

Mechanické a chemické vlastnosti briket z odpadní biomasy konopí (*Cannabis sativa* var. *Finola*)

Mechanical and chemical properties of briquettes made of waste hemp (*Cannabis sativa* var. *Finola*) biomass

Ivanova Tatiana, Kolaříková Michela, Havrland Bohumil, Hutla Petr
Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Tropical AgriSciences
Research Institute of Agricultural Engineering

Summary:

*This paper presents research on waste biomass, which comes from industrial hemp (*Cannabis sativa*), Finnish variety of *Finola* - registered variety bred for food use. Residues after seed oil pressing - seed cake and stems were experimentally tested for production of solid biofuels - briquettes. Briquettes evaluation includes significant mechanical and physical characteristics and properties measured in the solid fuels according to European standards. There are moisture content, mechanical durability, gross and net calorific values as well as ash content and flue gas emissions during combustion. For examination purposes five mixtures of hemp stem and press cake biomass were prepared in mixtures 1:2, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, respectively. The briquettes containing higher amount of stem biomass are more resistant to manipulation and storage, but have lower calorific value due to lower content of press cake's biomass with residuals of seed oil. The moisture contents of all mixtures fit into optimal range for briquettes. All the mixtures also fit to maximum standard amount of ash for non-woody biomass. Mixtures 4:1 and 5:1 fully meet the emissions limits. Other mixtures generally range up to the limit. Briquettes made of waste hemp biomass are suitable as solid biofuel and fulfill the requirements of European norms.*

Key words: *moisture content, mechanical durability, gross and net calorific value, ash content, flue gas emissions*

Anotace:

*Tento článek prezentuje výzkum odpadní biomasy, která pochází z technické konopí (*Cannabis sativa*), finské odrůdy *Finola* – registrované odrůdy vyšlechtěné pro použití v potravinářství. Zbytky po lisování oleje semen - pokrutiny a stonky byly experimentálně testovány pro výrobu pevných biopaliv - briket. Jejich hodnocení zahrnuje několik důležitých mechanických a fyzikálních charakteristik a vlastností, které se obvykle měří v pevných palivech podle evropských norem. Konkrétně - vlhkost, mechanická odolnost, spalné teplo a výhřevnost, jakož i obsah popela a emisí při spalování. Pro účely zkoumání těchto charakteristik bylo stanoveno pět směsí stonku a konopných pokrutin v poměru 1: 2, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1. Brikety obsahující větší množství biomasy stonků jsou odolnější vůči manipulaci a skladování, ale mají nižší spalné teplo, vzhledem k nižšímu obsahu pokrutin se zbytky oleje. Obsah vlhkosti všech směsí splňoval optimální hodnoty pro brikety. Všechny směsi také vyhovují limitu pro množství popela nedřevní biomasy. Směsi 4:1 a 5:1 plně splňují emisní limity. Ostatní směsi se obvykle pohybují až na hranici limitů. Brikety z odpadní konopné biomasy jsou vhodné jako pevné biopaliva a splňují požadavky Evropských norem.*

Klíčová slova: *vlhkost, mechanická odolnost, spalné teplo a výhřevnost, obsah popela, emisní limity*

Úvod

Z energetického hlediska se považuje za biomasu organickou hmotu rostlinného původu, která vzniká na Zemi v důsledku fotosyntézy a představuje nejdůležitější složku obnovitelných energií, které lidstvo dovede využívat (Sladký, 2004). V současné době se řada vědeckých pracovišť a univerzitních výzkumů ubírá směrem testování pevných biopaliv ze záměrně pěstované a odpadní biomasy (Kovářová et al., 2002; Prade et al., 2011). Konopné semeno je v současné době využíváno k výrobě oleje pro potravinářské využití. Konopný olej je jedním z nejcennějších olejů rostlinného původu, obsahuje až 80 % nenasycených mastných kyselin (jsou to kyselina linolová, alfa-linolenová a gama linolenová), nezbytné pro správné fungování lidského organismu (Pop et al., 2012). Kromě MK obsahuje i cannabinoid cannabidiol (CBD), který působí protizánětlivě. Společnost Hemp production, tento olej produkuje a po jeho vylisování zůstávají pokrutiny, které mají stále přibližně 20% oleje, což zaručuje vysoké spalné teplo, tudíž je z energetického hlediska slibné. Konopné stonky (nazývané také konopná sláma) by byly vhodné pro ziskovější produkci konopných vláken, avšak v České republice neexistuje jediný zpracovatelský podnik v této oblasti. Proto byla navázána spolupráce mezi společností Hemp Production a naším výzkumným týmem o možnostech využití těchto odpadů pro energetické účely.

