s horizontální maticí a svislými protlačovacími koly (výkonnost do 0,5 t.h⁻¹)

- 1 - vkládání drcené slámy; 2 - protlačovací kola;
- 3 - protlačovací otvory matrice; 4 - horizontální matrice;
- 5 - pohon, převodový elektromotor; 6 - výpad vyrobených granulí

6. Navrhnete technologické schéma zařízení pro výrobu, dopravu a skladování vyrobených briket.

6.1 Výroba:

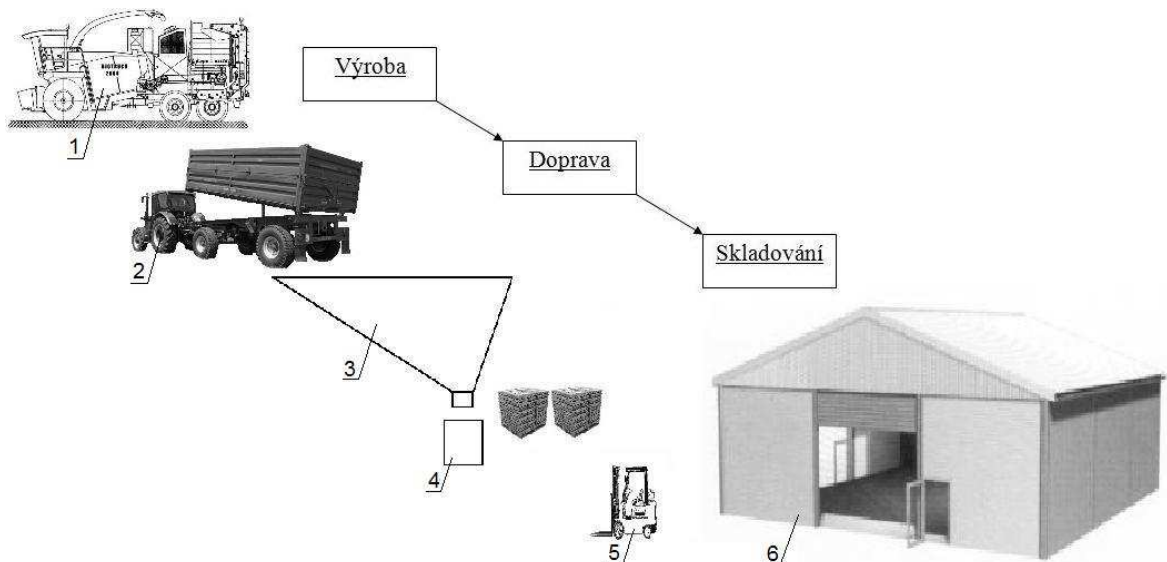
Výroba briket za použití samojízdného briketovacího stroje BIOTRUCK 2000 německé firmy HAIMER s použitím sběracího adaptéru (1. část obrázku 6.1).

6.2 Doprava:

Doprava z pole do skladu traktorem ZETOR PROXIMA 75 s přívěsem PS 9.3 ZDT Nové Veselí (2. část obrázku 6.1). Podle vzdálenosti pole od skladu je zařazen příslušný počet těchto souprav tak, aby byla na poli připravena jedna souprava pro odvoz briket než dojde k naplnění zásobníku briketovacího stroje (při vzdálenosti pole od skladu 15 km budou zařazeny dvě tyto soupravy).

6.3 Skladování:

Brikety se skladují v suchém a uzavřeném skladu (6. část obrázku 6.1) zabalené do PE folie, která zaručuje ochranu proti vzdušné vlhkosti. Zabalené brikety na paletách se navážejí do skladu pomocí vysokozdvížného vozíku. Uskladněné brikety jsou určeny pro vlastní spotřebu, pro distributory nebo jsou prodávány přímo spotřebitelům.



