

# Stroj za izradu peleta od biomase

---

Šop, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:155831>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Marko Šop

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor  
Prof. dr. sc. Neven Pavković, dipl. ing.

Marko Šop

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stećna znanja tijekom studija te uz pomoć navedene literature.

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Nevenu Pavkoviću na prihvaćanju mentorstva, te na pruženoj pomoći.

Također, zahvaljujem se svojoj obitelji i svim prijateljima, te najviše svojoj djevojci koji su mi davali podršku tijekom cijelog studija

Marko Šop



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu               |        |
| Fakultet strojarstva i brodogradnje |        |
| Datum                               | Prilog |
| Klasa:                              |        |
| Ur.broj:                            |        |

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Marko Šop** Mat. br.: 0035163353

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Stroj za izradu peleta od biomase**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Biomass pellet making machine**

Opis zadatka:

Drveni pelet se proizvodi iz biomase usitnjenog drveta, prešanjem pod visokim tlakom koji omogućava prirodno vezivanje drveta. Drveni pelet je vrlo gust i ima mali udio vlage (<10%), što mu daje visoku energetska učinkovitost. U ovom radu treba koncipirati i konstruirati stroj za izradu peleta od drvene piljevine. Promjer peleta treba biti 6 mm, a duljina peleta 20 mm. Kapacitet stroja treba biti cca 150 kg/h. Pri koncipiranju i konstruiranju treba posebno voditi računa o sigurnosti rukovatelja strojem.

U radu treba:

1. Analizirati postojeće uređaje na tržištu;
2. Koncipirati više varijanti rješenja, usporediti ih i vrednovanjem odabrati najpovoljnije;
3. Izraditi detaljno konstrukcijsko rješenje odabrane varijante koncepta;
4. Izraditi računalni model uređaja u 3D CAD sustavu;
5. Izraditi tehničku dokumentaciju, pri čemu će se se opseg konstrukcijske razrade dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć

Zadatak zadan:

7. svibnja 2015.

Rok predaje rada:

9. srpnja 2015.

Predviđeni datumi obrane:

15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| Sadržaj.....                                     | 5  |
| Popis slika.....                                 | 6  |
| Popis tablica.....                               | 7  |
| Popis tehni ke dokumentacije.....                | 8  |
| Popis oznaka.....                                | 9  |
| Sažetak.....                                     | 10 |
| 1. Uvod.....                                     | 11 |
| 2. Biomasa.....                                  | 12 |
| 3. Tehnologija proizvodnje peleta.....           | 14 |
| 3.1. Važnost sabijanja biomase.....              | 14 |
| 3.2. Utjecaj vlage.....                          | 17 |
| 3.3. Usitnjavanje sirovine.....                  | 17 |
| 3.4. Proces peletiranja.....                     | 18 |
| 3.5. Kvaliteta peleta.....                       | 18 |
| 3.6. Isplativost peleta.....                     | 19 |
| 3.7 Preša za peletiranje biomase.....            | 20 |
| 4. Analiza tržišta i postoje ih rješenja.....    | 24 |
| 4.1 Komercijalni strojevi.....                   | 24 |
| 4.1.1Negri P70EPH4.....                          | 24 |
| 4.1.2 Nova pellet N-micro.....                   | 26 |
| 4.1.3Gemco ZLSP-D 200B.....                      | 28 |
| 4.1.4Peruzzo Minipel E300.....                   | 29 |
| 5. Funkcijsko modeliranje proizvoda.....         | 33 |
| 5.1 Funkcijska dekompozicija.....                | 33 |
| 5.2 Morfološka matrica.....                      | 38 |
| 6. Koncepti.....                                 | 43 |
| 6.1 Koncept 1.....                               | 43 |
| 6.2 Koncept 2.....                               | 44 |
| 6.3 Koncept 3.....                               | 45 |
| 7. Vrednovanje koncepata i odabir najboljih..... | 47 |
| 8. Prora un.....                                 | 49 |
| 9. Opis gotovog proizvoda.....                   | 54 |
| 10. Zaključak.....                               | 56 |
| 11. Literatura.....                              | 57 |
| 12. Prilozi.....                                 | 58 |

## Popis slika

|   |    |
|---|----|
| <i>Slika 1. Tok CO<sub>2</sub> biomase</i> .....                        | 12 |
| <i>Slika 2. Peleti i briketi</i> .....                                  | 14 |
| <i>Slika 3. Peletirka sa prstenastom matricom</i> .....                 | 15 |
| <i>Slika 4. Peletirka sa ravnom matricom</i> .....                      | 16 |
| <i>Slika 5. Faze proizvodnje peleta</i> .....                           | 16 |
| <i>Slika 6. Peletni proto ni dijagram</i> .....                         | 17 |
| <i>Slika 7. Prstenasta matrica</i> .....                                | 21 |
| <i>Slika 8. Ravna matrica</i> .....                                     | 21 |
| <i>Slika 9. Konstrukcijski parametri otvora matrice</i> .....           | 23 |
| <i>Slika 10. Peletirka Negri P70EPH4</i> .....                          | 25 |
| <i>Slika 11. Peletirka Nova pellet N-micro</i> .....                    | 26 |
| <i>Slika 12. Peletirka Gemco ZLSP-D 200B</i> .....                      | 28 |
| <i>Slika 13. Peletirka Peruzzo Minipel E300</i> .....                   | 30 |
| <i>Slika 14. Na in rada peletirke Peruzzo Minipel E300</i> .....        | 30 |
| <i>Slika 15. Glavna funkcijska dekompozicija</i> .....                  | 34 |
| <i>Slika 16. Dekompozicija podfunkcije P1</i> .....                     | 35 |
| <i>Slika 17. Dekompozicija podfunkcije P2</i> .....                     | 36 |
| <i>Slika 18. Dekompozicija podfunkcije P3</i> .....                     | 37 |
| <i>Slika 19. Dekompozicija podfunkcije P4</i> .....                     | 37 |
| <i>Slika 20. Dekompozicija podfunkcije P5</i> .....                     | 38 |
| <i>Slika 21. Koncept 1</i> .....  | 43 |
| <i>Slika 22. Koncept 2</i> .....  | 44 |
| <i>Slika 23. Koncept 3</i> .....  | 45 |
| <i>Slika 24. Prikaz sile prešanja i kotrljanja</i> .....                | 49 |
| <i>Slika 25. Moment sile F na pogonsko vratilo</i> .....                | 49 |
| <i>Slika 26. Djelovanje vlačne sile na pogonsko vratilo</i> .....       | 51 |
| <i>Slika 27. Ležaj 63008-2RS1</i> .....                                 | 53 |
| <i>Slika 28. 3D model stroja za izradu peleta</i> .....                 | 54 |
| <i>Slika 29. 3D prikaz valjaka sa ravnom matricom</i> .....             | 54 |
| <i>Slika 30. Prikaz noža za rezanje i lopatica za izbacivanje</i> ..... | 55 |

## Popis Tablica

|  |    |
|--|----|
| <i>Tablica 1.</i> Europski standard za kvalitetu energetskih peleta..... | 18 |
| <i>Tablica 2.</i> Usporedba cijena različitih energenata .....           | 20 |
| <i>Tablica 3.</i> Usporedba komercijalnih peletirki.....                 | 32 |
| <i>Tablica 4.</i> Morfološka matrica.....                                | 38 |
| <i>Tablica 5.</i> Tablica vrednovanja .....                              | 47 |



## Popis tehni ke dokumentacije

| BROJ CRTEŽA | Naziv iz sastavnice            |
|-------------|--------------------------------|
| 07-15-01    | L profil duži                  |
| 07-15-02    | L profil kra i                 |
| 07-15-03    | Donja nosiva plo a             |
| 07-15-04    | Bo na nosiva plo a motora      |
| 07-15-05    | Nosiva olo a matrice           |
| 07-15-06    | Cijev 50x50x3                  |
| 07-15-00-01 | Postolje                       |
| 07-15-09    | Izlaz peleta                   |
| 07-15-15    | Ležajno mjesto                 |
| 07-15-23    | Lopatica                       |
| 07-15-24    | Lopatica-dio 1                 |
| 07-15-16    | Matrica                        |
| 07-15-22    | Nosa valjaka                   |
| 07-15-00-03 | Nož                            |
| 07-15-13    | Nož-dio 1                      |
| 07-15-14    | Nož-dio 2                      |
| 07-15-10    | Obru                           |
| 07-15-12    | Obru matrice                   |
| 07-15-08    | Plajt-cijev 500x4              |
| 07-15-23    | Pogonsko vratilo               |
| 07-15-21    | Poklopac matrice               |
| 07-15-18    | Poklopac valjka bez otovora    |
| 07-15-19    | Poklopac valjka sa otvorom     |
| 07-15-00-05 | Sklop                          |
| 07-15-00-05 | Lopatice za izbacivanje peleta |
| 07-15-00-05 | Sklop obru a                   |
| 07-15-20    | Valjak                         |
| 07-15-17    | Vratilo valjka                 |

## Popis oznaka

| Oznaka         | Jedinica | Opis                                    |
|----------------|----------|---|
| K              | N        | sila prešanja                           |
| f              | -        | koeficijent otpora kotrljanja           |
| F              | N        | sila kotrljanja                         |
| $M_i$          | $N/mm^2$ | moment jednog valjak                    |
| n              | o/min    | sila prešanja                           |
| $P_{EM}$       | kW       | snaga elektromotora                     |
| $T_{EM}$       | $N/mm^2$ | moment elektromotora                    |
| $T_{1V}$       | $N/mm^2$ | moment jednoga valjak                   |
| $d_{min}$      | $mm^2$   | minimalni promjer vratila valjak        |
| $\sigma_{dop}$ | $N/mm^2$ | dopušteno naprezanje                    |
| $\sigma$       | $N/mm^2$ | vla no naprezanje pogonsog vratila      |
| A              | $mm^2$   | površina presjeka pogonskog vratila     |
| $\tau_t$       | $N/mm^2$ | torzijsko naprezanje pogonskog vratila  |
| $\sigma_{red}$ | $N/mm^2$ | reducirano naprezanje pogonskog vratila |
| C              | N        | optere enje ležaja                      |
| $f_1$          | -        | faktor vijeka trajanja ležaja           |
| $f_n$          | -        | faktor broja okretaja ležaja            |

## Sažetak

U ovom radu je koncipiran i konstruiran stroj za izradu peleta od drvene piljevine. Prije nego sam počeo sa razradom i konstrukcijom, detaljno sam analizirao postojeće uređaje koji se mogu naći na tržištu. Nakon analize tržišta i proučavanja na koji se način pelet proizvodi te koji su mi parametri potrebni za konstrukciju krenuo sam u razradu svojeg rješenja. Pri samom koncipiranju i konstruiranju vodilo se računa o sigurnosti rukovatelja strojem.

U procesu konstrukcijske razrade korišten je računalni program SolidWorks 2013 kako za izradu 3D modela tako i za izradu tehničke dokumentacije.

Ključne riječi: pelet, peletiranje, biomasa, matrica, valjci, konstrukcija,

## 1. Uvod

Biomasa ima jedan od najvećih potencijala za korištenje kada se radi o uporabi konvencionalnih energenata. Općenito gledano, biomasa je obnovljivi, biorazgradivi materijal, koji predstavlja pojam za mnoge, najrazličitije organske materije. Gledajući sastav i namenu na koji biomase nastaju, općenito biomasa se može podijeliti na drvenu, nedrvnu, životinjsku, industrijsku i komunalni otpad.

Od biomase najčešće se koristi toplinska energija koja nastaje pretvorbom kemijske energije u procesima sagorijevanja biomase. U tim procesima termooksidacije biomase javljaju se mnogi problemi koji utječu na energetska efikasnost i emisiju štetnih plinova. Tako su navedene probleme kod sagorijevanja biomase najviše utječe struktura i sastav vrstog dijela i sadržaj vlage. Tako, da bi se smanjile brojne loše karakteristike kao što su mala gustoća, promjenjivi sadržaj vlage, povećanje emisije štetnih plinova, nepovoljne tehničke karakteristike pepela, manja energetska efikasnost biomase kao goriva, biomasa se za sagorijevanje sve više priprema u obliku peleta. Tako se procesom peletiranja biomase nastoji ukloniti ili barem umanjiti navedeni problemi.