Cíl

Cílem tohoto výzkumu je zpracování odpadní biomasy z konopí setého (pokrutin + stonků) do formy briket a testovat jejich vlastnosti v souladu s Evropskými normami pro pevná biopaliva.

Materiál a metodika

1. Drcení materiálu

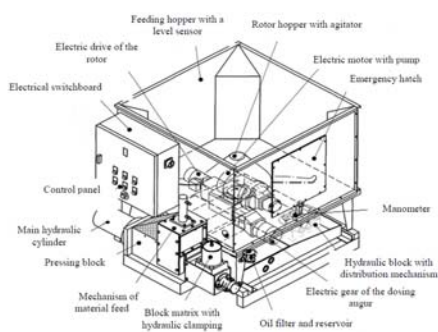
Pro brikety z rostlinné biomasy musí být materiál rozdrcen na šrotovníku před zpracováním. Cílem tohoto rozduřování je snížení velikosti částic a homogenizaci. Pro účely tohoto experimentu byla použita drtička typu 9FQ - 40C. Biomasa konopí (pokrutiny a stonky) byla drcena pomocí 5mm síta.

2. Příprava směsí

Pro účely tohoto experimentu bylo připraveno celkem pět směsí finské různé Finola v různých poměrech stonku a pokrutin (stonek: pokrutina): 1:2, 2:1, 3:1, 4:1 a 5:1.

3. Briketování

Tvarování biomasy do pevných paliv bylo provedeno briketovacím lisem BrikStar 50-12. BrikStar je hydraulický pístový lis, který umožňuje výrobu briket o průměru 65 mm a délce 30 do 50mm. Schéma lisu je zobrazena na obr.1 a samotný stroj je zobrazen na obr.2



Obr.1. Schéma briketovacího lisu Obr. 2. Briketovací lis BrikStar 50-12
4. Stanovení obsahu vlhkosti

Obsah vlhkosti biomasy byl měřen sušením s použitím sušičky Memmert 100-800. Byly zváženy vzorky z každé z pěti směsí před a po sušení (105 ° C po dobu 8 hodin). Obsah vlhkosti byl vypočten podle vzorce:

$$w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100$$

kde: w – vlhkost vzorku (%)
 m_w – hmotnost vzorku před sušením (g)
 m_d – hmotnost vzorku po vysušení (g)

5. Stanovení spalného tepla a výhřevnosti
Byl použit adiabatický kalorimetr LAGET MS - 10A. Hodnoty takto získané byly pak přepočteny na výhřevnost. Rozdíl mezi GCV a LCV je obsah vody analyzovaného vzorku. Pro výpočet LCV byl použit následující vzorec:

$$LCV = GCV - 24.42 \times (w + 8.94 \times H_a)$$

kde: LCV – výhřevnost ($J \cdot g^{-1}$)
GCV – spalné teplo ($J \cdot g^{-1}$)
24.42 – koeficient 1% vody ve vzorku při teplotě 25 °C ($J \cdot g^{-1}$)
w – obsah vody ve vzorku (%)
8.94 – koeficient pro konverze vodíku na vodu
 H_a – obsah vodíku ve vzorku (%)

