

Peletiranje i briketiranje energetskih kultura

Mateja Grubor, Nikola Bilandžija, Tajana Krička

*Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
(mgrubor@agr.hr)*

Sažetak

Sve je veća potreba za razvojem tehnologija koje bi zamjenjivale upotrebu fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije na ekonomski i ekološki održiv način. Peletiranjem i briketiranjem biomase može se u određenoj mjeri eliminirati niz loših karakteristika biomase kao goriva pri izravnom izgaranju. Tehnologija peletiranja i briketiranja biomase zahtijeva njezinu prethodnu odgovarajuću pripremu u smislu fizikalnog i kemijskog sastava smjese peleta ili briketa kako bi se udovoljili i zahtijevajući standardi. Temeljem navedenog, u radu je predstavljena mogućnost peletiranja i briketiranja energetskih kultura s obzirom na trend porasta korištenja biomase kao zamjenu za fosilno gorivo.

Ključne riječi: peleti, briketi, fizikalna svojstva, kemijska svojstva

Uvod

Unatoč brojnim prednostima u eksploataciji biomase kao izvora energije, njezino korištenje povezano je s određenim nedostacima, od kojih bi se mogli navesti: periodičnost biomase, disperzija, otežano prikupljanje, pakiranje i skladištenje, uslijed male gustoće, smanjene topline po jedinici volumena, nepovoljan oblik i visok sadržaj vlage, a investicijski troškovi za izgradnju postrojenja za izgaranje biomase veći su od onih za izgaranje konvencionalnih izvora energije (Krička i sur., 2012.; Janić i Janić, 2017.). Navedeni problemi mogu se u velikoj mjeri izbjeći ili smanjiti utjecaj ako se biomasa komprimira u obliku peleta i briketa.

Proizvodnja peleta i briketa iz biomase energetski je i ekonomski zahtjevna, međutim, popularnost njihove uporabe uvelike se povećala posljednjih godina što pokazuje značajne prednosti ovih goriva. Ti se oblici goriva smatraju gorivima budućnosti zbog niskog udjela vlage, visoke ogrjevne vrijednosti, niskog udjela pepela, jednostavnog rukovanja i utjecaja na okoliš (Ivanova i sur., 2014.). Uz to, peletiranje i briketiranje poboljšavaju karakteristike biomase za rukovanje, transport, skladištenje i izgaranje (Plíštil i sur., 2005.). Zbog gore spomenutih kvaliteta, peleti i briketi za gorivo su visoko konkurentni u usporedbi s ostalim gorivima, a njihovo tržište brzo se širi (Ivanova i sur., 2014.).

Rastuća potražnja za potrošnjom drvenih peleta i briketa, zajedno s rastućim ekološkim problemima, potiču okretanje proizvodnji peleta i briketa iz nedrvne biomase. Nedrvna biomasa poput poljoprivrednih ostataka te posebno energetskih kultura ima velik energetski potencijal i može se preferirati kao održivi, obnovljivi izvor energije. Poljoprivredne energetske kulture su one kulture koje se uzgajaju isključivo u svrhu proizvodnje velikih količina biomase po jedinici površine, najznačajnije su brzorastuće energetske kulture i to miskantus, divlji proso, divovska trava, blještac te virdžinijski sljez (Bilandžija i sur., 2017.).

Međutim, potrebno je istražiti tehničke izazove kako bi se znalo postupati s različitim sirovinama biomase. Glavni tehnički izazovi su neujednačena morfološka struktura sirovina iz biomase, modificiranje procesne linije, niži sadržaj lignina i niska nasipna gustoća u usporedbi s ostalim krutim gorivima (Pradhan i sur., 2018.).

U ovom preglednom radu ukratko je predstavljena mogućnost peletiranja i briketiranja energetskih kultura, uzimajući u obzir trend porasta korištenja biomase kao obnovljivog izvora energije.