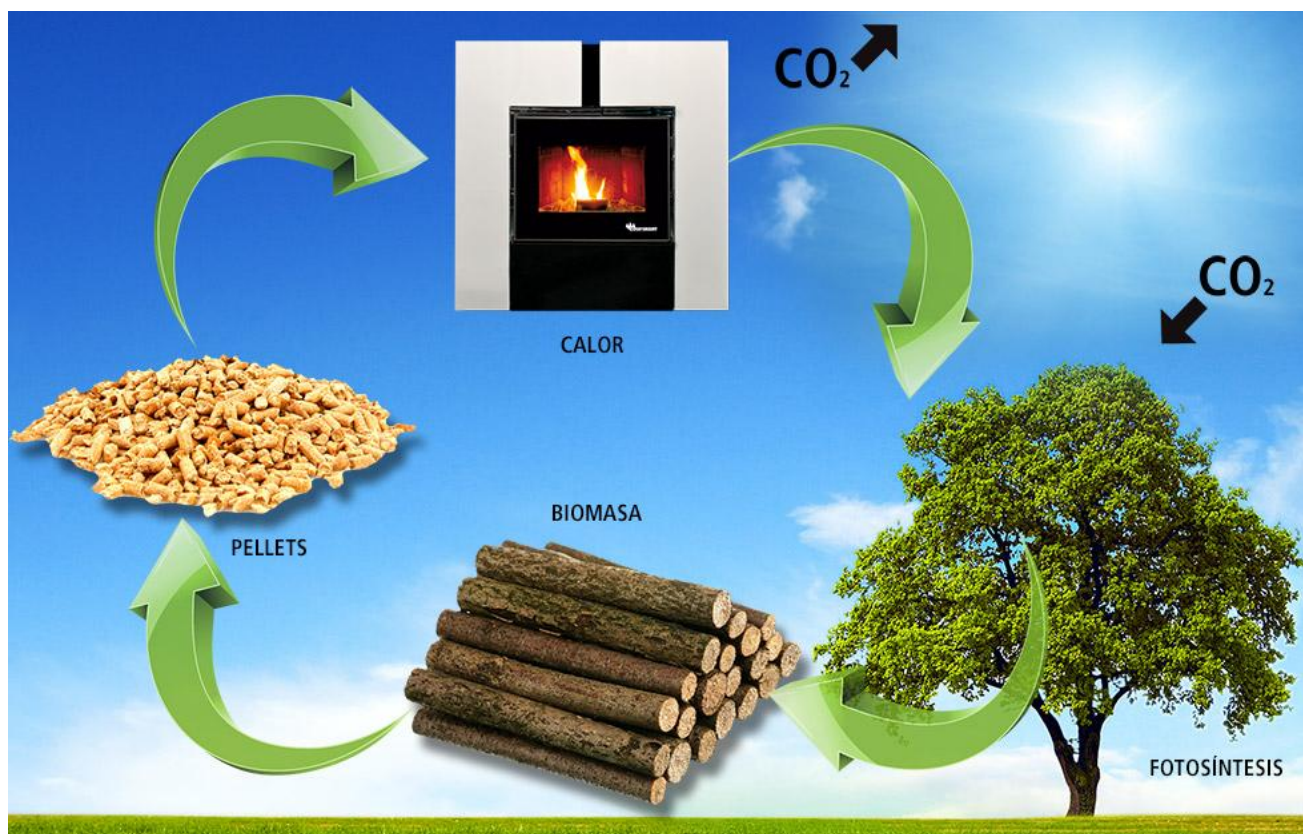
Procesom peletiranja biomase smanjuje se volumena i povećava specifična masa sirovine. Prilikom peletiranja biomase potreban prostor za smještaj smanjuje se i do sedam puta. Daljnje prednosti peletiranja jeste u mogućnosti uvećavanja peleta, pogodnijeg pakiranja, što rezultira olakšanim transportu i skladištenju.

Proces peletiranja razvio se prije trideset i osam godina radi pogodnijeg spremanja životinjske hrane i koncentrata. Riječ „pellet“ na engleskom znači loptica, kuglica ili valjak.

## 2. Biomasa

Biomasa je tvar dobivena od živu ih organizama, a može biti biljnog ili životinjskog porijekla. Glavni gorivi sastojak u biomasi je ugljik, koji dopijeva u organizme iz atmosfere, direktno ili indirektno. Direktno se odnosi na biljke koje  $\text{CO}_2$  fotosintezom pretvaraju u spojeve ugljika određene kalorijske vrijednosti, a indirektno na životinje u koje ti spojevi dopijevaju hranom kojom se hrane, tj. jedenjem hrane biljnog ili životinjskog porijekla.

Izgaranjem biomase ugljik se vraća u atmosferu u obliku  $\text{CO}_2$  koji je biomasa primila iz atmosfere, te se na taj način zatvara prirodni biogeokemijski ciklus, te se može reći da je neutralni izvor energije.



Slika 1. Tok  $\text{CO}_2$  biomase [1]

Biomasa je jedan od najzastupljenijih obnovljivih izvora energije danas. Postoje različiti oblici biomase. Prema standardu CEN/TS 14961:2005 kruta biomasa dijeli se na sljedeće kategorije [2]:

#### 1. Drvna biomasa :

- Biomasa od šumskog drveta i energetske plantaže
- Drvna industrija, sekundarni proizvodi i ostaci u drvenj industriji
- Biomasa od korištenog drveta

#### 2. Biljna biomasa

- Biomasa od poljoprivrednog i vrtlarskog bilja
- Biljna industrija, sekundarni proizvodi i ostaci

#### 3. Voćna biomasa

- Biomasa iz voćnjaka i vrtova
- Voćarska industrija, sekundarni proizvodi i ostaci

Najčešće korišteni oblik biomase je drvna biomasa, te se koristi još od davnina. Glavni dio drvene biomase koristi se na tradicionalan način, odnosno bez prethodne obrade.

Otpadna biomasa iz šuma (panjevi i granje) jedan je od izvora sirovine za proizvodnju drvnih briketa i peleta. Zadnjih nekoliko godina, peleti posebno dobivaju na popularnosti zbog jednostavnog korištenja i moguće automatizacije dovođenja u ložište peći, ali i zbog velike gustoće energije. Osim navedenog, pelete je lakše transportirati i skladištiti. Prema nekim standardima peleti (sl. 2) imaju promjer 4-10 mm i dužinu do 5 puta veću od promjera, ali se također proizvode i u drugim dimenzijama. Ako je promjer peleta veći od 25 mm obično se takvi nazivaju briketi (sl.2).



*Slika 2. Peleti i briketi [3]*

### 3. Tehnologija proizvodnje peleta

#### 3.1. Važnost sabijanja biomase

Svi ligno-celulozni materijali kao što su grane drve a, suha trava, papir i dr., predstavljaju korisne izvore energije. Glavni problem ovih materijala predstavlja njihov veliki volumen u odnosu na masu te osobine za rukovanje, skladište i transport, što uzrokuje dodatne troškove. Tako se navedeni problem može savladati preradom materijala, tj. njegovim sušenjem i naknadnim sabijanjem radi proizvodnje energetske briketa i peleta. Takav gotovi proizvod ima visoku gustoću i visoku toplinsku vrijednost.

Glavne prednosti procesa peletiranja su:

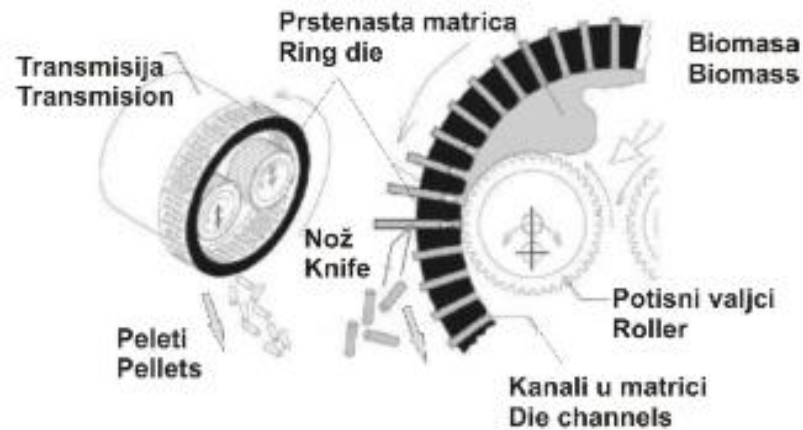
- Povećanje energetske vrijednosti ostataka za njihovo daljnje korištenje u termokemijskim procesima pretvorbe (sagorijevanje, piroliza, karbonizacija...)
- Smanjivanje zapremnine biomase za skladištenje
- Mogućnost lakšeg rukovanja i transporta
- Povećanje energetske gustoće sa smanjenjem zapremnine
- Eliminiranje gubitaka materijala zbog fermentacijskih procesa (truljenja)

Tehnologija izrade energetske peleta je proizašla iz tehnologije peletiranja sto ne hrane. Tehnologija se realizira u nekoliko faza i to:

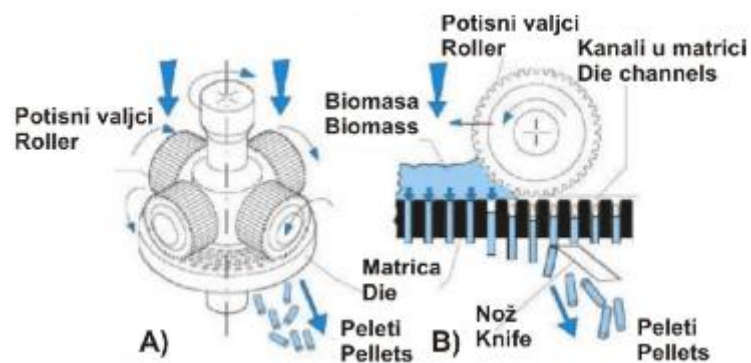
1. Predtretman ulaznih sirovina za peletiranje u skladu sa zahtjevima za daljnju primjenu. U to spada sitnjenje, sušenje, ujednačavanje vlažnosti, formiranje smjese za peletiranje (od jedne ili više ulaznih sirovina sa mogućnošću dodavanja aditiva), završno sitnjenje.



2. Peletiranje, tj. formiranje peleta zadanog oblika, sabijenosti i duljine od pripremljenog materijala na prstenastim matricama (sl. 3) i ravnim matricama (sl. 4).

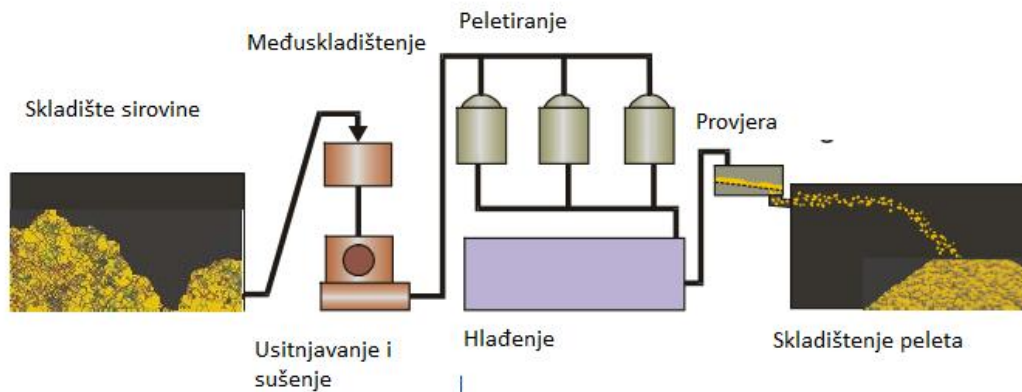


Slika 3. Peletirka sa prstenastom matricom [9]

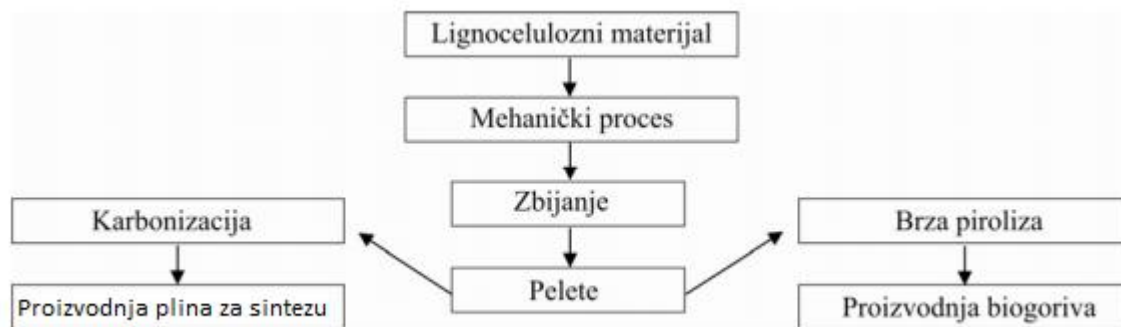


Slika 4. Peletirka sa ravnom matricom [9]

3. Naknadni tretman peleta (hlađenje, otprašivanje i uvršćavanje).



Slika 5. Faze proizvodnje peleta [4]



Slika 6. Peletni proto ni dijagram [5]

### 3.2. Utjecaj vlage

Na zbijenost i vrsto u peleta, osim pritiska preše utje e i sadržaj vlage u sirovini za peletiranje. Ako je sadržaj vlage u sirovini manji od 10% ili ve i od 15% (prihvatljivo 20 %) zbijenost peleta se smanjuje, pri istom pritisku i istom popre nom presjeku. Pove anjem vlage u sirovini potrebna je i ve e sila prešanja da bi se estice materijala me usobno zbližile i povezale. Isto tako ako je udio vlage malen sirovina je dovoljno elasti na i teško ju je sabiti te se pelet širi i puca. Tako ako je sadržaj vlage u sirovini ve i od 20 % potrebno je sušenje prije

peletiranja. Sušenje se najčešće vrši u pećnici, vrućim zrakom ili rotacijskom sušarom.

