

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

Briketování energeticky využitelných materiálů

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Brožek, CSc.

Autor práce: Martin Chrpa

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Chrpa

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Briketování energeticky využitelných materiálů

Název anglicky

Briquetting of energy-usable materials

Cíle práce

shromáždit informace o technologii briketování se zaměřením na energeticky využitelné materiály

Metodika

současný stav řešeného problému (literární rešerše),
závěry a přínos práce.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

pevná biopaliva; biomasa; energetická produkce; zemědělský odpad; vlastnosti briket

Doporučené zdroje informací

- BARTOŠ, V.: Briketování kovových a nekovových materiálů (Diplomová práce, vedoucí Milan Brožek). Praha, TF ČZU 2000. 66 s.
- BLAŠČÍK, F. aj.: Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvárania. Bratislava, ALFA 1987. 832 s.
- BROŽEK, M., NOVÁKOVÁ, A., KOLÁŘOVÁ, M.: Quality evaluation of briquettes made from wood waste. Res. Agr. Eng., Vol. 58, 2012, No. 1: 30–35.
- Časopisy: Manufacturing technology, Odpadové fórum, Odpady, Strojírenská technologie, Technický týdeník.
- Firemní literatura.
- KOLÁŘOVÁ, M.: Vlastnosti pelet a briket pro energetické využití (Doktorská disertační práce, školitel Milan Brožek). Praha, ČZU 2011. 121 s. + příl.
- KURAŠ, M. aj.: Odpady, jejich využití a zneškodňování. Praha, Český ekologický ústav 1994. 239 s.
- NEKVASIL, F.: Příručka pro nakládání s odpady. Kutná Hora, NSO 1996. 405 s.
- Normy.
- PLÍŠTIL, D.: Briketování a pakětování (Doktorská disertační práce, školitel Milan Brožek). Praha, ČZU 2005. 169 s.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Milan Brožek, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 10. 1. 2016

doc. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 01. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Briketování energeticky využitelných materiálů vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

dne 30. 3. 2019

Podpis autora

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu této práce prof. Ing. Milanu Brožkovi, CSc. za vstřícnost a odborné konzultace bakalářské práce a dále své rodině za podporu.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je shromáždit informace o technologii briketování se zaměřením na energeticky využitelné materiály. Je provedena rešerše na téma biomasy, zaměřující se na popis biomasy jako obnovitelný zdroj energie, briketování biomasy, litinových třísek. Popsání technologie briketování, charakteristika briket a jejich vlastností a materiálů, které jsou vhodné k briketování. Popsání technologie briketování litinových třísek. Stroje, které slouží k briketování a jejich princip

Klíčová slova

Pevná biopaliva, biomasa, energetická produkce, zemědělský odpad, vlastnosti briket

Briquetting of energy-usable materials

Summary: The aim of this bachelor thesis is to gather information about briquetting technology with a focus on energy materials. It is a search on biomass, focused on biomass description as a renewable energy source, biomass briquetting, cast iron chips. Description of briquetting technology, characteristics and properties and materials that are suitable for briquetting. Describing the briquetting technology of cast iron chips. Machines for briquetting and their principle.

Key words

Solid biofuels, biomass, energy production, agricultural waste, properties of briquettes.

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	METODIKA PRÁCE.....	10
4	PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	11
4.1	CHARAKTERISTIKA BIOMASY.....	11
4.1.1	Základní podmínky vzniku biomasy.....	11
4.1.2	Základní rozdělení biomasy.....	12
4.1.3	Ovocná biomasa.....	12
4.1.4	Dřevní biomasa.....	13
4.1.5	Bylinná biomasa.....	15
4.1.6	Rozdělení biomasy podle obsahu vody.....	16
4.1.7	Rozdělení biomasy podle původu.....	17
4.2	BIOMASA JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE.....	18
4.2.1	Způsoby využívání biomasy k energetickým účelům.....	19
4.2.2	Způsoby přípravy biomasy pro energetické využití.....	20
4.3	ZEMĚDĚLSKÝ ODPAD.....	21
4.4	BRIKETOVÁNÍ.....	22
4.4.1	Technologie výroby briket.....	22
4.5	OBECNÉ INFORMACE O BRIKETÁCH.....	23
4.5.1	Vlastnosti briket.....	23
4.5.2	Parametry pro výrobu briket.....	24
4.5.3	Obecná kritéria pro hodnocení palivových briket.....	24
4.5.4	Palivové brikety.....	25
4.5.5	Palivové brikety jako druh obnovitelného paliva.....	25
4.5.6	Základní vlastnosti surovin.....	25
4.5.7	Výhody využití biomasy při výrobě briket.....	26
4.5.8	Krmné brikety.....	27
4.6	ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU BRIKET, BRIKETOVACÍ LISY.....	28
4.6.1	Rozdělení lisů podle principů činnosti.....	28
4.6.2	Mechanické pístové lisy.....	28
4.6.3	Šnekové lisy.....	29
4.6.4	Hydraulické lisy.....	30
4.6.5	Přehled briketovacích lisů.....	31

4.7	BRIKETOVÁNÍ LITINOVÝCH TŘÍSEK	34
4.7.1	Briketování-technologie strojů a tavení.....	34
4.7.2	Požadavky na strojní technologii.....	34
4.7.3	Výhody třískových briket	34
4.7.4	Technologie tavení	35
5	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	36
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
7	Seznam obrázků.....	40

1 ÚVOD

S rostoucí světovou populací se zvyšují životní nároky společnosti a stoupá spotřeba energie. Dochází k poškozování životního prostředí a ke změnám klimatu, proto dochází k nárůstu cen ropy a zemního plynu. Tyto zdroje už nepostačují k pokrytí poptávky energie. Pomocí obnovitelných zdrojů energie by bylo možné nahradit stávající zdroje energie. Nevyšším přínosem biomasy je její obnovitelnost, při rozumném využívání jde prakticky o nevyčerpatelný zdroj energie. Je to CO₂ neutrální palivo, protože emise skleníkového plynu, které vznikají energetickým využitím jsou rovny jeho spotřebě při růstu nově vznikající biomasy.

Technologie lisování odpadu je známa řadu let. Tímto zpracováním odpadu lze získat paliva, která je možné skladovat, převážet nebo ho využít při spalování. Lisování je závislé na materiálu, velikosti částic a vlhkosti. Lisováním biomasy je možné získat brikety, které mají energetické využití. (Quashning, 2010, Weger, 2009)

2 **CÍL PRÁCE**

Cílem bakalářské práce je shromáždit informace o technologii briketování se zaměřením na energeticky využitelné materiály. Popsání využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie. Materiály vhodné k briketování. Seznámení se s briketovacími lisami.