Peletiranje

Tehnologija peletiranja biomase zahtijeva njezinu prethodnu odgovarajuću pripremu u smislu finoće, sadržaja vlage i sastava smjese za peletiranje (Thek i Obenberger i, 2012.). Peletiranje povećava specifičnu gustoću biomase na više od 1000 kg/m³ (Mani i sur., 2004.). Peleti su cilindrični, promjera 6-8 mm i dugi 10-20 mm.

Postupci peletiranja sastoje se od tri glavne jedinice, sušenja, smanjenja veličine (mljevenje) i zgušnjavanja (peletiranje). Biomasa se suši na oko 10% relativne vlage u rotacijskoj sušari (Stáhl i sur., 2004.). Nakon sušenja mlinom čekićarem s veličinom sita od 3-6 mm smanjuje se osušenu biomasu na veličinu čestica prikladnu za peletiranje. Mljevena biomasa zbija se u mlincu za prešanje kako bi nastala peleta. Pojedinačna gustoća peleta kreće se od 1000 do 1200 kg/m³. Nasipna gustoća peleta kreće se od 550 do 700 kg/m³, ovisno o veličini peleta (Carroll i Finnan, 2012.).

Prilagođavanjem tehnologije peletiranja, usitnjenih energetskih kultura, kako bi se proizveli energetski peleti u obliku odgovarajućeg oblika, dimenzija peleta i sadržaja vlage, moguće je proizvesti homogeno biogorivo. Najvažniji strukturni dijelovi preše za peletiranje biomase energetskih kultura su matrica s tlačnim valjcima za prešanje biomase. Dvije su osnovne i najčešće korištene vrste matrica u preši za peletiranje, i to: prstenasta i ravna matrica. Pri odabiru konstrukcije preše za peletiranje biomase, tj. koja će se matrica koristiti treba biti od velike važnosti za kemijska i fizikalna svojstva biomase, kao i sastav biomase za peletiranje. Pri odabiru matrica, jedan od najvažnijih kriterija može biti činjenica da se matrice s prstenom bolje koriste za sirovine čija je nasipna gustoća iznad 500 kg/m³ (npr. prešanje tvrdih drvnih sirovina), a ravne matrice treba koristiti kod sirovina gustoće manje od 500 kg/m³ (Brkić i sur., 2011.).

Na gustoću i trajnost peleta utječu fizikalna i kemijska svojstva sirovine, temperatura i primijenjeni tlak tijekom procesa peletiranja (Mani i sur., 2004.). U nekim se postupcima mljeveni materijal obrađuje pregrijanom parom na temperaturama iznad 100 °C prije zbijanja. Pregrijana para povećava vlagu i temperaturu smjese uzrokujući oslobađanje i aktiviranje prirodnih veziva prisutnih u biomasi. Vлага također djeluje kao vezivo i mazivo.

U nekim operacijama koriste se veziva ili sredstva za stabilizaciju kako bi se smanjila elastičnost peleta i povećala gustoća i trajnost peleta. Biomasa drvenastih biljaka sadrži veći postotak smola i lignina u usporedbi s energetskim kulturama. Kad se biomasa bogata ligninom zbije pod visokim tlakom i temperaturom, lignin postaje mekan pokazujući termoreaktivna svojstva (van Dam i sur., 2004.), tako omekšani lignin djeluje kao ljepilo.

Temperatura peleta koji izlaze iz mlina za pelete kreće se u rasponu od 70 °C do 90 °C. Povišena temperatura je posljedica topline trenja koja nastaje tijekom istiskivanja i predgrijavanja materijala (Janić i Janić, 2017.). Peleti se u hladnjaku hlade na temperaturu od 5 °C razlike od temperature okoline. Ohlađene pelete prenose se iz hladnjaka u skladišna područja pomoću mehaničkih ili pneumatskih transportnih sustava.

Poboljšanjima u kvaliteti peleta dodavanjem veziva i smjesa, razvojem dizajna kotlova i uvođenjem novih standarda, alternativni peleti od biomase energetskih kultura imaju svoju budućnost za proizvodnju topline.

