

Korištenje poljoprivredne biomase kao sirovine za pelete i brikete

Matin, Božidar; Đurović, Alen; Bilandžija, Nikola; Antonović, Alan

Source / Izvornik: **58. hrvatski i 18. međunarodni simpozij agronoma : zbornik radova, 2023, 455 - 461**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:313734>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Korištenje poljoprivredne biomase kao sirovine za pelete i brikete

Božidar Matin¹, Alen Đurović¹, Nikola Bilandžija², Alan Antonović¹

¹Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Svetošimunska cesta 23, Zagreb, Hrvatska (bmatin@sumfak.hr)

²Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Proizvodnja peleta i briketa iz poljoprivredne biomase značajna je gospodarska djelatnost u EU zbog jednostavnosti upotrebe pred drugim čvrstim biogorivima. Međutim, problem poljoprivredne biomase kao sirovine kod korištenja je njezina velika nasipna gustoća koja može uzrokovati povećane troškova žetve, transporta i skladištenja, a istovremeno smanjujući ekološku i energetske održivost. Najučinkovitiji način rješavanja navedenih problema je njezino zgušnjavanje peletiranjem ili briketiranjem. Iz svega navedenog, cilj ovog rada je opisati proces peletiranja i briketiranja korištenjem poljoprivredne biomase kao sirovine te kako njena fizikalno-kemijska svojstva utječu na te procese.

Ključne riječi: peleti, briketi, poljoprivredna biomasa, fizikalno-kemijska svojstva

Uvod

Klimatske promjene uzrokovane prekomjernom emisijom stakleničkih plinova (GHG) usmjerile su pažnju prema korištenju lignocelulozne biomase koja bi svojim energetskim potencijalom mogla nadomjestiti fosilna goriva (Bilandžija i sur., 2016.). Biomasa kao gorivo ima i svojih nedostataka poput nepravilnog oblika, velikog volumena, niske nasipne gustoće (poljoprivredna 80 do 100 kg m³, drvena 150 do 200 kg m³), nejednakog izgaranja zbog različitih udjela vlage ovisno o žetvi/berbi, kao i manju ogrjevnu vrijednost naspram fosilnih goriva (Mitchell i sur., 2007.; Vassilev i sur., 2015.). Varijabilnost sastava biomase može biti rezultat različitih faktora poput vrste ili dijela biljke, sposobnosti usvajanja hranjiva iz tla, vode i zraka tijekom rasta, te njihovog odlaganja u biljnom tkivu; agroekoloških uvjeta uzgoja; količine korištenih gnojiva i zaštitnih sredstava; načina i vremena žetve, tehnike sakupljanja i uvjeta tijekom transporta i skladištenja; razlike u udjelu pepela, te kombiniranja različitih vrsta biomasa (Vassilev i sur., 2010.). Zadnjih desetljeća istraživanja su bila usmjerena na goriva svojstva te tehnologiju prerade, dorade i korištenja poljoprivredne biomase kao krutog biogoriva, poput izravnog izgaranja za proizvodnju energije (Saleem, 2022.). Kako bi se poljoprivredna biomasa mogla pretvoriti u kruto gorivo, potrebno je osigurati dostatne količine, a navedene nedostatke moguće je znatno popraviti zgušnjavanjem (Barry i sur., 2022.).

Zgušnjavanje poljoprivredne biomase

Zgušnjavanje biomase najviše ovisi o korištenom sustavu te procesnim (tlak, temperatura) i fizikalno-kemijskim svojstvima sirovine (udio vlage i pepela, veličina čestica, ogrjevna vrijednost, lignocelulozni sastav). Zgušnjavanjem poljoprivredne biomase procesom peletiranja i briketiranja, povezuju se čestice biomase pod djelovanjem visokog tlaka i temperature uzrokujući plastificiranje i omekšavanje lignina (Tumuluru i sur., 2011a.). Rezultat je kruto gorivo visoke gustoće koje olakšava doziranje u ložišta, smanjuje troškove transporta i skladištenja, a manji udio vlage olakšava čuvanje bez kvarenja (Matin i sur., 2019.). Kaliyan i Vance Morey (2010.) navode lignin kao glavnu komponentu koja utječe na vezanje čestica u lignoceluloznoj biomasi, a onoj koja ima manji udio lignina mogu se dodati i veziva organskog podrijetla poput proteina, škroba ili melase. Poljoprivredna biomasa u prosjeku sadrži 40-50 % celuloze, 20-30 % hemiceluloze i 10-25 % lignina (Iqbal i sur., 2011.) dok šumska biomasa u prosjeku sadrži od 50-55 % celuloze, 15-25 % hemiceluloze i 20-30 % lignina (Antonović, 2007.). Lignocelulozni sastav najvažnije poljoprivredne biomase naveden je u Tablici 1.