3 METODIKA PRÁCE

Přehled řešené problematiky briketování energeticky využitelných materiálů. Ke zpracování bude čerpáno z dostupné odborné literatury. Veškerá literatura bude uvedena na seznamu použitých zdrojů. Práce bude doplněna o obrázky, která usnadní pochopení dané problematiky. Závěry bakalářské práce budou formulovány na základě teoretických poznatků

4 PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

4.1 CHARAKTERISTIKA BIOMASY

Biomasa je biologicky rozložitelná část produktů z lesnické a zemědělské činnosti a rovněž odpadů vznikajících při průmyslové činnosti, nebo je to součást směsného komunálního odpadu. (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2015/1513, 2015) Základním zdrojem biomasy jsou rostliny, které s využitím fotosyntézy produkují sacharidy a bílkoviny. V nich je uložen uhlík a uhlíková vazba, která obsahuje energii. (Weger, 2009)

Biomasa je hmota všech organismů na Zemi. Patří k nim jejich tělesné schránky, živé nebo neživé produkty jejich činnosti (semena, dřevo, obaly, exkrementy). (Koloběh uhlíku, 2007)

Všechny formy biomasy je teoreticky možné využít pro produkci energie. (Palivové dřevo, 2009)

4.1.1 Základní podmínky vzniku biomasy

Na zemském povrchu a v zemské atmosféře dochází k chemickému a fyzikálnímu oběhu prvků sloučenin. Všechny látky, které patří do oběhu, jsou složeny z chemických prvků. Důležité jsou organické sloučeniny, které jsou syntetizované živými organismy převážně pouze z několika prvků: uhlíku, dusíku, fosforu, kyslíku a síry. Svůj význam mají i stopové prvky: železo, draslík, sodík, měď.

V zachování rovnováhy v biosféře je nezastupitelná živá biomasa. Trvalý oběh biogenních prvků zabezpečuje biochemická reakce, které transformují sluneční energii na chemickou energii, která je využívána jako energetický zdroj pro všechny biochemické procesy. Nejdůležitější úlohu má fotosyntéza a fotochemické reakce (Pastorek, 2004)

4.1.2 Základní rozdělení biomasy

Rozdělení tuhých biopaliv záleží na původu a zdroji biopaliva. Paliva jsou rozdělena do hlavních skupin podle původu následovně:

- a) Ovocná biomasa
- b) Dřevní biomasa
- c) Bylinná biomasa
- d) Směsi a příměsi

Příkladem biomasy na bázi ovocné biomasy jsou dle normy uvedeny na obr. 1, na bázi dřevin jako paliva jsou na obr. 2, a na bázi stébelnin a bylin na obr. 3. (ČSN EN ISO 17225-1)

4.1.3 Ovocná biomasa

Ovoce ze sadů a zahradnictví

Do této skupiny patří ovoce ze stromů a křovin a plody z bylin.

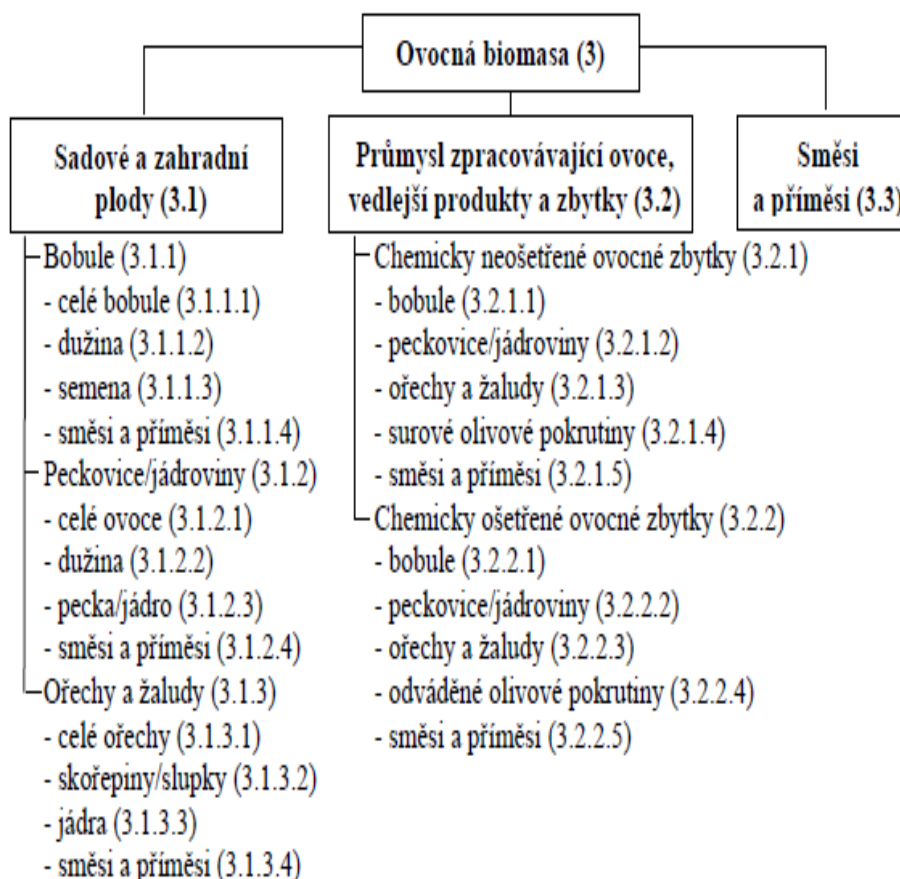
Vedlejší produkty a zbytky z potravinářského průmyslu a průmyslu zpracovávajícího ovoce

Jde o zbytkový materiál, který vzniká po průmyslové úpravě a manipulaci. Například se jedná o vylisované zbytky z výroby olivového oleje.

Homogenní směsi a příměsi

Úmyslným mísením směsi a neúmyslným mísením materiálu vznikají homogenní směsi. Jedná se o směsi ze skupin 3.1 až 3.2 uvedené na obr. 2. (ČSN EN ISO 17225-1)

Obr. 1 Klasifikační schéma ovocné biomasy v souladu s ČSN EN ISO 17225-1.



4.1.4 Dřevní biomasa

Odpady z dřevozpracujícího průmyslu

Jde o dřevní zbytky, které jsou chemicky ošetřené. Vznikají při lepení, barvení nebo chemickém ošetřování dřeva. Toto chemické ošetření nesmí obsahovat těžké kovy a organické halogenové sloučeniny. Patří sem i chemicky neošetřené dřevní zbytky, které vznikají například při řezání klád, odstraňování kůry z kmene nebo po prořezávce lesa.

Dřevní štěpky z dřevin, které se pěstují jako rychle rostoucí dřeviny mohou být zpracovány na brikety. Příkladem rychle rostoucích dřevin jsou topoly a vrby. (Petříková, 2015)

Získanou dřevní hmotu je potřeba dále upravit na vhodnou velikost z důvodu dalšího technologického zpracování jako je briketování či peletování. Úprava je důležitá i z hlediska usnadnění dopravy a manipulace.

Lesní, plantážové a jiné původní dřevo

Původem se jedná převážně o dřevo z parků, lesů, plantáží a zahrad. Upravováno může být zmenšením velikosti částic, zvlhčením, odstraňováním kůry nebo sušením.