6. Mechanická odolnost
Je jednou z nejvýznamnějších mechanických vlastností zkoumaných v pevných palivech. Mechanická odolnost je kvalitativní ukazatel, který popisuje schopnost materiálu soudržet při manipulaci. Mechanická odolnost je měřena s pomocí speciálního rotačního bubnu válcovitého tvaru o objemu 160 l s vnitřní délkou a průměrem: 598 ± 8 mm. Zařízení, doba otáčení, stejně jako výpočet byly stanoveny podle ČSN EN 15210-2.

$$DU = \frac{m_A}{m_E} \times 100$$

kde: DU – mechanická odolnost (%)
 m_A – váha vzorku po odrolu (g)
 m_E – váha vzorku před odrolem (g)

7. Měření obsahu popela

Experiment byl proveden v muflové peci. Dva vzorky z odpadní konopné biomasy byly odebrané z každé z pěti směsí a váženy před spaláním v muflové peci. Podle výše uvedeného standardu byly vzorky nejprve vystaveny teplotě 250 °C, teplota se pak postupně zvyšuje až na 550 °C. Ochlazené vzorky pak byly opět zváženy; obsah popela vypočítán podle následující rovnice:

$$A = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

kde: w – obsah popela (%)

m_i – celková hmotnost vzorku před spalováním (g)

m_f – celková hmotnost vzorku po spálení (g)



Obr. 3. Vzorky konopí biomasy po vyjmutí z muflové pece

8. Stanovení emisí při spalování

Experiment byl proveden s využitím kachlových kamen a analyzátoru spalin Testo 350 XL. Plynový senzor je schopen zaznamenat koncentraci čtyř významných plynů - oxidu uhelnatého (CO), oxidu dusnatého (NO), oxidu uhličitého (CO₂) a oxidu dusičitého (NO₂). Výsledné hodnoty naměřených spalin byly následně převedeny na referenční koncentrace kyslíku v souladu s ČSN 07 0240:1993, a přepočteny podle vzorce:

$$c_r = c_m \times \frac{21 - O_{2r}}{21 - O_{2m}}$$

kde: c_r – koncentrace jednotlivých složek spalin na referenční koncentraci kyslíku (ppm)

c_m – koncentrace jednotlivé složky spalin na měřené koncentraci kyslíku (ppm)

O_{2r} – referenční koncentrace kyslíku (11%)

O_{2m} – naměřená koncentrace kyslíku (%)

21 se vztahuje na přibližné koncentrace kyslíku v atmosféře (%)

Výsledky:

1. Analýza vlhkosti

Průměrné procentuální hodnoty obsahu vlhkosti měřené v jednotlivých směsích se pohybovaly od 6 až do 12%. Obsah vlhkosti se snížil s vyšším obsahem stonků konopí. Podle

Chen et al. (2008) optimální MC pro tuhá biopaliva by neměla překročit 15%. Žádný z vyšetřených vzorků nepřekonal tuto hodnotu.

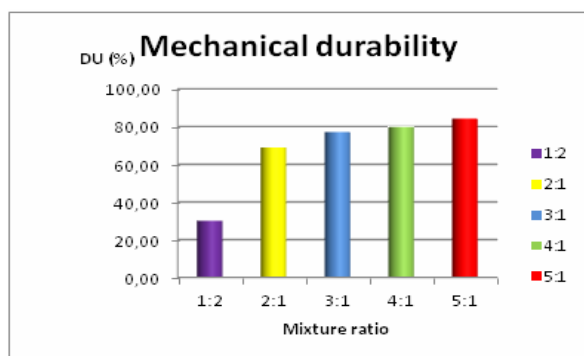
2. Stanovení spalného tepla a výhřevnosti

Naměřené hodnoty spalného tepla byly v rozmezí od $19457 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ pro směs 1:2, až do $15806 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ pro směs 5:1. Vypočtené hodnoty výhřevnosti jsou od $18148 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ pro 1:2 až do $14496 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ pro 5:1 směsí. S výše uvedeného je zřejmé, že vyšší obsah pokrutin zaručuje vyšší spalné teplo.