Tablica 1. Lignocelulozni sastav poljoprivredne biomase

Vrsta	Celuloza (%)	Lignin (%)	Hemiceluloza (%)	Izvor:
Slama pšenice	30,0	15,0	50,0	Chong i sur. (2021.)
Slama ječma	40,0	15,0	30,0	Saini i sur. (2015.)
Stabljika suncokreta	32,0	22,0	18,0	Antonopoulou i sur. (2015.)
Kukuruzovina	42,2	24,6	25,7	Grubor i sur. (2021.)
Miskantus	49,3	29,3	19,3	Bilandžija i sur. (2017.)
Divlje proso	40,3	20,1	30,5	Doczekalska i sur. (2020.)

Proces peletiranja

Peletiranje je termoplastični proces zgušnjavanja biomase istiskivanjem, pri čemu se čestice sirovine pod tlakom i temperaturom oblikuju u kompaktne pelete, povećavajući nisku nasipnu gustoću biomase na gotovo 1000 kg m⁻³ (Mani i sur., 2004.). Preme normi (EN ISO 17225-6:2021) peleti su cilindričnog oblika, promjera od 6 do 25 mm i duljine od 3,15 do 50 mm. Na kvalitetu peleta najviše utječu fizikalno-kemijska svojstva korištene biomase. Veći udio elemenata poput sumpora, kalija ili klora prisutnih u poljoprivrednoj biomasi smanjuje točku taljenja pepela te predstavlja rizik od nakupljanja troske i šljake kao i pojavu korozije u kotlovima i dimnjacima (Varnero i Urrutia, 2017.). Vlaga je ključna u procesu peletiranja i zajedno s udjelom lignina jedan je od najvažnijih parametara koji određuju trajnost peleta. Ogrjevna vrijednost označava energiju oslobođenu iz određene količine biomase koja potpuno izgori uz prisutnost kisika. Gornja ogrjevna vrijednost (HHV) podrazumijeva količinu energije oslobođene izgaranjem goriva pod određenim uvjetima uz kondenzaciju vode. HHV poljoprivredne biomase je između 12 i 18 MJ kg⁻¹ (Smaga i sur., 2018.). U Tablici 2. navedena su najvažnija fizikalno-kemijska svojstva poljoprivredne biomase.

Tablica 2. Fizikalno-kemijska svojstva poljoprivredne biomase

Vrsta	Vlaga (%)	Pepeo (%)	HHV (MJ kg ⁻¹)	Izvor:
Slama pšenice	6,7	4,2	16,7	Matin i sur. (2019.)
Slama ječma	7,1	3,7	16,4	Grubor i sur. (2017.)
Stabljika suncokreta	9,9	3,7	17,6	Grubor i sur. (2017.)
Kukuruzovina	8,2	3,3	17,9	Matin i sur. (2019.)
Miskantus	6,6	1,3	17,7	Slupska i sur. (2019.)
Divlje proso	6,2	2,1	19,6	Caraschi i sur. (2019.)

Parametri kvalitete peleta

Peleti proizvedeni od nedrvne biomase klasificiraju se prema europskoj normi (EN ISO 17225-6:2021) koja standardizira klase kvalitete goriva i specifikacije klasificiranih nedrvenih peleta. Prvi europski standard kvalitete peleta razvila je Švedska 1998. godine, ali su i drugi nacionalni standardi poput Njemačkog DINplus-a ili Austrijskog ÖNORM M 71. Međutim, kada je 2010. prihvaćen europski standard (EN), nacionalni standardi su povučeni ili usklađeni s EN standardom. Ovom normom obuhvaćeni su nedrvni peleti proizvedeni od sirovina poput zeljaste, voćarske, vodene biomase te njihovih kombinacija ili smjesa. Kvaliteta peleta ovisi o fizikalno-kemijskim i mehaničkim svojstvima biomase i parametrima peletiranja poput temperature i tlaka (Garcia-Maraver i Carpio, 2015.). Udio vlage mora biti ≤ 15 %, kako se dio topline izgaranja ne bi gubio na hlapljenje vlage iz goriva, dok udio pepela mora biti ≤ 10 % (Liu i sur., 2014.). Mehanička otpornost ili otpornost na abraziju je parametar kvalitete koji se ogleda u sposobnosti zgusnutih goriva da zadrže svoju strukturu netaknutom prilikom manipulacije (HRN EN ISO 16559:2014) i kod peleta mora biti ≥ 96 % (HRN EN ISO 17225-6:2021). Temperatura je vrlo važan čimbenik u procesu zgušnjavanja biomase te Omer i sur. (2020.) navode kako bi temperatura kod proizvodnje peleta trebala biti između 90 i 95°C. Tlak peletiranja i sile koje nastaju u matrici važni su za razumijevanje i optimizaciju samog

