

# Iskorištavanje biomase dobivene nakon prerade šljiva

---

Krha, Ivančica

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:560741>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



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 STROSSMAYER U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Ivančica Krha, dipl. iur.

Sveučilišni preddiplomski studij: Poljoprivreda

Smjer: Agroekonomika

**Iskorištavanje biomase dobivene nakon prerade šljiva za  
proizvodnju energije**

Završni rad

Osijek, 2016.

---

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYER U OSIJEKU**  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Ivančica Krha, dipl. iur.

Sveučilišni preddiplomski studij: Poljoprivreda

Smjer: Agroekonomika

**Iskorištavanje biomase dobivene nakon prerade šljiva za  
proizvodnju energije**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Prof.dr.sc. Davor Kralik, mentor
2. Prof.dr.sc. Bojan Stipešević, član
3. Doc.dr.sc. Ranko Gantner, član

Osijek, 2016.

---

## Sadržaj:

1. Uvod	4
2. Tehnologija peletiranja	7
2.1. Pojam i obilježja tehnologije peletiranja	7
2.2. Faze procesa peletiranja	9
2.3. Prednosti i nedostaci tehnologije peletiranja	12
3. Materijal i metode	14
3.1. Određivanje sadržaja krute tvari i postotka vlage	14
3.2. Određivanje sadržaja pepela i organske tvari	14
3.3. Priprema i mljevenja uzorka	15
3.4. Određivanje promjera granulata	15
3.5. Određivanje specifične volumne mase	15
3.6. Proizvodnja peleta	15
4. Rezultati i rasprava	16
4.1. Volumna zapremnina koštica i specifična težina	16
4.2. Tehnologija proizvodnje peleta	17
4.3. Financijski parametri	21
4.4. Proizvodnja šljiva u RH	21
5. Zaključak	22
6. Literatura	23
7. Popis slika	24
8. Popis tablica	24
9. Popis grafikona	24
10. Sažetak	25
11. Summary	25

## 1. UVOD

**Šljiva** (lat. *Prunus domestica*) podrod iz roda *Prunus*, vrsta je voća koja raste na drvetu, a ima okrugli ili ovalni plod koji je plave, crvene ili žute je boje (ovisno o vrsti). Meso ploda je slatko, žućkaste boje s košticom u sredini. Šljiva raste kao srednje veliko stablo, manje ili više bujna rasta. Pojedine sorte zahtijevaju strane oprašivače, dok se neke oplođuju same. Šljive donose plodove na dvogodišnjim ili trogodišnjim granama. Vrijeme cvjetanja je u travnju, prije listanja, a plodovi sazrijevaju u kolovozu, rujnu i listopadu, ovisno o sorti. Ne zahtijevaju redovito i obilno obrezivanje. Šljive su bogate vitaminima A i C. Spadaju u niskokalorično voće tako da se preporučuju u ishrani. Šljive se mogu konzumirati sirove, mogu se sušiti, prave se džemovi i marmelade, zatim za knedle i od šljiva se peče rakija (šljivovica). RH ima prednosti u odnosu na zapadnoeuropske zemlje, u vidu ekoloških uvjeta i kakvoće plodova. Osobitu kvalitetu pokazuje domaća sorta Bistrica koja je dobro poznata, ali je zapuštena u uzgoju. Filogenetski promatrano, šljiva pripada istom rodu (*Prunus*) u koji spadaju i bjelošljiva, badem, breskva, marelica, višnja, lovorvišnja, trešnja i džanarika koji kao plod imaju košticu. Rod *Prunus* sadrži nekoliko podrodova, među kojima je i podrod *Prunus*, koji se dalje dijeli na tri sekcije: *Prunus* (šljive Starog Svijeta), *Prunocerasus* (šljive Novog Svijeta) i *Armeniaca* (marelice). Podrod *Prunus* se od ostalih podrodova razlikuje po tome što ima usamljene terminalne i lateralne pupoljke, kao i glatku košticu. Ovakvo čisto morfološko razlikovanje podrodova ima praktični značaj, ali se u novijim filogenetskim istraživanjima pokazala mala taksonomska vrijednost takvih karaktera u rodu *Prunus*.

Proizvodnja šljiva u Hrvatskoj ima dugogodišnju tradiciju i predstavlja jednu od značajniji voćarskih proizvodnji. Unazad nekoliko godina evidentiran je porast proizvodnje šljiva i to za 7% 2011. godine u odnosu na 2010.



**Slika 1.** Šljiva

Izvor : <http://www.p-portal.net/wp-content/uploads/2015/12/sljive.jpg>

Šljiva je dragocjen plod za svježju potrošnju, sušenje, preradu u slatke prerađevine, sokove i alkoholna pića. Ona se kao takva sve više troši u svijetu i postaje sve značajniji izvozni proizvod u osušenom i duboko smrznutom stanju. Trebalo bi još značajnije poraditi da takav plasman šljiva sve više razvijamo u interesu daljeg razvoja našeg šljivarstva. Šljiva je u prvom redu nenadmašno sredstvo za poboljšanje želučanog probavljanja hrane s najvećim prirodnim laksativnim djelovanjem. Unatoč svemu tome, mora se priznati kao da sve manje trošimo svježih i prerađenih šljiva u našoj svakodnevnoj ishrani, mnogo manje od potrošača na sjeveru Evrope.

Plod domaće šljive je sočna koštunica. Njegova masa se kreće od 7 do 100 g. Jestivi dio ploda (pokožica i meso) čini 94 – 96% mase, a ostatak koštica i sjemenka. Koštica je građena od tvrdog celuloznog skelet integriran u matriks od pektina, hemiceluloze i glikoproteida.

Nakon prerade šljiva ostaje značajna količina organskog otpada koji se može iskoristiti kao energetska sirovina. Svi lignoceleulozni materijali kao što su grane od drveća, lišće, koštice i mnoga ostala vegetativna vlakna predstavljaju korisnu energetska sirovinu. Glavni problem

ovih materijala je veliki volumen u odnosu na biomasu a čime se otežavaju manipulativni postupci i načini čuvanja i skladištenja.