### 3.3. Usitnjavanje sirovine

Za proizvodnju peleta najbolji promjer čestica sirovine iznosi 1-5 mm, te ako je promjer veći od 5 mm potrebno je usitnjavanje prije početka peletiranja. Sa smanjivanjem udaljenosti između matrice i potisnih valjaka, koje može iznositi od 0,1 do 2 mm, treba smanjivati i granulaciju peletiranog materijala, pri čemu praškaste čestice (ispod 1mm) ne smiju prelaziti udio od 20%. Različiti veličini čestica pogoduje izrada različitih vrsta peleta.

### 3.4. Proces peletiranja

Peletiranje vrši mlin, te se pod povišenim temperaturama i tlakom istiskuju kroz rešetkastu matricu peleti cilindričnog oblika i različitih dimenzija. Vezivo za peletiranje drvene biomase je lignin, koji je prirodno sadržan u drvetu, no u nekim slučajevima potrebno dodati vezivo. Iz tog se razloga u smjesu za peletiranje u određenom postotku dodaju vrste biomasa bogatih ligninom. Tako se može dodavati lucerka udjelom od 20-25%, stablo suncokreta 25-35%, piljevina bora oko 12%. Također se mogu dodavati niz drugih veziva, među njima je melasa i sredstva na bazi lignosulfonata, koja se stavljaju od 0,5 do 5% u odnosu na ukupnu masu sirovine.

### 3.5. Kvaliteta peleta

U većini europskih zemalja nema usvojenog specifičnog propisa za određivanje kvalitete energetskih peleta. Uglavnom se primjenjuju propisi za biomasu. Samo tri zemlje imaju standarde za vrsta biogoriva, Austrija ÖNORM M 7135, Švedska SS 18712 i Njemačka DIN 51731 plus. Uz navedene postoji i europski standard EN/TS 14961.

U tablici 1. dan je novi europski standard za energetske pelete ENplus A1, A2 i B koji je proizašao iz EN 14961.

Uvjeti definirani standardom moraju se ispoštovati da bi se dobio energetski pelet standardizirane kvalitete koji se kao takav može plasirati na tržište.

Tablica 1. Europski standard za kvalitetu energetskih peleta [6]

| <b>Parametar</b>                         | <b>Jedinica</b> | <b>ENplus-A1</b>                | <b>ENplus-A2</b>                | <b>ENplus-B</b>                 |
|--|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Promjer</b>                           | mm              | 6-8 mm( $\pm$ 1)                | 6-8 mm( $\pm$ 1)                | 6-8 mm( $\pm$ 1)                |
| <b>Duljina (L)</b>                       | mm              | 3,15 L 40<br>Max. 45 mm<br>(1%) | 3,15 L 40<br>Max. 45 mm<br>(1%) | 3,15 L 40<br>Max. 45 mm<br>(1%) |
| <b>Nasipna masa ( )</b>                  | kg              | 600                             | 600                             | 600                             |
| <b>Toplinska vrijednost (Q)</b>          | MJ/kg           | 16,5                            | 16,5                            | 16,5                            |
| <b>Sadržaj vlage (M)</b>                 | %               | 10                              | 10                              | 10                              |
| <b>Mehanička otpornost (Du)</b>          | %               | 97,5                            | 97,5                            | 97,5                            |
| <b>Sadržaj pepela (A)</b>                | %               | 0,7                             | 1,5                             | 3                               |
| <b>Temperatura taljenja pepela (Tma)</b> | °C              | 1200                            | 1100                            | 1100                            |
| <b>Sadržaj klora (Cl)</b>                | %               | 0,02                            | 0,03                            | 0,03                            |
| <b>Sadržaj sumpora (S)</b>               | %               | 0,05                            | 0,05                            | 0,05                            |
| <b>Sadržaj dušika (N)</b>                | %               | 0,3                             | 0,5                             | 1                               |
| <b>Sadržaj bakra (Cu)</b>                | mg/kg           | 10                              | 10                              | 10                              |
| <b>Sadržaj kroma (Cr)</b>                | mg/kg           | 10                              | 10                              | 10                              |
| <b>Sadržaj arsena (As)</b>               | mg/kg           | 1                               | 1                               | 1                               |
| <b>Sadržaj kadmija (Cd)</b>              | mg/kg           | 0,5                             | 0,5                             | 0,5                             |
| <b>Sadržaj srebra (Ag)</b>               | mg/kg           | 0,1                             | 0,1                             | 0,1                             |
| <b>Sadržaj olova (Pb)</b>                | mg/kg           | 10                              | 10                              | 10                              |
| <b>Sadržaj nikla (Ni)</b>                | mg/kg           | 10                              | 10                              | 10                              |
| <b>Sadržaj cinka (Zn)</b>                | mg/kg           | 100                             | 100                             | 100                             |
| <b>Sadržaj žive (Hg)</b>                 | mg/kg           | 0,05                            | 0,05                            | 0,05                            |

### 3.6. Isplativost peleta

Jedna od najvećih prednosti korištenja peleta je taj što je materijal iz kojeg su proizvedeni obnovljiv. Šume u Hrvatskoj pokrivaju 47 % kopnene površine države, te ostvaruju godišnji prirast od 10.5 milijuna  $m^3$  drvene mase, godišnja količina koju je dopušteno iskorištavati iznosi u prosjeku 5.8 milijuna  $m^3$ . Ekonomska isplativost peleta u usporedbi sa drugim energentima je zadivljujuća. U usporedbi sa konvencionalnim energentima trošak grijanja može se smanjiti i za više od pedeset posto. Tako 1 litra ulja za loženje zamjenjuje oko 2 kg peleta. Uz cijenu loživog ulja od 5,5 kn/l\*, te cijenu peleta od 1,50 kn/kg jednostavno se dolazi do računice od uštede oko 50 %.

Na tablici 2. dana je usporedba cijena različitih energenata.

Tablica 2. Usporedba cijena različitih energenata [7]

|  | kn/kWh | Eur/kWh |
|--|--------|---------|
| <b>Drveni pelet</b>                            | 0,370  | 0,049   |
| <b>CTS-HEP</b><br>(Centralni toplinski sustav) | 0,410  | 0,054   |
| <b>Prirodni plin</b>                           | 0,608  | 0,080   |
| <b>UNP</b>                                     | 0,806  | 0,106   |
| <b>Loživo ulje</b>                             | 0,826  | 0,109   |

\*Tečaj: 7,6 kn

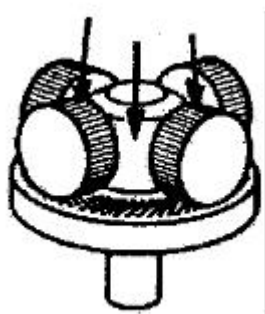
### 3.7. Preša za peletiranje biomase

Nakon sušenja, usitnjavanja i ujednaavanja vlage ulazne sirovine, obavlja se proces peletiranja na preši za pelet. Tehnologija proizvodnje peleta proizlazi iz industrijske proizvodnje stočne hrane. Prilagođavanjem tehnologije peletiranja usitnjene sirovine od drveta, moguće je proizvesti homogeno biogorivo od

otpadaka drveta ili poljoprivredne biomase. Najvažniji radni dio preše je matrica sa potisnim valjcima. Postoje dva tipa matrica: u obliku prstena (sl. 7) i ravne matrice (sl.8). Te vrste matrica optimirane su za proizvodnju energetskih peleta od drveta. Sirovina ulazi u prostor za prešanje i podjednako mora biti raspoređena po otvorima matrice. Na matrici se stvara tanak sloj od sirovine okretanjem valjaka ili matrice. Kod prekomjernog kotrljanja valjaka stvara se snažan pritisak i dolazi do zaobljenja otvora u matrici. Tako iz matrice izlazi beskonačna nit sirovine koja se mora presijecati nožem na željenu duljinu. Noževi mogu biti stacionarni ili pokretni u zavisnosti od toga da li se matrica pokreće ili ne. Te tako nastaje pelet.



Slika 7. Prstenasta matrica [8]



Slika 8. Ravna matrica [8]

Postoje konstrukcijska rješenja preša sa prstenastom matricom gdje se matrica okreće, a valjci ne dobijaju pogon nego se okreću usred sile trenja od sirovine. Druga izvedba preše je takva da matrica miruje i ne giba se, a valjci se

okreću se po njoj. Pripremljena sirovina za peletiranje dovodi se odozgo, pada preko valjaka na matricu, koji sirovinu potiskuju preko kroz otvor matrice, sirovina izlazi sabijena iz otvora matrice istiskivanjem. Matrica također može biti postavljena vertikalno ili horizontalno.

Kod ravnih matrica, također postoje dvije vrste izvedbi preša. Prva je da se valjci okreću po matrici koja stoji, a druga izvedba je takva da se matrica okreće, a valjci se pokreću usred sile trenja sirovine. Sirovina pada odozgo, preko valjaka, na matricu i potiskuje se valjcima kroz otvore u matrici izlazeći iz otvora istiskivanjem. Kod izvedbe sa ravnom matricom u oba slučaja matrica je postavljena horizontalno.

Danas su najviše zastupljene preše za peletiranje sa prstenastim matricama, iako je izrada tih matrica izuzetno teška, posebno termička obrada, jer nastaju dodatne deformacije prstena usred unutarnjeg naprezanja materijala. No, ako je u pitanju proizvodnja peleta promjera do 20 mm i dužine 30 do 50 mm tada se radije koriste ravne matrice.

Važne karakteristike veličine kod proizvodnje peleta su odnos prešanja, broj rupa u matrici i otuda upotreba otvorene unutrašnje površine matrice. Kod odnosa prešanja podrazumijeva se odnos između presjeka izbušene rupe i duljine kanala za prešanje materijala. On se određuje u zavisnosti od vrste sirovine koja se preša, da bi se u kanalu za prešanje stvorilo odgovarajuće trenje. Kod procesa peletiranja drvene biomase (strugotine ili piljevine) odnosi za prešanje obično se kreću između 1:3 i 1:5. Da bi presjek rupa bio u vrstoj vezi sa željenim promjerom peleta, može se mijenjati odnos za prešanje samo preko duljine kanala, odnosno debljine matrice. Tako sirovina sa malom snagom vezivanja zahtjeva dulje kanale za prešanje, odnosno sirovina sa velikom snagom za vezivanje zahtjeva kraće kanale. Temperatura sirovine također raste sa povećanjem duljine kanala, a također se povećava i tvrdoća peleta.

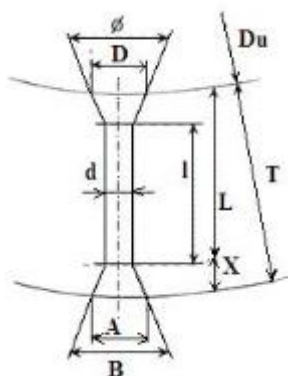
Uglavnom su matrice izvedene za točno određenu vrstu sirovina i ne mogu se koristiti za drugu vrstu biomaterijala. Parametri prešanja za jednu vrstu sirovina su:

- Debljina matrice
- Duljina kanala za prešanje

- Broj otvora, forma otvora, presjek otvora
- Širina puta za kretanje valjaka
- Broj valjaka, presjek, širina i vanjska površina valjka
- Forma valjka za prešanje (cilindri ni ili konusni) kod preše sa ravnom matricom

Broj valjaka može iznositi dva, tri ili etiri. Preduvjet za dobro i kvalitetno peletiranje je kontinuirano snabdijevanje preše sa homogenom sirovinom.

Na slici 9. nalaze se konstrukcijski parametri otvora matrice.



Slika 9. Konstrukcijski parametri otvora matrice [8]

( $d$ - promjer peleta,  $L$ -efektivna duljina,  $D_u$ - unutarnji promjer prstenaste matrice,  $D$ - promjer otvora na ulazu,  $\phi$ - kut otvora na ulazu,  $T$ - ukupna debljina matrice,  $l$ - duljina trenja,  $X$ - duljina proširenja otvora na izlazu,  $B$ - kut otvora protiv za epljenja,  $A$ - promjer otvora protiv za epljenja, kompresijski odnos-  $D^2/d^2$ , omjer trenja-  $l/d^2$ )



## 4. Analiza tržišta i postoje ih rješanja

### 4.1. Komerrijalni strojevi

Na tržištu postoji mnogo ure aja koji se koriste za proizvodnju energetskih peleta od drveta. Tako sam ja analizirao postoje e tržište i postoje a rješenja koja se koriste za proizvodnju peleta.