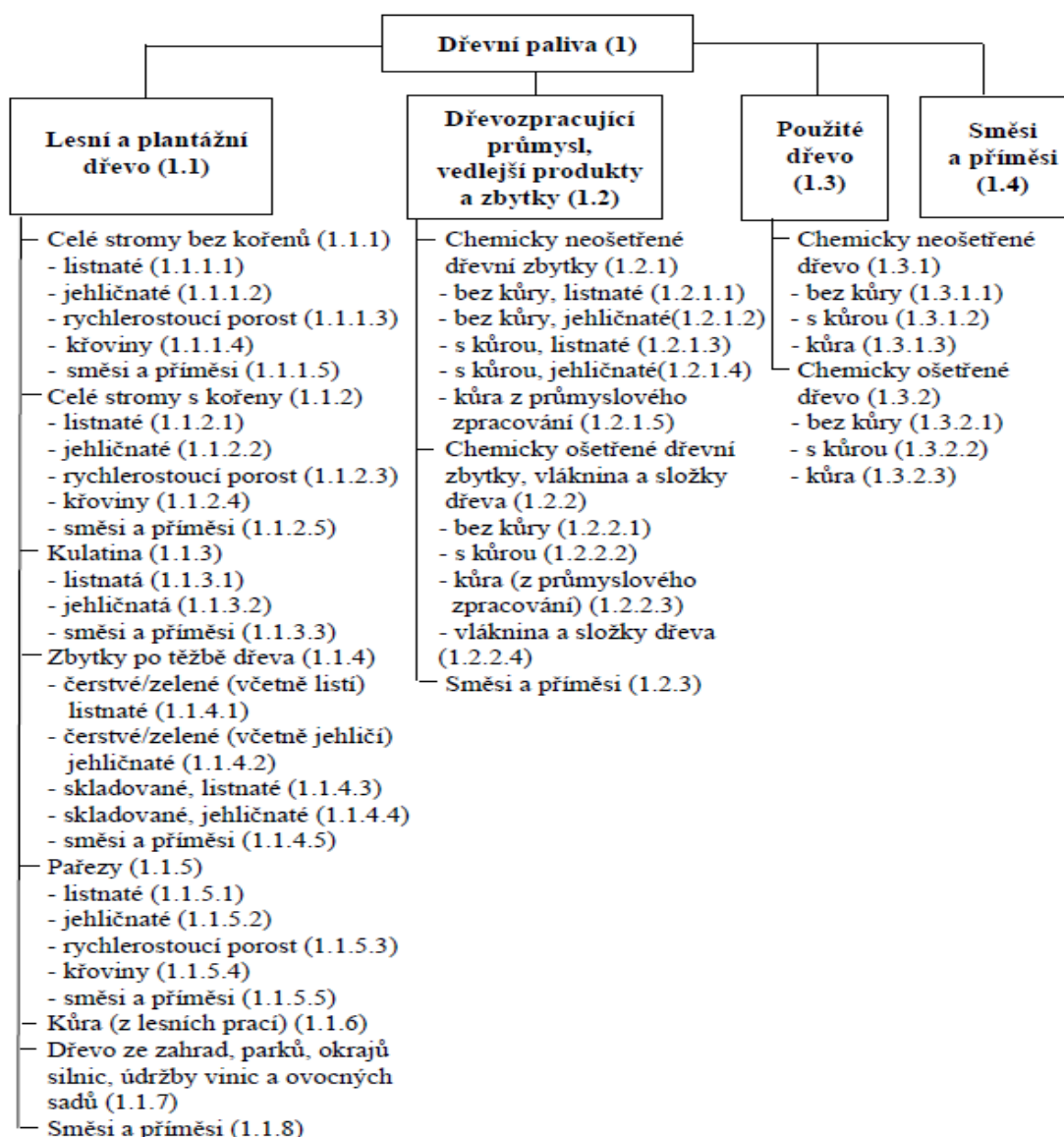
Použité dřevo

Je to dřevo od společností a zákazníků. Dělí se na chemicky neošetřené a ošetřené. Nesmí obsahovat těžké kovy a organické halogenové sloučeniny jako u kategorie odpadů z dřevozpracujícího průmyslu. (Jevič a kol., 2005)

Homogenní směsi a směsi

Do této kategorie patří směsi a příměsi dřevní biomasy ze skupiny 1.1 až 1.3. Viz obr.1. Homogenní směsi vznikají neúmyslným mísením materiálu a úmyslným mísením materiálu. (ČSN EN ISO 17225-1)

Obr. 2 Klasifikační schéma dřevních paliv podle původu a zdrojů v souladu ČSN EN ISO 17225-1.



4.1.5 Bylinná biomasa

Vedlejší produkty a zbytky z potravinářského průmyslu a průmyslu zpracovávajícího byliny

Jedná se o materiály z bylinné biomasy, které zůstávají po průmyslové úpravě a manipulaci. Například to jsou zbytky z výroby cukru z cukrové řepy nebo zbytky zeleniny z potravinářského průmyslu.

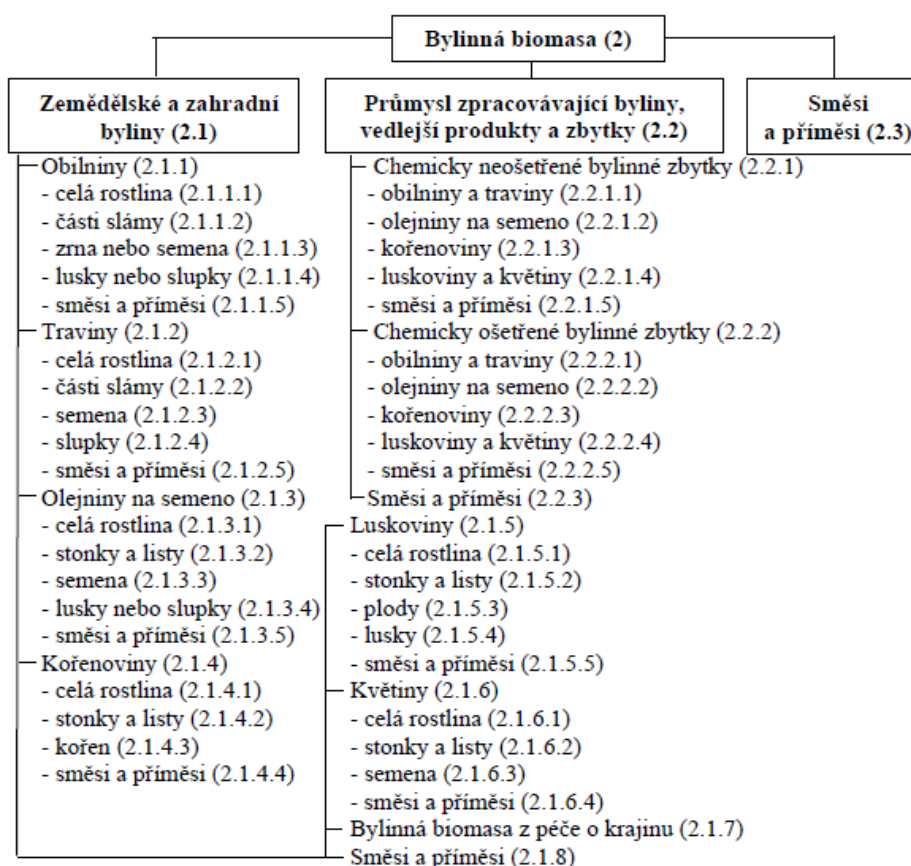
Bylinná biomasa ze zemědělství a zahradnictví

Je to bylinný materiál z parků, zahradních a zemědělských polí, ze zahrad. Upravuje se zmenšením velikosti částic a je možné ho sušit (Jevič a kol., 2005)

Homogenní směsi a příměsi

Homogenní směsi vznikají neúmyslným mísením a úmyslným mísením materiálu. Jsou to směsi bylinné biomasy ze skupin 2.1 až 2.2 znázorněné na obr. 3. (ČSN EN ISO 17225-1)

Obr. 3 Klasifikační schéma bylinné biomasy v souladu s ČSN EN ISO 17225-1.