Prigodan način zbrinjavanja navedenog materijal je peletiranje. Peletiranje je termoplastični proces oblikovanja utiskivanjem, te se dobije sirovina veće gustoće, manjeg volumena koja je pogodna za skladištenje i transport. Potrebe za toplinskom energijom u poljoprivredi su značajne. Toplina je potrebna za: zagrijavanja objekata, sušenje poljoprivrednih proizvoda i za tehnološke procese finalizacije poljoprivrednih proizvoda. Procjenjuje se da je upravo energetska iskoristavanje poljoprivrednih ostataka, jedan od značajnijih načina proizvodnje energije iz biomase u pojedinim dijelovima Hrvatske.

U ovom radu istražit će se energetska potencijal iskoristavanja biomase šljiva u svrhu proizvodnje toplinske energije. Laboratorijskim peletiranjem navedene biomase dobit će se proizvod veće gustoće, bolje volumetrijske ogrjevne vrijednosti, što ima za posljedicu smanjenje troškova transporta i skladištenja te kvalitetnije izgaranje prilikom proizvodnje toplinske energije. Kvaliteta peleta kao biogoriva ne može se definirati bez utvrđivanja njenih fizikalno-kemijskih, odnosno gorivih svojstava. Utvrdit će se energetska potencijal biomase šljiva i mogućnost njezinog korištenja kao energenta u proizvodnji toplinske energije.

## 2. TEHNOLOGIJA PELETIRANJA

### 2.1. POJAM I OBILJEŽJA TEHNOLOGIJE PELETIRANJA

**Peletiranje** je općenito definirano kao ukрупnjavanje praškastoga i sitnozrnatoga materijala u prisutnosti veziva u proizvod kuglasta oblika (pelet) upotrebljiv u kovinarstvu, rudarstvu, kem. tehnologiji i dr. ( natuknica „peletiranje“ na : <http://www.hrleksikon.info/>).



**Slika 2.** Plod šljive

( Izvor: <http://www.narodnilijek.com/web/wp-content/uploads/sljivaaa1.jpg> )

Peletiranje podrazumijeva tehnološki proces kojim se neki drugi ulazni materijal (ruda, ugljen, koks, drvo, krmno bilje ili drugi u rasutom stanju) tretira tako da se od njega formira granulat (peleti) u promjeru u 2-5cm. Paleti se uglavnom prepoznaju po cilindričnom obliku, a kao takvi su pogodni za manipulaciju i automatizaciju u potrošnji.

Peletiranje materijala se provodi u cilju:

- smanjenja vlažnosti
- povećanja kvalitete (kaloričnost, sadržaj minerala i sl.) u manjoj zapremini/masi
- lakše manipulacije
- manjih gubitaka u transportu

Najveću primjenu peletiranje ima u:

- preradi mineralnih sirovina i teškoj industriji
- preradi otpada u prehrambenoj industriji
- industriji stočne hrane
- preradi otpada u drвноj industriji





**Slika 3.** Pelet

Izvor: <http://peletgrupa.hr/wp-content/uploads/2015/05/co2-neutralno.jpg>

Paletiranje se sve više nameće kao veoma važna i ekološki pogodna tehnologija u obradi drveta i pripremi biomase za loženje-ogrijev, imajući u vidu da biljni omotač našeg planeta predstavlja obnovljivi izvor potencijalne energije. Od 2007. godine, peletiranje otpada u industriji prerade drveta naglo raste, a sa tim i potražnja za pećima na pelete. Danas su peći (za centralno/parno grijanje) na pelete toliko automatizirane da se mogu usporediti sa pećima na tekuća goriva, a stupanj iskorištavanja energenta se kreće oko 90-95%. Stupanj iskorištavanja energenta ovdje znači, da će od 100 kg mase peleta ostati manje od 0,5 kg mase pepela i čađi.

Primjena tehnologije u proizvodnji peleta i njihovog korištenja u modernim ložištima kotlovskih postrojenja za daljinska grijanja i grijanja obiteljskih kuća, dovelo je do toga da pelet kao energent nalazi sve veću primjenu uz neposrednu dobit kroz daljnju upotrebu ostataka poljoprivredne proizvodnje. Navedeni postupci iskorištavanja koštice šljiva u svrhu proizvodnje energije dovest će do dodatnog iskorištenja koštica, koja će tada postati dodatni izvor zarade proizvođačima šljiva i pripomoći pozitivnoj ekonomskoj bilanci proizvodnje šljiva.



**Slika 4.** Pelet u ambalaži

Izvor: <http://cropellets.hr/wp-content/themes/cropellets/img/peleti/cropellets-pelet.png>

## **2.2. FAZE PROCESA PELETIRANJA**

Peletiranje je termoplastični proces oblikovanja istiskivanjem, u kojem fino razdijeljene čestice brašnate sirovine formiraju kompaktne pelete, pogodne za rukovanje. Najveći značaj peletiranja biomase u proizvodnji energije je dobivanje proizvoda veće gustoće, bolje volumetrijske ogrjevne vrijednosti, što ima za posljedicu smanjenje troškova transporta i skladištenja.

Tehnologija peletiranja sastoji se iz sljedećih standardnih faza:

1. skladištenja i predtretmana sirovog materijala,
2. sušenja sirovog materijala,
3. procesa proizvodnje peleta,
4. hlađenja i skladištenja peleta (pakiranje i skladištenje).