Briketiranje

Briketi se komprimiraju visokim tlakom u oblik punog cilindra ili prizme ili u tijelo sa središnjom otvorom vanjskog promjera većeg od 40 mm, ali manjeg od 100 mm (Plíštil i sur., 2004.). Briketi se proizvode prešanjem materijala odgovarajuće granuliranosti u preši za briketiranje. Tijekom briketiranja biomasa se transportira u lijevak smješten preko preše. Jedan zid lijevka vibrira kako bi se spriječilo stvaranje svoda i osiguralo pravilno punjenje korita za sabijanje mase. U prvoj fazi biomasa se prethodno sabije i potisne u prostor za prešanje pomoću dva hidraulična cilindra (Plíštil i sur., 2005.).

Prešana biomasa postupno se preša u komori za prešanje u dvije faze - brzim hodom i punom snagom glavnog cilindra u konačnom obliku briketa. Sa suprotne strane kalup za prešu zatvara noseći hidraulični cilindar. Nakon olakšanja briket ispada iz kalupa za prešanje. Konstrukcija nosećeg cilindra omogućuje dvosmjerno prešanje.

Prilikom briketiranja energetskih kultura preporučuje se dodati ugljenu prašinu zbog bolje kohezije briketa i posljedično boljih mehaničkih svojstava (Plíštil i sur., 2005.).

Fizikalna svojstva peleta i briketa

Sadržaj vlage -biomasa je po svojoj prirodi higroskopna. Stabilne pelete i brikete mogu se formirati s rasponom vlažnosti između 8 i 12%, ovisno o vrsti biomase (Carroll i Finnan, 2012.). Povećanjem vlaga iznad navedene mogu se pojaviti problemi sa stvaranjem plijesni i razgradnjom peleta ili briketa. Peleti i briketi od biomase energetskih kultura vrlo su osjetljivi na upijanje vlage iz okolnog okoliša, pa je vrlo važno osigurati postojanje nepropusnih skladišnih prostora. Sljedeći čimbenik koji treba uzeti u obzir je ogrjevna vrijednost te što je veći sadržaj vlage, niža je ogrjevna vrijednost peleta ili briketa.

Nasipna gustoća- definira se kao masa po jedinici volumena biomase. Važna je u pogledu transporta i skladištenja. Što je veća nasipna gustoća, to je veća masa koja se može transportirati ili skladištiti u spremniku s fiksnom zapreminom, čime se minimiziraju troškovi prijevoza i skladištenja. Nasipna gustoća je funkcija gustoće i veličine peleta ili briketa (Carroll i Finnan, 2012.).

Trajnost- glavni parametar koji se koristi za opisivanje fizičke kakvoće zgusnutih čvrstih biogoriva poput peleta i briketa. Naime, oni su vrlo osjetljivi na fizičko trošenje što dovodi do stvaranja sitnih čestica ili prašine tijekom transporta i skladištenja. Prašina može predstavljati i opasnost po zdravlje i požar te uzrokovati probleme u nekim sustavima rukovanja kotlom i izgaranja. Standardna metoda Europskog odbora za standardizaciju (CEN) CEN/TS 15210-1:2005 opisuje fizičku trajnost kao sposobnost peleta ili briketa da ostane netaknuta prilikom rukovanja; tj. sposobnost da podnesu vibracije i udarce.

Kemijska svojstva peleta i briketa

Sadržaj ugljika, vodika i kisika- to su tri glavne komponente bilo kojeg čvrstog biogoriva. Tijekom izgaranja ugljik i vodik oksidiraju tako da tvore CO₂ i H₂O. Što je njihov sadržaj veći, veća je gornja ogrjevna vrijednost peleta ili briketa, dok je visok sadržaj kisika smanjuje (Carroll i Finnan, 2012.).