4.1.6 Rozdělení biomasy podle obsahu vody

Mokrá biomasa

Jde zejména o tekuté odpady, například kejda a další odpady z živočišné výroby tekuté odpady.

Využívá se zejména v bioplynových technologiích a nelze ji spalovat přímo.

Suchá biomasa

Patří jsem sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin, dřeva, průmyslu, lesnictví. Může se využívat při přímém spalování nebo po dosušení.

Speciální biomasa

Cukernaté a škrobové plodiny, olejniny. Používají se ve speciálních technologiích k získávání energetických látek-například bionafty nebo líhu. (Koloběh uhlíku, 2007)

4.1.7 Rozdělení biomasy podle původu

- a) zoobiomasa-biomasa živočišného původu
- b) dendromasa-biomasa lesního původu
- c) fytoomasa-biomasa rostlinného původu

4.2 BIOMASA JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE

Biomasa je významným zástupcem obnovitelných zdrojů energie, protože disponuje velkým množstvím uložené sluneční energie. Přínos energie z biomasy a ostatních typů obnovitelných zdrojů je porovnán na obr. 4. Na obr. 5 je ukázán přibližný přehled cen paliv.

Obr. 4 Podíl biomasy v obnovitelných zdrojích energie (Pastorek, 2004)

	ENERGIE				BIOMASA				OZE celkem
	vodní	geo-termální	solární	větrná	dřevo		energ. kultury	odpady	
					komerční	ne-komerční			
státy severu	557,0	13,2	38,0	42,0	482,0	28,0	38,0	191,0	1 389
státy jihu	321,0	6,8	162,0	18,0	498,0	645,0	32,0	313,0	1 996
svět celkem	878,0	20,0	200,0	60,0	980,0	673,0	70,0	504,0	3 385
podíl na světové bilanci					Biomasa celkem 65,8%				
OZE (%)	25,9	0,6	5,9	1,8	29,0	19,9	2,0	14,9	100

Obr. 5 Přehled cen paliv (TZB-info, 2001)

Druh paliva	Cena paliva za kg [Kč]	Náklady na vytápění rodinného domu [Kč]
Hnědé uhlí	2,90	19040
Černé uhlí	4,80	24557
Koks	8,50	32405
Dřevo	3,00	17808
Dřevěné brikety	4,80	24471
Dřevěné pelety	4,70	21142
Štěpka	2,00	13000
Rostlinné pelety	3,65	16476
Obilí	3,20	13595
Zemní plyn		38210
Propan	21	33054
Lehký topný olej	18,5	32170
Elektřina akumulace		45319
Elektřina přímotop		53064
Tepelné čerpadlo		19871
Centrální zásobování teplem		26531

4.2.1 Způsoby využívání biomasy k energetickým účelům

Způsoby využití biomasy k energetickým účelům ovlivňuje více faktorů. Důležitým faktorem je obsah sušiny v biomase. Mezi suchými a mokrymi procesy pro získání energie je hranice 50 % obsahu sušiny. Nad 50 % obsahu sušiny jsou využívány mokré procesy, a pod touto hodnotou jsou především využívány suché procesy.

V dnešní době je možné využívat biomasy k výrobě ušlechtilých biopaliv, které skoro vůbec nezatěžují životní prostředí, nebo se může využívat k přímému spalování. (Koloběh uhlíku, 2007))

V praxi z mokrých procesů převažuje výroba bioplynu anaerobní fermentací, ze suchých procesů převažuje spalování biomasy.

4.2.2 Způsoby přípravy biomasy pro energetické využití

a) Způsoby přípravy biomasy pro energetické využití

- metanové kvašení
- alkoholové kvašení

b) Termochemická přeměna biomasy (suché procesy)

- Zplyňování
- Spalování
- Pyrolýza

c) Fyzikální a chemická přeměna biomasy

- chemicky: esterifikace surových bioolejů
- mechanicky: drcení, briketování, lisování, štípání, mletí, peletování

d) Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy

- kompostování
- anaerobní fermentace pevných organických odpadů
- anaerobní procesy čištění odpadních vod (Jevič, 2008; Pobedinsky a kol., 2009; Hutla, 2001)

4.3 ZEMĚDĚLSKÝ ODPAD

Dříve bývala zemědělská výroba téměř bezodpadová. Hněj i rostlinné zbytky se využívaly jako přírodní hnojivo. V současnosti vzniká při zemědělské výrobě bioodpad, který se nepoužívá jako přírodní hnojivo, ale zužitkovává se na kompostech nebo v bioplynových stanicích. (Siegl.cz, 2016)

Způsoby nakládání s meziprodukty zemědělské výroby a s případnými zemědělskými odpady musí být v souladu s požadavky vodohospodářské ochrany. Tyto produkty musí být vyhovujícím způsobem skladovány, vhodně s nimi manipulovat, zpracovávat na povolených zařízeních a upravovat je tak, aby neohrožovali životní prostředí.

Sklady kejdy, kompostoviště, hnojiště a sběrné jímky na močůvku se musí budovat jako nepropustné, vybavené kontrolním systémem proti úniku škodlivin. Kompostoviště a hnojiště jsou vybaveny jímkou pro zachycování dešťových vod a hnojůvky z manipulační a nenaskladněné plochy.

Ekologicky a agronomicky je za efektivní způsob považováno kompostování zemědělských odpadů. Do kompostových zakládek je možné použít hnojivé odpady komunální a průmyslové. (Váňa, 2002)

4.4 BRIKETOVÁNÍ

Briketování je technologií využívající mechanické a chemické vlastnosti materiálů s použitím vysokotlakého lisování za účelem zhutnění materiálu do určitých tvarů bez přísad pojiva. Při lisování dochází k zhutnění materiálů v poměru až 10:1. Na světě existují i výkonnější lisy, které dokáží zhutnit materiál až 100:1. K vytvoření vazby mezi jednotlivými částicemi stlačovaného materiálu se využívají pryskyřice, které obsahuje daný materiál. Při působení teploty a vysokého tlaku dochází k uvolňování buněčných struktur v podobě ligninu, který spojuje jednotlivé částice do brikety.