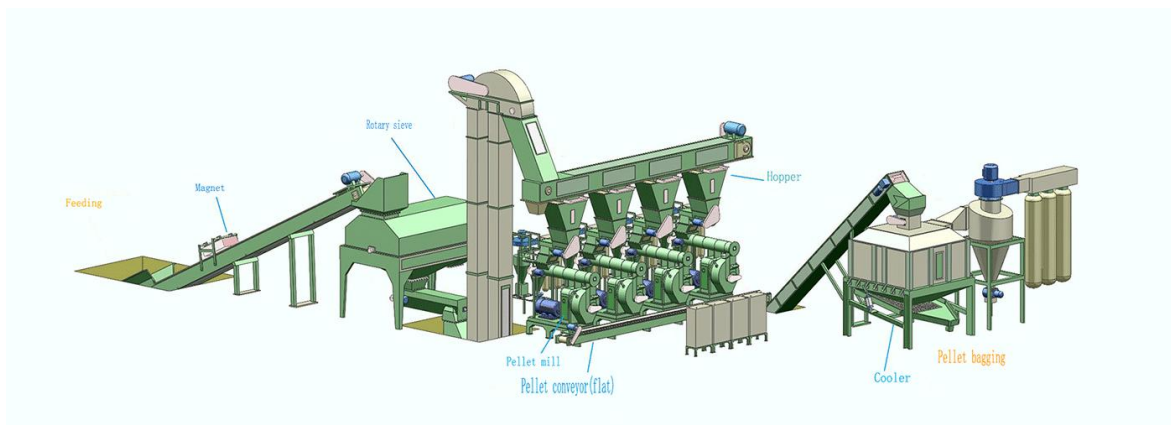


**Slika 5.** Stroj za peletiranje ( peletirka)

Izvor: [http://termis.weebly.com/uploads/7/5/5/8/7558784/1275061\\_orig.jpg](http://termis.weebly.com/uploads/7/5/5/8/7558784/1275061_orig.jpg)

Glavni problem većine vrsta biootpada je njegov veliki volumen u odnosu na masu, svojstva za rukovanje, skladištenje i transport. Taj problem može se savladati preradom tog materijala sušenjem i onda sabijanjem istog na visoki pritisak radi proizvodnje energetskih (gorivih) peleta. Taj finalni proizvod ima visoku gustoću (više od duplo) i visoku ogrjevnu vrijednost. Postupak ide transportiranjem sirove sječke u skladište, gdje pomoću vibracijskog sita ulazi u otvor mokrog mlina. Tako pripremljena sječka u granulometriji „mikro sječke“ putem elevatora ulazi u silos mokre sječke, gdje uz pomoću hidraulike i gurača, te pužnice za izuzimanje dozira trakastu sušionicu. Sječka se u sušionicu dozira pužnicom iz razloga ravnomjernog nanošenja sječke na traku sušionice. U sušionici se na temperaturi od oko 80°C sječka suši na konačnu vlagu od 10% (+/- 2%). Tako osušena sječka odlazi u silos suhe sirovine.

Osušena sječka se iz silosa transportira se u dozirni spremnik mlina čekićara. Iz doziranog spremnika izuzimačem se transportira u mlin čekićar koji usitnjava sječku na konačnu granulaciju od 0,1 do 1 mm.



**Slika 6.** Postrojenje za proizvodnju peleta

Izvor: <http://www.gcmec.com/fuel-pellet-machinery/wood-pellet-line.html>

Iz doziranog silosa piljevina se preko pužnog dozatora prenosi u miješalicu gdje se, ako je piljevina ispod 12% vlažnosti, dodatno vlaži te sa vlažnošću od 12 – 14% ulazi u otvor peletirke. Piljevina slobodnim padom pada na matricu peletirke po kojoj kruže žrvnji peletirke te piljevinu potiskuju kroz otvore na matrici promjera 6 mm. U otvorima matrice pelet se plastificira zbog utjecaja temperature (90°C) i pritiska žrvnja. Uslijed pritiska žrvnja i utjecaja temperature, drvena masa se „zgušnjava“ do specifične težine do 1kg/dm<sup>3</sup>. Na donjem dijelu matrice nalaze se noževi koji dimenzioniraju duljinu peleta.

Proizvedene pelete prije pakiranja potrebno je osušiti na sobnu temperaturu. Višak topline od hlađenja proizvedenih peleta može se iskoristiti za sušenje drvene biomase. Usitnjena drvena biomasa i koštice na promjer granulata ispod 1,00 mm korištene su za proizvodnju peleta. Početno peletiranje pokazalo se nekvalitenim zbog malog udjela vlage. Dodavanjem vode proizvedene su pelete s različitim udjelima vlage u sirovini za proizvodnju peleta, a što daje različita svojstva ovisno o udjelu vlage.

Peletiranjem se postižu sljedeći glavni učinci:

- povećanje mase po jedinici zapremine (povećanje „gustoće“),
- smanjuju se troškovi manipulacije i transporta,
- smanjuje se potrebna zapremina za skladištenje,
- biološki procesi kvarenja biomase su manje izraženi,
- povećava se efikasnost u procesu izgaranja u odnosu na izgaranje u rinfuznom stanju.

S druge strane, sam proces peletiranja ima i određene nedostatke, kao što su:

- potrebna je priprema materijala na određenu vlažnost i granulaciju,
- u izvjesnim slučajevima su neophodni aditivi,
- mora se ulagati u novu tehnologiju koja je nužna za odvijanje procesa,
- neophodna je potrošnja energije

Velik utjecaj na peletiranje i kvalitetu peleta ima fizikalno-kemijska različitost biomase koja se peletira. Za utvrđivanje gorivih svojstava peleta utvrdit će se gornja i donja ogrjevna vrijednost, vlaga, pepeo, hlapive tvari, sagorljive tvari, C-fix, koks, sumpor sagorljivi, sumpor vezani te analiza stabilnosti peleta uz sastav dimnih plinova prilikom izgaranja (ISO 5068; ISO 1171; ISO, 562; ISO 1928).

Za kvalitetno peletiranje treba utvrditi optimalni sadržaj vlage u materijalu. Pri manjem i većem sadržaju vlage oblik peleta nije postojan. Jedan od osnovnih pokazatelja upotrebljivosti neke tvari kao goriva je njena ogrjevna vrijednost. Ogrjevna vrijednost goriva je količina topline koja se oslobađa pri potpunom izgaranju jedinice količine nekog goriva, kada se dimni plinovi ohlade na temperaturu s kojom se zrak i gorivo dovode u ložište. Ogrjevne vrijednosti biogoriva se razlikuju u zavisnosti od vrste i sastava biogoriva, kao i od njihovog sadržaja vlage. Povećanjem količine vlage biomasi smanjuje se njezina ogrjevna vrijednost. Razlika između gornje i donje ogrjevne moći je u količini topline koja je sadržana u vodenoj pari dimnih plinova, tj. količini topline koja se oslobodi kondenzacijom vodene pare iz dimnih plinova izgaranja. Gornja ogrjevna moć goriva veća je od donje upravo za količinu topline kondenzacije vodene pare sadržane u plinovima izgaranja (Hohenstein i Wright; 1994.).