#### 4.1.1. Negri P70EPH4

Negri garden equipment je svoje prve korake zapo eo u mjestu Campitello u blizini Mantove 1991. godine, u dolini Po koja je dobila ime po rijeci Po koja te e kroz tu dolinu. Tvrtka je ubrzo stekla relevantnu poziciju na nacionalnom i me unarodnom tržištu za proizvodnju opreme za bio-drobljenje i ostalu opemu za vrt. Tvrtka je tako er u vlasništvu nekih ekskluzivnih patenata u svojem podru ju. Ova tvrtka izme u svega proizvodi stroj za peletiranje pod nazivom P70EPH4.

#### Op i opis

Ovaj nam stroj omogu ava pretvaranje usitnjenog materijala u male granule, odnosno pelete. Usitnjena masa stavlja se u vertikalni lijevak za punjenje koji se potiskuje sa valjcima kroz otvore na matrici te pod pritiskom izlazi van u obliku peleta. Stroj može proizvoditi pelete od bilo kojeg materijala, poput jela, etinara, grmlja i ljuski kestena. Ti materijali mogu se prera ivati pod uvjetom da vlažnost materijala ne prelazi 15-20%.



Slika 10. Peletirka Negri P70EPH4 [10]

### Tehni ke karakteristike

#### VRSTA MOTORA I SNAGA

Elektromotor snage 4 KS (3kW), 220 V

#### DIMENZIJE

1150x700x1150 mm

#### KAPACITET

25/40 kg/h

#### PROMJER PELETA

6 mm

#### MASA

Bruto 135 kg, neto 120 kg

#### 4.1.2. Nova pellet N-micro

Nova pellet je talijanska tvrtka koja se bavi proizvodnjom peletirki i kompletnih linija za peletiranje.



Slika 11. Peletirka Nova pellet N-micro [11]

#### Opis i opis

- Vanjsko podešavanje razmaka između kompresijskih zupastih valjaka i kompresijske matrice – patent Nova Pellet
- Izrada peleta bez dodavanja preparata ili veziva
- Motor s visokim stupnjem iskorištenja električne energije – IE2, što omogućuje uštedu električne energije u usporedbi s ostalim strojevima sličnog kapaciteta
- Dvostrano upinjanje zupastih valjaka, straga na kućištu stroja i sprijeda preko konusa na vratima – patent Nova Pellet
- Dodavanje biljnog ulja kod početka i završetka dnevnog ciklusa, što sprječava zagušenje materijala u kompresijskoj matrici
- Dodavanje vodene magle za vlaženje materijala s vlagom ispod 10%
- Optimizirani gabariti – veličina stroja

**Tehni ke karakteristike****VRSTA MOTORA I SNAGA**

Elektromotor snage 7,5kW, 400 V

**DIMENZIJE**

1650x950x1850 mm

**KAPACITET**

40/110kg/h (ovisno o tvrdo i materijala koji se peletira)

**PROMJER PELETA**

6-8 mm

**MASA**

700 kg

### 4.1.3. Gemco ZLSP-D 200B

Gemco je kineska tvrtka koja je započela sa radom 1997. godine. To je moderno poduzeće specijalizirano za projektiranje i proizvodnju strojeva i proizvodnih linija koje se koriste u industriji peleta od biomase. Tvrtka pokriva od 50 do 70% kineskog tržišta u proizvodnji linija za peletiranje.

#### Opis

Peletirke serije ZLSP služe za izradu peleta od biomase, piljevine od mekog drveta, ugljene prašine i raznih rastresitih materijala. Materijali za peletiranje moraju imati sadržaj vlage između 12 i 16 % i ne smiju biti krupniji od 5 mm. Pogon peletirke može biti elektro ili dizel motor. Vijek trajanja valjaka ne iznosi manje od 2000 radnih sati.



Slika 12. Peletirka Gemco ZLSP-D 200B [12]

## Tehni ke karakteristike

### VRSTA MOTORA I SNAGA

Elektromotor ili dizel motor 11 kW

### DIMENZIJE

1140x470x970 mm

### KAPACITET

100/150kg/h (ovisno o tvrdo i materijala koji se peletira)

### PROMJER PELETA

2-10 mm

### MASA

290 kg neto

#### 4.1.1. Peruzzo Minipel E300

Peruzzo je talijanska firma osnovana 1959. godine kao proizvođač poljoprivredne opreme i opreme za travnjake. Stalne inovacije i istraživanja te uska suradnja sa prestižnim tvrtkama pomogle su joj da njihov proizvod uspješno konkurira na svjetskim tržištima. Postigli su mnogo patenata i priznanja, zahvaljujući kontinuiranom i stalnom istraživanju proizvoda.

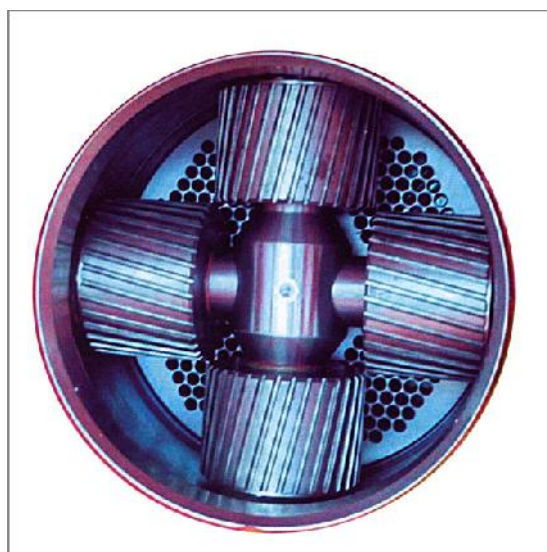
Svi Peruzzo proizvodi, od pripreme do bojenja, zadovoljavaju standarde visoke kvalitete. Različite faze proizvodnje provode se najmodernijom dostupnom tehnologijom, uključujući i lasersko rezanje i robotsko zavarivanje. Peruzzo izvozi 70% svoje ukupne proizvodnje.

## Opis

MINIPEL E300 je stroj za proizvodnju peleta za srednje veliku proizvodnju. Sadrži integrirani sistem hlađenja peleta i sakupljanja drvene prašine.



Slika 13. Peletirka Peruzzo Minipel E300 [13]



Slika 14. Način rada peletirke Peruzzo Minipel E300 [14]

**Tehni ke karakteristike;****VRSTA MOTORA I SNAGA**

Elektromotor 22 kW

**DIMENZIJE**

1070x830x700 mm

**KAPACITET**

200/300 kg/h (ovisno o tvrdo i materijala koji se peletira)

**PROMJER PELETA**

6 mm (mogu a i isporuka drugih dimenzija)

**MASA**

600 kg



Tablica 3. Usporedba komercijalnih peletirki

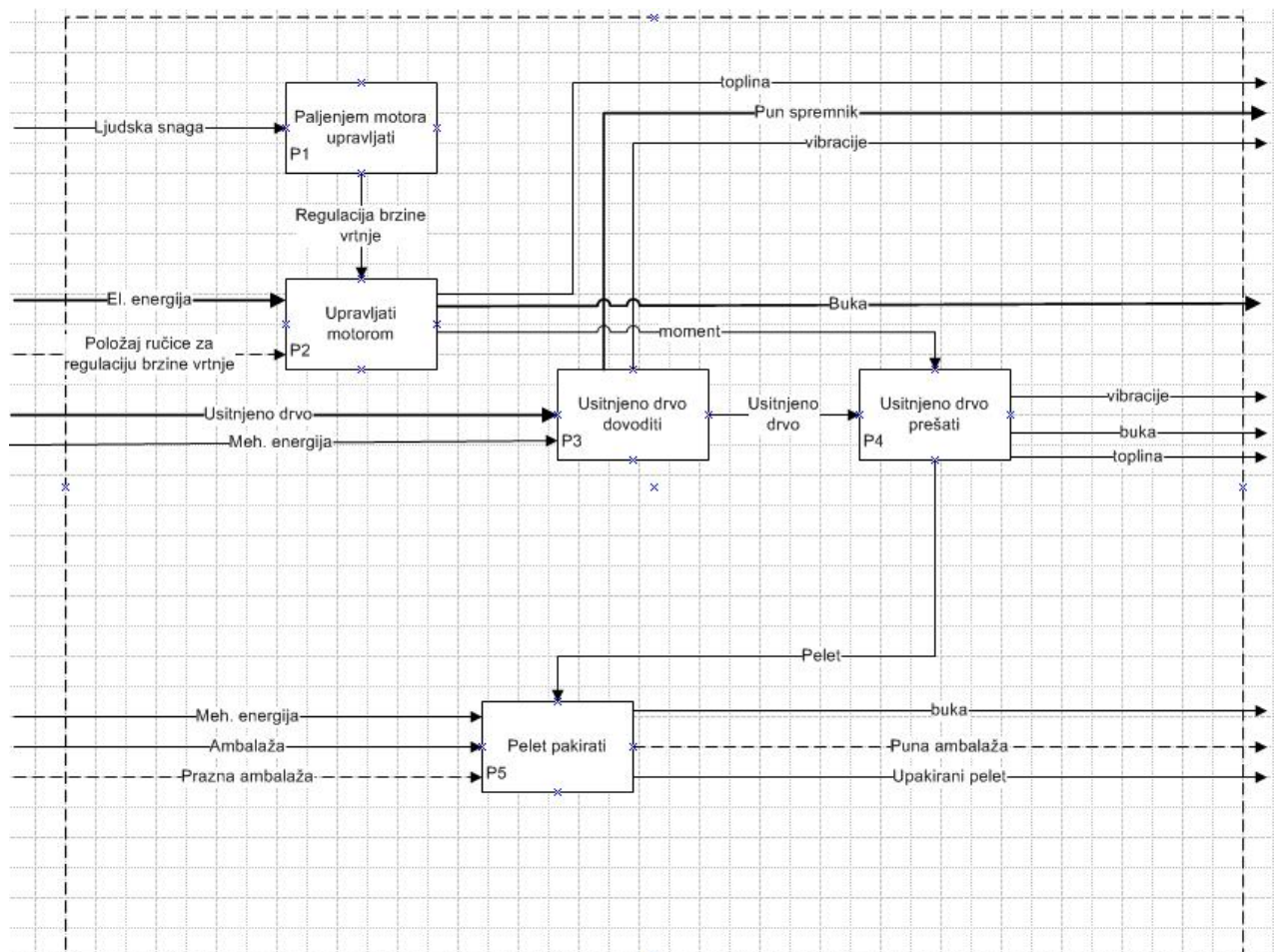
|                                  | Usporedba komercijalnih peletirki |                     |                   |                      |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
|                                  | Negri P70EPH4                     | Nova pellet N-micro | Gemco ZLSP-D 200B | Peruzzo Minipel E300 |
| Masa (kg)                        | 135                               | 700                 | 290               | 600                  |
| Snaga motora (kW)                | 3                                 | 7,5                 | 11                | 22                   |
| Kapacitet proizvodnje (kg/h)     | 25-40                             | 40-110              | 100-150           | 200-300              |
| Visina (mm)                      | 1150                              | 1850                | 970               | 700                  |
| Širina (mm)                      | 700                               | 950                 | 470               | 830                  |
| Duljina (mm)                     | 1150                              | 1650                | 1140              | 1070                 |
| Promjer proizvedenog peleta (mm) | 6                                 | 6-8                 | 2-10              | 6                    |