Briketování je lisování drceného sypkého materiálu. (Pobedinsky a kol., 2009; Brikety z biomasy, 2001; Briketování biomasy, 2001; Vše o briketování, 2011)

4.4.1 Technologie výroby briket

Používané suroviny jako jsou piliny, kůra, odpad vstupují do drtiče, kde jsou rozdrčeny do stavu šrotu. Hmota, která zbyde je dodávána do sušičky a ze sušičky vstupuje do lisu, kde se vstupní materiál lisuje do briket. Stlačováním materiálu během jeho zpracování zvyšuje jeho teplotu, lignin obsažený ve dřevě změkčuje a lepí částice do hustého válce. Výroba jedné tuny briket spotřebuje přibližně 2,3-3,5 metrů krychlových dřevního odpadu. Konečné brikety se chladí a jsou baleny do balení, které se dodává spotřebitelům

4.5 OBECNÉ INFORMACE O BRIKETÁCH

Brikety jsou biopaliva, která se vyrábějí z různých biologických materiálů, např. ze zemědělských odpadů (sláma, kukuřice, odpady ze zpracování obilí, slunečnicové slupky), dřevěné odpady (dřevní štěpka, kůra, piliny a jiné lesní odpad), energetické rostliny, rychle rostoucí stromy (topoly, vrby) a rašelina. (Pobedinsky a kol., 2009)

Brikety jsou pevným biopalivem, které se lisuje do různých tvarů, např. do tvaru hranolů, válečků nebo šestistěnů. Mají délku do 300 mm a průměr 40 až 100 mm, velikosti závisí na typu materiálu a na dalším zpracování nebo jejich použití. (Brikety z biomasy, 2001)

Materiálem nevhodným pro briketování je přesušený drobný materiál, obilné plevy a některé odpady z čističek, které obsahují vysoké procento oleje, nebo zbytky ze semen hořčice, řepky. Nelze briketovat příliš vlhký materiál. (Milwood.eu)

Obsah nečistot, mechanická trvanlivost a sypná hmotnost jsou hlavní vlastnosti, které ovlivňují kvalitu briket, jejich použití a tržní hodnotu.

4.5.1 Vlastnosti briket

a) Nízký obsah vlhkosti

- Je to výhoda briket jako paliva, ale také problém při jejich výrobě. Sušení může být jednou z hlavních položek výdajů na výrobu briket jako paliva odpadního dřeva. Dodatečné náklady mohou způsobit sběrné, výrobní, třídící a čisticí materiály.

b) Vysoká sypná hustota

- Vysoká konstantní sypná hustota, která patří k výhodám briket umožňuje relativně snadnou přepravu na velké vzdálenosti.

- Mechanická trvanlivost ukazuje, jak husté jsou brikety a jak se tvoří. Mechanická trvanlivost se vztahuje na abrazi, odolnost vůči nárazům a soudržnost briket. To nám ukazuje na odolnost briket vůči transportu a manipulaci. (Jevič a kol., 2009; Pobedinsky a kol., 2009)

4.5.2 Parametry pro výrobu briket

Pro získání vysoce kvalitních briket je potřeba splnit tři základní podmínky:

- Využití vysoce kvalitních surovin
- Přísné dodržování výrobní technologie
- Použití vysoce kvalitního vybavení

Obsah vlhkosti by měl být před lisováním v rozmezí 12-14 % nebo méně, protože při vyšším obsahu vlhkosti jsou brikety méně trvanlivé a zbytková vlhkost může být po ochlazení vyšší než povoluje norma.

Po výrobě briket je potřeba dodržet opatření k zajištění jejich kvality. To zahrnuje:

- Zamezit destrukci briket minimalizováním deformačního zatížení granulí
- Odstranění absorpce jejich vlhkosti

Proto se nejlepší brikety skladují v uzavřených pytlích. Vnější vzhled kvalitních briket by měl být:

- Povrch-hladký, lesklý, bez bublin a trhlin
- Barva-šedá
- Vůně-lehce nasládlá vůně lepidla

4.5.3 Obecná kritéria pro hodnocení palivových briket

Všechny normy mají obecná hodnotící kritéria. Existují dva druhy vlastností palivových briket.

- 1) Fyzikálně-mechanické vlastnosti
 - Obsah vody (vlhkost)
 - Rozměry (délka, průměr)
 - Hustot a objemová hustota
 - Mechanická odolnost
 - Výhřevnost

- 2) Chemické a složkové vlastnosti
- Obsah CL, N, S, H, C, O a těžkých kovů
 - Obsah Těkavých látek
 - Obsah popela
 - Přítomnost spor plísní

4.5.4 Palivové brikety

Jsou ekologicky šetrným palivem, které obsahuje 2-3 % popela. Při pálení briket se do ovzduší uvolňuje CO₂, které bylo absorbováno rostlinou při jejím růstu. Pokud rostlina, z které se dělá briketa pěstuje v prostředí, které obsahuje toxiny, nebo radioaktivní látky, může se během spalování briket rozptýlovat tyto látky do ovzduší. Brikety jsou méně náchylné ke spontánnímu vznícení, protože neobsahují prach a spory, u některých lidí to může způsobovat alergické reakce. (Pobedinsky a kol., 2009)

4.5.5 Palivové brikety jako druh obnovitelného paliva

Jsou pro mě typické:

- Požadovaný obsah vlhkosti do 12 %
- Rozsah výhřevnosti je 15-19 MJ*kg⁻¹
- Nízký obsah síry, méně než 0,07 %
- Hustota 800-1000 kg*m⁻³
- Obsah popela je menší než 1,2 %

Doba, kterou se vypaluje jedna briketa je 180-240 minut při teplotě 300-700 °C. Výroba briket vyžaduje na rozdíl od výroby pelet speciální vybavení.

4.5.6 Základní vlastnosti surovin

Kvalitu briket do značné míry ovlivňuje vlhkost směsi surovin. Dají se rozlišovat optimální a kritické hodnoty vlhkosti. Vlhkost mezi 4-10 % je optimální pro dosažení nejlepších mechanických vlastností briket. Kritická vlhkost je v rozmezí 10-15 %. Vyšší obsah vlhkosti má za následek, že se na povrchu brikety objevují praskliny, které způsobuje vnitřní tlak vodní

páry, která vzniká při broušené masové kompresi. Brikety díky prasklinám ztrácejí svoji tržní hodnotu.

Důležitým faktorem, který určuje mechanickou pevnost briket, odolnost vůči vodě, výhřevnost je hustota briket. Čím hustší jsou brikety, tím je vyšší jejich kvalita, výhřevnost. Brikety s nižší hustotou jsou méně kvalitní a mají nižší výhřevnost. Například, když má briketa hustotu kolem $650-750 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, je její výhřevnost kolem $12-14 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Při hustotě $1200-1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ má výhřevnost kolem $25-31 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Na trhu jsou převážně palivové brikety z dřevěných a zemědělských odpadů. Kromě briket, kde je surovinou pouze dřevo nebo sláma, lze kombinovat s jinými tuhými biopalivy z různých forem biomasy nebo uhlí.