3. Mechanická odolnost (DU)

V grafu 1 jsou srovnány průměrné hodnoty mechanické odolnosti jednotlivých směsí konopí. Je zřejmé, že nejvyšší hodnota DU byla nalezena ve směsi 5:1 (84 %), následovaná poměrem 4:1 (77 %), poměr 3:1 (73 %), v poměru 2:1 (68 %) a v poměru 1:2 (30 %). Podle normy mohou být všechny směsi zařazeny do kategorie $\text{DU} < 90 \%$.

První směs má nejnižší odolnost díky nejvyššímu obsahu pokrutin. V ostatních směsích má odolnost tendenci se zvyšovat, vzhledem k podílu konopných stonků, které obsahují velké množství celulózy. Mechanická odolnost 5:1 směsi se blíží k 90 %, což je považováno za minimální hodnotu podle Kotlánové (2010).



Graf 1: Mechanická odolnost briket odpadní konopné biomasy
Mechanical durability of briquettes made of hemp waste biomass

4. Obsah popela

Obsahu popela pro jednotlivé směsi byl: 1:2 (9 %), 2:1 (8.2%), 3:1 (8%), 4:1 (6.2%) a 5:1 (6,17%). Žádná z uvedených hodnot nepřekročila hranici 10%, což znamená, že všechny směsi jsou vhodné dle normy pro nedřevní biomasu. Podle normy směsi patří do kategorie A10.0 a A7.0.

5. Obsah emisí při spalování

Obsah emisí CO byl nejmenší pro směs 5:1, s přibývajícím množstvím pokrutin se zvyšoval. Naopak emise CO₂ byly největší pro tento druh směsi. Hodnoty NO₂ s přibývajícím množstvím stonků se zvyšovaly (nejhorší směs 5:1). Všechny hodnoty ale splnily emisní limity pro spalování nedřevní biomasy.

Závěr:

1. Brikety obsahující větší množství biomasy stonků jsou odolnější vůči manipulaci a skladování (lepší mechanická odolnost), ale mají nižší spalné teplo, vzhledem k nižšímu obsahu pokrutin se zbytky oleje.
2. Obsah vlhkosti všech směsí splňoval optimální hodnoty pro brikety.
3. Všechny směsi také vyhovují limitu pro množství popele nedřevní biomasy.
4. Směsi 4:1 a 5:1 plně splňují emisní limity. Ostatní směsi se obvykle pohybují až na hranici limitů.
5. Brikety z odpadní konopné biomasy jsou vhodné jako pevné biopaliva a splňují požadavky Evropských norem.

Literatura:

KOVÁŘOVÁ, M., ABRHAM, Z., JEVIČ, P., ŠEDIVÁ, Z., KOCÁNOVÁ V. (2002): Pěstování a využití energetických a průmyslových plodin. Praha, CZ BIOM. ISSN 1801-2655

POP, G., Alexa, E., Laza, A., Mihoc, M., Militaru, A., Pop, D.A. (2012): Nutritional suitability of linseed and oil hemp from fatty acids profile perspective. PLANTA MEDICA 78 (11): 1172-1172.

PRADE, T. (2011): Industrial Hemp (*Cannabis sativa L.*) - a High Yielding Energy Crop. Department of Agrosystems. Alnarp, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences. Doctoral Thesis: 93 p.

SLADKÝ, V. (2004): Konopí, šance pro zemědělství a průmysl. Praha: ÚZPI, ISBN 80-7271-145-8.

Kontaktní adresa: Ing. Tatiana Ivanova, PhD., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta tropického zemědělství, Kamýcká 129, Praha 6, ivanova@ftz.czu.cz

Výzkum byl podporován Interní grantovou agenturou Fakulty tropického zemědělství ČZU v Praze (grant číslo 51130/1312/3115).