Obrázek 6.1 – Schéma technologické linky

1 – BIOTRUCK 2000;

2 – ZETOR PROXIMA 75 s přívěsem PS 9.3 ZDT Nové Veselí;

3 – násypka; 4 – balička briket s váhou; 5 – vysokozdvížný vozík;

6 – suchý uzavřený sklad;

7. Porovnejte předpokládanou nákladovost, energetickou náročnost a výkonnost navrženého postupu.

7.1 Nákladovost:

7.1.1 Náklady spojené s pořízením linky

Pořizovací ceny strojů:

Mobilní briketovací lis Biotruck 2000	12 950 000	Kč bez DPH
Traktor Zetor Proxima 75	685 000	Kč bez DPH
Přívěs PS 9.3 ZDT Nové Veselí	399 000	Kč bez DPH
Vysokozdvíhací vozík Komatsu AX 50	360 000	Kč bez DPH
Balička briket s váhou (výrobce Briklis)	110 000	Kč bez DPH

Náklady na sklad:

Náklady na vybudování montované haly s kapacitou na 2000 tun briket (včetně násypky, pod kterou bude umístěna balička) se pohybují okolo 3,2 milionu Kč bez DPH. Cena závisí na místě skladu, použitých materiálech popřípadě i na požadavku na rychlost výstavby.

Celkem:

Celkové náklady na pořízení takovéto linky na výrobu slaměných briket po sečtení pořizovacích nákladů na jednotlivé části linky jsou 18 788 000 Kč bez DPH.

7.2 Energetická náročnost:

Nejvíce energeticky náročným článkem linky je samojízdný briketovací lis Biotruck 2000, který je v podstatě přestavbou sklízecí řezačky Claas Jaguar. Jaguar o výkonu motoru 350 kW má při sběru slámy podle normativů spotřebu nafty 19 l/ha. Přestavbou na briketovací lis dojde až k zdvojnásobení hmotnosti stroje (25 t) a i ke snížení pojezdové rychlosti, tím se spotřeba zvýší.

Zetor Proxima má výkon 56,3 kW. Spolu s přívěsem PS 9.3 tvoří traktorovou soupravu nad 5 tun, kde se podle normativů počítá se spotřebou nafty 0,53 l/km.

Třetím dieslovým strojem v lince je vysokozdvíhový vozík Komatsu AX 50, u kterého výrobce udává spotřebu paliva 2,2 l/h.

Nejmenší spotřebu energie má balička briket, která má příkon 0,12 kW.

7.3 Výkonnost:

Výkonnost linky je závislá na výkonnosti samojízdného briketovacího lisu Biotruck 2000. Jediný zjištěný údaj o výkonnosti tohoto stroje je 6 t/h při 15 % obsahu vody v briketách.

7.4 Výhody a nevýhody navrženého postupu:

7.4.1 Výhody

Hlavní výhodou lisování briket za použití mobilního briketovacího stroje je úspora za dopravu. Brikety mají až 10x větší měrnou hmotnost než řezaná sláma nebo 5x větší měrnou hmotnost než obří kvádrové balíky.

Další výhodou je, že odpadají operace sklizně slámy a operace rozdrůžování balíků po předchozím slisování a dopravě ke stacionární lince.

7.4.2 Nevýhody

Hlavní nevýhodou jsou mnohonásobně vyšší investiční náklady na pořízení lisu než u stacionární linky.

Druhá velká nevýhoda je sezónnost výroby, mobilní lis pracuje jen v době sklizně obilnin a řepky, naopak stacionární linka může vyrábět i během roku (pokud máme naskladněno dostatečné množství slámy). Jediným možným řešením tohoto problému je nahrazení sběracího adaptéru vhodným vkládacím zařízením a používat stroj jako stacionární linku, ale tímto odpadají všechny výhody lisování briket přímo na poli.

Závěr

V části jedna je znázorněn možný potenciál pevných fytopaliv v České republice. Pozornost je věnována především produkci slámy obilnin a řepky, u které jsou podrobněji rozepsány jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Velikost produkce slámy dává prostor pro výrobu pevných paliv z odpadní (nevyužitá) slámy. Z vlastností slámy vyplývá, že stébelniny patří mezi paliva s nízkou teplotou měknutí popela a proto si při spalování musíme dávat pozor na připečininy v topeništi, které by mohly vést k poruchám kotle.