4.5.7 Výhody využití biomasy při výrobě briket

Brikety vyráběné z rostlinných odpadů mají několik výhod oproti jiným palivům. Výhody:

- Obnovitelný zdroj energie.
- Dobré vlastnosti.
- Brikety vyráběné z biomasy umožňují použití kamen na klasická biopaliva (dřevěné štěpky). Jsou vhodné i pro kamna s nižším výkonem a diskontinuálním pracovním režimem (malé kotle na dřevěné palivo s topným výkonem do 50 kW).
- Snadno se brikety vkládají do spalovací komory ve srovnání s ne briketovanými odpady.
- Spalování briket je efektivní a množství popela nepřesahuje 0,5-1 % z celkového množství použitého paliva (obsah popela stejného druhu uhlí obsahuje 30-40 %). Popel může být využit jako draselné hnojivo.
- Výhřevnost briket podle hustoty je $4,5-5 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$ (asi $18 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$), což je přibližně 1,5krát více než je výhřevnost dřeva a je srovnatelná s uhlím. Jeden blok briket o hmotnosti asi 1 kg stačí na vytopení domovské plochy o 50 m^2 během jedné hodiny. Výhodou pro spotřebitele je nákupní cena. Při spalování 1000 kg briket se uvolní tolik tepla, které vyprodukuje 1600 kg dřeva, 478 m^3 plynu, 500 litrů motorové nafty, 1000 kg uhlí nebo 685 litrů topného oleje.
- Brikety jsou výrobky k životnímu prostředí šetrné. Jsou vyrobeny z přírodních nepracovaných odpadů. Spalování briket je šetrné k životnímu prostředí.

- Brikety dlouho hoří, jejich teplo je vnímáno jako příjemnější než teplo produkované uhlím, lehkým topným olejem nebo zemním plynem.

Jedná se o vynikající vlastnosti, které mají palivové brikety ve srovnání s jinými palivy, proto jsou konkurenceschopné na trhu. Trh s palivovými briketami rychle roste. (Pastorek a kol., 2004; Sladký a kol., 2002; Pobedinsky a kol., 2009; Kotlánová, 2009; Plíštil, 2004)

4.5.8 Krmné brikety

Krmné brikety jsou vyráběné ze směsi práškového krmného krmiva a kombinovaného krmiva nebo ze směsí objemových krmiv (sláma, kukuřice, stonky, oves, hrách a ječmen), obsahují koncentráty i minerální přísady (křída, sůl, močovina). Nejcennějšími jsou brikety ze zelené hmoty uměle sušené z řepy, moučky, buničiny a dalších složek. Plnohodnotné krmivo z briket činí množství koncentrátů v nich obsažených. Proces briketování není doprovázen výrazným zvýšením teploty, proto nedochází k možnosti poškození látek. Pro výrobu krmiv se používají pístové lisovny, lisovací zařízení a pro krmné přísady mohou být použity expandéry a extrudéry.

4.6 ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU BRIKET, BRIKETOVACÍ LISY

Briketovací lisy jsou jedním z nejdůležitějších strojů, které vyrábí trvalou formu paliva. JE schopná dopravy na velké vzdálenosti, je optimální pro skladování nebo pro automatické přikládání do kotlů a různých topenišť. Lisy se vyrábějí s různými druhy výkonností. Od 0,1 t/h, které jsou vhodné pro menší výroby, až po lisy, které mají výkonost 5 t/hod, které se používají ve velkých provozovnách. (Briklis, spol. s.r.o., 2011)

4.6.1 Rozdělení lisů podle principů činnosti

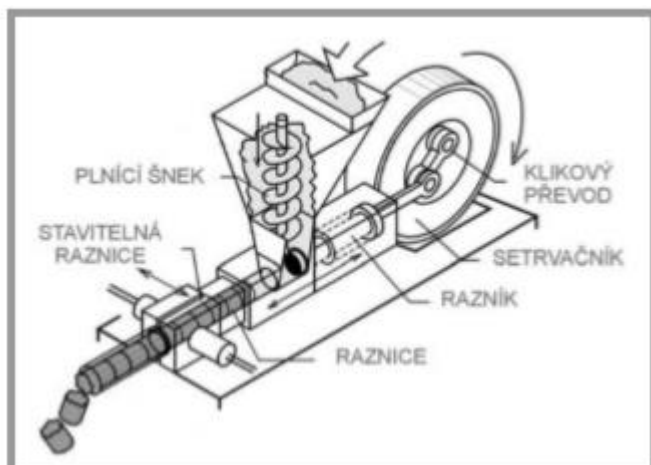
Briketovací lisy se rozdělují do tří kategorií podle principu jejich činnosti. Rozdělují se na lisy:

- Mechanické pístové
- Šnekové
- Hydraulické pístové

4.6.2 Mechanické pístové lisy

Tento lis pracuje na principu klikového mechanismu s velkým setrvačником. Vyznačují se největšími tlaky v lisovací komoře, ze které vychází dlouhá briketa, kterou odřezávací pila za výstupem z komory. Výkonost mechanického pístového lisu je okolo 1 tuny za hodinu s válcovým nebo šestihranným tvarem briket. Jednou z možností tvaru brikety je válcová s vnitřním otvorem, který lépe prokysličuje briketu a pomáhá k lepšímu hoření. (Energetické využití pevné biomasy, 2012)

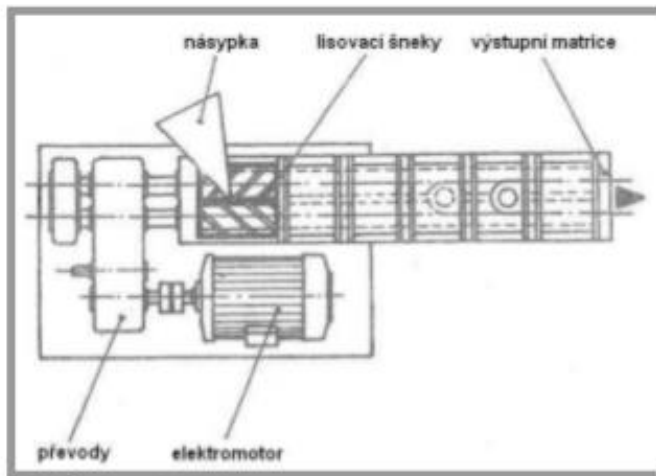
Obr. 6 Mechanický klikový lis (Energetické využití pevné biomasy, 2012)



4.6.3 Šnekové lisy

Tento lis vytváří tlak otáčením lisovacího šneku v konické lisovací komoře. Jeho výkonost je okolo 0,5 tuny za hodinu. Soudržnost briket je velmi dobrá, protože tlak a tření materiálu na šneku zahřívá lignin obsažený ve dřevě, který zastává funkci pojiva. Brikety ze šnekového lisu mají na povrchu ztuhlý lignin, který se podobá vosku a ochraňuje brikety proti vlhkosti. Nevýhodou tohoto lisu je časté opotřebení lisovacích komor a šneků, pokud lisovaný materiál obsahuje zrnka písku. U těchto lisů je možné vyměnit výstupní matici a místo briket vyrábět například pelety. (Energetické využití pevné biomasy, 2012)

