

# Uzgoj soje (Glycine max L.) za proizvodnju agropeleta

---

Jakšić, Tin

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:253729>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-23**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tin Jakšić

Preddiplomski sveučilišni studiji Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Uzgoj soje (*Glycine max* L.) za proizvodnju agropeleta**

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tin Jakšić

Preddiplomski sveučilišni studiji Poljoprivreda

Smjer Mehanizacija

**Uzgoj soje (*Glycine max* L.) za proizvodnju agropeleta**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Rapčan, mentor
2. doc. dr. sc. Đurđica Kovačić, član
3. doc. dr. sc. Domagoj Zimmer, član

Osijek, 2023.

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Mehanizacija  
Tin Jakšić

Završni rad

### **Uzgoj soje (*Glycine max* L.) za proizvodnju agropeleta**

**Sažetak:** U radu su prikazani rezultati istraživanja u proizvodnji soje na OPG-u „Saša Jeličić“ i proizvodnje agropeleta na OPG-u „Slađana Pandur“. Kroz uporabu tehnološke karte prikazane su pravodobno i stručno obavljane agrotehničke operacije na OPG-u „Saša Jeličić“, kao i vremenska razdoblja obavljanja istih. Rezultati istraživanja pokazuju kako se uspješnim suradivanjem dva gospodarstva može ostvariti profit na obostrano zadovoljstvo. OPG „Slađana Pandur“ se bavi proizvodnjom agropeleta kao novog energenta, te iako novi u tom području ostvaruju zavidan rezultat u samoj proizvodnji. OPG trenutno proizvodi agropelet samo za vlastite potrebe. Rezultati istraživanja na ovom gospodarstvu pokazuju kako se uspješnim suradivanjem dva gospodarstva može ostvariti profit na obostrano zadovoljstvo.

**Ključne riječi:** uzgoj soje, tehnološka karta, obnovljivi izvori energije, proizvodnja agropeleta

22 stranice, 9 slika, 3 tablice, 1 grafikon, 37 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

---

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Undergraduate university study Agriculture, course: Mechanization  
Tin Jakšić

BSc Thesis

### **Soybean (*Glycine max* L.) cultivation for agropellet production**

**Summary:** The paper presents the results of research into the production of soybeans at the family farm „Saša Jeličić“ and the production of agropellets at the family farm „Slađana Pandur“. Through the use of the technology map, timely and professionally performed agrotechnical operations at the family farm „Saša Jeličić“ are shown, as well as the time periods of their performance. The results of the research show that the successful cooperation of two businesses can make a profit to the satisfaction of both parties. Family farm „Slađana Pandur“ is engaged in the production of agropellets as a new energy source, and even though they are new in this field, they achieve an enviable result in the production itself. Family farm currently produces agropellet only for its own needs. The results of the research on this farm show that the successful cooperation of two farms can make a profit to the satisfaction of both parties.

**Key words:** soybean cultivation, technological map, renewable energy sources, agropellets production

22 pages, 3 tables, 9 pictures, 1 graph, 37 references

BSc Thesis is archived in the Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

## SADRŽAJ

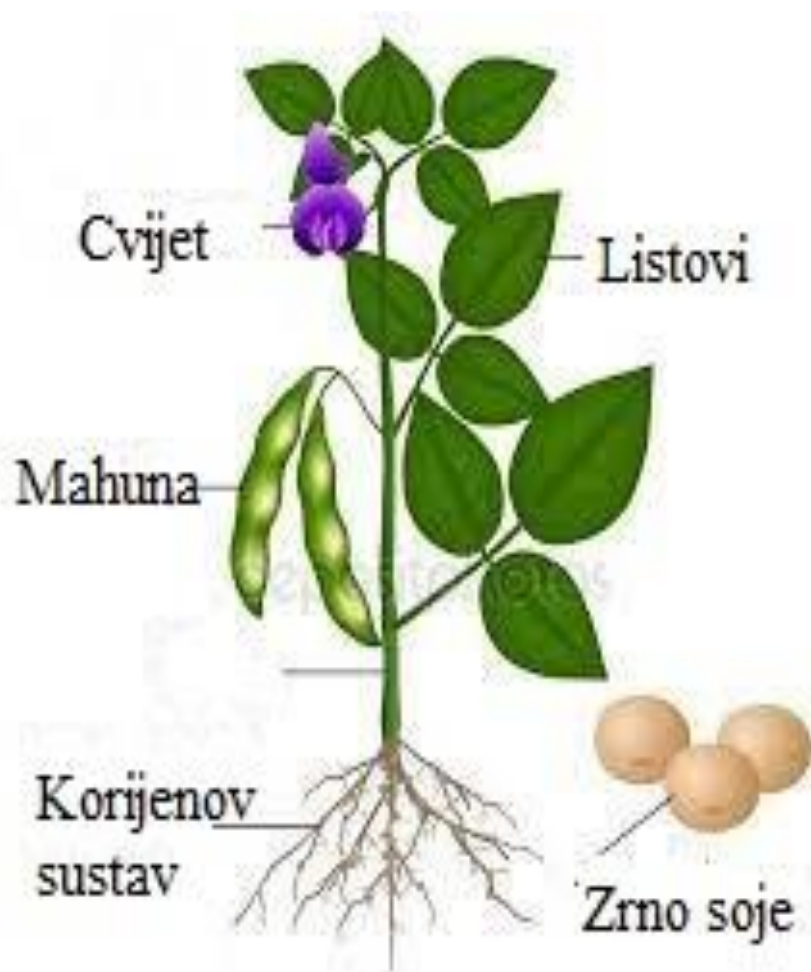
1.	UVOD .....	1
2.	MATERIJAL I METODE .....	5
2.1.	Uzgoj soje .....	5
2.2.	Biomasa kao obnovljivi izvor energije .....	6
2.3.	Projekt <i>Ecomark</i> .....	6
2.4.	Agropelet .....	7
2.5.	OPG „Saša Jeličić” i OPG „Slađana Pandur” .....	9
3.	REZULTATI I RASPRAVA .....	11
3.1.	Uzgoj soje na površinama OPG-a „Saša Jeličić“ .....	11
3.2.	Postupak proizvodnje agropeleta na OPG-u „Slađana Pandur“ .....	13
4.	ZAKLJUČAK .....	18
5.	POPIS LITERATURE .....	19