### **2.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI TEHNOLOGIJE PELETIRANJA**

Komparativna prednost proizvodnje peleta u odnosu na eksploataciju i potrošnju mineralnih goriva za proizvodnju toplinske energije, može se između ostalog, sagledati u sljedećem:

- količina pepela poslije izgaranja je 2-7 puta manja,
- manje razina oslobađanje sumpordioksida prilikom izgaranja, a što je važno za održivu zdravu životnu sredinu,
- ogrjevna vrijednost peleta odgovara ogrjevnoj vrijednosti nizu goriva mineralnog porijekla,
- sirovina za proizvodnju peleta ne utječe na cijenu proizvoda,

- dobivanje toga proizvoda je bez učešća vezivnih sredstava što bitno pridonosi pojeftinjenju procesa proizvodnje i povećanju njegove vrijednosti,
- tehnološki prostor i prostor za skladištenje gotovog proizvoda nije velik jer je oprema jednostavna i dobar dio opreme može se montirati na otvorenom prostoru,
- izgaranjem i manipulacijom tog proizvoda ne javlja se prašina i dim,
- tehnološki proces proizvodnje peleta je jednostavan i dostupan po obimnosti investicijskih ulaganja.

Međutim, i pored mnogih prednosti koje peleti od biomase sadrže u korištenju kao gorivo, postoje i određeni nedostaci:

- manipulacijski i ekonomski problemi sa skupljanjem i skladištenjem
- periodičnost nastanka otpada od biomase,
- nepovoljan oblik i visoka vlažnost,
- potrebne su određene ekonomske investicije u postrojenje za proizvodnju peleta te ložišta za izgaranje

Svakako da pelet kao gorivo zahtijeva i posebna ložišta. Međutim, znajući gore navedene podatke mogu se odrediti ložišta u kojima će se ista biomasa najbolje energetski iskoristiti. Izravno spaljivanje biomase i organskih ostataka je uhodana tehnologija za konverziju biomase u toplinu na komercijalnoj razini. Vrući plinovi izgaranja nastaju pri spaljivanju biomase u kontroliranim uvjetima i mogu se koristiti izravno za sušenje, ali se njihova toplina češće prenosi na zrak, vodu ili paru. Izgaranje se provodi na rešetki koja omogućuje miješanje goriva i kontrolirani dotok zraka. Rešetke su konstruirane tako da se biomasa ubacuje na jednom kraju i izgara u sloju koji se postupno pomiće prema sustavu za izbacivanje pepela na drugom kraju te se takvom tehnologijom omogućuje korištenje goriva različitih svojstava (udio vlage i veličina čestica). Današnji razvoj usmjeren je na maksimalno smanjenje emisije stakleničkih plinova, a ta je tendencija dovela i do razvitka tehnologije izgaranja u fluidiziranom sloju, kao glavne alternative sustavima s rešetkom. U postrojenju s izgaranjem u fluidiziranom sloju, gorivo izgara u sloju inertnog materijala uz upuhivanje zraka. Sloj se stalno miješa i dolazi do brzog izgaranja i izmjene topline, pri čemu su problemi zbog razlike u kvaliteti goriva svedeni na najmanju moguću mjeru (El Bassan, 1991.; Beronja, 1994.).

Može se zaključiti da je korištenje peletirane biomase za proizvodnju peleta opravdano s gledišta zaštite okoliša iz razloga što proizvod posjeduje minimalni sadržaj štetnih tvari koje nastaju izgaranjem. Ono što je posebno značajno istaći je zanemariv udio sumpora, a što nije

slučaj kod mineralnih goriva. Možemo utvrditi da je s ekološkog gledišta peletirana masa ekološki ispravno gorivo jer nema u sebi sumpora pa prilikom izgaranja nema sumpordioksida koji je neizbježan produkt izgaranja mineralnih goriva te nema emisije ugljikovodika, kao nepotpunih produkata izgaranja. Za veće sustave izgaranja, tvrdoća pelete je manje važna, međutim bolja svojstva peleta u smislu njihove tvrdoće i čvrstoće, omogućuju bolja manipulativna svojstva i smanjenje troškova transporta i skladištenja.

### **3. MATERIJAL I METODE**

Biomasa se sastoji od koštice šljiva i drvenaste mase (grančice nakon rezidbe šljiva), pri čemu je omjer koštice i grančica sa jednog stabla 2,5 : 1,0 kg. Količinski udio jezgre u koštici šljive iznosi 25 %

Iz prerade šljiva (pekmez, sušena šljiva) su na raspolaganju koštice u količini od 35 tona u sezoni.

Iz prikazanih podataka za očekivati je oko 14 tona drvene biomase.

Bazalni supstrati su drvena biomasa od rezidbe šljiva i koštice šljiva sa jezgrom. Za bazalne supstrate utvrđuje se suha tvar (ST), organska tvar (OT), odnos ugljika i dušika (C/N), specifična masa (SM) pri definiranom granulatu.

#### **3.1. ODREĐIVANJE SADRŽAJA KRUTE TVARI I POSTOTKA VLAGE**

Sadržaj suhe tvari, tj. ukupne krute tvari u uzorcima određen je sušenjem 100 g svježe tvari uzorka u sušioniku, na 75°C do konstantne mase (Thompson, 2001). Ukupne krute tvari i postotak vlage izračunate su iz podataka odvage svježe tvari i suhe tvari nakon sušenja:

$$\text{ukupne krute tvari (\%)} = [\text{neto suha tvar (g)} \div \text{neto svježi uzorak (g)}] \times 100$$

$$\text{postotak vlažnosti (\%)} = [1 - \text{neto suha tvar (g)} \div \text{neto svježi uzorak (g)}] \times 100$$

#### **3.2. ODREĐIVANJE SADRŽAJA PEPELA I ORGANSKE TVARI**

Ukupan sadržaj pepela i organske tvari određen je žarenjem na 550°C tijekom 2 sata (Thompson, 2001) u peći za žarenje, a korišteni su uzorci suhe tvari nakon sušenja na 75°C i slijedeće formule:

pepeo (%) = [neto masa pepela nakon 550°C (g) ÷ neto suhi uzorak (g)] × 100

organska tvar (%) = [1 - neto pepela nakon 550°C (g) ÷ neto suhi uzorak (g)] × 100]

### **3.3. PRIPREMA I MLJEVENJE UZORKA**

Usitnjavanje uzoraka izvršeno je pomoću mlina za biomasu Retsch SM 100 uz brzinu okretaja 1.500 min<sup>-1</sup> i veličinu sita od 1,00 mm.