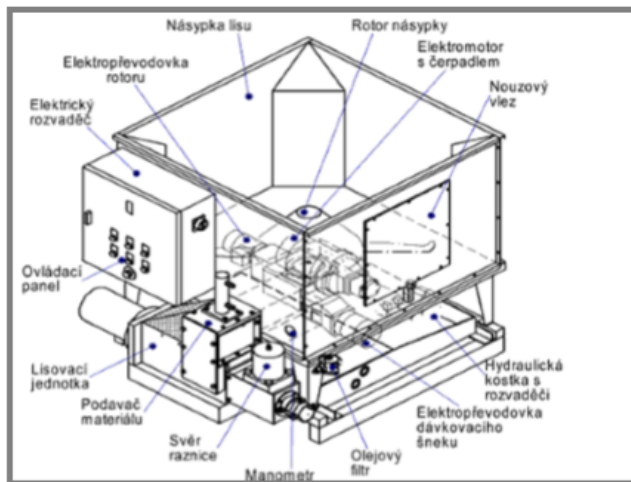
Obr. 7 Šnekový lis (Energetické využití pevné biomasy, 2012)



4.6.4 Hydraulické lisy

Hydraulické lisy pracují s menšími tlaky v lisovací komoře a s menší hodinovou výkoností než mechanické pístové lisy. Cena, za kterou se dá pořídit hydraulický pístový lis je nižší než u mechanického pístového lisu. Výkonost hydraulického pístového lisu je v rozmezí 0,05 až 0,5 tuny za hodinu. Tyto lisy jsou vhodné pro lisování pilin, stébelnatin nebo jejich směsí. Brikety z tohoto typu lisů mají nižší soudržnost, a proto se výroba briket provádí v místech, kde dochází k okamžitému zpracování a bez časté manipulace. (Energetické využití pevné biomasy, 2012)

Obr. 8 Hydraulický lis (Energetické využití pevné biomasy, 2012)



4.6.5 Přehled briketovacích lisů

Mnoho firem je na zahraničním i tuzemském trhu, které se zabývají výrobou a konstrukcí briketovacích lisů. Níže je popsáno několik typů lisů od hobby provedení až po profesionální lisy pro velké provozovny.

Mezi hobby lisy, které jsou používány převážně pro soukromé účely a zpracování vlastního odpadu, můžeme zařadit lis od české firmy Falach typ 30. Tento lis vyrábí brikety o průměru 50 mm s hodinovým výkonem 30 kg/hod a s výkonem elektromotoru 4 kW. Výhodou tohoto lisu jsou celkem malé rozměry, nízká hmotnost a pořizovací cena. Nevýhodou tohoto lisu je nemožnost nepřetržitého provozu a malý hodinový výkon. (Lisy Falach, 2012)

Obr. 9 Falach 30 (Lisy Falach, 2012)



Další typ lisu je lis pro střední provozy, jako jsou truhlárny nebo menší výrobci vyrábějící brikety. Do této kategorie patří lis BrikStar 100 od české firmy Briklis. Tento lis vyrábí brikety o průměru 65 mm. Jeho hodinová výkonost je 90-120 kg/hod s výkonem elektromotoru 9,3 kW. Výhodou tohoto lisu je nepřetržitý provoz, který umožňuje chladič oleje. K tomuto lisu je dodáváno volitelné příslušenství, například venkovního provedení, zvětšení násypky nebo prodlužovacího potrubí pro vedení briket. Váha lisu se pohybuje okolo 1 tuny bez příslušenství, protože se jedná o větší provedení lisu. (Briketovací lis, 2011)

Obr. 10 BrikStar 100 (Briketovací lis, 2011)



K profesionálním lisům, které můžeme najít ve velkých provozech patří briketovací linky Brisur od firmy Briklis. K obsluze těchto linek je nutné mít obsluhu. Briketovací linka se skládá z drtící linky, sušárny, jednoho nebo více briketovacích lisů a rotačních stojanů pro balení briket. Výkon takových linek se pohybuje od 200 do 1000 kg/hod a celkový příkon může dosahovat až 200 kW. (Briketovací lis, 2011)

Obr. 11 Briketovací linka Brisur (Briketovací lis, 2011)



4.7 BRIKETOVÁNÍ LITINOVÝCH TŘÍSEK

4.7.1 Briketování-technologie strojů a tavení

K úspěšnému a trvalému briketování litinových třísek, musí být splněny dvě podmínky:

- spolehlivé a kvalitní strojní technologie
- know-how v oblasti tavení a metalurgie při používání briket

4.7.2 Požadavky na strojní technologii

Briketovací lisy na litinové třísky musí být schopny produkovat brikety v třísměnném provozu bez poruch, bez obsluhy, při nízkých spotřebních nákladech a nízké údržbě. Musí být dodržena požadovaná kvalita briket.

Brikety musejí:

- Mít co nejvyšší hustotu
- Mít nízkou zbytkovou vlhkost
- Mít vysokou pevnost při překládání a být pevně slisované
- Mít velkou odolnost proti oděru

Pro lisování kvalitních briket je nutné mít správný lisovací tlak, musí být větší než 300 MPa. Obvyklá hustota briket z litinových třísek je 5,2 až 5,7 kg*dm⁻³. K tomu je potřeba mít kvalitní strojní techniku.

4.7.3 Výhody třískových briket

Kvalita materiálu vsázky

Briketováním litinových třísek na místě, kde vznikají, má za výhodu snížení koroze materiálu. Zabraňuje se vzniku oxidů. Vylisované chladící prostředky se dají použít znovu.

Důležité je pro dávkování možnost nasazení metalurgického materiálu, který je známý a materiálu se stejnou hodnotou. Mají také vysokou hodnotu obsahu uhlíku, křemíku. Pokud se používá ocelový šrot je nutné ho nauhličovat a nakřemíkovat. Používání znečištěného materiálu může mít za následek zvýšení nákladů, protože může docházet k poškození pecí.

Logistika a skladování

Brikety mají vysokou sypanou hmotnost, proto je lze snadno skladovat a přepravovat.

Výhody při tavbě

V tavicích provozech jsou brikety z třísek ceněným materiálem, protože je lze lépe dávkovat, což snižuje dobu tavby a tím se snižují náklady. Jejich kompaktní tvar snižuje propal a tím se maximalizuje výtěžnost.