Dušik, klor, sumpor- u teoriji, sadržaj dušika kod energetskih kultura nešto je veći od sadržaja drvene biomase zbog količina dušičnih gnojiva primijenjenih tijekom rasta usjeva. Tijekom izgaranja dušik se gotovo u cijelosti pretvara u plinoviti dušik (N₂) i dušikove okside (NO_x) (Oberberger i sur., 2006.). Količina N₂O i dušika ugrađenih u pepeo obično

je vrlo niska u modernim kotlovima na biogoriva. Klor sadržan u biogorivima tijekom izgaranja uglavnom se pretvara u plinoviti HCl, Cl₂ ili alkalne kloride poput NaCl ili KCl. Kada se dimni plin ohladi, velik dio klorida kondenzira se kao sol na izmjenjivaču topline i dimnim površinama. Te kloridne soli mogu imati vrlo nagrizajuće štetno djelovanje na metalne dijelove s kojima dolaze u kontakt (Obernberger, 2003.). Sumpor se ponaša slično kloru tijekom izgaranja, pri čemu je glavni problem stvaranje alkalnih soli i njihova naknadna korozivna priroda.

Ogrjevna vrijednost- definira se kao specifična energija izgaranja za jediničnu masu krutog biogoriva. Ovisna je o sadržaju vlage i kemijskom sastavu biomase. Ogrjevna vrijednost je važna vrijednost pri određivanju količine energije sadržane u zadanom volumenu biomase (Carroll i Finnan, 2012.).

Sadržaj pepela- kod energetskih kultura obično je veći nego što je to kod šumske biomase. Poznavanje sadržaja pepela bitno je za odabir ispravnih tehnologija izgaranja i čišćenja pepela (Obernberger i sur., 2006.). Za goriva s visokim udjelom pepela ložišta nisu prikladna zbog rizika od stvaranja sloja pepela, što može dovesti do nepravilnog protoka zraka, uzrokujući nepotpuno izgaranje i povećane emisije štetnih plinova. Za ove vrste goriva prikladnije je izgaranje u rešetki ili u fluidiziranom sloju.

U Tablici 1. dat je prikaz fizikalno kemijskih svojstava peleta nastalih peletiranjem čistog miskantusa kao jedne od najznačajnijih poljoprivrednih energetskih kultura.

Tablica 1. Fizikalno kemijska svojstva peleta od čistog miskantusa (Moon i sur., 2014.)

Peletiranje (%)	Veličina			Nasipna gustoća (kg/m ³)	Trajnost (%)	Sadržaj vlage (%)	
	promjer (mm)	dužina (mm)					
99,4	5,5	20,3		624	97,8	8,4	
Ugljik (%)	Vodik (%)	Dušik (%)	Kisik (%)	Sumpor (%)	Klor (%)	Pepeo (%)	HHV (MJ/kg)
44,0	5,8	0,3	50,0	0,1	0,12	2,2	16,85

HHV- gornja ogrjevna vrijednost

Standardizacija peleta

Švedska je razvila prvi europski standard kvalitete peleta 1998. godine. Instituti za standarde u Austriji, Njemačkoj i Italiji su naknadno razvili nacionalne standarde, dok Kodeks dobre prakse postoji u Velikoj Britaniji. Tehnički odbor europskih normi formulirao je standarde za goriva iz biomase i relativno novi standard EN 14961-1:2010, koji standardizira i kvalitetu peleta proizvedenih iz biomase energetskih kultura. Većina se zemalja oslanja na ovaj tehnički standard i nisu razvile svoje vlastite nacionalne standarde. Nove europske norme (EN 14961-1:2010) specifikacije goriva daju širok spektar razina kvalitete.

Ovaj standard razlikuje različite skupine: drvnu, biljnu, voćarsku i vodenu biomasu, zajedno s njihovim kombinacijama ili smjesama. Drvna biomasa potječe od drveća, šikara i grmlja. Biljna biomasa dobiva se od biljaka koje nemaju drvenastu stabljiku i uvenu na kraju vegetacijske sezone. Voćarska biomasa odgovara biljkama sa sjemenkama. Vodena biomasa povezana je s biljkama iz vodenog okruženja. Napokon, izrazi kombinacije i smjese odnose se na materijale različitog podrijetla, koji se miješaju namjerno (kombinacije) ili ne (smjese).