### **3.4. ODREĐIVANJE PROMJERA GRANULATA**

Određivanje promjera granulata usitnjene koštice šljive izvršen je pomoću laboratorijskog sita s promjer otvora: <0,4 mm; 0,4 mm; 0,6 mm; 0,8 mm; 1,0 mm; 2,0 mm i 2,5 mm.

### **3.5. ODREĐIVANJE SPECIFIČNE VOLUMNE MASE**

Određivanje specifične volumne mase čitavih i mljevenih koštica izvršeno je s laboratorijskim čašama, te brojanjem i vaganjem koštica.

### **3.6. PROIZVODNJA PELETA**

Proizvodnja peleta izvršena je s California Pellet Mill (CPM) a promjer izrađenih peleta je 3 mm.



## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. VOLUMNA ZAPREMINA KOŠTICA I SPECIFIČNA TEŽINA

Volumna zapremina koštica radi utvrđivanja specifične težine rađena je na dva različita uzorka koštica. Vizualno su vidljive razlike u krupnoći koštica. Mjerenja su rađena u 12 i 20 ponavljanja.

Sitnije koštice imale su prosječnu masu jedne koštice 0,72 g a krupnije koštice 1,20 g.

Tablica 1. Specifična masa koštica šljiva

	Sitnije koštice	Krupnije koštice
Prosjek mase 1 koštice (g)	<b>0,72</b>	<b>1,20</b>
Prosječan broj koštica po m <sup>3</sup> (kom)	<b>699.826,39</b>	<b>444.687,50</b>
Prosječna masa koštica po m <sup>3</sup> (kg)	<b>506,56</b>	<b>532,59</b>
Potreban prostor za 35 tona koštica (m <sup>3</sup> )	<b>69,09</b>	<b>65,72</b>
Drvena sječka po m <sup>3</sup> (kg)	<b>481</b>	
Potreban prostor za 14 tona drvene sječke (m <sup>3</sup> )	<b>29,1</b>	

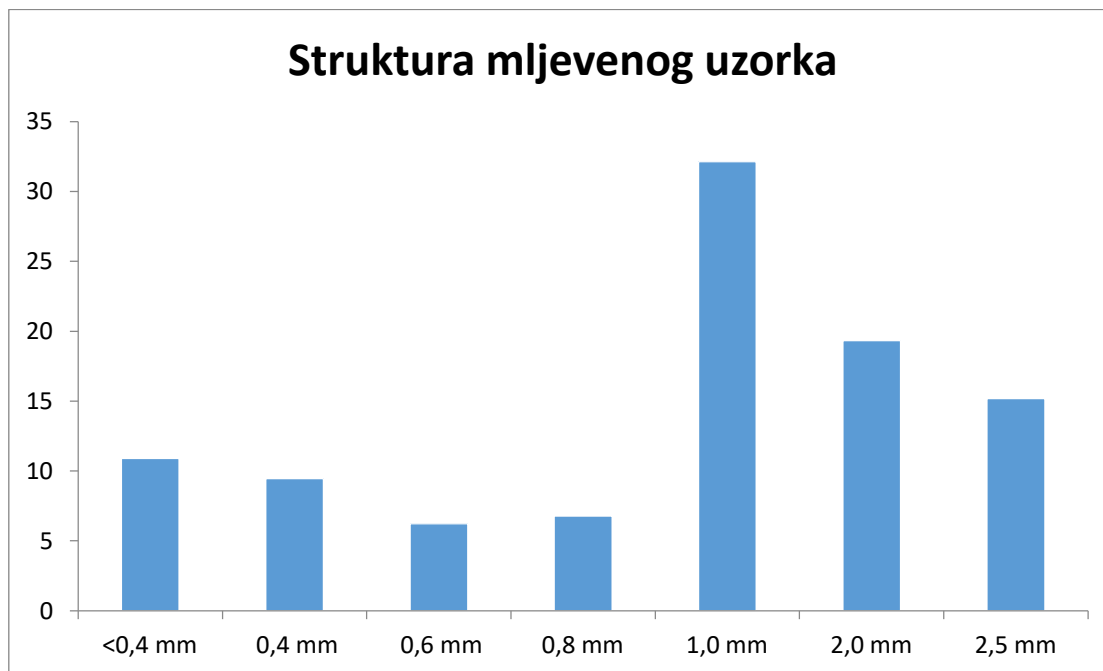
Minimalna potrebna količina skladišnog prostora za spremanje, čuvanje i sušenje koštica je 85 m<sup>3</sup>, po mogućnosti povišenog kako bi se osiguralo istjecanje koštica u mlin za usitnjavanje slobodnim padom. Punjenje skladišnog prostora potrebno je vršiti elevatorom.

Prostor za drvenu biomasu treba se sastojati od skladišnog prostora za prihvata, čuvanje i sušenje drvene sječke. Potreban prostor za spremanje drvene sječke na bazi 14 tona drvene biomase iznosi 40 m<sup>3</sup>.

Usitnjavanje koštica potrebno je izvršiti mlinom čekićarom ili struganjem na promjer 0,1-1 mm.

Zastupljenost pojedinih granulacija u usitnjenjnoj masi prikazana je u grafikonu 1.

Grafikon 1. Granulacija samljevenog uzorka koštica



Zapremina usitnjene mase koštica prikazana je u Tablici 2.