## 5. Funkcijsko modeliranje proizvoda

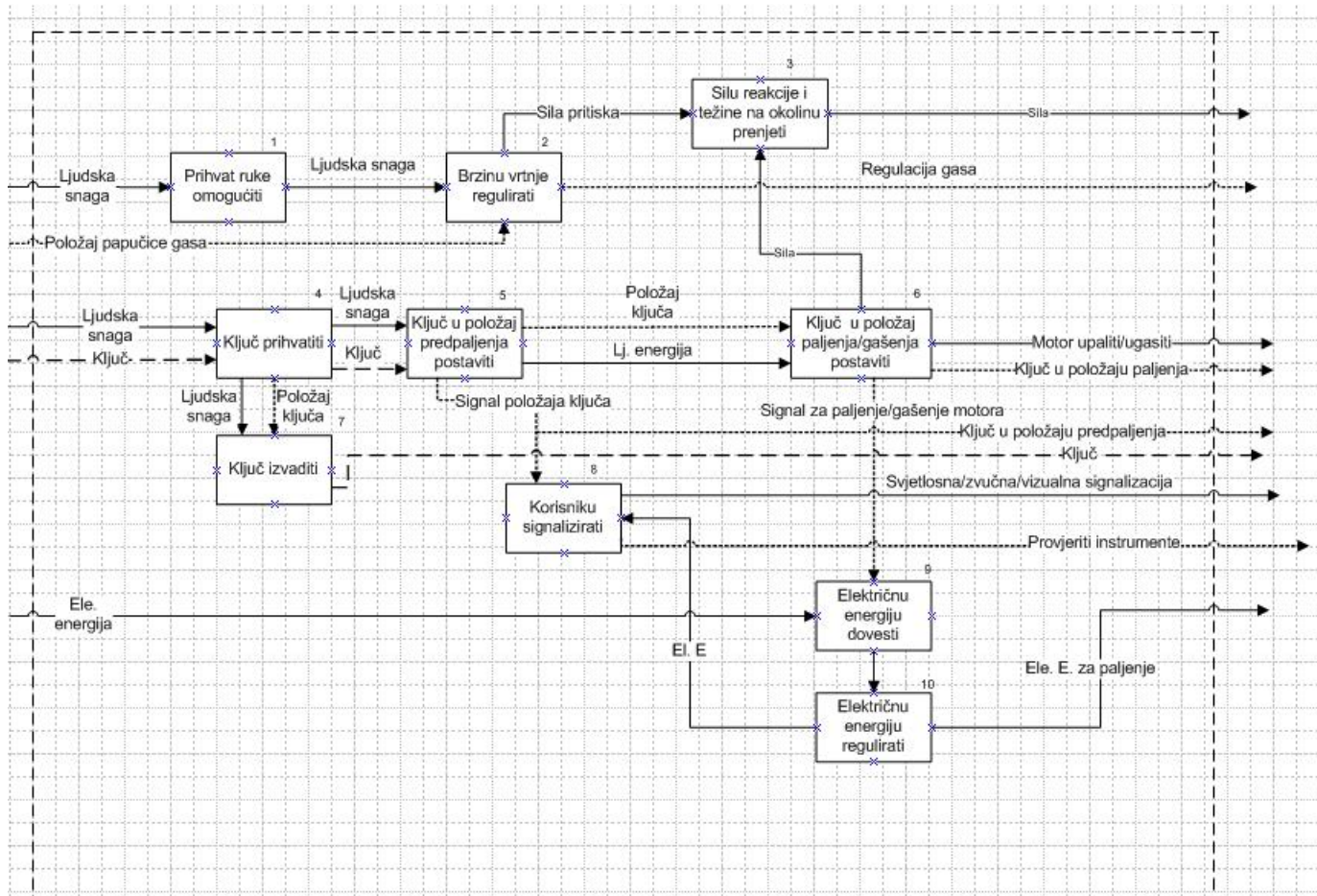
Nakon detaljne analize tržišta i svih postojećih rješenja do kojih sam došao, sljedeći korak mi je napraviti nekoliko koncepata te napraviti njihovu razradu da bi samim time došao do što boljeg rješenja. Da bi to napravio što bolje, u daljnjem izlaganju prikazati glavne funkcije kao i ostale podfunkcije u funkcijskoj dekompoziciji proizvoda, te rješenja tih funkcija i podfunkcija u morfološkoj matrici. Rezultati toga bit će vidljivi u prikazanim konceptima nad kojima se provodi vrednovanje. Nakon vrednovanja, odlučiti u koji će koncept ići u daljnju i detaljniju razradu.

### 5.1. Funkcijske dekompozicije

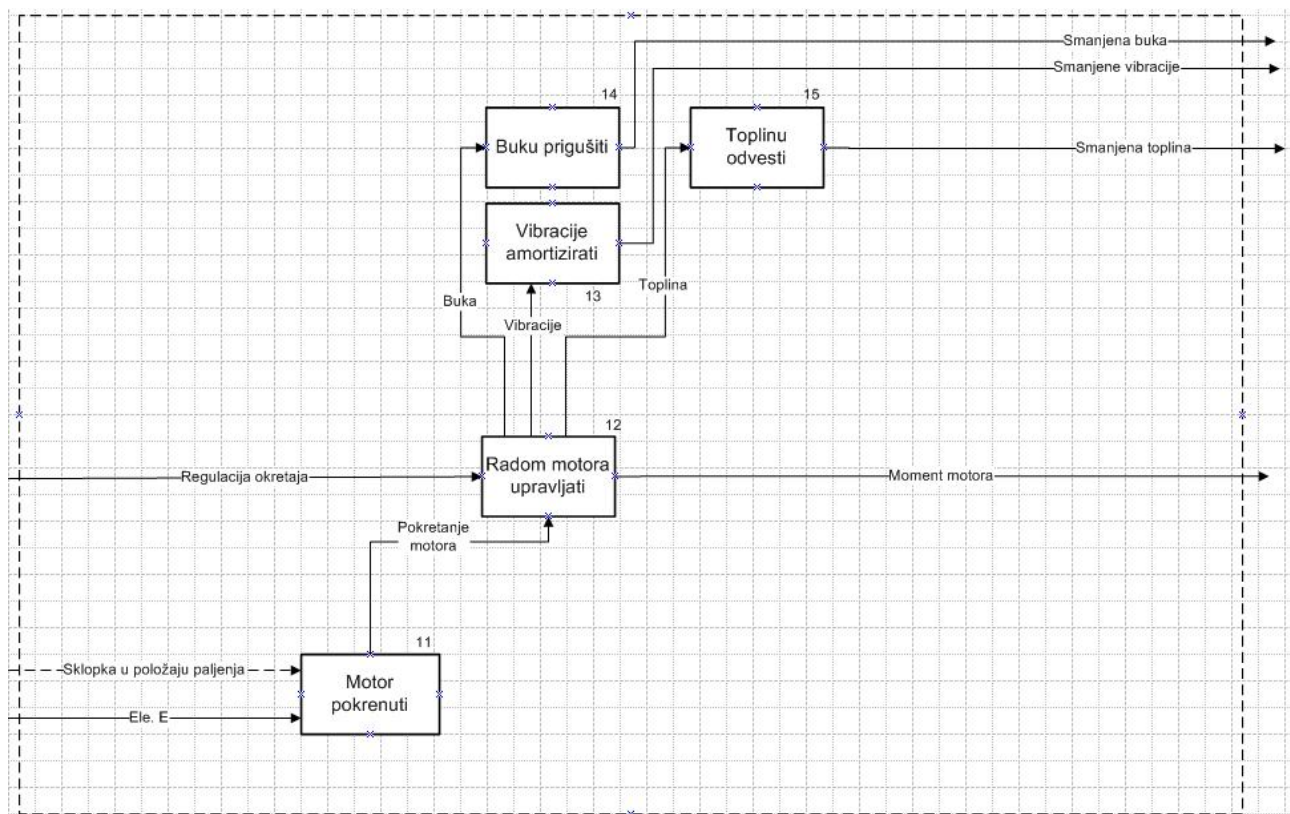
Na sljedećim slikama nalaze se glavna funkcijska dekompozicija te njezine podfunkcije.



Slika 15. Glavna funkcijska dekompozicija

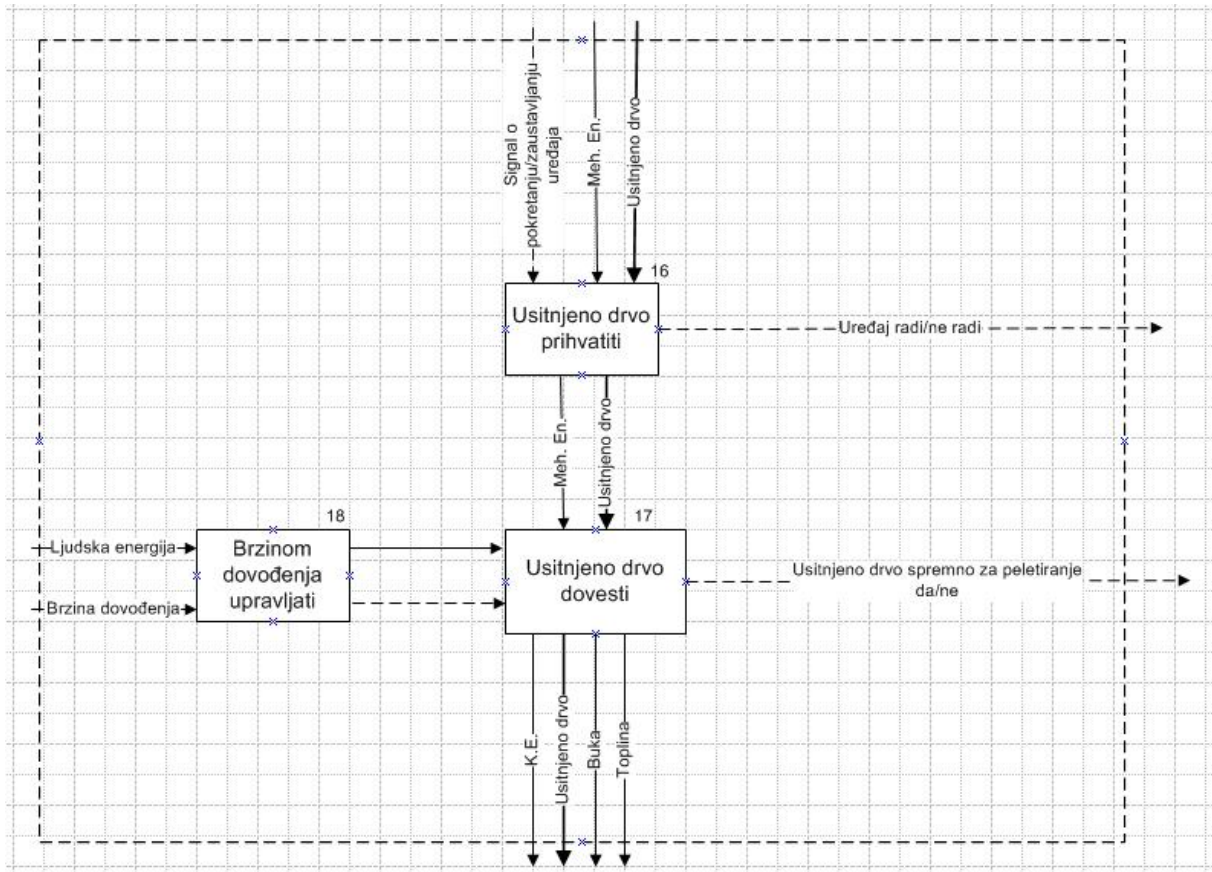


Slika 16. Dekompozicija podfunkcije P1

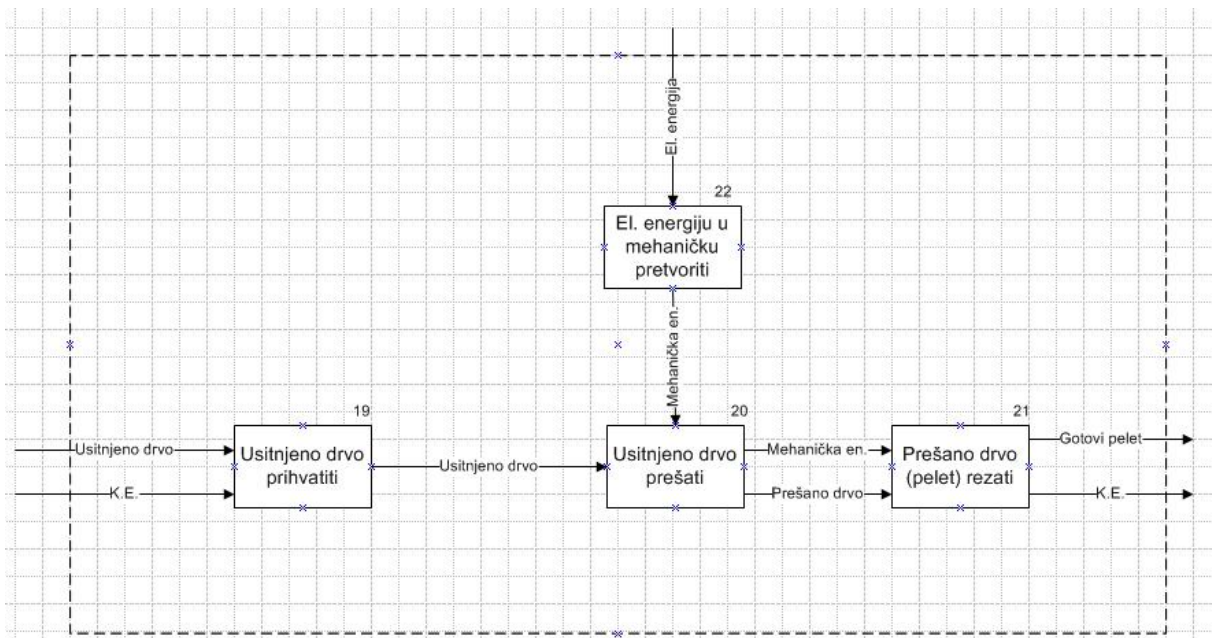


Slika 17. Dekompozicija podfunkcije P2

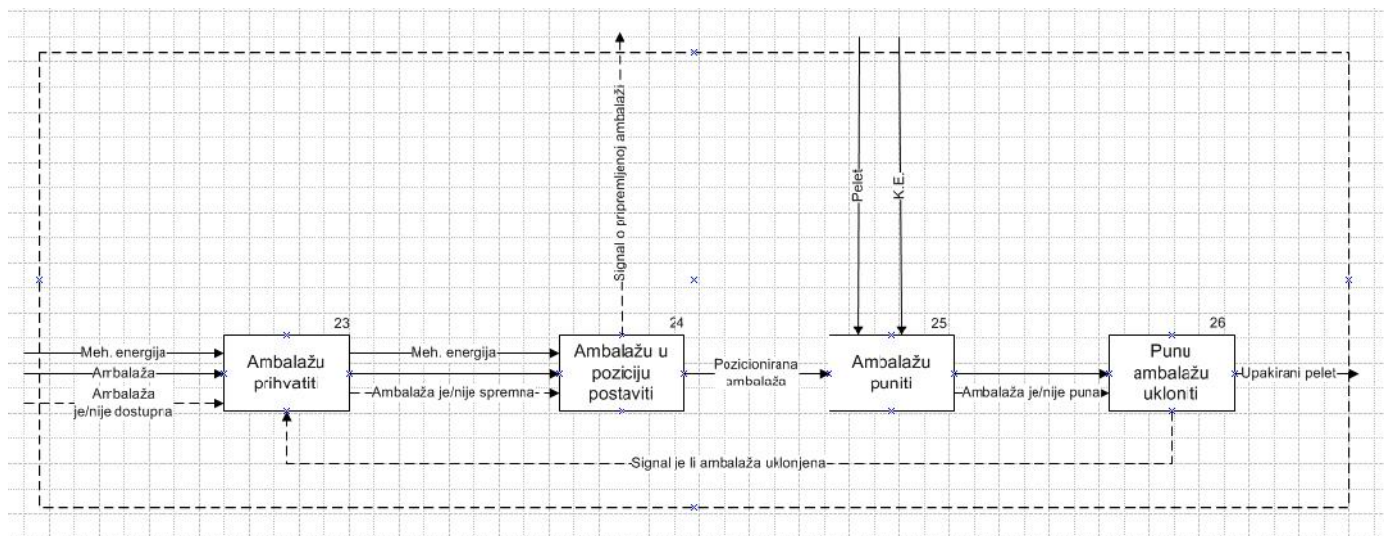




Slika 18. Dekompozicija podfunkcije P3




Slika 19. Dekompozicija podfunkcije P4



Slika 20. Dekompozicija podfunkcije P5

## 5.2. Morfološka matrica

Tablica 4. Morfološka matrica

| BR.                  | FUNKCIJA                            | RJEŠENJE 1   | RJEŠENJE 2 | RJEŠENJE 3 | RJEŠENJE 4 |
|----------------------|-------------------------------------|--|------------|------------|------------|
| 2.                   | BRZINU VRTNJE REGULIRATI            | FREKVENTNI REGULATOR<br>    |            |            |            |
| 4.<br>5.<br>6.<br>7. | KLJU<br>PRIHVATITI<br>/<br>IZVADITI | BRAVA ZA PRIHVAT KLJU A<br> |            |            |            |






|    |                            |  |  |  |  |
|----|----------------------------|--|--|--|--|
| 8. | KORISNIKA<br>SIGNALIZIRATI | LED DIODE<br> | LAMPICE<br> | ANALOGNI<br>POKAZIVA<br> | DIGITALNI<br>POKAZIVA<br> |
|----|----------------------------|--|--|--|--|

|     |                                      |  |   |  |  |
|-----|--------------------------------------|--|---|--|--|
| 10. | ELEKTRI NU<br>ENERGIJU<br>REGULIRATI | RELEJ SNAGE<br> | ZABRTLJENI/<br>BISTABILNI<br>RELEJ<br> |  |  |
|-----|--------------------------------------|--|---|--|--|

| BR. | FUNKCIJA                      | RJEŠENJE 1   | RJEŠENJE 2  | RJEŠENJE 3  | RJEŠENJE 4 |
|-----|-------------------------------|--|---|---|------------|
| 11. | MOTOR<br>POKRENUTI            | ZAKRETANJEM<br>KLJU A<br> | START/STOP<br>SUSTAVOM<br> | PREKIDA EM<br> |            |
| 12. | RADOM<br>MOTORA<br>UPRAVLJATI | POTENCIOMETAR<br>         |   |   |            |


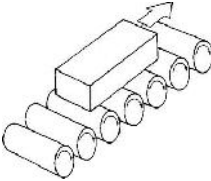



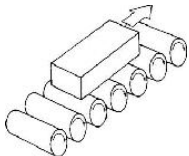



|            |   |   |  |   |   |
|------------|---|---|--|---|---|
| 13.<br>14. | VIBRACIJE<br>AMORTIZIRATI<br><br>/<br><br>BUKU<br>PRIGUŠITI | IZOLIRANIM<br>KU IŠTEM<br>MOTORA<br><br> | OSLONCI<br>MOTORA<br><br> | PRIGUŠIVA I<br>UDARACA<br><br> | IZOLATORI<br>VIBRACIJA<br><br> |
| 15.        | TOPLINU<br>ODVESTI  | HLA ENJE ZRAKOM<br><br>                  |  |   |   |

| BR. | FUNKCIJA                        | RJEŠENJE 1  | RJEŠENJE 2   | RJEŠENJE 3   | RJEŠENJE 4   |
|-----|---------------------------------|---|--|--|--|
| 16. | USITNJENO<br>DRVO<br>PRIHVATITI | SPREMNIK<br><br> |  |  |  |
| 17. | USITNJENO<br>DRVO<br>DOVESTI    | VALJCI<br><br>   | PUŽ<br><br> | GLATKA<br>TRAKA<br><br> | TRAKA S<br>LOPATICAMA<br><br> |

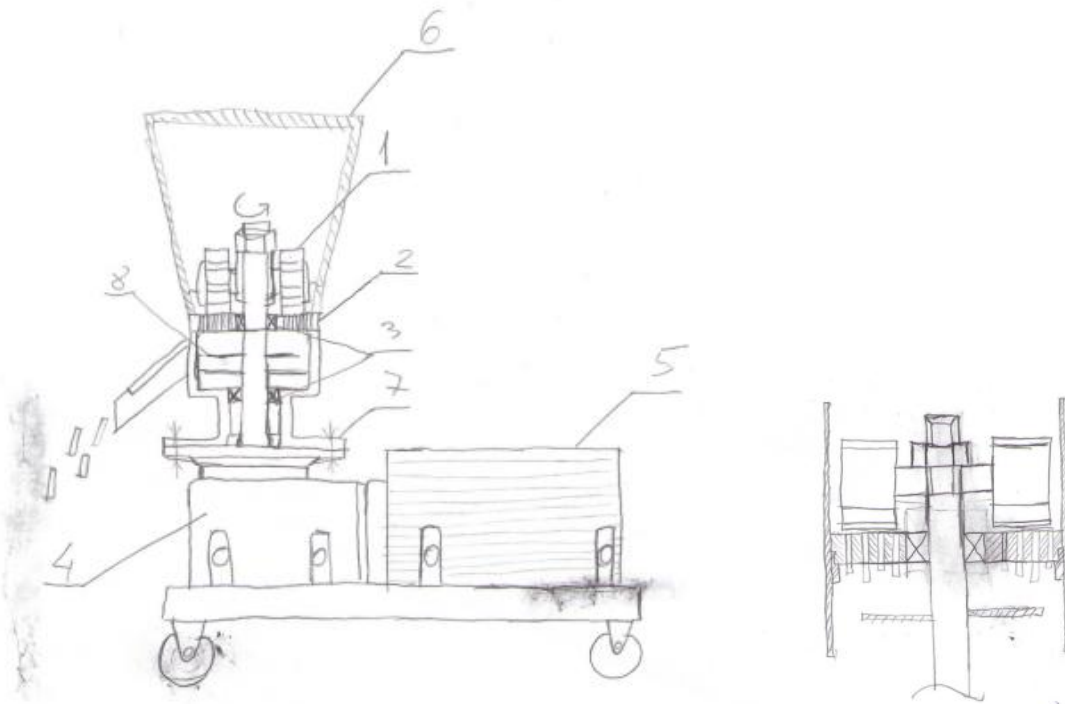
|     |                              |  |  |   |  |
|-----|------------------------------|--|--|---|--|
| 18. | BRZINOM DOVO ENJA UPRAVLJATI | <p>RELEJ SNAGE</p>  | <p>ZABRTLJENI/BISTABILNI RELEJ</p>  | <p>FREKVENTNI REGULATOR</p>  |  |
|-----|------------------------------|--|--|---|--|

| BR  | FUNKCIJA                            | RJEŠENJE 1  | RJEŠENJE 2  | RJEŠENJE 3   | RJEŠENJE 4 |
|-----|-------------------------------------|---|---|--|------------|
| 19. | USITNJENO DRVO PRIHVATITI           | <p>SPREMNIK</p>                   |   |  |            |
| 20. | USITNJENO DRVO PREŠATI              | <p>RAVNA MATRICA S VALJCIMA</p>  | <p>PRSTENASTA MATRICA S VALJCIMA</p>  |  |            |
| 22. | EL. ENERGIJU U MEHANI KU PRETVORITI | <p>ISTOSMJERNI MOTOR</p>         | <p>SINKRONI MOTOR</p>                 | <p>ASINKRONI MOTOR</p>  |            |

| BR. | FUNKCIJA                     | RJEŠENJE 1  | RJEŠENJE 2   | RJEŠENJE 3   | RJEŠENJE 4 |
|-----|------------------------------|---|--|--|------------|
| 23. | AMBALAŽU<br>PRIHVATITI       | TRANSPORTNA<br>TRAKA<br>   | TRANSPORTNA LINIJA<br>SA VALJCIMA<br>   | OVJEK<br>   |            |
| 25. | AMBALAŽU<br>PUNITI           | GRAVITACIJA<br>           |  |  |            |
| 26. | PUNU<br>AMBALAŽU<br>UKLONITI | TRANSPORTNA<br>TRAKA<br> | TRANSPORTNA LINIJA<br>SA VALJCIMA<br> | OVJEK<br> |            |

## 6. Koncepti

### 6.1. Koncept 1



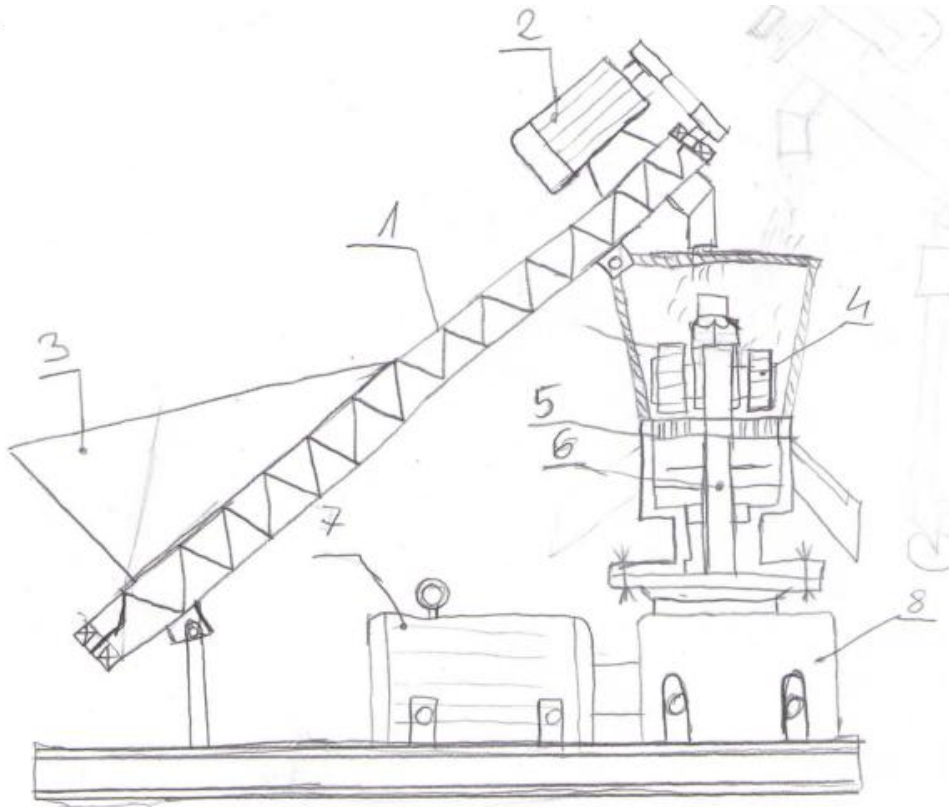
Slika 21. Koncept 1

- 1 - Valjci za prešanje
- 2 - Ravna matrica
- 3 – Ležajevi
- 4 – Reduktor
- 5 – El. motor
- 6 – Spremnik za usitnjeno drvo
- 7 – Prirubnica
- 8 – Nož

Koncept broj 1 koji služi za prešanje drvene piljevine izveden je tako da se sastoji od valjaka koji se okreću po ravnoj matrici pri čemu dolazi do sabijanja drvene piljevine te se drvena piljevina iz rastresitog stanja provodi u vrsto stanje sa odgovarajućom specifičnom težinom. Potreban moment za okretanje valjaka dobiva se iz elektromotora sa reduktorom te se moment preko vratila prenosi do valjaka za

prešanje. Da bi se dobila željena duljina peleta, pelet se pomo u noževa koji se nalaze na istom vratilu režu.

## 6.2. Koncept 2



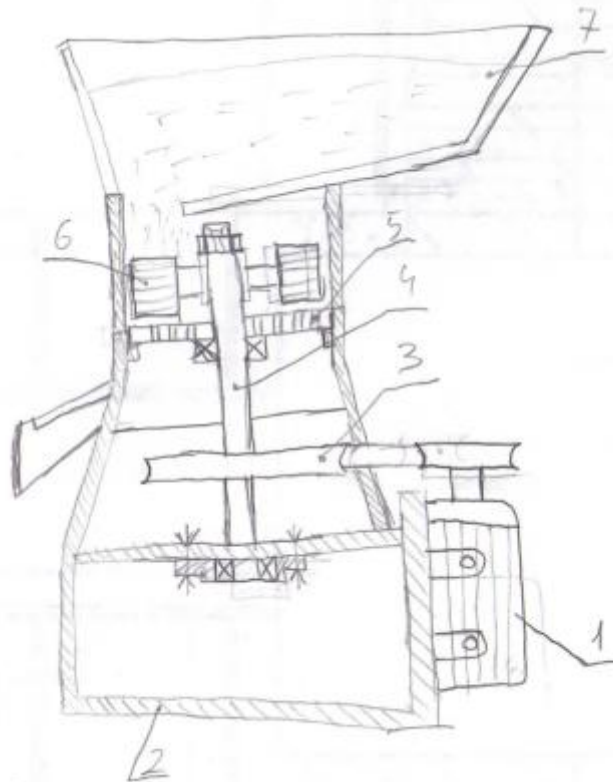
Slika 22. Koncept 2

- 1 – Pužni konvejer
- 2 – El. motor za pogon konvejera
- 3 – Spremnik za usitnjeno drvo
- 4 – Valjci za prešanje
- 5 – Ravna matrica
- 6 – Vratilo
- 7 – El. motor za pogon valjaka
- 8 – Reduktor

Koncept 2 što se ti e samog prešanja i prijenosa snage na valjke za prešanje radi na istom principu kao u konceptu broj 1. Jedina razlika je ta, što se drvena

piljevina do valjka za prešanje dobavlja i dozira preko pužnog konvejera, te to omogućuje lakše doziranje potrebne piljevine.

### 6.3. Koncept 3



Slika 23. Koncept 3

- 1 – El. motor za pogon valjaka
- 2 – Postolje
- 3 – Remenica
- 4 – Vratilo
- 5 – Ravna matrica
- 6 – Valjci za prešanje
- 7 – Spremnik za piljevinu

Koncept 3 za prešanje drvene piljevine radi tako da se valjci okreću na različitim brzinama po ravnoj matrici. Između matrice i valjaka nalazi se dio praznog prostora koji se ispunjava sa usitnjenim drvetom, te kako se valjci okreću stvara se potrebna sila

da se usitnjeno drvo istiskuje kroz rupice matrice. Te prilikom toga se usitnjeno drvo preša, te se iz rastresitog stanja provodi u vrsto stanje smanjuju i volumen odnosno specifi nu težinu piljevine. Kod ovog koncepta za razliku od prva dva potreban moment se sa elektromotora na vratilo prenosi pomo u remenskog prijenosa

## 7. Vrednovanje koncepata i odabir najboljih

Tablica 5. Tablica vrednovanja

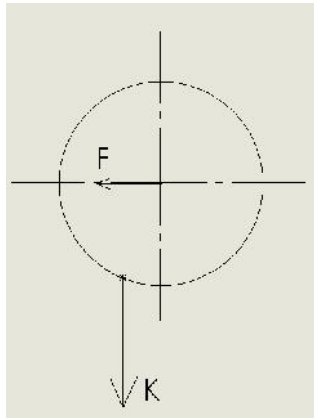
|                        | Koncepti |     |     |  |  |
|------------------------|----------|-----|-----|--|--|
|                        | 1        | 2   | 3   |  |  |
| Kompliciranost izvedbe | +        | -   | +/- |  |  |
| Kompaktnost            | +        | +   | +/- |  |  |
| Jednostavnost uparobe  | +        | +   | +/- |  |  |
| Broj elemenata         | +        | -   | +   |  |  |
| Standardni djelovi     | +        | -   | +/- |  |  |
| Dimenzije              | +        | -   | +   |  |  |
| Spremnik               | -        | +   | +/- |  |  |
| Stabilnost             | +        | +/- | +/- |  |  |
| Broj operatera         | +/-      | +   | +/- |  |  |
| Broj pogonskih uređaja | +        | -   | +   |  |  |
| Sigurnost              | +        | +   | +   |  |  |
| Efikasnost prešanja    | +        | +   | +   |  |  |
| $\Sigma$               | 10,5     | 6,5 | 8,5 |  |  |



Nakon provedenog vrednovanja svih koncepata, odabrao sam koncept 1 kao idealno rješenje. Za sve njavažnije probleme s kojim se susrećem u radu sa uređajem kao što je jednostavnost upravljanja uređajem, kompaknost uređaja, efikasnost i ostalo što sam prošao u tablici vrednovanja kao najbolje rješenje pokazao se koncept 1.

## 8. Prora un

Da bi se dobila gusto a peleta od  $1,0 \text{ g/cm}^3$  i temperatura prešanja od  $80\text{-}90 \text{ }^\circ\text{C}$  sila prešanja mora iznositi  $K \geq 3,63 \text{ kN}$ . [14]

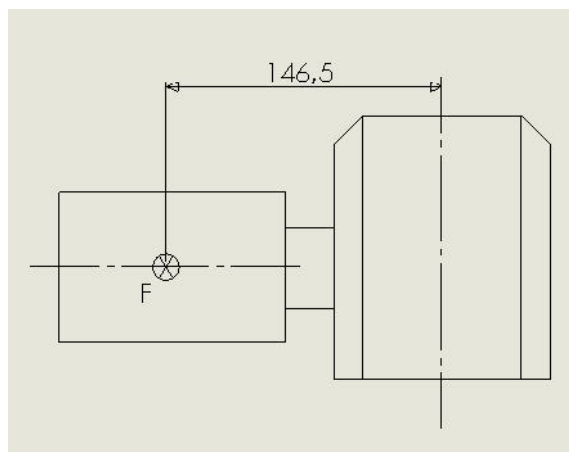


Slika 24. Prikaz sile prešanja i kotrljanja

$$F = f \times K = 0,05 \times 3630 = 181,5 \text{ N}$$

9.1

$f$  - koeficijent otpora kotrljanja



Slika 25. Moment sile  $F$  na pogonsko vratilo

Moment koji radi sila  $F$  jednog valjka na pogonsko vratilo iznosi:

$$M_i = F \times 0,15 = 181,5 \times 0,15 = 27,2 \text{ Nm}$$

9.2

Kako postoje 4 valjka ukupan moment iznosi:

$$M_{UK} = i \times M_i = 4 \times 27,2 = 108,8 \text{ Nm} \quad 9.3$$

Potreban broj okretaja valjaka mora iznositi  $n=150 \text{ o/min}$ , iz toga slijedi potrebna snaga elektromotora:

$$P_{EM} = n \times M_{UK} = 150 \times 108,8 = 16320 \text{ W} = 16,3 \text{ kW} \quad 9.4$$

Odabran je elektromotor sa reduktorom KF107 DV180L4\_22 kW

Snaga:  $P_{EM} = 22 \text{ kW}$

Izlazni broj okretaja:  $n=150 \text{ o/min}$

#### PROVJERA VRATILA VALJKA

Moment koji daje elektromotor preko reduktora iznosi:

$$T_{EM} = P_{EM}/n = 22000/150 = 146,7 \text{ Nm} \quad 9.5$$

$$T_{1V} = T_{EM}/4 = 146,7/4 = 36,7 \text{ Nm} \quad 9.6$$

Tada sila na valjku iznosi:

$$F = T_{1V}/0,15 = 36,7/0,15 = 245,7 \text{ Nm} \quad 9.7$$

Sila prešanja peleta iznosi:

$$K = F/f = 245,7/0,05 = 4914 \text{ Nm} = 4,9 \text{ kN} \quad 9.8$$

Rezultantna sila koja djeluje na vratilo valjka iznosi:

$$F_{rez} \approx K = 4900 \text{ kN}, \quad 9.9$$

jer je vertikalna komponenta sila  $F$  zanemariva u odnosu na horizontalnu komponentu  $K$ .

Moment koji djeluje na vratilo valjka iznosi:

$$M_{OV} = F_{rez} \times 0,125 = 4900 \times 0,125 = 612 \text{ Nm} \quad 9.10$$

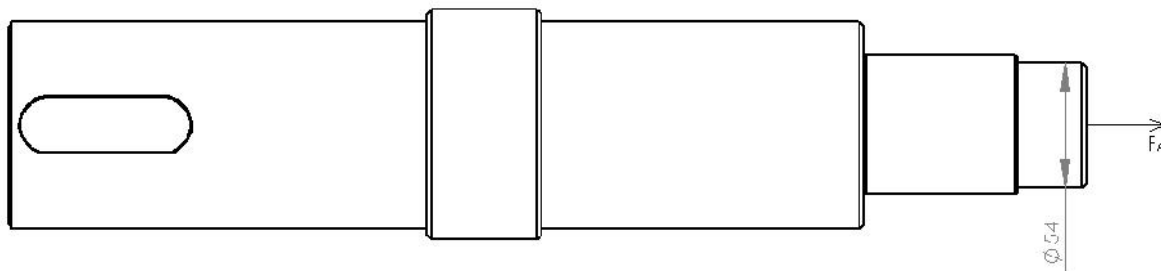
Potreban minimalni promjer vratila valjka iznosi:

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{M_{OV} \times 32}{\sigma_{dop} \times \pi}} = \sqrt[3]{\frac{612000 \times 32}{130 \times \pi}} = 36,3 \text{ mm} \quad 9.11$$

$$\sigma_{dop} = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ za } 0561 [15]$$

Odabrano  $d=38 \text{ mm}$

#### PROVJERA POGONSKOG VRATILA



Slika 26. Djelovanje vlačne sile na pogonsko vratilo

Vratilo je opterećeno na tlak i na torziju pa se računa reducirano naprezanje koje mora biti manje od dopuštenog naprezanja:

$$F_V = 4 \times K = 4 \times 4900 = 19600 = 19,6 \text{ kN} \quad 9.12$$

Vlačno naprezanje:

$$\sigma = F_V/A \quad 9.13$$

$$A = r^2 \times \pi = 27^2 \times \pi = 22889 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{19600}{2289} = 8,56 \text{ N/mm}^2 \quad 9.14$$

Torzijsko naprezanje:

$$\tau_t = \frac{T_{EM}}{W_p} = \frac{146700}{30917} = 4,75 \text{ N/mm}^2 \quad 9.15$$

$$W_p = \frac{\pi \times d^3}{16} \approx \frac{\pi \times 54^3}{16} \approx 30917 \text{ mm}^3 \quad 9.16$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{dop} \quad 9.17$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{8,56^2 + 3 \times 4,75^2} = 11,9 \text{ N/mm}^2 \quad 9.18$$

$$\sigma_{dop} = 130 \text{ N/mm}^2 \text{ za } 0561 \text{ [15]}$$

Promjer vratila ZADOVOLJAVA

## ODABIR LEŽAJA

Za ležajno mjesto valjka odabran je ležaj 63008-2RS1.

| Deep groove ball bearings, single row<br>Product information |    |    |                    |       |                                   |                    | Tolerances, see also text<br>Radial internal clearance, see also text<br>Recommended fits<br>Shaft and housing tolerances |      |             |  |
|--|----|----|--------------------|-------|-----------------------------------|--------------------|---|------|-------------|--|
| Principal dimensions   |    |    | Basic load ratings |       | Fatigue<br>load<br>limit<br>$P_u$ | Speed ratings      |   | /ass | Designation |  |
| d  | D  | B  | C                  | $C_0$ |                                   | Reference<br>speed | Limiting<br>speed   |      |             |  |
| mm   |    |    | kN                 |       | kN                                | r/min              |   | kg   | -           |  |
| 40   | 68 | 21 | 16,8               | 11,6  | 0,49                              | -                  | 6300  | 0,26 | 63008-2RS1  |  |

Slika 27. Ležaj 63008-2RS1

Provjera nosivosti ležaja 63008-2RS1:

$$C_1 = \frac{K}{2} \times \frac{f_L}{f_n \times f_t} = \frac{4900}{2} \times \frac{2.3}{0.507} = 11114 \text{ N} = 11.1 \text{ kN} \quad 9.19$$

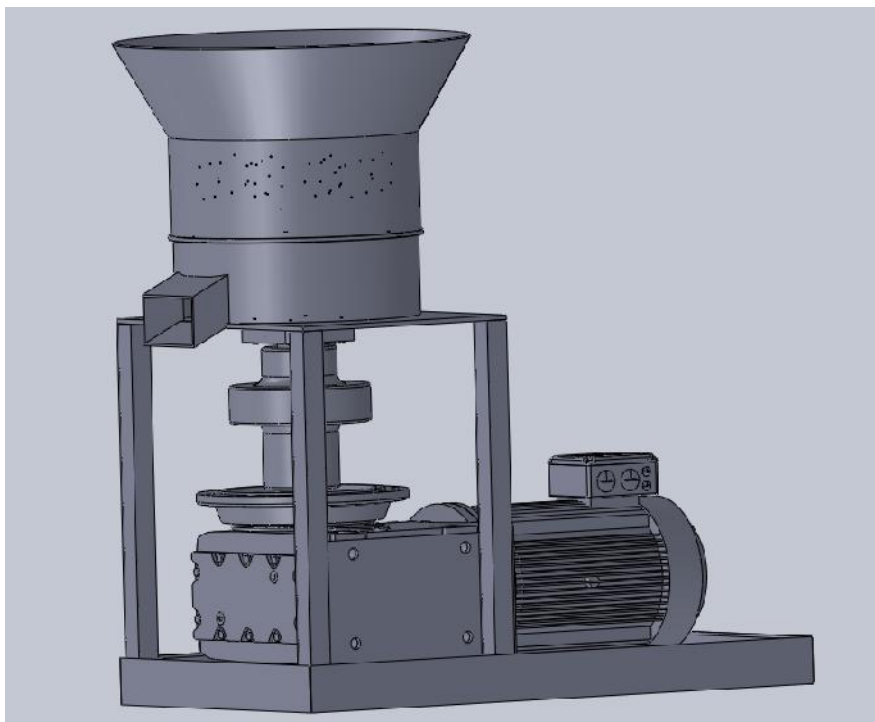
$$f_L = \sqrt[10/3]{\frac{8000}{500}} = 2.297 \cong 2.3 \quad 9.20$$

$$f_N = \sqrt[10/3]{\frac{33 \frac{1}{3}}{320}} = 0.507 \quad 9.21$$

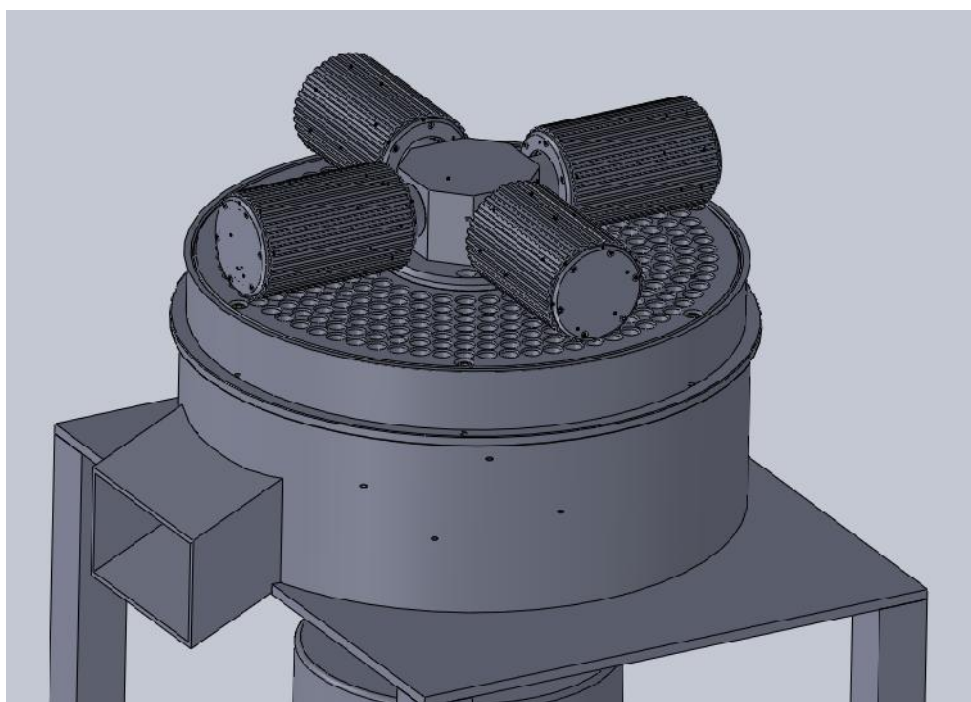
$$C_1 = 11.1 \text{ kN} \leq C = 16.8 \text{ kN} \quad 9.22$$

ZADOVOLJAVA

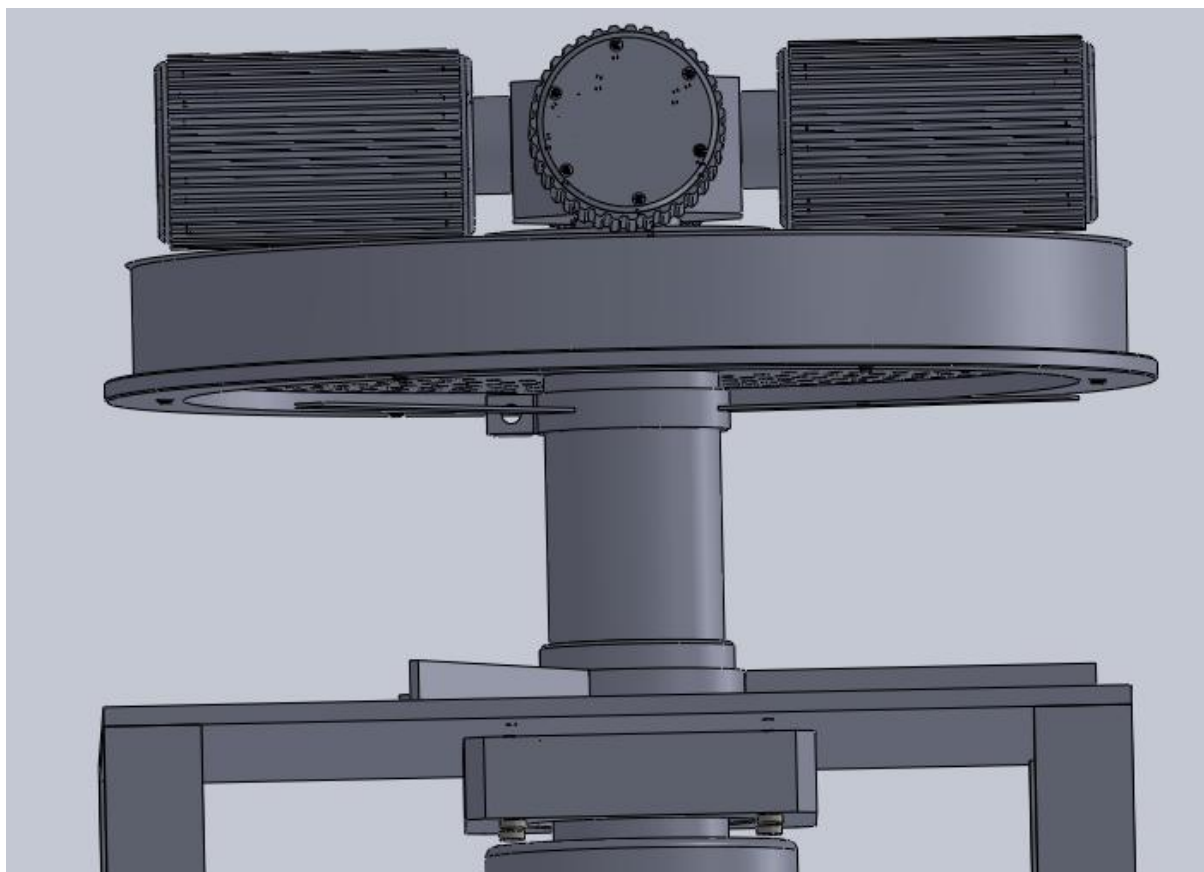
## 9. Opis gotovog proizvoda



*Slika 28. 3D model stroja za izradu peleta*



*Slika 29. 3D prikaz valjaka i ravne matrice*



*Slika 30. Prikaz noža za rezanje i lopatica za izbacivanje*

Razvijeni uređaj za prešanje drvenog otpada predstavlja tehničko rješenje za iskorištavanje raspoloživog resursa koji se danas veoma malo koristi. Cijeli sistem se odlikuje jednostavnošću uz efikasno objedinjenje funkcija peletiranja. Na vrhu se nalazi konusni spremnik u koji se vrši dovod pripremljene drvene piljevine. Drvena piljevina slobodnim padom pada na površinu ravne matrice po kojoj se okreću valjci za prešanje. Potreban moment valjcima dobiva se preko elektromotora sa reduktorom, koji se dalje preko pogonskog vratila prenosi na vratila valjaka te dalje na valjke. Usljed okretanja valjaka stvara se sila koja istiskuje drvenu piljevinu kroz matricu. Na istom pogonskom vratilu nalazi se i nož (Sl. 30) koji reže pelete na potrebnu duljinu. Gotovi peleti djelovanjem sile teže padaju na dno ravne ploče. Zatim ih lopatice (Sl. 30) koje se nalaze također na pogonskom vratilu izbacuju kroz otvor. Također je omogućen brz i lak pristup svim važnim dijelovima stroja.



## 10. Zaključak

Cilj ovog rada je bio izrada konstrukcijskog rješenja stroja za izradu peleta od drvene piljevine. Nakon analize postojećih uređaja koji se mogu naći na tržištu te nakon koncipiranja više varijanti proizvoda i njihovog vrednovanja izradio sam stroj za izradu peleta od drvene biomase u skladu sa traženim uvjetima i koji zadovoljava sve navedene parametre. Posebna je pažnja posvećena samoj sigurnosti konstrukcije kao i sigurnosti rukovatelja strojem. Da bi se dobila što manja cijena samog stroja uglavnom su dijelovi izrađivani od standardnih dijelova.

## 11. Literatura

- [1] <http://www.erenovable.com/energia-de-biomasa/> (12.12.2014.)
- [2] <http://www.biomassenergycentre.org.uk/> (12.12.2014.)
- [3] <http://www.bioles-horizont.si/> (12.12.2014.)
- [4] Wood pellets in Finland- technology, economy and market; OPET report 5; Eija Alakangas, Pavo Paju
- [5] Potencijali i mogu nosti briketiranja i peletiranja otpadne biomase na teritoriju pokrajne Vojvodine, Novi Sad , prosinac 2007.
- [6] Metode za odre ivanje kvalitete energetskih peleta od biomase; Savremena poljoprivredna tehnika; Vol. 38; No 2, Srpanj 2012.
- [7] <http://www.drvnipelet.hr/> (10.01.2015.)
- [8] Oblici i veli ine otvora na matricama peletirki u zavisnosti od vrste sirovine za prešanje; Savremena poljoprivredna tehnika; Vol. 38, No. 2, Srpanj 2012.
- [9] <http://www.biofuelmachines.com/> (15.02.2015.)
- [10] <http://www.negri-bio.com/> (23.02.2015.)
- [11] <http://www.novapellet.it/> (23.02.2015)
- [12] <http://www.gemcopelletmill.com/> (23.02.2015)
- [13] [\(23.02.2015\)](http://www.peruzzo.it/(23.02.2015))
- [14] Sistem za prešovanje drvnog otpada peletiranjem, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, 2007.
- [15] Krautov strojarski priručnik, Zagreb 1997.

## 12. Prilozi

- I. CD-R disc
- II. Tehni ka dokumentacija