Zaključak

Peletiranjem i briketiranjem biomase energetskih kultura osigurava na prvom mjestu veća nasipna gustoća što biomasu čini praktičnijom za skladištenje i transport te se olakšava korištenje u ložištima. Veliku pozornost potrebno je staviti na fizikalna i kemijska svojstva peleta i briketa te je potrebno da peleti zadovoljavaju standard EN 14961-1:2010.

Napomena

Ovo istraživanje financirao je Europski fond za regionalni razvoj putem K.K.01.1.1.04.0091 projekta "Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora – BIOKOMPOZITI".

Literatura

- Bilandžija, N., Leto, J., Fabijanić, G., Sito, S., & Smiljanović, I. (2017). Tehnike žetve poljoprivrednih energetskih kultura. *Glasnik zaštite bilja*. 40(4), 112-119.
- Brkić M., Gluvakov Z., Janić T. (2011). Analiza procesa proizvodnje energetskih peleta od biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika*. 37(2), 203-212.
- Carroll J.P., Finnan, J. (2012). Physical and chemical properties of pellets from energy crops and cereal straws. *Biosystems Engineering*. 112(2), 151-159.
- CEN TS 15210. (2004). Method to determine durability of biomass pellets. Brussels.
- EN 14961-1. (2010). Pellet quality standards. Brussels.
- Ivanova T., Kolarikova M., Havrland B., Passian L. (2014). Mechanical durability of briquettes made of energy crops and wood residues. *Engineering for rural development*. 13, 131-136.
- Janić T., Janić V. (2017). Tehnologija i oprema za peletiranje biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika*. 43(2), 63-73.
- Krička T., Bilandžija N., Jurišić V., Voća N., Matin A. (2012). Energy analysis of main residual biomass in Croatia. *African Journal of Agricultural Research*. 7(48), 6383-6388.
- Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S. (2004). Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass. *Biomass and bioenergy*. 27(4), 339-352.
- Moon, Y.H., Yang, J., Koo, B.C., An, J.W., Cha, Y.L., Youn, Y.M., Choi, I.H. (2014). Analysis of factors affecting miscanthus pellet production and pellet quality using response surface methodology. *BioResources*. 9(2), 3334-3346.
- Obernberger I. (2003). Physical characteristics and chemical composition of solid biomass fuels. Script for the lecture "Thermochemical Biomass Conversion".
- Obernberger I., Brunner T., Bärnthaler G. (2006). Chemical properties of solid biofuels—significance and impact. *Biomass and Bioenergy*. 30(11), 973-982.
- Plištil D., Brožek M., Malaták J., Heneman P. (2004). Heating briquettes from energy crops. *Research in Agricultural Engineering*. 50(4), 136-139.
- Plištil D., Brožek M., Malaták J., Roy A., Hutla P. (2005). Mechanical characteristics of standard fuel briquettes on biomass basis. *Research in Agricultural engineering*. 51(2), 66-72.
- Pradhan, P., Mahajani, S.M., Arora, A. (2018). Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. *Fuel Processing Technology*. 181, 215-232.
- Ståhl M., Granström K., Berghel J., Renström R. (2004). Industrial processes for biomass drying and their effects on the quality properties of wood pellets. *Biomass and Bioenergy*. 27(6), 621-628.
- Thek, G., Obernberger, I. (2012). *The pellet handbook: the production and thermal utilization of biomass pellets*. Routledge.
- Van Dam J.E., van den Oever M.J., Teunissen W., Keijsers E.R., Peralta A.G. (2004). Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk: Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin. *Industrial Crops and products*. 19(3), 207-216.

Pelletizing and briquetting of energy crops

Summary

There is a growing need to develop technologies that would replace the use of fossil fuels with renewable energy sources in an economically and environmentally sustainable way. Biomass pelletizing and briquetting can eliminate many of biomass poor characteristics which can occur by using the biomass as a fuel in direct combustion. The technology of biomass pelleting and briquetting requires its prior appropriate preparation of mixture in terms of pellets or briquettes physical and chemical composition to meet the demanding standards. Based on the above, the paper will present the possibility of energy crops pelleting and briquetting given the growing trend of using biomass as a substitute for fossil fuels.

Key words: pellets, briquettes, physical properties, chemical properties