Tablica 2. Specifična masa samljevenih koštica

Vrsta materijala	Jedinica mjere (kg/m <sup>3</sup> )
Prosječna masa mljevene koštice	680,77

#### 4.2. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE PELETA

Konvencionalna tehnologija peletiranja sastoji se iz sljedećeg: skladištenja i predtretmana sirovog materijala, sušenja sirovog materijala, procesa proizvodnje peleta, hlađenja i skladištenja peleta (pakiranje i skladištenje).

Sirova sječka se transportira u skladište, gdje pomoću vibracijskog sita ulazi u otvor mokrog mlina. Tako pripremljena sječka u granulometriji „mikro sječke“ putem elevatora ulazi u silos mokre sječke, gdje uz pomoću hidraulike i gurača, te pužnice za izuzimanje dozira trakastu

sušionicu. Sječka se u sušionicu dozira pužnicom iz razloga ravnomjernog nanošenja sječke na traku sušionice. U sušionici se na temperaturi od oko 80°C sječka suši na konačnu vlagu od 10% (+/- 2%). Tako osušena sječka odlazi u silos suhe sirovine.

Osušena sječka se iz silosa transportira se u dozirni spremnik mlina čekićara. Iz doziranog spremnika izuzimačem se transportira u mlin čekićar koji usitnjava sječku na konačnu granulaciju od 0,1 do 1 mm.

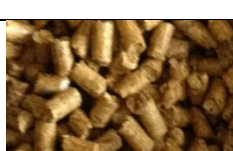
Iz doziranog silosa piljevina se preko pužnog dozatora prenosi u miješalicu gdje se, ako je piljevina ispod 12% vlažnosti, dodatno vlaži te sa vlažnošću od 12 – 14% ulazi u otvor peletirke. Piljevina slobodnim padom pada na matricu peletirke po kojoj kruže žrvnji peletirke te piljevinu potiskuju kroz otvore na matrici promjera 6 mm. U otvorima matrice pelet se plastificira zbog utjecaja temperature (90°C) i pritiska žrvnja. Uslijed pritiska žrvnja i utjecaja temperature, drvena masa se „zgušnjava“ do specifične težine do 1kg/dm<sup>3</sup>. Na donjem dijelu matrice nalaze se noževi koji dimenzioniraju duljinu peleta.

Proizvedene pelete prije pakiranja potrebno je osušiti na sobnu temperaturu. Višak topline od hlađenja proizvedenih peleta može se iskoristiti za sušenje drvene biomase.

Usitnjena drvena biomasa i koštice na promjer granulata ispod 1,00 mm korištene su za proizvodnju peleta. Početno peletiranje pokazalo se nekvalitetnim zbog malog udjela vlage.

Dodavanjem vode proizvedene su pelete s različitim udjelima vlage u sirovini za proizvodnju peleta. Udio vlage i izgled peleta prikazan je u Tablici 3.

Tablica 3. Izgled proizvedenih peleta s obzirom na vrstu sirovine i udjela vlage.

	Vrsta pelete	Udio vlage u biomasi prije peletiranja
	Peleta koštice šljive	16,89 %
	Peleta koštice šljive	13,07 %
	Peleta koštice šljive	9,82 %
	Peleta 50% koštica šljive i 50% drvo šljive	13,30 %
	Peleta 75% koštica šljive i 25% drvo šljive	13,00 %
	Peleta drveta šljive	13,16 %

Biomasa od same koštice nije se pokazala pogodna za proizvodnju peleta jer nemaju čvrstoće i lako se rune, te kao takve su nepovoljne za pakiranje i transport. Kombiniranjem drvene biomase u omjeru 25 % naprema 75% koštice nije u značajnijoj mjeri popravilo strukturu i tvrdoću proizvedenih peleta. Udio 50% :50% također nije značajnije poboljšao tvrdoću proizvedenih peleta. Poboljšanje tvrdoće peleta od koštica može se postići na dva načina: povećanjem udjela drvene biomase ili dodavanjem kalcija lignosulphonate koji povećava

tvrdoću peleta. Pelete od same drvene biomase imaju primjerenu tvrdoću. Udio biomase koštice trebao bi biti ispod 20% kako bi se postigla kvalitetna i čvrsta peleta.

Gornja ogrjevan vrijednost peleta od drveta i koštica šljiva prikazane su u Tablici 4.

Tablica 4. Energetske vrijednosti proizvedenih peleta

Vrsta pelete		Energetska vrijednost	
		MJ/kg	kWh
	Peleta koštice šljive	<b>23,62</b>	<b>6,56</b>
	Peleta 50% koštica šljive i 50% drvo šljive	<b>21,29</b>	<b>5,91</b>
	Peleta 75% koštica šljive i 25% drvo šljive	<b>22,45</b>	<b>6,24</b>
	Peleta drveta šljive	<b>18,95</b>	<b>5,26</b>

Približne energetske vrijednosti koje odgovaraju peletama prikazane su u Tablici 5.

Tablica 5. Usporedba peleta s drugim gorivima

2 kg peleta	≈ 1 lit ulja za loženje
1,85 kg peleta	≈ 1 m <sup>3</sup> zemnog plina
3 m <sup>3</sup> peleta	≈ 1000 lit ulja za loženje
potrošnja peleta 1 kg/h	≈ 5 kW snage
650 kg peleta zauzima 1m <sup>3</sup> prostora	

Proizvedene pelete od košti i u kombinaciji s drvnom biomasom imaju veću energetska vrijednost, te stoga mogu zamjeniti veću količinu energenata prikazanih u Tablici 5.

#### 4.3. FINANCIJSKI PARAMETRI

Proizvodnja peleta planirana je kao sezonska proizvodnja s obzirom da su količine biomase relativno male.

Predviđeni kapacitet linije za proizvodnju peleta je 100 kg / h. Dnevna proizvodnja u jednoj smjeni iznosila bi 600 kg peleta. Obaveza radnika je priprema biomase za proizvodnju (mljevenje), proizvodnja peleta i čišćenje pogona.