procesa. Općenito, tlak peletiranja je između 115 i 300 M Pa, pri čemu viši tlak producira trajnije pelete smanjujući opuštanje neposredno nakon formiranja (Adapa i sur., 2011.), a što su potvrdili Mani i sur. (2004.) kod peleta slame žitarica. U Tablici 3. navedena su osnovna svojstva peleta proizvedenih od poljoprivredne biomase koja se najviše koristi u procesu peletiranja zbog dobrih fizikalno-kemijskih svojstava.

Tablica 3. Osnovna svojstva peleta iz poljoprivredne biomase

Vrsta	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Otpornost (%)	HHV (MJ kg ⁻¹)	Izvor:
Slama pšenice	9,4	9,1	94,4	18,3	Miranda i sur. (2015.)
Slama ječma	9,1	10,5	95,5	17,9	Miranda i sur. (2015.)
Stabljika suncokreta	13,8	3,0	87,4	19,9	Dyjakon i Noszczyk (2019.)
Kukuruzovina	8,4	4,9	96,0	18,9	Tumuluru (2014.)
Miskantus	8,0	1,7	93,0	17,8	Styks i sur. (2020.)
Divlje proso	7,0	3,6	87,0	18,2	Yub Harun i Afzal (2015.)

Proces briketiranja

Briketiranjem dolazi do termoplastičnog povezivanja čestica biomase kontinuiranim prešanjem klipom, pokretanim hidrauličnim ili mehaničkim pogonom, rezultirajući formiranjem briketa visoke gustoće od 900 do 1300 kg m⁻³ (Tumuluru i sur., 2011b.). Sirovina veličine čestica ispod 10 mm i vlage ispod 15 % tlači se u kalupima, najčešće okruglog ili pravokutnog oblika, u briket promjera većeg od 25 mm i duljine do 400 mm (Krička i sur., 2017). Korištenje poljoprivredne biomase za proizvodnju briketa može pridonijeti uštedi resursa, smanjenju korištenja fosilnih goriva (Wang i sur., 2017.), riješiti problem odlaganja poljoprivrednih ostataka te smanjiti prekomjerno korištenje šumske biomase i emisiju CO₂ (Bhattacharya i sur., 2002.). Prednost poljoprivrednog briketa, u odnosu na konvencionalno ogrjevno drvo, ogleda se u kompaktnosti, jednostavnosti uporabe, čistoći, konstantnosti temperature tijekom izgaranja te većoj HHV (Dinesha i sur., 2019.). Za učinkovito briketiranje udio vlage u biomasi trebao bi biti između 5 i 15 %, dok bi udio pepela trebao biti manji od 4 % jer veći udio uzrokuje manju HHV (Maia i sur. 2014.; Mopoung i Udeye 2017.). Udio vlage kao i kemijski sastav biomase ima veliki utjecaj na ogrjevnu vrijednost briketa te predstavlja količinu energije oslobođene prilikom potpunog izgaranja goriva (Demirbas, 2017.). Veličina čestica biomase tijekom proizvodnje određuje trajnost i gustoću briketa, a trebala bi biti između 1 i 10 mm (Maia i sur. 2014.; Mopoung i Udeye, 2017.). Adetogun i sur. (2014.) navode da su tijekom proizvodnje briketa od klipa kukuruza najbolju ogrjevnu vrijednost od 24.97 MJ kg⁻¹ dale čestice veličine 6,3 mm.

Parametri kvalitete briketa

Kvalitetan briket mora imati nizak udio vlage i pepela te zadovoljavajuću HHV (Arewa i sur., 2016.). Na postupak briketiranja utječu i parametrima poput temperature, tlaka i vremena zadržavanja (Dinesha i sur., 2019.), pri čemu je optimalni raspon temperature između 100 i 250°C, a optimalni tlak između 50 i 250 M Pa (Ibitoye i sur., 2021.). Vrijeme zadržavanja podrazumijeva isti primijenjeni pritisak kratkog trajanja na sirovinu unutar kalupa, a utječe na kompaktnost i kvalitetu briketa. Istraživanja pokazuju kako bi vrijeme zadržavanja trebalo biti između 20 i 40 sekundi (Li i Liu, 2000.). U Tablici 4. navedena su osnovna svojstva (vlaga, pepeo, trajnost i HHV) briketa proizvedenih od poljoprivredne biomase.

Tablica 4. Osnovna svojstva briketa iz poljoprivredne biomase

Vrsta	Vlaga (%)	Pepeo (%)	T r a j n o s t (%)	HHV (MJ kg ⁻¹)	Izvor:
Slama pšenice	8,7	7,0	92,0	19,7	Mitchell i sur. (2020.)
Slama ječma	7,8	6,5	96,1	19,8	Mitchell i sur. (2007.)
Stabljika suncokreta	9,1	7,9	94,3	18,7	Geletukha i Zheliezna (2014.)
Kukuruzovina	6,7	3,3	88,5	18,6	Mahu i sur. (2013.)
Miskantus	7,5	3,1	91,0	17,7	Lixandru i sur. (2013.)
Divlje proso	5,9	3,7	92,8	17,2	Karunanithy i sur. (2012.)

Zaključak

Sve veća potražnja za krutim gorivom poput peleta i briketa otvara mogućnosti raznovrsnije upotrebe poljoprivredne biomase. Za razliku od šumske, poljoprivredna biomasa je godišnje dostupna u velikim količinama i cjenovno povoljnija, a može ju se učinkovito iskoristiti zgušnjavanjem čime se značajno pospješuje iskoristivost energije deponirane u biomasi. Peletiranjem i briketiranjem poljoprivredne biomase postiže se veća nasipna gustoća i bolja fizikalno-kemijska svojstva što ju čini praktičnijom za upotrebu.

Napomena

Ovo istraživanje financirano je putem OP Konkurentnost i Kohezija – projekta „Razvoj inovativnih peleta iz šumske i/ili poljoprivredne biomase - INOPELET“ KK.01.2.1.02.0286.

Literatura

- Adapa P., Tabil L., Schoenau G. (2011). Grinding performance and physical properties of non-treated and steam exploded barley, canola, oat and wheat straw. *Biomass Bioenergy*. 35 (1): 549–61.
- Adetogun A.C., Ogunjobi K.M., Are D.B. (2014). Combustion properties of briquettes produced from maize cob of different particle sizes. *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment*. 6 (1): 28-38.
- Antonopoulou G., Dimitrellos G., Beobide A.S., Vayenas D., Lyberatos G. (2015). Chemical pretreatment of sunflower straw biomass: the effect on chemical composition and structural changes. *Waste and biomass valorization*. 6 (1): 733–746.
- Antonović A., Jambrečić V., Pervan S., Ištvančić J., Moro M., Zule J. (2007). Utjecaj lokaliteta uzorkovanja na grupni kemijski sastav bijeli bukovine (*Fagus sylvatica* L.). *Drvena industrija*. 58 (3): 119-125.
- Arewa M.E., Daniel I.C., Kuye, A. (2016). Characterization and comparison of rice husk briquettes with cassava peels and cassava starch as binders. *Biofuels*. 7 (6): 671–675.
- Barry F., Sawadogo M., Ouédraogo I.W., Bologo M., Dogot, T. (2022). Geographical and economic assessment of feedstock availability for biomass gasification in Burkina Faso. *Energy Conversion and Management*:X. 13: 100163.
- Bhattacharya S.C., Albina D.O., Salam P.A. (2002). Emission factors of wood and charcoal-fired cookstoves. *Biomass and bioenergy*. 23 (6): 453-469.
- Bilandžija N., Jurišić V., Voća N., Leto J., Matin A., Antonović A., Krička T. (2016). Lignocelulozni sastav trave *Miscanthus x giganteus* u odnosu na različite tehnološke i agroekološke uvjete. *Proceedings 51st Croatian and 11th International Symposium on Agriculture*. Milan Pospišil, Ivan Vnučec (ed.). 450-454. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- Bilandžija N., Jurišić V., Voća N., Leto J., Matin A., Grubor M., Krička T. (2017). Energy valorization of *Miscanthus x giganteus* biomass: a case study in Croatia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 21 (1): 32-36.