## 1. UVOD

Soja (*Glycine max* (L.)), uljna i bjelančevinasta kultura, potječe iz Azije. Zrno soje se koristi kao izvor jestivih ulja (18-24 %) i bjelančevina (35-50 %) za ishranu ljudi i za hranidbu stoke te u razne industrijske svrhe. Prerađuje se i koristi za proizvodnju sira (tofu), mlijeka, pljeskavica, hrenovki, kruha, raznih slastica i drugih proizvoda. Lecitin iz sojinog ulja ima primjenu u pekarskoj, konditorskoj, farmaceutskoj, tekstilnoj i kemijskoj industriji. Zbog kakavoće i aminokiselinskog sastava bjelančevina i visokog sadržaja ulja sojino zrno je nadomjestak za meso, pa u ljudskoj ishrani zadovoljava oko 30 % potreba za bjelančevinama. Soja se koristi u hranidbi stoke kao zelena masa, sijeno i silaža, a dehidriranjem se dobivaju brikete, granule i zeleno brašno (<https://www.agroklub.com/>).

Soja (Slika 1) pripada redu Fabales, porodici Fabaceae ili Leguminosae (mahunarke ili lepirnjače), rodu *Glycine*. Porodica se na hrvatskom jeziku naziva „mahunarke” zbog ploda mahune ili „lepirnjače” prema izgledu cvijeta nalik na leptira. Korijen soje je jak i velike upojne sposobnosti. Sastoji se od jakog vretenastog korijena i velikog broja sekundarnog korijenja rasprostranjenog u različitim dubinama tla. Na korijenu soje razvijaju se kvržice u kojima žive kvržične bakterije, *Bradyrhizobium japonicum*. U kvržicama korijena bakterije žive u simbiozi s biljkom od koje dobivaju ugljikohidrate (šećere), a zauzvrat biljku opskrbljuju dušikom. Stabljika je uspravna, ali postoje i forme s polegnutom i polupolegnutom stabljikom, no one nisu zanimljive za proizvodnju. U početku svog rasta i razvoja stabljika je zelena, a kasnije odrveni i postaje vrlo gruba. Većina sorti u merkantilnoj proizvodnji ima relativno uspravnu i čvrstu stabljiku visine 80-120 cm i visine do prve mahune 4-16 cm ovisno o sorti i načinu uzgoja. Debljina stabljike također varira u širokom rasponu od 5-15 mm. Sorte tanke stabljike u gustom usjevu lako poliježu. Soja je sklona grananju, a njegov intenzitet zavisi od sorte, uvjeta uspijevanja i gustoće usjeva. List je troperast, a samo su prvi pravi listovi jednostavni, odnosno imaju samo jednu plojku. Plojke su na glavnoj peteljci postavljene na kratkim peteljčićama, a mogu biti različitog oblika (okrugle, ovalne, izduženo ovalne, jajaste, izduženo jajaste i kopljaste). Vrh im može biti jače ili slabije zašiljen. Boja listova varira od blijedozelene do tamnozelene. Kod većine sorti u zriobi listovi požute i otpadaju, osim kod kasnih sorti kod kojih listovi zadržavaju zelenu boju i ne otpadaju. Cvijet je karakterističan za sve mahunarke, a izgledom podsjeća na leptira. Sastoji se od šest lapova, pet latica, deset prašnika i tučka. Gornja je latica najveća i

naziva se zastavica, dvije latice sa strane nazivaju se krila, a dvije donje lađica, jer su srasle u obliku lađe. Cvjetovi su bijele, ljubičaste ili kombinirano bijelo-ljubičaste boje. Plod je mahuna duga 3-5 cm, najčešće ravna ili blago srpasto povijena, na poprečnom presjeku ovalna, jače ili slabije segmentirana između sjemena, najčešće obrasla dlačicama, mrko-žuta, a ponekad skoro crna, vrlo gruba, tvrda i kožasta. Suho vrijeme te u slučaju tuče u zriobi. U mahuni se nalazi 1-5 sjemenki. Sjeme je kao i kod ostalih krupno-sjemenih mahunarki, sastavljeno je od klice, dva kotiledona i sjemene opne. Klica se nalazi u donjem dijelu sjemena između kotiledona, a sastoji se od klicina korjenčića i klicina pupoljka. Sjemenka završava se sjemenim pupkom, mjestom na sjemenki kojim je ona pričvršćena na mahunu (Rapčan, 2014.).



Slika 1. Morfološki prikaz soje

(Izvor: <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/>)

U Republici Hrvatskoj soja, također, postaje sve važnija kultura. Međutim, njena proizvodnja još ne zadovoljava potrebe zemlje te postoje potrebe za proizvodnjom na još većim površinama kao i za većim prosječnim urodima zrna po jedinici površine. S obzirom na specifičnosti sojine biljke, koja je proizvodnjom kompleksnija i zahtjevnija nego druge ratarske kulture, potrebno nam je više spoznaja o njoj na svim razinama. Nužno je dobro poznavati soju kao kulturu, agroekološke uvjete za njezinu proizvodnju, valja primijeniti adekvatnu tehnologiju kao i odgovarajući sortiment, a, u isto vrijeme, pratiti svjetske trendove (Vratarić i Sudarić, 2000.; Vratarić i Sudarić, 2008.).