Proizvodnja peleta (t / h)	0,6
Trajanje (h /god)	653
Proizvodnja peleta (t / god)	49
Trošak rada (€ / a) (82 dana - mjesečna primanja 5000,00 kn bruto)	2.484,85
Vrijednost proizvoda (€ / a) (cijena 170€/t)	8.330,00

Potrebno je osigurati dodatni dio drvene biomase kako bi se poboljšala kozištenzija i tvrdoća proizvedenih peleta. Predloženi omjer na očekivanih 35 tona biomase od koštica zahtjeva oko 140 tona drvene biomase.

#### 4.4. PROIZVODNJA ŠLJIVA U RH

Tablica 6: Proizvodnja šljiva u tonama po godinama

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kontinentalna HR	9569	11582	15052	11979	10288	15457	18826	6344	24567
Jadranska HR	3061	3706	4815	3833	3291	4946	6023	3592	4782
Ukupno RH	12630	15288	19867	15812	13579	20403	24849	9936	29349
Prosjeek	17968,11								

## 5. ZAKLJUČAK

Proizvodnja peleta od ostataka prerade šljiva i drvene biomase je ekonomski, tehnološki i ekološki prihvatljiva. Udio biomase koštice ne bi trebao biti veći od 20%. Osnovni financijski parametri ukazuju na ostvarivanje dobiti, ali u ukupnu cijenu nisu uračunati troškovi energije i troškovi kupovine opreme. Investicija u proizvodnju peleta biti će još više opravdana kada bi se osigurala dodatna biomasa i pogon radio više od 3,7 mjeseci koliko mu je potrebno da radom samo u jednoj smjeni i na bazi 22 radna dana preradi 49 t biomase i isto toliko proizvede peleta.

Peletiranje je na razini EU prepoznato kao postupak koji nesumnjivo spada u ekološki čiste tehnologije. Tim postupkom se ostaci iz poljoprivredne i prehrambene proizvodnje prerađuju u gotov proizvod, tj. pelet. Pelet u odnosu na svoju sirovinu (biomasu) ima velike prednosti u energetske svrhe, prije svega prilikom manipulacije. Izgaranjem tog proizvoda oslobađaju se zanemarive količine štetnih tvari koje ne zagađuju životnu sredinu i zbog toga se to gorivo može smatrati ekološki čistim. Upotrebom malih postrojenja za peletiranje mogu se na ekološki prihvatljiv način riješiti problemi otpadne i ostale biomase nastale poljoprivrednom i prehrambenom proizvodnjom.

Potrebe za toplinskom energijom u poljoprivredi su značajne. Toplina je potrebna za: zagrijavanja objekata, sušenje poljoprivrednih proizvoda i za tehnološke procese finalizacije poljoprivrednih proizvoda. Procjenjuje se da je upravo energetske iskoristavanje poljoprivrednih ostataka, jedan od značajnijih načina proizvodnje energije iz biomase u pojedinim dijelovima Hrvatske. Ekonomski gledano, mogu se dati uvjerljivi dokazi za profitabilno komercijalno korištenje biomase kao obnovljivi izvor energije, a koji će tada postati dodatni izvor zarade proizvođačima i pripomoći pozitivnoj ekonomskoj bilanci poljoprivredne proizvodnje. Sukladno energetske potencijalu te optimalnoj obradi, od peleta se očekuje da će biti odlične iskoristivosti u modernim sustavima za proizvodnju toplinske energije za zagrijavanje privatnih i poslovnih objekata. Primjenom tehnologije proizvodnje i korištenja peleta poboljšat će se energetske učinkovitost proizvođača, povećat će se domaća proizvodnja energije, ostvarit će se pozitivan utjecaj na okoliš, otvorit će se novo tržište opreme te će se poticati opći i gospodarski razvitak ruralnih krajeva.

## 6. LITERATURA

1. Beronja, M. (1994.). Using of biomass from agriculture. X International symposium of drying and storing of agricultural products, Symposium proceedings, Stubičke Toplice, Croatia: 145-156.
2. BIOEN (1998.): Program korištenja energije biomase i otpada, Knjiga, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb. Celma, A.R; Rojas, S. Lopez-Rodriguez, F. (2007.). Waste-to-energy possibilities for industrial olive and grape by-products in Extremadura. *Biomass and Bioenergy* 31: 522–534
3. Bogunovic Aleksandar, Bogdanov Natalija, Axel Wolz, Klaus Reinsberg, Gertrud Buchenrieder (2009.) Analysis of Renewable Energy and its impact on rural development in Serbia, <http://www.euroqualityfiles.net/AgriPolicy/Report%202.2/AgriPolicy%20WP2D2%20Serbia%20Final.pdf>
4. Cerjak, Marija, Mesić, Željka, Đurić, Zoran, Axel Wolz, Klaus Reinsberg, Gertrud Buchenrieder (2009.) Analysis of Renewable Energy and its impact on rural development in Croatia <http://www.euroqualityfiles.net/AgriPolicy/Report%202.2/AgriPolicy%20WP2D2%20Croatia%20Final.pdf>
5. El Bassam, N. (1991.) Renewable energy: Potential energy crops for Europe and the Mediterranean region. REU Tech. Ser. 46, FAO, Rome, Italy.
6. Göğüs, F.; Maskan, M (2006.). Air drying characteristics of solid waste (pomace) of olive oil processing. *Journal of Food Engineering* 72: 378–382
7. Hohenstein, W.; Wright, L. (1994.): Biomass energy production in the United States, an overview. *Biomass and Bioenergy*, 6, 161-173.
8. Katić, Z. (1997.): Sušenje i sušare u poljoprivredi, Knjiga, Multigraf, Zagreb
9. Katić, Z. (2005.): Strojevi i postupci za tlačno-toplinsku energiju, Priručnik o proizvodnji i upotrebi stočne hrane, HAD, 181-198



10. Statistički ljetopis 2013. Republike Hrvatske  
[http://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/ljetopis/2013/sljh2013.pdf](http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2013/sljh2013.pdf)

11. Thompson, W.H. (ed.) 2001. Test Methods for the Examination of Composting and Compost. The United States Composting Council Research and Education Foundation. The United States Department of Agriculture