- Caraschi J.C., Goveia D., Dezajacomo G., Prates, G.A. (2019). Evaluation of biomass properties for the production of solid biofuels. *Floresta e Ambiente*. 26.
- Chong T.Y., Law M.C., Chan Y.S. (2021). The Potentials of Corn Waste Lignocellulosic Fibre as an Improved Reinforced Bioplastic Composites. *Journal of Polymers and the Environment*. 29: 363–381.
- Demirbas A. (2017). Higher heating values of lignin types from wood and non-wood lignocellulosic biomasses. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 39 (6): 592-598.
- Dinesha P., Kumar S., Rosen M. (2019). Biomass Briquettes as an Alternative Fuel: A Comprehensive Review. *Energy Technology*. 7 (5): 1801011.
- Doczekalska B, Bartkowiak M, Waliszewska B, Orszulak G, Cerazy-Waliszewska J, Pniewski T. (2020). Characterization of Chemically Activated Carbons Prepared from Miscanthus and Switchgrass Biomass. *Materials*. 13 (7): 1654.
- Dyjakon A., Noszczyk T. (2019). The Influence of Freezing Temperature Storage on the Mechanical Durability of Commercial Pellets from Biomass. *Energies*. 12 (13): 2627.
- García-Maraver A., Carpio M. (2015). Factors Affecting Pellet Quality. *WIT Transactions on State-of-the-art in Science and Engineering*. 85: 21-35.
- Geletukha G., Zheliezna T. (2014). Prospects for the use of agricultural residue for energy production in Ukraine. *UABio Position Paper*. 7.
- Grubor M., Krička T., Jurišić V., Antonović A., Voća N., Bilandžija N., Matin A. (2017). Energetic utilization of oilseeds' post-harvest residues in Croatia. *Proceedings 52nd Croatian and 12th International Symposium on Agriculture*. Sonja Vila, Zvonko Antunović (ed.). 641-645. Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
- Grubor M., Matin A., Bilandžija N., Bischof S., Jurišić V., Kontek M., Krička T. (2021). Miscanthus and maize stalk as source for green energy production. *Proceedings of the 48th International Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering*, Igor Kovačev, Nikola Bilandžija (ed.). 455-461. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- HRN EN ISO 16559:2014 Čvrsta biogoriva - Hrvatski normativni dokument
- HRN EN ISO 17225-6:2021 Čvrsta biogoriva - Klasifikacija nedravnih peleta - Hrvatski normativni dokument
- Ibitoye S.E., Jen T.C., Mahamood R.M., Akinlabi E.T. (2021). Densification of agro-residues for sustainable energy generation: an overview. *Bioresources and bioprocessing*. 8 (1): 75.
- Iqbal H.M.N., Ahmed I., Zia M.A., Irfan M. (2011). Purification and characterization of the kinetic parameters of cellulase produced from wheat straw by *Trichoderma viride* under SSF and its detergent compatibility. *Advances in Bioscience and Biotechnolog*. 2 (3): 149-156.
- Kaliyan N., Vance Morey, R. (2010). Densification characteristics of corn cobs, *Fuel Processing Technology*. 91 (5): 559-565.
- Karunanithy, C., Wang, Y., Muthukumarappan, K., Pugalendhi, S. (2012). Physiochemical characterization of briquettes made from different feedstocks. *Biotechnology research international*. 1-12.
- Krička T., Matin A., Bilandžija N., Jurišić V., Antonović A., Voća N., Grubor M. (2017). Biomass valorization of *Arundo donax* L., *Miscanthus x giganteus* and *Sida hermaphrodita* for biofuel production. *International Agrophysics*. 31: 575-581.
- Li Y, Liu H. (2000). High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. *Biomass and Bioenergy*. 19: 177-186.
- Liu Z., Quek A., Balasubramanian R. (2014). Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars. *Apply Energy*. 113: 1315–1322.

- Lixandru B., Dragomir N., Morariu F., Popa M., Coman A., Savescu N., Măsu S., Popescu D. (2013). Researches Regarding the Adaptation Process of the Species *Miscanthus Giganteus* under the Conditions of Fly Ash Deposit from Utvin, Timis County. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologi*. 46 (1): 25-30.
- Mahu R., Ion I., Popescu F. (2013). Testing of improved boiler for biomass briquettes. In *Proceedings of the 41th International Symposium on Agricultural Engine-Actual Tasks on Agricultural Engineering*. Igor Kovačev (ed). 25: 336-342. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Maia B.G.D., Souza, O., Marangoni, C., Hotza, D., Oliveira, A.P.N., Sellin, N. (2014). Production and characterization of fuel briquettes from banana leaves waste production and characterization of fuel briquettes from banana leaves waste. *Chemical Engineering Transactions*. 37: 439-444.
- 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.
- Matin A., Krička T., Grubor M., Leto J., Bilandžija N., Voća N., Jurišić V., Zmaić K., Kiš D., Kopilović I. (2019). Iskoristivost posliježetvenih ostataka za proizvodnju zelene energije. Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- Miranda T., Montero I., Sepúlveda F., Arranz J., Rojas C., Nogales S. A. (2015). Review of pellets from different sources. *Materials*. 8: 1413-1427.
- Mitchell, E.J.S., Gudka, B., Whittaker, C., Shield, I., Price-Allison, A., Maxwell, D., Jones, J.M., Williams, A. (2020). The Use of Agricultural Residues, Wood Briquettes and Logs for Small-Scale Domestic Heating. *Fuel Processing Technology*. 210: 06552.
- Mitchell P., Kiel J., Livingston B., Dupont-Roc G. (2007). Torrefied biomass. A foresighting study into the business case for pellets from torrefied biomass as a new solid fuel. *All Energy*. 24: 1-27.
- Mopoung S., Udeye V. (2017). Characterization and evaluation of charcoal briquettes using banana peel and banana bunch waste for household heating. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*. 10 (2): 353-365
- Omer S., Kopljar A., Hodžić A. (2020). Biomasa kao gorivo. Univerzitet u Bihaću, Bihać
- Saini J.K., Saini R., Tewari L. (2015). Lignocellulosic agriculture wastes as biomass feedstocks for second-generation bioethanol production: concepts and recent developments. *3 Biotech*. 5 (4):337-353.
- Saleem M. (2022). Possibility of utilizing agriculture biomass as a renewable and sustainable future energy source. *Heliyon*. 8 (2): e08905.
- Ślupska M., Dyjakon A., Stopa R. (2019). Determination of Strength Properties of Energy Plants on the Example of *Miscanthus× Giganteus*, *Rosa Multiflora* and *Salix Viminalis*. *Energies*. 12 (19): 3660.
- Smaga M., Wielgosinski G., Kochański A., Korczak K. (2018). Biomass as a major component of pellets. *Acta Innovations*. 81-92.
- Styks J., Wróbel M., Frączek J., Knapczyk A. (2020). Effect of Compaction Pressure and Moisture Content on Quality Parameters of Perennial Biomass Pellets. *Energies*. 13: 1859.
- Tumuluru J.S. (2014.) Effect of process variables on the density and durability of the pellets made from high moisture corn stover. *Biosystems Engineering*. 119: 44-57.
- Tumuluru J.S., Wright C.T., Hess J.R., Kenney K.L. (2011a). A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 5: 683-707.
- Tumuluru J.S., Wright C., Kenny K., Hess J. (2011b). A Review on Biomass Densification for Energy Applications. 53-55.
- Varnero C.S. , Urrutia M.V. (2017). Power Form Agripellets. In E. Jacob-Lopes, L.Q. Zepka (Eds.), *Frontiers in Bioenergy and Biofuels*. IntechOpen.
- Vassilev S.V., Baxter D., Andersen L.K., Vassileva C.G. (2010). An overview of the chemical

composition of biomass. *Fuel*. 89 (5): 913-933.

Vassilev S.V., Vassileva C.G., Vassilev V.S. (2015). Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. *Fuel*. 158: 330-350.

Wang Z., Lei T., Yang M., Li Z., Qi T., Xin X., He X., Ajayebi A., Yan X. (2017). Life cycle environmental impacts of cornstalk briquette fuel in China. *Applied energy*. 192: 83-94.

Yub Harun N., Afzal M.T. (2015). Chemical and mechanical properties of pellets made from agricultural and woody biomass blends. *Transactions of the ASABE*. 58: 921-930.

Use of agricultural biomass as raw material for pellets and briquettes

Abstract

The production of pellets and briquettes from agricultural biomass is a significant economic activity in the EU due to its ease of use compared to other solid biofuels. However, the problem of using agricultural biomass as a raw material is its high bulk density, which can cause an increase in harvesting, transportation and storage costs, and at the same time reduce environmental and energy sustainability. The most effective way to solve the mentioned problems is its densification by pelletizing or briquetting. From all the above, the aim of this work is to describe the process of pelleting and briquetting using agricultural biomass as raw material and how its physico-chemical properties affect these processes.

Keywords: pellets, briquettes, agricultural biomass, physico-chemical properties