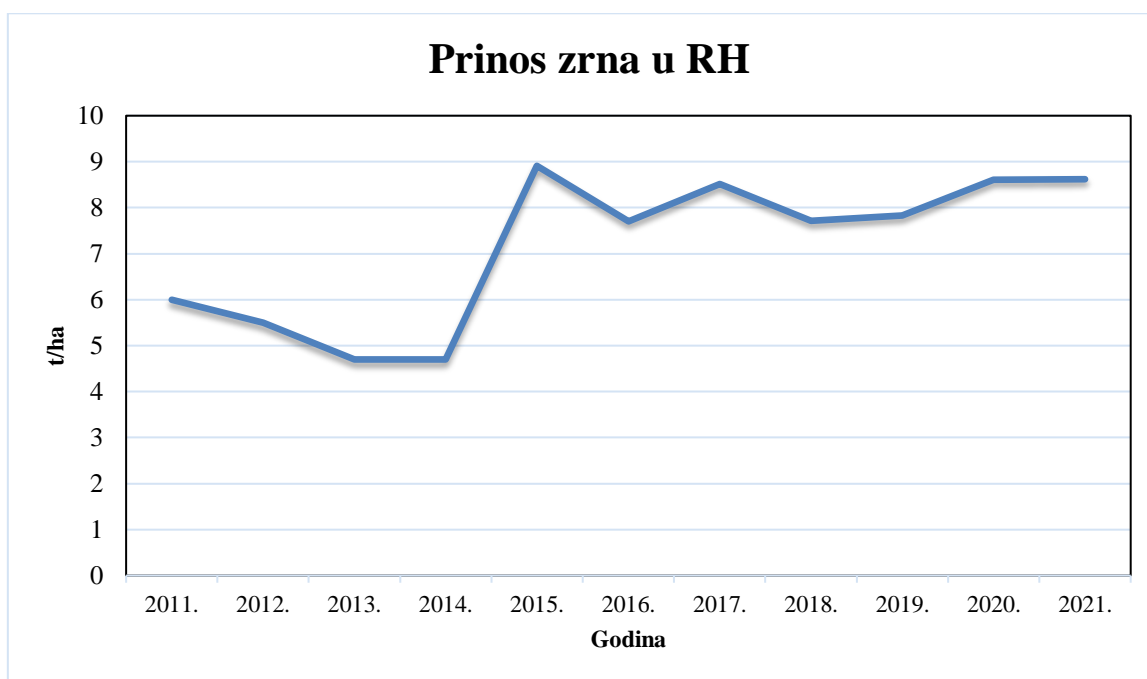
Soja najbolje uspijeva na dubokim, strukturnim, plodnim tlima bogatim humusom, dobrih vodozračnih svojstava, a na kojima se ne stvara pokorica. U pogledu klime ima iste zahtjeve kao i kukuruz. Može izdržati kratko razdoblje suše, ako su biljke dobro razvijene. Uspijeva u uvjetima tropske, suptropske, umjerene i kontinentalne klime. Soja je biljka kratkog dana. Cvjetanje počinje oko 30 dana nakon nicanja, ako je dužina dana kratka. Prema novijim istraživanjima većini sorata soje je potrebno od 11-12 sati dnevne svjetlosti. Soja neće preći iz vegetativne u generativnu fazu ukoliko su dani duži. Kada nastupi faza klijanja sjeme soje mora apsorbirati vode više od 50% od svoje mase da bi moglo klijati. U procesu klijanja suvišna voda jednako je štetna kao i nedostatak vode uslijed dulje suše. Suša u razdoblju nalijevanja zrna uzrokuje maksimalno sniženje uroda zrna. Bitno je da u lipnju, srpnju i kolovozu količina oborina bude 150-170 mm. Smatra se da se soju može uspješno uzgajati u suhom ratarenju tamo gdje je godišnji prosjek oborina 600-700 mm, ako im je povoljan raspored tijekom vegetacije. Minimalne temperature za klijanje soje su 6-7 °C, dovoljne iznose 12-14 °C, a optimalne 15-25 °C. Kritično razdoblje najvećih potreba za temperaturom su u vrijeme cvatnje i sazrijevanja. Optimalna temperatura u tom razdoblju od 18-22 °C. Soja podnosi proljetni mraz -1 do -2 °C, ali ako nije dugotrajan. Temperature iznad 25 °C utječu negativno na cvatnju i cvatnja traje kraće ako su temperature između 26 i 31 °C. U rano proljeće soja je osjetljiva na niske temperature. Urod zrna se smanjuje ako su temperature u srpnju i kolovozu iznad prosjeka. Temperature u razdoblju 20-30 dana prije zriobe utječu na konačni sadržaj ulja u zrnju soje više nego temperature u vrijeme ranog ili kasnog razdoblja. Temperatura nije limitirajući činitelj za uzgoj soje u Hrvatskoj (Jurišić, 2008.).

Prema podacima Organizacije za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda, Republika Hrvatska bilježi neznatan porast prinosa u proteklih 10 godina (Grafikon 1.). Uzevši 2011. godinu kao polaznu utvrđeno je da je te godine zabilježen prinos od oko 6 t/ha soje. Do 2014.



godine prinos je opao na otprilike 4,5 t/ha. Najveći prinosi zabilježeni su 2015. godine kada je ostvareno rekordnih 9 t/ha. Do 2020. godine zabilježena su neznatna smanjenja prinosa zrna soje, da bi se nakon toga prinos ustalio na oko 8,5 t/ha. Vjeruje se da je uzrok porasta prinosa pogodnije vrijeme, nove tehnologije i dakako osposobljenost poljoprivrednika.

Dolaskom naprednijih tehnologija omogućena je preciznija sjetva na veće površine, a samim tim se ostvaruju veći prinosi po jedinici površine. Unatrag 10 godina tehnologija je napredovala, pa tako precizna poljoprivreda dobiva na popularnosti, a poljoprivrednici koji posjeduju velika gospodarstva se nastoje što više educirati o tome kako da sa što manje troškova za repromaterijal (sjeme, gnojivo, gorivo i drugo) ostvare što veće prinose u zrnu i što veću dobit.



Grafikon 1. Prinos zrna u Republici Hrvatskoj

(Izvor: <https://www.fao.org/faostat/>)

Cilj ovog završnog rada je utvrditi agrotehničke mjere u proizvodnji soje te opisati proizvodnju agropelleta od soje kao alternativnog izvora za dobivanje energije.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. Uzgoj soje na površinama OPG-a „Saša Jeličić“

Soja je jedan od najboljih predusjeva za mnoge ratarske kulture, dok su najbolji predusjevi za soju su strne žitarice, šećerna repa i kukuruz. Najnepovoljniji predusjevi su suncokret i ozima uljana repica. Na istu površinu soja može doći nakon 2-4 godine. Tijekom ljeta i početkom jeseni obavlja se osnovna obrada tla, tj. oranje na dubinu od 25-30 cm. Teža glinasta i srednje teška ilovasta tla su slabije prozračna tla i oranje treba provesti na veću dubinu u jesen, nego zimi i u proljeće, dok na lakšim tlima oranje se može izvesti i na manju dubinu i u proljeće. Dopunska obrada (predsjetvena priprema tla) obavlja se u proljeće, drljačama, tanjuračama ili plošnim kultivatorima. Potrebe za hranivima se povećavaju od početka cvatnje do mahunanja i nalijevanja zrna. U fazi cvatnje i formiranja mahuna soja zahtijeva maksimalne doze dušika i kalija, a fosfora i sumpora u vrijeme formiranja i nalijevanja zrna. Biljka soje za izgradnju 100 kg suhe tvari treba 6-9 kg dušika, 4 kg fosfora i 4 kg kalija. Na plodnijim tlima gnojidba se obavlja na osnovi 30-60 kg/ha dušika, 60-90 kg/ha fosfora i 40-60 kg/ha kalija, uz napomenu da se 2/3 dušika osiguravaju pravilnom bakterizacijom. Na manje plodnim, težim tlima primjenjuje se 60-100 kg/ha dušika, 90-120 kg/ha fosfora i 100-120 kg/ha kalija. Najsigurnija sjetva je kada su temperature u površinskom sloju tla (do 8 cm) između 8 °C i 10 °C. Soju se može sijati u svibnju, lipnju, pa i do početka srpnja, no uglavnom se sije u isto vrijeme kao i kukuruz, jer imaju gotovo iste temperaturne zahtjeve pri klijanju. Može se sijati na uske i široke redove, u trake, u kućice, a i širom kao postrni usjev. Na našim proizvodnim površinama prevladava sjetva u redove na razmak 45-50 cm, a izvodi se pneumatskim sijačicama. Optimalan međuredni razmak iznosi 24-30 cm. Tijekom uzgoja soje po potrebi se izvode mehaničke mjere (međuredna kultivacija, ručno plijevljenje korova, prihrana dušikom) i kemijske (suzbijanje korova i zaštita od bolesti i štetnika). Prva kultivacija obavlja se u nicanju soje kada se dobro raspoznaju redovi, a druga kada je soja visoka oko 20-30 cm. Kombajn prije žetve treba podesiti i preurediti kako bi se žetva obavila s najmanjim mogućim gubicima. Sojina slama je nepovoljnija za vršidbu, a zrno je, za razliku od pšeničnog, zatvoreno u mahuni i kod odnosa zrno : slama = 1:3,5 propusna moć vršidbenog aparata smanjuje se za 50 %. Zbog toga vršidbeni aparat kombajna mora raditi sa smanjenim brojem okretaja, uslijed čega je

manja propusna moć kombajna. Optimalna žetvena vlažnost zrna soje je između 14 i 16 %, a iznad 20 % smanjuje se kapacitet kombajna (<https://www.agroklub.com/>).

## **2.2. Biomasa kao obnovljivi izvor energije**

Povećana globalna potražnja za energijom pomaknula se prema uporabi obnovljivih, nefosilnih izvora s niskim ugljičnim otiskom (Whalen i sur., 2017.). Stalna ovisnost o energiji bila je motivacija za povećanu uporabu bio-energije kao alternative kako u sektoru prijevoza tako i u proizvodnji električne energije (Handra i Hafni, 2017.). Sve veća ljudska populacija i sve veći životni standard doprinose sve većoj potrošnji fosilnih goriva, što rezultira okolišnim onečišćenjem (Chen i sur., 2015.). Općenito je poznato da su izgaranje fosilnih goriva i krčenje šuma glavni antropogeni uzročnici klimatskih promjena. Korištenje biomase kao alternativnog izvora energije osigurava značajne društveno-ekonomske i okolišne koristi zbog svoje visoke lokalne dostupnosti i kao sirov ugljično-neutralni materijal (Japhet i sur., 2019.). Prelazak na obnovljive izvore energije poput biomase smanjit će količine proizvedenih stakleničkih plinova (Emadi i sur., 2017.). Usprkos još uvijek nedostatnom doprinosu bio-energije kombinaciji raznih primarnih izvora energije biomasa ima, dugoročno, potencijal da značajnije doprinese globalnoj opskrbi energijom (Heinimö i Junginger, 2009.).

## **2.3. Projekt *Ecomark***

Projekt *Ecomark* je pokrenut prije nekoliko godina s ciljem uljepšavanja slike Slavonije i očuvanja šuma. Na poljima leži gorivo budućnosti, ali se i dalje provodi krčenje šuma u cilju dobivanja ogrjeva. S druge strane, interes stanovništva svake razvijene zemlje posljednjih je godina usmjeren na uštede i korištenje obnovljivih izvora energije. To je posljedica utjecaja klimatskih promjena i onečišćenja okoliša čije posljedice svi osjećaju. Investitori, poslovni partneri, volonteri i zaljubljenici u prirodu već nekoliko godina rade na ostvarenju ovog projekta. Pojačanim korištenjem biomase osigurava se održivi razvoj okoliša, jer je proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije neutralna za klimu. Naime, pri njezinom izgaranju u zrak se otpušta točno onoliko ugljikovog dioksida koliko su ga biljke primile u procesu fotosinteze tijekom svog rasta. Tako korištenje biomase kao goriva ima dvostruki učinak: smanjenje sječe šume (i omogućavanje postojećim šumama apsorpcija CO<sub>2</sub>) te

korištenje biomase iz domaćih izvora kao goriva. Izvoz sirovine nije dugoročno održiv u svjetlu stalnog povećanja cijena drva kao ogrjeva u Hrvatskoj (<https://www.energetika-net.com/>).

## **2.4. Agropelet**

U izvornoj Direktivi o energiji iz obnovljivih izvora Europske Unije, donesenoj 23. travnja 2009. u okviru postupka suodlučivanja (Direktiva 2009/28/EZ o stavljanju izvan snage direktiva 2001/77/EZ i 2003/30/EZ) određeno je da udio energije iz obnovljivih izvora u potrošnji energije u EU do 2020. mora biti 20 %. Kako je propisano Direktivom, sve države članice moraju 10 % svojeg goriva za promet dobiti iz obnovljivih izvora energije. Utvrđeni su razni mehanizmi koje države članice mogu koristiti za ostvarenje svojih ciljeva (npr. programi potpora, jamstva o podrijetlu, zajednički projekti, suradnja između država članica i trećih zemalja) i kriteriji održivosti za bio-goriva (Poveznica 6.). Nadovezujući se na cilj iz 2020. godine, preinačena Direktiva o obnovljivoj energiji uspostavila je novi obvezujući cilj za obnovljivu energiju u EU za 2030. godinu od najmanje 32 % da bi Europa postala klimatski neutralan kontinent do 2050. godine (EC, 2023).

Biomasa je pojam koji se koristi za sav organski materijal koji potječe od biljaka (drveća i usjeva) i koji u biti sakuplja i skladišti Sunčevu energiju pomoću procesa fotosinteze. Energija biomase (bio-energija) je pretvaranje biomase u korisne oblike energije poput topline, električne energije i tekućih goriva (bio-goriva). Biomasa za bio-energiju dolazi ili izravno iz uzgoja energetskih usjeva ili neizravno iz ostataka stvorenih obradom usjeva za hranu ili druge proizvode (Sriram i sur., 2005., Reddy i Srinivas, 2013., Srirangan i sur., 2012., Ellabban i sur., 2014.). Biomasa je oduvijek bila glavni izvor energije za čovječanstvo (McKendry, 2002.).

Pelet je bio-gorivo visoke ogrjevne moći bez emisije stakleničkih plinova. Peleti su CO<sub>2</sub> neutralni, jer kod sagorijevanja ispuštaju onoliko CO<sub>2</sub> koliko je drvo ili bilo koja druga ulazna sirovina iskoristila iz atmosfere za vrijeme svog rasta. Koristi se za proizvodnju toplinske i električne energije, stelje, gnojiva i hrane za stoku bez ikakvog štetnog utjecaja na okoliš. Pelet je koncentrirani izvor energije dobiven iz različitog drvnog otpada, poljoprivrednih ostataka te otpada. Agropeleti, prikazani na slici 2, su nova vrsta obnovljivog ogrjeva načinjeni od sijena, slame žitarica, poljoprivrednih ostataka i biljaka. Većinom se

koriste kao alternativno gorivo za grijanje, a mogu poslužiti kao hrana za životinje ili stelja, a sastoje se samo od prirodnih materijala bez aditiva. Izrazito su malog volumena i izvanredne ogrjevne vrijednosti. Prešani su pod tlakom od 80 MPa ili 150 MPa na 100 °C, početnog sadržaja vode od 8 % do 16 % težine. Dužina iznosi 1-3 cm, a promjer peleta varira, najčešće iznosi oko 12 mm. Gustoća iznosi oko 700 kg/m<sup>3</sup> (Debeljak, 2018.).

Reddy i Yang (2009.) navode da se svake godine u svijetu proizvede oko 220 milijuna metričkih tona zrna soje i ekvivalentna količina slame. Slama soje se sastoji od stabljika, listova i mahuna (Sruamsiri i Silman, 2008.). Ovaj materijal se obično koristi u hranidbi stoke, spaljuje ili ostavlja na polju za sprječavanje erozije tla (Boateng i sur., 2010., Maheri-Sis i sur., 2011.). Iako slamu treba ostaviti na tlu kako bi se održala plodnost tla, navodi se da se 30-50 % ostataka usjeva može ukloniti s polja bez uzrokovanja erozije tla ili bez utjecaja na rast i prinos sljedećih usjeva (Reddy i Yang, 2009.). Kako navode De Pretto i suradnici (2017.), za proizvodnju energije od slame soje koriste se različiti procesi, npr. izravno sagorijevanje za proizvodnju toplinske energije, piroliza, plinifikacija, anaerobna digestija za proizvodnju vodika i fermentacija.

Svake godine nakon žetve usjeva na tlu površine 10 000 m<sup>2</sup> ostane najmanje tri tone biomase. Istodobno je grijanje na bio-gorivo za 40-50 % jeftinije u odnosu na grijanje na klasična goriva poput plina, ogrjevnog drva ili loživog ulja. Agropeleti zauzimaju do 75 % manje prostora za pohranu od ogrjevnog drva, a pri izgaranju ostavljaju tek 0,3 % pepela u odnosu na svoj puni volumen. Navodi se da je 2010. godine iskorišteno oko pet milijuna tona biomase za potrebe grijanja, a te se količine konstantno povećavaju. Zbog profita stoljetne hrastove šume koje čuvaju tlo, vodu, zrak i život nestaju u nekoliko dana, a obnova takve šume nije moguća u kratkom vremenskom razdoblju (<https://repozitorij.fazos.hr/islandora/>). Posljednjih godina globalna proizvodnja peleta značajno je povećana. Između 2006. i 2012. godine proizvodnja peleta u svijetu povećana je sa 7 na 19 milijuna tona (Duca i sur., 2014.), s Europom i Sjevernom Amerikom koje su odgovorne za, praktično, cjelokupnu proizvodnju i potrošnju ovih proizvoda.



Slika 2. Agropelleti

(Izvor: <https://media1.peletsistemi.rs/2016/10/pelet-1200-800.jpg>)

## 2.5. OPG „Saša Jeličić“ i OPG „Sladana Pandur“

Istraživanje je provedeno na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu „Saša Jeličić“, koje je osnovano 2003. godine, a vlasnik navodi da se poljoprivredom bave od 1998. godine. OPG raspolaže sa oko 500 ha obradive površine, od čega je oko 40 ha obradive površine posijano sojom. OPG se nalazi u Baranji u selu Bolman (45° 43' 19" N, 18° 31' 02" E, 90 m nadmorske visine), općina Jagodnjak, Osječko-baranjska županija. Bave se isključivo ratarskom proizvodnjom i uzgojem peradi za vlastite potrebe. Od kultura koje se uzgajaju na OPG-u izdvajaju se pšenica, kukuruz, soja, suncokret, ječam i repa. Pored vlastite ratarske proizvodnje bave se uslužnom žetvom pšenice, kukuruza, soje i ječma. Prema riječima vlasnika u posljednjih 5 godina uslužno su izvršili žetvu odnosno berbu raznih usjeva s ukupno 5000 ha obradive površine.

OPG raspolaže sa četiri traktora marke *John Deere* i jednim kombajnom istog proizvođača, te utovarivačem *Manitou*. Tablica 1 prikazuje popis traktora i kombajna koji se koriste prilikom obrade tla i žetve, a tablica 2 popis priključnih strojeva i prikolica.

Tablica 1. Popis korištenih strojeva

Naziv	Godina proizvodnje	Snaga (kW)
Traktor <i>John Deere 6125R</i>	2014.	93
Traktor <i>John Deere 6155R</i>	2021.	116
Traktor <i>John Deere 8320</i>	2005.	196
Traktor <i>John Deere 8370R</i>	2019.	276
Kombajn <i>John Deere T660i</i>	2018.	275
Utovarivač <i>Manitou 1235S</i>	2004.	62

Tablica 2. Popis priključnih strojeva.

Naziv	Godina proizvodnje
Plug <i>Gregorie Besson Voyager C80</i>	2015.
Tanjurača <i>Lemken</i>	2004.
Sjetvospremač <i>Gregorie Besson Discordon 70</i>	2019.
Podrivač <i>Vigolo</i>	2010.
Rasipač <i>Amazone</i>	2012.
Sijačica <i>Väderstad</i>	2021.
Prikolica <i>Farmtech</i>	2010.
Kultivator <i>Kuhn</i>	2009.
Prskalica <i>Amazone</i>	2012.

Obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo „Slađana Pandur“ osnovano je 2002. godine, a nalazi se u Jagodnjaku (45° 70' 13" N, 18° 59' 00" E, 90 m nadmorske visine), Osječko-baranjska županija.

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

#### 3.1. Uzgoj soje na OPG-u „Saša Jeličić“

Predusjev soji je bila pšenica koja je požnjevena 25. lipnja 2021. zbog povoljnih vremenskih uvjeta u tom razdoblju. Nakon žetve pšenice na 40 ha obavljeno je prašenje strništa tanjuračom marke *Lemken* na dubinu od 10 cm. Prašenje strništa ima za cilj uništiti korove i prekinuti kapilarno uzdizanje vode. Nakon dva dana pristupilo se podrivanju tla, te na proizvodnoj površini do početka rujna nisu izvršene nikakve agrotehničke mjere. Početkom rujna, prije oranja na dubinu od 30 cm, obavljena je aplikacija mineralnog gnojiva NPK 0:20:30. Nakon aplikacije gnojiva slijedilo je oranje na 30 cm dubine. Vlasnik navodi kako agrotehničku radnju tanjuranje izvodi tri do pet dana nakon oranja. Sredinom ožujka 2022. godine obavljena je priprema i pregled strojeva za aplikaciju mineralnog gnojiva te sjetvospremača. Prije pripreme tla sjetvospremačem aplicirana je UREA-e. Početkom travnja izvršena je priprema sijačice, a sjetva do sredine travnja. Soja je posijana na međuredni razmak od 50 cm i razmak u redu od 12 cm. Nakon sjetve, a prije nicanja usjev je tretiran sredstvom za suzbijanje uskolisnih i širokolisnih korova. Početkom svibnja obavljena je prva međuredna kultivacija, a sredinom svibnja, ponovljeno je tretiranje sredstvom za suzbijanje korova. Druga međuredna kultivacija je obavljena do kraja svibnja. Žetva je izvršena u razdoblju od 20.-30. rujna 2022. Budući da se radi o velikoj površini posijanoj sojom, žetva je trajala deset dana, a zrno se s proizvodne površine odmah nakon istovara iz spremnika kombajna u prikolicu traktora odvezilo u skladište. Tablica 3 prikazuje tehnološku kartu proizvodnje soje na OPG-u „Saša Jeličić“.



Tablica 3. Tehnološka karta proizvodnje soje na OPG-u „Saša Jeličić“

R.B	Operacija	$Q_U$	$Q_Z$	A.	R.	B.D.	$D_h$	$\eta_{AR}$	$U_h$	Stroj	Priključak
	Jedinica	kg/h	kg/h	od	do	dan	h	%	h	kW	
		a	a								
1.	Prašenje strništa		/	1.7.	2.7.	1	8	0,71	6	T-196	Tanjurača
2.	Podrivanje		/	4.7.	6.7.	2	16	0,71	23	T-276	Podrivač
3.	Utovar min. gnojiva	400	/	2.9.	2.9.	1	3	0,68	2	T-62	Utovarivač
4.	Prijevoz gnojiva	400	/	2.9.	2.9.	1	2	0,68	1	T-93	Prikolica
5.	Apliciranje gnojiva	400	/	2.9.	10.9.	8	32	0,68	174	T-93	Rasipač
6.	Oranje 30cm		/	12.9.	14.9.	2	18	0,68	24	T-196	Plug
7.	Tanjanje		/	17.9.	20.9.	3	18	0,68	37	T-196	Tanjurača
8.	Utovar min. gnojiva	150	/	17.3.	27.3.	10	2	0,67	13	T-62	Utovarivač
9.	Prijevoz gnojiva	150	/	17.3.	27.3.	10	2	0,67	13	T-93	Prikolica
10.	Apliciranje gnojiva	150	/	17.3.	27.3.	10	20	0,67	134	T-93	Rasipač
11.	Priprema zemljišta		/	17.3.	27.3.	10	25	0,67	168	T-196	Sjetvo-spremač
12.	Utovar sjemena	110	/	5.4.	15.4.	10	2	0,66	13	T-63	Utovarivač
13.	Prijevoz sjemena	110	/	5.4.	15.4.	10	2	0,66	13	T-93	Žitna sijačica
14.	Sjetva 12x0,5m	110	/	5.4.	15.4.	10	15	0,66	99	T-196	Žitna sijačica
15.	Prskanje	300	/	10.4.	25.4.	15	8	0,64	77	T-93	Prskalica
16.	Međuredna kultivacija 1		/	1.5.	10.5.	9	6	0,68	37	T-93	Kultivator
17.	Prskanje	300	/	15.5.	20.5.	5	8	0,68	28	T-93	Prskalica
18.	Međuredna kultivacija 2		/	20.5.	30.5.	10	7	0,68	48	T-93	Kultivator
19.	Žetva	8000	4000	20.9.	30.9.	10	80	0,68	544		Kombajn
20.	Prijevoz zrna		4000	20.9.	30.9.	10	80	0,68	544	T-93	Prikolica

(R.B.) redni broj operacije; Operacija - naziv operacije s kratkim opisom;  $Q_U$  - ukupna biljna masa kulture, gnojiva, sjemena itd. po jedinici površine (kg/ha);  $Q_Z$  - masa prinosa po jedinici površine (zrna, klipa, korijena itd.) (kg/ha); Stroj - pogonski stroj (kw).

### 3.2. Postupak proizvodnje agropeleta na OPG-u „Slađana Pandur“

OPG „Slađana Pandur“ proizvodi agropelet iz sojine slame za sada samo za vlastite potrebe, a budući da sami nemaju dovoljnu količinu bala, iste otkupljuju od OPG „Saša Jeličić“. OPG „Slađana Pandur“ u svom vlasništvu posjeduje proizvodnu liniju Pelet Metalac iz Obrenovca. Za proizvodnju 500 kg agropeleta potrebno je 500 kg bala sojine slame.

Proces proizvodnje peleta se zove peletiranje, a bazira se na zbijanju suhih biljaka u fino usitnjenu masu koja izgledom podsjeća na granule. Na Slici 3. prikazan je proizvodni pogon za proizvodnju peleta. Agropelet u odnosu na sirovu biomasu izrazito je malog volumena, čak do 10 puta. Proizvodni proces odvija se strojnim putem u nekoliko faza:

- sušenje,
- sjeckanje,
- zbijanje,
- hlađenje,
- pakiranje i
- skladištenje (Debeljak, 2018.).



Slika 3. Proizvodni pogon za proizvodnju agropeleta

(Izvor: <https://www.peletmetalac.com/>)

Osušena slama u balama postavlja se u uređaj za usitnjavanje (sjekač), koji je prikazan na slici 4. Slama se usitnjava s tri noža do dužine od 5-6 cm. Noževi su tako raspoređeni da se dobiju kvalitetni i jednoliki oblici.



Slika 4. Uređaj za usitnjavanje sojine slame

(Izvor: autor)

Slama se nakon sječenja odvodi do mlina (Slika 5.) uz pomoć zračne struje. Mlin se sastoji od više izmjenjivih sita, a prilikom proizvodnje peleta na ovom gospodarstvu koriste sito promjera 7 mm. Kako bi se pojačala kalorijska vrijednost peleta, u mlin se dodaje lomljeno zrno kukuruza i ostaci nakon sušenja zrna. Ukoliko je slama presušena, u mlin se dodaje oko pola litre vode kako bi se poboljšalo mljevenje i miješanje.



Slika 5. Mlin sa sitom

(Izvor: autor)

Iz mlina uz pomoć pužnog transportera sojina slama i dodaci se transportiraju u kondicioner (Slika 6.) koji pored sebe ima upravljačku ploču (Slika 7.). Za uspješan proces proizvodnje agropeleta potrebno je nekoliko puta ponoviti postupak mljevenja kako bi se dobila dovoljna količina potrebnog materijala za proizvodnju agropeleta.



Slika 6. Kondicioner

(Izvor: autor)





Slika 7. Kontrolna ploča proizvodne linije

(Izvor: autor)

Nakon završetka kondicioniranja slama se doprema u prešu (Slika 8.) iz koje izlaze peleti u spremnik. Kako je ranije navedeno, zbog trenja između peleta dolazi do zagrijavanja te se peleti dopremaju u spremnik za hlađenje. Nakon što se peleti (Slika 9.) ohlade, mogu se ili pakirati ili odmah koristiti kao ogrjevni materijal. Vlasnici OPG-a „Slađana Pandur“ navode da je za proizvodnju 500 kg agropeleta potrebno 500 kg bala sojine slame. Trenutno proizvode agropelete samo za vlastite potrebe, a budući da nemaju dovoljnu količinu bala sojine slame, iste otkupljuju od OPG „Saša Jeličić“. Međutim, s obzirom na cijenu ostalih energenata, vlasnici su zadovoljni niskim troškovima proizvodnje i proizvedenom količinom agropeleta te utroškom agropeleta u sezoni grijanja.

Na kakvoću proizvedenih peleta utječu svojstva korištenog sirovog materijala poput veličine čestica, sadržaja vlage i kemijskog sastava te uvjeti proizvodnje peleta poput temperature sušenja, primijenjenog tlaka i vremena hlađenja (Gilbert i sur., 2009., Kaliyan i Morey, 2009., Samuelsson i sur., 2009., Lestander i sur., 2012.).



Slika 8. Preša i spremnik

(Izvor: autor)



Slika 9. Peleti proizvedeni na OPG „Slađana Pandur“

(Izvor: autor)

#### 4. ZAKLJUČAK

Krčenjem šuma za ogrjev nestaju prirodni proizvođači kisika bez kojeg čovjek i životinjske vrste ne mogu preživjeti. Bio-gorivo iz poljoprivrednih ostataka kao što je agropelet koji sagorijevanjem ne otpušta ugljikov dioksid u tolikoj mjeri kao neka fosilna goriva, može uvelike pomoći u smanjenju onečišćenosti, a samim tim i smanjenju krčenja šuma. Agropelet kao gorivo budućnosti poprima sve veću pažnju građana, jer je relativno jeftino gorivo za ogrjev. Obiteljska poljoprivredna gospodarstva „Saša Jeličić“ i „Sladana Pandur“ navedena u ovom završnom radu primjer su kako se naporan rad i zajedništvo isplati. Prilikom istraživanja na oba OPG-a utvrđena je visoka stručnost kako u pogledu uzgoja soje, tako i u proizvodnji agropeleta. Poljoprivrednih sirovina za preradu u agropelete ima svake godine, za razliku od sirovina za proizvodnju drvnog peleta zbog koje se moraju rušiti šume da bi se usitnilo drvo i od toga napravilo gorivo. Takav način gospodarenja resursima dugoročno nije održiv. Šume se dugo godina obnavljaju, dok su sirovine za agropelet na raspolaganju svake godine. Proizvodnja agropeleta je u potpunosti samoodrživa i naprednija od proizvodnje drvnog peleta zbog vremena potrebnog za uzgoj nekog poljoprivrednog usjeva u odnosu na vrijeme potrebno za rast drveća do faze pogodne za sječu.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Boateng, A.A., Mullen, C.A., Goldberg, N.M., Hicks, K.B., Devine, T.E., Lima, I.M., McMurtrey, J.E. (2010) Sustainable production of bioenergy and biochar from the straw of high-biomass soybean lines via fast pyrolysis. *Environmental Progress and Sustainable Energy* [online], 29(2), 175-183. Dostupno na: <https://doi.org/10.1002/ep.10446> [29. svibnja 2023.]
2. Chen, W.H., Peng, J., Bi, X.T. (2015): A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online], 44, 847-866. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.039> [29. svibnja 2023.]
3. Debeljak, D. (2018) Proizvodnja peleta iz poljoprivrednih ostataka, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
4. De Pretto, C., Giordano, R.L.C., Tardioli, P.W., Costa, C.B.B. (2017): Possibilities for Producing Energy, Fuels, and Chemicals from Soybean: A Biorefinery Concept. *Waste and Biomass Valorization* [online], 9(10), 1703-1730. DOI:10.1007/s12649-017-9956-3 [30. svibnja 2023.]
5. Duca, D., Riva, G, Foppa Pedretti, E, Toscano, G. (2014) Wood pellet quality with respect to EN 14961–2 standard and certifications. *Fuel* [online], 135, 9-14. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.042> [30. svibnja 2023.]
6. European Commission EC, Renewable Energy Targets. [https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en) [29. svibnja 2023.]
7. Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014) Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online], 39, 748-764. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113> [30. svibnja 2023.]
8. Emadi, B., Iroba, K.L., Tabil, L.G. (2017) Effect of polymer plastic binder on mechanical, storage and combustion characteristic of torrefied and pelletized herbaceous biomass. *Applied Energy* [online], 198, 312-319. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.027> [29. svibnja 2023.]



9. Gilbert, P., Ryu, C., Sharifi, V., Swithenbank, J. (2009) Effect of process parameters on pelletisation of herbaceous crops. *Fuel* [online], 88, 1491-1497. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.03.015> [29. svibnja 2023.]
10. Handra, N., Hafni (2017) Effect of binder on comustion quality on EFB bio-briquettes. *International Conference on Environmental and Technology* [online], 97, 1-7. DOI 10.1088/1755-1315/97/1/012031 [31. svibnja 2023.]
11. Heinimö, J., Junginger, M. (2009) Production and trading of biomass for energy – – An overview of the global status. *Biomass and Bioenergy* [online], 33, 9, 1310-1320. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.05.017> [30. svibnja 2023.]
12. Japhet, J.A., Tokan, A., Kyauta, E.E. (2019) A Review of Pellet Production from Biomass Residues as Domestic Fuel. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotehnology* [online], 4 ,3, 835-842. DOI: 10.22161/ijeab/4.3.34 [30. svibnja 2023.]
13. Jurišić., M. (2008) AgBase priručnik za uzgoj bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
14. Kaliyan, N., Morey, R.V. (2009) Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy* [online], 33, 3, 337-359. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005> [28. svibnja 2023.]
15. Larsson, S.H., Thyrel, M., Geladi, P., Lestander, T.A. (2008) High quality biofuel pellet production from pre-compacted low density raw materials. *Bioresource Technology* [online], 99, 15, 7176-7182. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.12.065> [28. svibnja 2023.]
16. Lestander, A., Finell, T., Samuelsson, M., Arshadi, R., Thyrel, M. (2012) Industrial scale biofuel pellet production from blends of unbarked softwood and hardwood stems – the effects of raw material composition and moisture content on pellet quality. *Fuel Processing Technology* [online], 95, 73-77. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.11.024> [30. svibnja 2023.]
17. Maheri-Sis, N., Abdollahi-Ziveh, B., Salamatdoustnobar, R., Ahmadzadeh, A., Aghajabzadeh-Golshani, A., Mohebbizadeh, M. (2011) Determining nutritive value of soybean straw for ruminants using nylon bags technique. *Pakistan Journal of Nutrition* [online], 10, 9, 838-841. DOI: 10.3923/pjn.2011.838.841 [27. svibnja 2023.]

18. Mani, S., Tabil, L.G., Sokhansanj, S. (2003) An overview of compaction of biomass grinds. *Power Handling Process* [online], 15, 3, 160-168. [27. svibnja 2023.]
19. McKendry, P. (2002) Energy production from biomass (part 1): an overview of biomass. *Bioresource Biotechnology* [online], 83, 1, 37-46. DOI: 10.1016/s0960-8524(01)00118-3 [30. svibnja 2023.]
20. Rapčan, I. (2014) Bilinogojstvo - sistematika, morfologija i agroekologija važnijih ratarskih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
21. Reddy, N., Yang, Y. (2009) Natural cellulose fibers from soybean straw. *Bioresources Biotechnology* [online], 100, 14, 3593-3598. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.09.063 [30. svibnja 2023.]
22. Reddy, B.Y., Srinivas, T. (2013) Biomass based energy systems to meet the growing energy demand with reduced global warming: role of energy and exergy analyses. U: *International Conference on energy efficient technologies for sustainability (ICEETS)* [online], 18-23. DOI:10.1109/ICEETS.2013.6533350 [27. svibnja 2023.]
23. Samuelsson, R., Thyrel, M., Sjöström, M., Lestander, T.A. (2009) Effect of biomaterial characteristics on pelletizing properties and biofuel pellet quality. *Fuel Processing Technology* [online], 90, 9, 1129-1134. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.05.007> [31. svibnja 2023.]
24. Sriram, N., Shahidehpour, M. (2005) Renewable biomass energy. U: *IEEE power engineering society general meeting* [online], 1, 612-617. DOI:10.1109/PES.2005.1489459 [27. svibnja 2023.]
25. Srirangan, K., Akawi, L., Moo-Young, M., Chou, C.P. (2012) Towards sustainable production of clean energy carriers from biomass resources. *Applied Energy* [online], 100, 172-186. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.012> [31. svibnja 2023.]
26. Sruamsiri, S., Silman, P. (2008) Nutritive composition of soybean by-products and nutrient digestibility of soybean pod husk. *Maejo International Journal of Science and Technology* [online], 2, 3, 568-578. [30. svibnja 2023.]
27. Veal, M.W. (2010) Biomass logistic. U: *Biomass to Renewable Energy Processes*, ed. J. Cheng, 129-130. New York, NY: CRC Press.
28. Vratarić M., Sudarić, A. (2000) Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek.
29. Vratarić, M., Sudarić, A. (2008) Soja. Poljoprivredni institut Osijek, Osijek.
30. Whalen, J., Xu, C., Shen, F., Kumar, A., Eklund, M., Yan, J. (2017) Sustainable biofuel production from forestry, agricultural and waste biomass feedstock. *Applied*

- Energy* [online], 198, 281-283. DOI:10.1016/j.apenergy.2017.05.079 [30. svibnja 2023.]
31. <https://www.agroklub.com/> [16. veljače 2023.]
  32. <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/> [16. veljače 2023.]
  33. <https://www.fao.org/faostat/> [10. veljače 2023.]
  34. <https://www.energetika-net.com/> [15. veljače 2023.]
  35. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/70/energija-iz-obnovljivih-izvora> [pristup: 15. veljače 2023.]
  36. <https://media1.peletsistemi.rs/2016/10/pelet-1200-800.jpg> [pristup: 29. svibnja 2023.]
  37. <https://www.peletmetalac.com/> [10. ožujka 2023.]