4.7.4 Technologie tavení

Brikety je možné používat v kupolových, středofrekvenčních a indukčních pecích. Brikety mohou být používány jako ostatní kusový šrot v kupolových pecích. V elektrických pecích je nutné dodržovat pravidla, která se týkají dávkování:

- Indukční pec-do kaluže, která je tekutá se nejdříve dávkuje suchý šrot, aby nepřesahoval tekuté železo, na ně se dají brikety a na závěr opět ocelový šrot
- Středofrekvenční pec-do pece, která může být teplá se nejprve dávkují brikety a navrch se dává horní vrstva z kusového šrotu

Toto dávkování zajišťuje, aby z briket mohla uniknout zbytková vlhkost, před roztavením briket. (Jessberger, 2007)

5 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Bakalářská práce řeší problematiku briketování energeticky využitelných materiálů. Biomasu je možné považovat za obnovitelný zdroj energie, pokud je její energetické využití nižší než náklady na její získání. Biomasa se dá zpracovávat mnoha způsoby, např. briketováním. Briketovat lze různé druhy materiálů. Nejvhodnější materiály k briketování jsou ze zemědělských odpadů jako je sláma kukuřice, slunečnicové slupky nebo odpady ze zpracování obilí. Dále dřevní štěpka, piliny, dřevní štěpka, které vznikají z dřevního odpadu, energetické rostliny, rychle rostoucí stromy. Je nutné dodržovat předepsané postupy briketování, mít správné stroje a technologii, aby byla zaručena patřičná kvalita briket. Briketovat se dají i kovové materiály, které mají další využití.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

QUASHNING, VOLKER. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Grada, 2010. ISBN: 978-80-247-3250-3

WEGER, J.: *Biomasa jako zdroj energie*. Biom.cz [online]. 2009-02-02 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.

Koloběh uhlíku. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 15.12.2007, last modified on 12.5.2011 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Koloběh_uhlíku>

Palivové dřevo [online]. 2009 [cit. 2011-03-25]. Vhodné druhy dřeva. Dostupné z WWW: <<http://www.palivovee-drevo.cz/vhodne-druhy-dreva.html>>.

PASTOREK, Zdeněk; KÁRA, Jaroslav; JEVIČ, Petr. *Biomasa obnovitelný zdroj energie : obnovitelný zdroj energie*. Praha : FCC PUBLIS s.r.o., 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.

PETŘÍKOVÁ, V.; Weger, J. *Pěstování rostlin pro energetické a technické využití*. Praha, 2015. ISBN:978-80-86726-69-4

JEVIČ, P.; LUŇÁČEK, M.; MALAŤÁK, J.; SLADKÝ, V.; SOUČEK, J.; ŠEDIVÁ, Z.: *Energetické a surovinové využití plodin z marginálních oblastí*. (Výzkumná zpráva EP 09600006514), VÚZT, Praha, 2001, 61 s

JEVIČ, P.; HUTLA, P.; ŠEDIVÁ, Z.: *Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů*. VÚZT, Praha 2008, 132 s., ISBN: 978-80-86-884-42-4

Pobedinsky V., Havrland B., Muntean A., Vrancean V., Kandakov A., Ivanova T. (2009). *Praktikum po discipline: zagotovka i pererabotka sel'skochozjajstvennoj produkcii i biotchodov. Analiz i issledovanie processov proizvodstva granul i briketov iz fitomassi* (Manual for the Subject: Preparation and Processing of Agricultural Production and Bio-wastes). Chisinau-Prague, 162 pp., ISBN 978-80-213-2029-1.

Hutla P., Sladký V. (2001). *Optimal drying of energetical wooden chips*. Research in Agricultural Engineering

Jak se likviduje zemědělský odpad? [online]. 2016 [cit. 2019-03-20]. Likvidace. Dostupné z WWW:< <https://www.siegl.cz/blog/likvidace/jak-se-likviduje-zemedelsky-odpad>>

VÁŇA, Jaroslav: Zemědělské odpady. *Biom.cz* [online]. 2002-01-24 [cit. 2019-03-24]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zemedelske-odpady>>. ISSN: 1801-2655.

Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. *Biom.cz* [online]. Praha, 2001, 2010 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevenerostlinne-smesne-brikety>>

Briketování biomasy. ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. *Biom.cz* [online]. Praha, 2001, 2008 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/zpravy-ztisku/briketovani-biomasy>>

Briketování biomasy. ČESKÉ SDRUŽENÍ PRO BIOMASU. *Biom.cz* [online]. Praha, 2001, 2008 [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/zpravy-ztisku/briketovani-biomasy>>

Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. TZB-info [online]. 2001, 2012 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-avypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>>

Briketování slámy a jiných zemědělských materiálů [online], [cit. 2019-03-22]. Dostupné z <<https://www.milwood.eu/nove-stroje/briketovaci-lisy/106-briketovani-slamy-sena-a-zemedelskych-plodin/153-briketovani-zemdlських-plodin.html>>

PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVÍČ, P.: *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. 2004, FCC Public, Praha, 288 s., ISBN: 80-86534-06-5

Kotlánová A. (2009). Testování biomasy a výrobků z biomasy (pelet a briket) určených ke spalování (Testing of biomass and products from biomass (pellets and briquettes) specified for combustion). *Biom.cz* [online]. 2019-03-18. Available from WW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/testovani-biomasy-a-vyrobku-z-biomasy-pelet-a-briket-urcenyh-ke-spalovani>. ISSN: 1801-2655

Plíštil D. (2004). Brikety z energetických bylin (Briquettes from Energy Grasses). *Biom.cz* [Biom.cz]. 2019-03-18. Available from WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-energetickych-bylin>>. ISSN: 1801-2655

Vše o briketování, co je důležité vědět. BRIKLIS, spol. s r.o. Briketovací lis - BRIKLIS, spol. s r.o. [online]. Malšice, 2011 [cit. 201-03-14]. Dostupné z: <<http://www.briklis.cz/vse-o-briketovani/>>

Energetické využití pevné biomasy. VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY. Výzkumný ústav zemědělské techniky [online]. Praha [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/p2006_07.pdf

Lisy Falach. [online]. Jablonec nad Nisou [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.falach.cz/>
Briketovací lis - BRIKLIS, spol. s r. o. BRIKLIS, spol. s r.o. [online]. Malšice, 2011 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.briklis.cz/>

Briketování slámy a jiných zemědělských materiálů [online], [cit. 2019-03-22]. Dostupné z <https://www.milwood.eu/nove-stroje/briketovaci-lisy/106-briketovani-slamy-sena-a-zemedelskych-plodin/153-briketovani-zemdlських-plodin.html>

Jessberger, A., Briketování litinových třísek, 2007, [online], [cit.2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/briketovani-litinovych-trisek.html>.

SEZNAM NOREM A LEGISLATIVNÍCH PODKLADŮ

ČSN EN ISO 17225-1 (838202) *Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 1: Obecné požadavky*, Praha, ČNI, 2015, 64 s.

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2015/1513 *ze dne 9. září 2015, kterou se mění směrnice 98/70/ES o jakosti benzínu a motorové nafty a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů*

7 Seznam obrázků

Obr. 1 Klasifikační schéma ovocné biomasy v souladu s ČSN EN ISO 17225-1.	13
Obr. 2 Klasifikační schéma dřevních paliv podle původu a zdrojů v souladu ČSN EN ISO 17225-1.	15
Obr. 3 Klasifikační schéma bylinné biomasy v souladu s ČSN EN ISO 17225-1.	16
Obr. 4 Podíl biomasy v obnovitelných zdrojích energie.	18
Obr. 5 Přehled cen paliv.	19
Obr. 6 Mechanický klikový lis.	29
Obr. 7 Šnekový lis.	30
Obr. 8 Hydraulický lis.	31
Obr. 9 Falach 30.	32
Obr. 10 BrikStar 100.	32
Obr. 11 Briketovací linka Brisur.	33