Další části této práce se už zabývají samotnou problematikou sklizně slámy. Jak z obecného pohledu tak i s přihlédnutím k následnému zpracování slámy. Zde je hlavním závěrem fakt, že dochází k vytlačování dříve hojně používaného způsobu sklizně slámy sběracími vozy a to hlavně lisy na velké válcové balíky kruhového průřezu a obří kvádrové balíky čtvercového průřezu. Při skladování slámy kontrolujeme vlhkost slámy, aby nedocházelo ke ztrátám nebo v horším případě k samovznícení slámy.

Hlavním cílem práce bylo prověřit možnosti výroby slaměných briket přímo na poli z řádků vzniklých po průjezdu sklízecí mlátičky. To je popsáno, společně s briketováním obecně, v páté části práce. Z dostupných informací vyplývá, že výsledný produkt můžeme, za dodržení určitých podmínek, získat.

Dvě závěrečné části jsou zaměřeny na návrh technologické linky pro výrobu, dopravu a skladování slaměných briket přímo na poli. Tento způsob ušetří náklady spojené se sklizní, dopravou a skladováním slámy. Ale na druhou stranu počáteční investice do linky je natolik vysoká, že odradí nejednoho investora. Za přispění státu nebo EU by byl podle mého názoru vznik linky s mobilním briketovacím lisem pravděpodobnější.

Seznam použité literatury:

ABRHAM, Z. a kol.: Technické a technologické normativy pro zemědělskou výrobu. VÚZE Praha, 2007. 33 s. ISBN 978-80-86884-26-4.

ANDERT, D.; SLADKÝ, V.; ABRHAM, Z.: Energetické využití pevné biomasy. VÚZT Praha, 2006. 59 s. ISBN 80-86884-19-8.

HUTLA, P.: Tuhá biopaliva z místních zdrojů. *Biom.cz* [online]. 2010-11-01 [cit. 2010-12-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/tuha-biopaliva-z-mistnich-zdroju>>. ISSN: 1801-2655.

JAVOREK, F.: Lisování, efektivní způsob sklizně. *Zemědělec*. 2009, 17, 24, s. 11-12. ISSN 1211-3816.

JEVIČ, P.: Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioodpadů. VÚZT Praha, 2008. 75 s. ISBN 978-80-86884-42-4.

KÁRA, J.; HUTLA, P.; PASTOREK, Z.: Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel. Sběr, třídění a využití organických odpadů. Zařízení pro termické zpracování organických odpadů. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 2008. 102 s. ISBN 978-80-86884-40-0.

KAVKA, M.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. ÚZPI Praha, 2006. 400 s. ISBN 80-7271-163-6.

MALAŤÁK, J.; VACULÍK, P.: Biomasa pro výrobu energie. ČZU Praha, 2008. 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6

MALEŘ, J.: Sklizeň zrnin, úprava a využití slámy. Praha : SZN, 1982. 289 s.

MOTLÍK, J.; VÁŇA, J.: Biomasa pro energii (1) Zdroje. *Biom.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2010-12-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>>. ISSN: 1801-2655.

SLADKÝ, V.: Novinky ve zpracování a spalování biopaliv. Praha : ÚZPI, 1998. 52 s. ISBN 80-7271-021-4.

SLADKÝ, V.: Využití fytomasy k vytápění zemědělských objektů : Část I. (Sláma a stébelniny). Praha : ÚVTIZ, 1992. 52 s. ISSN 0862-3562.

SOUČEK, J.: Drtiče, štěpkovače a rezačky pro úpravu rostlinné biomasy. VÚZT Praha, 2008. 46 s. ISBN 978-80-86884-31-8.

SOUČEK, J.: Možnosti zpracování a využití slámy. *Zemědělec*. 2009, 17, 24, s. 9-10. ISSN 1211-3816.

SOUČKOVÁ H.; MOUDRÝ J. a kol.: Nepotravinářské využití fytomasy. JČU ZF České Budějovice, 2006. 95 s. ISBN 80-70-40-857-X

STRAŠIL, Z.; ŠIMON, J.: Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-04-20 [cit. 2010-12-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr>>. ISSN: 1801-2655.