12. Voća, Neven. (2010): Ostatci iz poljoprivrede-sirovina za energiju, Gospodarski list, No.6, 53.

## **7. POPIS SLIKA**

Slika 1. Šljiva.....	5
Slika 2. Plod šljive.....	7
Slika 3. Pelet.....	8
Slika 4. Pelet u ambalaži.....	9
Slika 5. Stroj za peletiranje.....	10
Slika 6. Postrojenje za proizvodnju peleta.....	11

## **8. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Specifična masa koštice šljiva.....	16
Tablica 2. Specifična masa samljevenih koštica.....	17
Tablica 3. Izgled proizvedenih peleta s obzirom na vrstu sirovine i udjela vlage.....	19
Tablica 4. Energetske vrijednosti proizvedenih peleta.....	19
Tablica 5. Usporedba peleta s drugim gorivima.....	20
Tablica 6. Proizvodnja šljiva u tonama po godinama.....	21

## **9. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Granulacija samljevenog uzorka koštica.....	17
---	----

## 10. SAŽETAK

Šljiva predstavlja jednu od značajnijih voćarskih kultura u Hrvatskoj, a razlozi su što se može koristiti u mnoge svrhe : za svježu potrošnju, sušenje, preradu u slatke preradevine, sokove i alkoholna pića. Nakon prerade šljiva ostaje značajna količina organskog otpada koji se može iskoristiti kao energetska sirovina. Prigodan način zbrinjavanja navedenog materijal je peletiranje. Peletiranje je termoplastični proces oblikovanja utiskivanjem, te se dobije sirovina veće gustoće, manjeg volumena koja je pogodna za skladištenje i transport. Konvencionalna tehnologija peletiranja sastoji se iz sljedećeg: skladištenja i predtretmana sirovog materijala, sušenja sirovog materijala, procesa proizvodnje peleta, hlađenja i skladištenja peleta (pakiranje i skladištenje). Proizvedene pelete od koštica i u kombinaciji s drvnom biomasom imaju veću energetska vrijednost, te stoga mogu zamijeniti veću količinu energenata. Proizvodnja peleta od ostataka prerade šljiva i drvene biomase je ekonomski, tehnološki i ekološki prihvatljiva. Udio biomase koštice ne bi trebao biti veći od 20%. Osnovni financijski parametri ukazuju na ostvarivanje dobiti, ali u ukupnu cijenu nisu uračunati troškovi energije i troškovi kupovine opreme.

**Ključne riječi:** prerada šljiva, biomasa, peletiranje, toplinska energija

## 11. SUMMARY

Plum is one of the major fruit crops in Croatia, and the reasons are that can be used for many purposes: for fresh consumption, drying, processing into sweet products, soft drinks and alcoholic beverages. After processing the plums a significant amount of organic waste remains, that can be used as an energy source. The appropriate method of waste treatment is pelleting. Pelleting is a thermoplastic process of shaping by embossing, where the raw materials of higher density, smaller volume is obtained that is suitable for storage and transportation. Produced pellets of seeds in combination with wood biomass have a higher energy value, and therefore can replace a larger amount of energy. Pellet production from plum processing waste and wood biomass is economically, technologically and environmentally acceptable. The share of biomass pits should not be higher than 20%. Major financial parameters point to profit, but the total cost does not include costs of energy and the cost of equipment purchase.

**Key words:** processing of plums, biomass, pelleting, thermal energy

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Agroekonomika

Ivančica Krha

**Iskorištavanje biomase dobivene nakon prerade šljiva**

**Sažetak:**

Šljiva predstavlja jednu od značajniji voćarskih kultura u Hrvatskoj, a razlozi su što se može koristiti u mnoge svrhe : za svježu potrošnju, sušenje, preradu u slatke prerađevine, sokove i alkoholna pića. Nakon prerade šljiva ostaje značajna količina organskog otpada koji se može iskoristiti kao energetska sirovina. Prigodan način zbrinjavanja navedenog materijal je peletiranje. Peletiranje je termoplastični proces oblikovanja utiskivanjem, te se dobije sirovina veće gustoće, manjeg volumena koja je pogodna za skladištenje i transport. Konvencionalna tehnologija peletiranja sastoji se iz sljedećeg: skladištenja i predtretmana sirovog materijala, sušenja sirovog materijala, procesa proizvodnje peleta, hlađenja i skladištenja peleta (pakiranje i skladištenje). Proizvedene pelete od koštica i u kombinaciji s drvnom biomasom imaju veću energetska vrijednost, te stoga mogu zamijeniti veću količinu energenata. Proizvodnja peleta od ostataka prerade šljiva i drvene biomase je ekonomski, tehnološki i ekološki prihvatljiva. Udio biomase koštice ne bi trebao biti veći od 20%. Osnovni financijski parametri ukazuju na ostvarivanje dobiti, ali u ukupnu cijenu nisu uračunati troškovi energije i troškovi kupovine opreme.

**Ključne riječi:** prerada šljiva, biomasa, peletiranje, toplinska energija

27 stranica, 6 tablica, 7 grafikona i slika, 4 literarna navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilište u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1 d

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Agriculture in Osijek

University Undergraduate Studies, Course of Agroecconomics

Undergraduate thesis

Ivančica Krha

### **The use of biomass obtained after processing of plums for energy production**

#### **Summary:**

Plum is one of the major fruit crops in Croatia, and the reasons are that can be used for many purposes: for fresh consumption, drying, processing into sweet products, soft drinks and alcoholic beverages. After processing the plums a significant amount of organic waste remains, that can be used as an energy source. The appropriate method of waste treatment is pelleting. Pelleting is a thermoplastic process of shaping by embossing, where the raw materials of higher density, smaller volume is obtained that is suitable for storage and transportation. Produced pellets of seeds in combination with wood biomass have a higher energy value, and therefore can replace a larger amount of energy. Pellet production from plum processing waste and wood biomass is economically, technologically and environmentally acceptable. The share of biomass pits should not be higher than 20%. Major financial parameters point to profit, but the total cost does not include costs of energy and the cost of equipment purchase.

**Key words:** processing of plums, biomass, pelleting, thermal energy

27 pages, 6 tables, 7 figures, 4 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek.