

Konstruktivsko rješenje uređaja za rezanje grana za potpalu

Odrlijin, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:167416>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Krešimir Odrlić

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

prof. dr. sc. Dragan Žeželj, dipl. ing.

Krešimir Odrlić

Zagreb, 2024.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Draganu Žeželju na strpljenju i pruženoj pomoći prilikom pisanja ovog rada.

Također se zahvaljujem i obitelji i prijateljima za podršku tijekom cjelokupnog studiranja.

Krešimir Odrlić



SV
EU
ČI
LI

ŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite

Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu | |
| Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: 602 – 04 / 25 – 06 / 1 | |
| Ur.broj: 15 – 25 – | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Krešimir Odrlić** JMBAG: **0035234201**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcijsko rješenje uređaja za rezanje granja za potpalu**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design solution of a device for cutting branches for kindling**

Opis zadatka:

Obrada drva za ogrjev spada među najstarije aktivnosti čovjeka. Osmišljanjem različitih alata ta je aktivnost unaprijeđena pa tržištem danas, osim tradicionalnih, dominiraju različite inačice cjepača. Istovremeno, na tržištu nema značajnije ponude uređaja za rezanje grana za potpalu, a koji bi bili podesni za upotrebu od strane osoba starije životne dobi. Grane mogu biti nusprodukt sječe stabala, ali i pojedinačno prikupljene.

U okviru rada potrebno je istražiti na tržištu ponudene uređaje podesne za rezanje grana promjera do 50 mm, a koji ne iziskuju veći napor od držanja grane duljine do 2 m. Na temelju rezultata istraživanja postaviti listu zahtjeva koje uređaj mora ispunjavati te kreirati odgovarajuće koncepte, a svakako uzeti u obzir sigurnost pri uporabi, mogućnost brzog zaustavljanja te zaštitu od preopterećenja. Odabrani koncept konstrukcijski razraditi.

Vrijednosti potrebne za proračun i odabir pojedinih komponenti usvojiti iz postojećih rješenja sličnih sustava, iskustvenih vrijednosti te u dogovoru s mentorom. Računalni model odabranog rješenja uređaja izraditi u 3D CAD sustavu, cjelovito konstrukcijsko rješenje prikazati sklopnim crtežom, a dijelove odabrane u dogovoru s mentorom razraditi do razine radioničkih crteža.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu, norme kao i možebitno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2024.

1. rok: 20. i 21. 2. 2025.

1. rok: 24. 2. – 28. 2. 2025.

2. rok: 10. i 11. 7. 2025.

2. rok: 15. 7. – 18. 7. 2025.

3. rok: 18. i 19. 9. 2025.

3. rok: 22. 9. – 26. 9. 2025.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

prof. dr. sc. Dragan Žeželj

prof. dr. sc. Vladimir Soldo

Sadržaj

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Potreba za novim uređajem | 3 |
| 1.1.1 | Lista zahtjeva | 3 |
| 1.1.2 | Postojeći proizvodi | 4 |
| 1.1.3 | Vrednovanje postojećih proizvoda | 7 |
| 1.1.4 | Funkcijska dekompozicija | 9 |
| 1.1.5 | Morfološka matrica | 10 |
| 1.2 | Koncepti | 12 |
| 1.2.1 | Koncept 1 | 12 |
| 1.2.2 | Koncept 2 | 13 |
| 1.2.3 | Koncept 3 | 14 |
| 1.2.4 | Koncept 4 | 15 |
| 1.2.5 | Koncept 5 | 16 |
| 1.3 | Vrednovanje koncepata | 17 |
| 2 | Proračun | 18 |
| 2.1 | Proračun sile rezanja | 19 |
| 2.1.1 | Vrijednosti pojedinih koeficijenata i faktora | 20 |
| 2.2 | Smjerovi djelovanja sile rezanja | 23 |
| 2.3 | Sile na vratilu | 24 |
| 2.3.1 | Horizontalna ravnina vratila | 28 |
| 2.3.2 | Vertikalna ravnina vratila | 29 |
| 2.4 | Proračun vratila | 30 |
| 2.5 | Proračun ležajeva | 35 |
| 2.6 | Proračun pera | 38 |
| 2.7 | Proračun remena | 39 |
| 2.7.1 | Potrebna sila predzatezanja remena | 43 |
| 2.8 | Proračun zavara utora | 45 |
| 3 | Izračun sile putem eksperimenta | 48 |
| 4 | Zaključak | 50 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| 1. Sjekira | 1 |
| 2. Pila | 2 |
| 3. Električna pila sa a) kružnom oštricom b) ravnom oštricom c) lančana pila | 2 |
| 4. Yihuitong 22T | 4 |
| 5. MJ274 | 5 |
| 6. QMJ16A elektromotorno pogonjen | 6 |
| 7. Koncept 1 | 12 |
| 8. Koncept 2 | 13 |
| 9. Koncept 3 | 14 |
| 10. Koncept 4 | 15 |
| 11. Koncept 5 | 16 |
| 12. Kut oštrice bubnja | 18 |
| 13. Prikaz sila rezanja | 19 |
| 14. Vrijednosti jediničnog otpora za poprečno rezanje [11] | 20 |
| 15. Korekcijski faktor k_d | 20 |
| 16. Korekcijski faktor k_s | 21 |
| 17. Korekcijski faktor k_p | 21 |
| 18. Korekcijski faktor kuta rezanja | 22 |
| 19. Korekcijski faktor vlažnosti drva | 22 |
| 20. Smjerovi djelovanja komponenti sila rezanja | 23 |
| 21. Razvučeni izgled noža | 24 |
| 22. Opterećenje vratila | 25 |
| 23. Izgled remenskog prijenosnika | 27 |
| 24. Horizontalna ravnina | 28 |
| 25. Vertikalna ravnina | 29 |
| 26. Kritični presjeci vratila | 30 |
| 27. Ležaj SKF SY 65 TF | 35 |
| 28. Ležaj SKF UCP 213 | 37 |
| 29. Jedinična snaga remena | 39 |
| 30. Faktor primjene | 40 |
| 31. Faktor obuhvatnog kuta | 41 |

| | |
|---|----|
| 32. Faktor duljine remena | 41 |
| 33. Izgled presjeka remena | 42 |
| 34. Skica prvobitnog položaja elektromotora | 44 |
| 35. Skica u radnom stanju | 45 |
| 36. Prikaz sile na utor | 45 |
| 37. Redukcija sile na mjesto zavara | 46 |
| 38. Ekspirement..... | 48 |
| 39. Tablica sile | 49 |
| 40. 3D izgled modela..... | 50 |
| 41. 3D izgled modela bez poklopca | 51 |
| 42. 3D izgled modela bez poklopca | 51 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Vrednovanje proizvoda | 7 |
| Tablica 2. Morfološka matrica | 10 |
| Tablica 3. Vrednovanje koncepata | 17 |
| Tablica 4. Specifikacije elektromotora | 26 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

2025-0 Sklopni crtež

2025-00 Sklopni crtež

2025-000 Sklopni crtež

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------|-------------------|---|
| a | mm | Osni razmak remenica |
| A_{rem} | mm ² | Površina presjeka remena |
| A_{zav} | mm ² | Površina zavara |
| B | mm | Širina strugotine |
| C_I | N | Dinamička izdržljivost ležaja |
| L_{10hmin} | h | Zahtijevani vijek trajanja |
| C_{uk} | - | Ukupni korekcijski faktor |
| d_m | mm | Promjer manje remenice |
| d_v | mm | Promjer veće remenice |
| F_o | N | Obodna sila remenice |
| F_p | N | Sila predzatezanja remena |
| F_r | N | Sila rezanja |
| F_{Ra} | N | Aksijalna komponenta sile rezanja |
| F_{REM} | N | Sila remenice |
| F_{Rr} | N | Radijalna komponenta sile rezanja |
| F_{Rt} | N | Tangencijalna komponenta sile rezanja |
| F_{tr} | N | Sila trenja |
| i | - | Prijenosni omjer remenica |
| K_d | - | Korekcijski faktor za različita drva |
| K_p | - | Korekcijski faktor zaobljenja reznog brida |
| K_r | - | Koeficijent jediničnog otpora rezanja |
| K_s | - | Korekcijski faktor promjene debljine strugotine |
| K_{vl} | - | Korekcijski faktor vlažnosti drva |
| K_δ | - | Korekcijski faktor kuta rezanja |
| K_φ | N/mm ² | Koeficijent otpora za poprečno rezanje |
| L_w | mm | Duljina remena |
| M_r | Nmm | Moment uslijed radijalne sile |
| M_t | Nmm | Moment uslijed tangencijalne sile |
| M_y | Nmm | Moment na osi y |
| M_z | Nmm | Moment na osi z |

| | | |
|----------------|-------------------|---|
| n^m | min ⁻¹ | Broj okretaja |
| P_1 | W | Jedinična snaga remena |
| $p_{boč}$ | N/mm ² | Bočni tlak pera |
| P_{rB} | N | Opterećenje ležaja u osloncu B |
| P_{REM} | W | Snaga remena |
| s | mm | Debljina strugotine |
| S | - | Faktor sigurnosti |
| T | Nmm | Moment torzije |
| T_m | s | Vrijeme potrebno za translaciju drva |
| v_{rem} | m/s | Brzina okretanja remena |
| W_y | mm ⁴ | Moment inercije |
| z | - | Broj klinastih remena |
| β | ° | Kut porasta presjeka noža |
| ΔL | mm | Potrebno skraćivanje remena |
| σ_f | N/mm ² | Naprezanje na savijanje |
| σ_{fDN} | N/mm ² | Dopušteno dinamičko naizmjenično naprezanje |
| σ_{uk} | N/mm ² | Ukupno naprezanje zavora |
| τ | N/mm ² | Mično naprezanje |
| φ | ° | Kut oštice na bubnju |

SAŽETAK

U ovom radu osmišljen je i konstrukcijski razrađen uređaj za rezanje grana. Nakon analize tržišta i potreba korisnika, utvrđena je lista zahtjeva i funkcijska dekompozicija prema kojoj su napravljene raznovrsne opcije razrade kroz morfološku matricu iz koje su generirani koncepti. Najbolje ocijenjeni koncept je detaljno konstrukcijski razrađen, uključujući potrebne proračune, izrađenu dokumentaciju i 3D model.

SUMMARY

In this paper, a device for branch cutting was designed and structurally developed. After analyzing the market and user needs, a list of requirements and a functional decomposition were established, based on which various development options were created using a morphological matrix, from which concepts were generated. The highest-rated concept was thoroughly developed in terms of construction, including the necessary calculations, completed documentation, and a 3D model.

1 UVOD

Posljednjih godina, upotreba drva kao predmeta za ogrjev ponovno je stekla na popularnosti, posebno u kontekstu smanjenja troškova. U tom smislu, uređaji za rezanje grana za ogrjev predstavljaju neophodne alate koji omogućavaju efikasno korištenje prirodnog materijala iz vrtova, šuma i drugih izvora. Ovi uređaji ne samo da olakšavaju proces pripreme drva, već i pridonose brzom i praktičnom načinu stvaranja potrebnih materijala za ogrjev. Glavna podjela alata za rezanja grana bi bila prema izvoru pogona: ljudski (sjekira, ručna pila), električni te benzinski pogon.

Obradba drveća je jedna od najstarijih ljudskih aktivnosti. Na samom početku čovjekova postojanja, drvo se obrađivalo pomoću kamenih alata, a tek kasnije su se počele koristiti sjekire. Sjekira se sastoji od metalnog dijela (glave) i drške koja može biti izrađena od različitih materijala, najčešće drveta. Udarcem metalnog dijela sjekire od drvo razdvajamo čestice drveta te tako ga obrađujemo. Sjekire se i dan danas koriste radi njihove svestranosti, jednostavnosti i ekonomičnosti. Za njen rad nisu potrebni ni gorivo ni električna energija, a dodatnu vrijednost pruža jednostavnost rukovanja. Nedostatak sjekire je što je potreban veliki fizički napor pri rukovanju.



1. Sjekira

Sljedeći alat koji je važan spomenuti pri obradbi drveća je ručna pila. Ručna pila ima list sa reznim oštricama pričvršćen na rukohvat ili upet u okvir, a pili se povlačenjem pile u jednom, pa u drugom smjeru. Pomicanjem lista, zubi reznim oštricama zadiru u materijal, odvajaju čestice (piljevinu) i izbacuju ih na površinu, produbljujući tako rez. Velika prednost nad sjekirom je njena preciznost i kontrola nad korištenjem. Pravilnim pozicioniranjem lista pile je osigurana preciznost reza drveta te lako i sigurno korištenje. Prednost nad električnom pilom je što je tiha i ekološki prihvatljivija.



2. Pila

Benzinsko i električno pogonjene pile se smatraju pilama novih generacija te ih se naziva motornim pilama. Njima je uvelike povećana efikasnost rezanja te smanjenje fizičkog napora pri piljenju što bi mnogi uzeli kao najvažnije karakteristike rezanja. Nedostatak im je što imaju bučan rad, u tom pogledu električne pile imaju prednost nad benzinskim. Također možemo podijeliti motorne pile prema obliku reznih oštrica. Stoga imamo kružne oštrice, oštrice u obliku lančanih pila te ravne oštrice.



3. Električna pila sa a) kružnom oštricom b) ravnom oštricom c) lančana pila

1.1 Potreba za novim uređajem

U prethodnom dijelu ovog rada razmotrene su osnovne značajke i karakteristike klasičnih alata za sječu koji se koriste za ručno rezanje drva i grana. Ovi alati, iako učinkoviti u određenim uvjetima, zahtijevaju visok fizički napor, preciznost i značajan utrošak vremena, osobito prilikom obrade većih količina drva ili grana. Osim toga, ograničena mobilnost i ergonomija, kao i potreba za fizičkom snagom pri svakom rezanju, čine ove alate manje prikladnima za moderne uvjete rada gdje se traže veća produktivnost i dosljednost u obavljanju zadatka.

S obzirom na ove izazove, uvidjela se potreba za razvojem automatiziranih sustava koji mogu učinkovito i sigurno obaviti sječu grana, s naglaskom na manju snagu potrebnu za obavljanje posla, brže vrijeme obrade i bolju sigurnost za korisnike.

U daljnjem tekstu definirat će se ključni zahtjevi za dizajn automatiziranog uređaja za sječu grana do 50 mm, uzimajući u obzir sve aspekte koji čine ovaj sustav sigurnim, učinkovitim i jednostavnim za korištenje u različitim uvjetima rada.

1.1.1 Lista zahtjeva

- Uređaj mora biti sposoban obraditi 10 m grana za 120 sekundi.
- Prilikom korištenja uređaja maksimalni fizički napor ne bi trebao biti veći od držanja grane duljine do 2 m.
- Osigurati prihvat za grane do duljine 2 m.
- Uspješno sjeći grane promjera do 50 mm.
- Duljina isječene grane ne bi trebala biti veća od 300 mm kao ni manja od 150 mm.
- Osigurati siguran put isječene grane od oštrice do mjesta odlaganja
- Osigurati mogućnost brzog zaustavljanja u slučaju nepravilnosti rada.
- Uređaj treba zadovoljiti minimalno IP5+ zaštitu.

1.1.2 Postojeći proizvodi

Yihuitong 22T

Yihuitong 22T je hidraulični uređaj, što znači da koristi hidraulički pritisak za lakše i brže rezanje drva. Hidraulični sistem omogućava veliku snagu reza, i to bez previše fizičkog napora sa strane korisnika. Ovaj model je dizajniran za sječu drva i grančica do 22 cm (220 mm) u presjeku, što ga čini pogodnim za mnoge vrste grana i trupaca, ali i za manje grane koje su tipične za pripremu drva za potpalu. Lako se transportira i postavlja na različite lokacije, a zahvaljujući kompaktnom dizajnu može se postaviti na stabilnu površinu ili montirati na stalak.



4. Yihuitong 22T

Prednosti Yihuitong 22T:

- **Visoka efikasnost:** Automatizirani sistem za guranje drva prema oštrici omogućava bržu i efikasniju sječu, što štedi vrijeme i energiju.
- **Praktičnost:** Kompaktan dizajn čini ga idealnim za korištenje u manjim radnim prostorima.
- **Pogodan za manje drvo:** Savršen za korisnike koji žele efikasan način za sječu drva za ogrjev ili pripremu drva za potpalu.
- **Prilagodljivost:** Pogodan je za razne vrste drva i može se koristiti u različitim radnim okruženjima.

Nedostaci:

- **Kapacitet:** Iako je efikasan za srednje grane, za manje grane (do 50 mm) smanjuje mu se efikasnost zbog velikih dimenzija
- **Potreba za napajanjem:** Kao i mnogi hidraulični uređaji, i ovaj zahtjeva stabilan izvor energije, bilo to benzin, dizel ili električna energija.
- **Velikih dimenzija:** Zauzima puno prostora, potreban uređaj za sječu manjih dimenzija od traženih.

MJ274

Uređaj MJ274 je hidraulični stroj koji se koristi za rezanje drva i pripremu drva za ogrjev. Ovaj model je specifično dizajniran za korisnike koji trebaju efikasno i brzo rezanje drva, bilo u komercijalne svrhe ili za kućnu upotrebu. MJ274 je kompaktan, ali vrlo snažan uređaj koji koristi hidraulične sisteme za jednostavno i sigurno rezanje drva, čak i veće presjeke. MJ274 je dizajniran za rezanje drva do 28 cm (280 mm) u presjeku, što ga čini prikladnim za srednje velike i veće grane ili trupce.

**5. MJ274**

Prednosti MJ274:

- **Visoka efikasnost:** Ovaj uređaj omogućava brzu i preciznu sječu drva sa minimalnim naporom.
- **Automatizirani proces:** Automatizirani sustav za pomicanje drva prema oštrici štedi vrijeme i energiju.
- **Svestranost:** Pogodan je za razne vrste drva i dimenzija, uključujući grane i trupce srednje veličine.
- **Sigurnost:** Integrirane sigurnosne funkcije čine uređaj sigurnim za korištenje u svim uvjetima.

Nedostaci:

- **Potrebno održavanje:** Hidraulični sustav zahtijeva redovno održavanje kako bi uređaj bio u optimalnom stanju.
- **Velikih dimenzija:** Uređaj zauzima previše prostora.

QMJ16A

QMJ16A je kompaktni i efikasni rezač drva, idealan za manje komercijalne ili kućne operacije. Njegov automatski sustav za pomicanje drva, sigurnosne značajke i jednostavnost korištenja čine ga izvrsnim alatom za pripremu drva za ogrjev ili drva za potpalu u manjim količinama. QMJ16A koristi elektromotorni pogon sa mogućnosti hidrauličkog pogona traktorom koji omogućava snažno rezanje s minimalnim naporom. Hidraulični pritisak omogućuje precizno i brzo rezanje drva do 160 mm u presjeku.

**6. QMJ16A elektromotorno pogonjen**

Prednosti QMJ16A:

- **Visoka efikasnost:** Automatski sustav za pomicanje drva čini uređaj vrlo efikasnim, štedeći vrijeme i energiju.
- **Pogodan za manje do srednje drvo:** Idealno za sječu drva za ogrjev ili potpalu.
- **Lako upravljanje:** Intuitivni kontrolni panel omogućuje jednostavno rukovanje.
- **Sigurnost:** Zaštitne funkcije čine uređaj sigurnim za korištenje.
- **Male dimenzije:** uređaj je malih dimenzija i lako prenosiv.

Nedostaci:

- **Održavanje:** Iako je jednostavno, uređaj zahtijeva redovno održavanje kako bi bio u optimalnom stanju.
- **Dužina drva:** maksimalna dužina isječenog drva je oko 120 mm.

1.1.3 Vrednovanje postojećih proizvoda

Proizvode ćemo vrednovati ocjenama od 1 do 10, gdje 1 označava u potpunosti ne zadovoljava, a 10 u potpunosti zadovoljava.

Tablica 1. Vrednovanje proizvoda

| Kategorija proizvoda | Yihuitong 22T | MJ274 | QMJ16A |
|-------------------------------|---------------|-------|--------|
| Efikasnost | 6 | 5 | 9 |
| Jednostavnost uporabe | 3 | 4 | 8 |
| Korišteni fizički napor | 10 | 10 | 9 |
| Dimenzije uređaja | 2 | 3 | 7 |
| Jednostavnost prihvata grane | 10 | 10 | 6 |
| Duljina grane | 10 | 10 | 4 |
| Duljina isječene grane | 10 | 10 | 2 |
| Brzina rezanja | 8 | 8 | 8 |
| IP5+ | 9 | 9 | 8 |
| Pohrana isječenih grana | 8 | 9 | 7 |
| Sigurnost pri uporabi | 9 | 8 | 7 |
| Mogućnost brzog zaustavljanja | 7 | 8 | 7 |

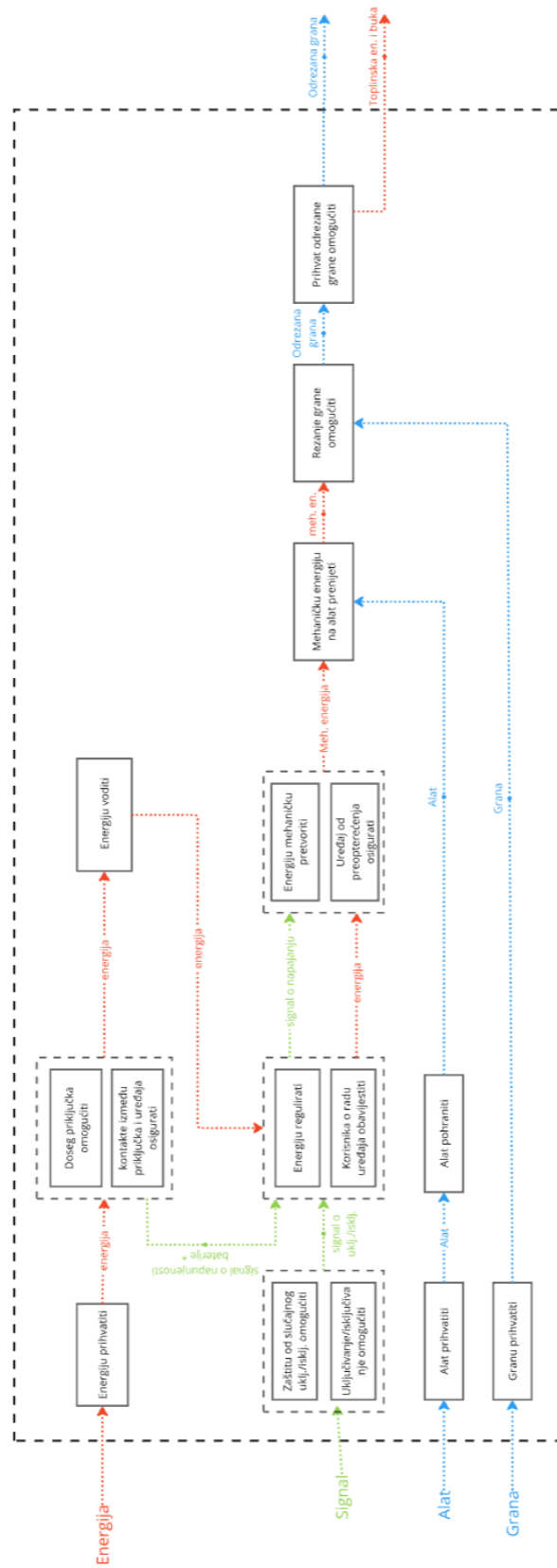
Istraživanjem postojećih proizvoda utvrđeno je kako niti jedan od proizvoda na tržištu ne popunjava sve tražene zahtjeve. Međutim postoji velik broj uređaja koji parcijalno rješavaju probleme. Kombinacijom pojedinih dijelova već postojećih proizvoda možemo postići funkcionalnost traženog uređaja.

QMJ16A je jako efikasan zbog konstantnosti okretanja oštrice te je također i jednostavan za uporabu jer nema kontrolne ploče dok je oštrica u konstantnom toku, odnosno ne treba ručno namještati rezanje. Međutim nedostatak mu je u duljine isječene grane. Maksimalna duljina isječene grane kod ovog proizvoda je otprilike 150 mm što nas dovodi u granicu sa minimalnom traženom duljinom.

Yihuitong 22T i MJ274 imaju slične karakteristike. Efikasnost je smanjena jer su postojeći uređaji prvenstveno namijenjeni za sječu grana većih promjera, čime nisu optimalni za obradu manjih grana koje su specifične za potpalu. Također imaju i prevelike dimenzije što nam ne ide u prilog. Uređajem se upravlja preko kontrolne ploče, a oštricu je potrebno manualno pokretati za rezanje, pa je stoga otežana jednostavnost uporabe uređaja.

Sigurnost pri uporabi, IP5+, brzo zaustavljanje te pohranu isječenih grana zadovoljavaju više proizvoda te će oni poslužiti u daljnjoj konstrukcijskoj razradi novog rješenja.

1.1.4 Funkcijska dekompozicija



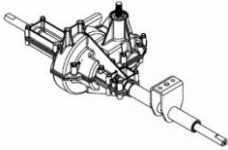





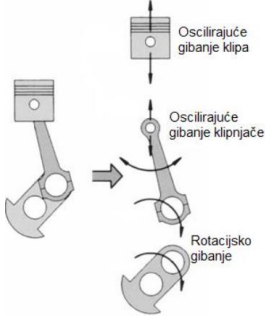

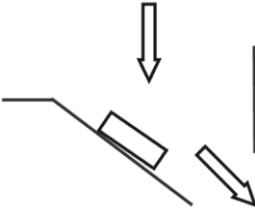
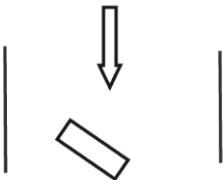


oznaka * u slučaju da se dovodi električna energija

1.1.5 Morfološka matrica

Tablica 2. Morfološka matrica

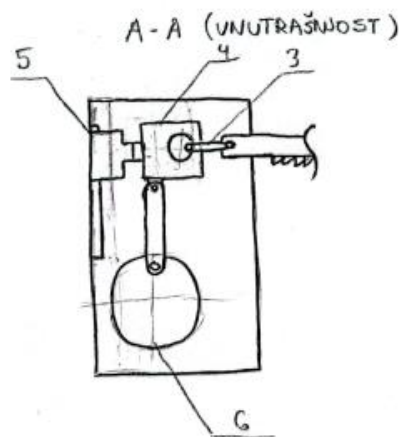
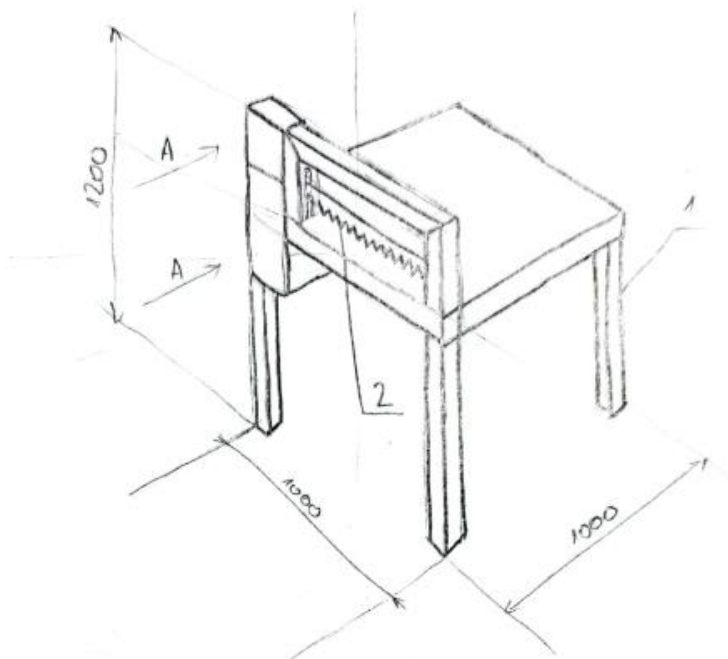
| Funkcije | Rješenje A | Rješenje B | Rješenje C |
|--|---|---|--|
| Rezanje grane omogućiti |  <p>Oštrica sa zubićima (disk i traka)</p> |  <p>Lanac sa više manjih nožića</p> |  <p>Cirkularna oštrica</p> |
| Energiju prihvatiti |  |  <p>Rezervoar za benzinski pogon</p> |  <p>Prihvat traktorskog pogona</p> |
| Uključivanje / Isključivanje uređaja omogućiti |  <p>Okretom</p> |  <p>Gumbom / Panic gumb</p> |  <p>Polugom</p> |
| Korisnika o radu uređaja obavijestiti |  <p>Lampica</p> |  | Vibracije |

| | | Zvučni signal | |
|--------------------------------------|--|---|--|
| Energiju omogućiti |  Elektromotor |  Benzinski motor |  Hidraulični pogon traktorom |
| Mehaničku energiju na alat prenijeti |  Vratilo |  Lanca |  Stezaljka |
| Kretanje alata omogućiti |  Zupčanci |  Remen |  Mehanizam rotacija/klip |
| Odrezanu granu pohraniti |  Posebna posuda za grane |  Osigurati smjer kretanja grane van područja rada sjekača. |  Pohrana grane slobodnim padom na pod. |

1.2 Koncepti

1.2.1 Koncept 1

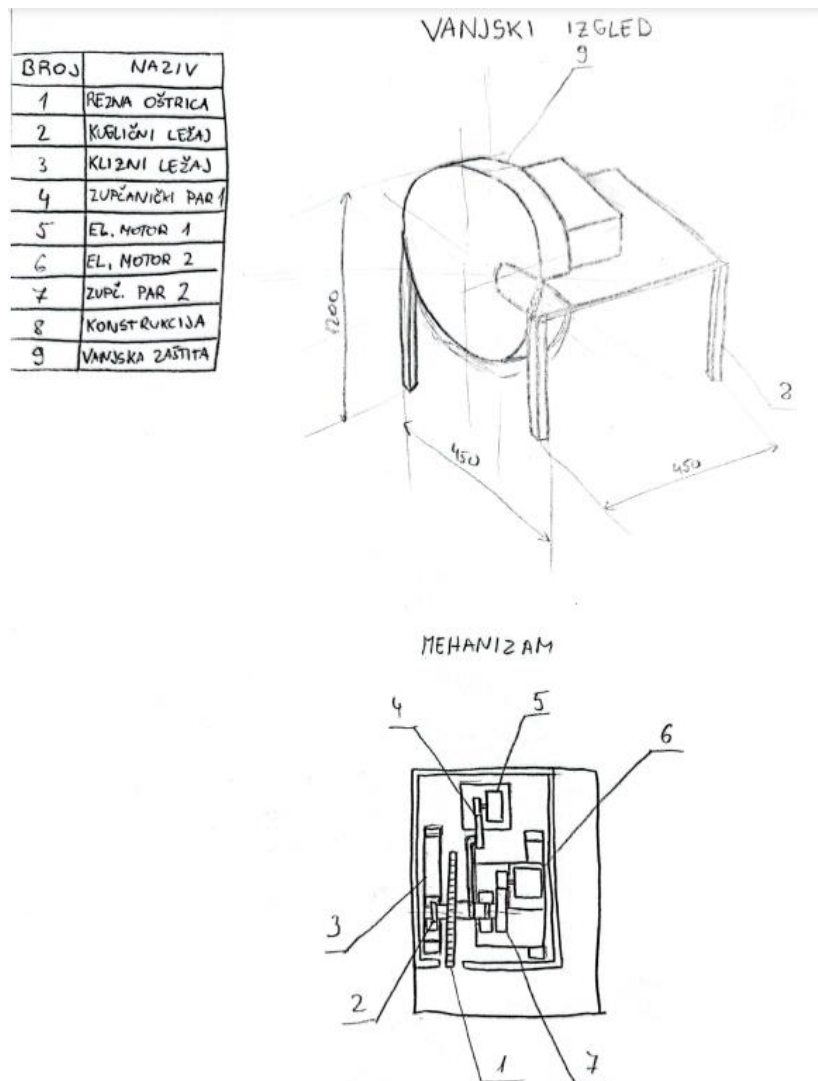
| BROJ | NAZIV |
|------|----------------|
| 1 | KONSTRUKCIJA |
| 2 | REZNA OŠTRICA |
| 3 | KLIP MEH. 1 |
| 4 | ELEKTROMOTOR 1 |
| 5 | KLIZNI LEŽAJ |
| 6 | KLIP, MEH. 2 |



7. Koncept 1

Koncept 1 se koristi reznom oštricom (2) u obliku letvice sa zubima. Grane se postavljaju na stol u okomitom smjeru rezne oštrice. Potrebna je ljudska snaga za pomak grana prema letvici za dužinu željene odrezane grane. Sječa se ostvariva aksijalnim pomakom lijevo-desno preko klipnog mehanizma (3) koji se pokreće elektromotorom. Cijeli mehanizam se pomiče gore dolje klipnim mehanizmom (6) koji je također pokretan elektromotorom.

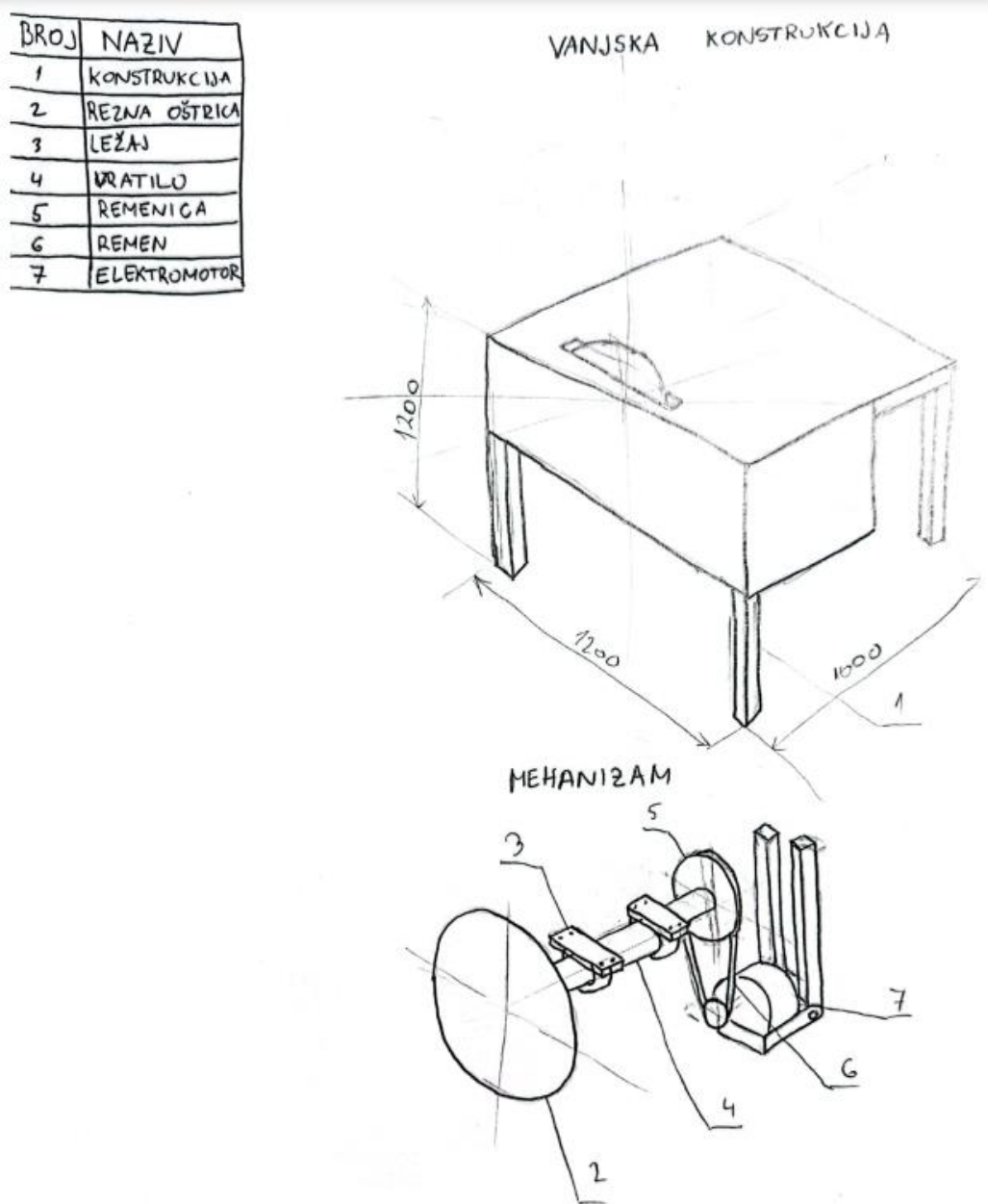
1.2.2 Koncept 2



8. Koncept 2

Korisnik postavi granu između vodilica na početku uređaja, osiguravajući da grana bude pravilno usmjerena prema disku oštrice te nakon toga ju gura prema uređaju. Uređaj radi u dva ciklusa, pomoću klipnog mehanizma (4) se disk oštrice pomiče lijevo desno odnosno primiče i odmiče od grane. U trenutku kada se primiče grana miruje dok se ne odreže. Nakon rezanja disk se odmiče od grane te korisnik gura granu na daljnju željenu dužinu obrade. Rotacija disk pile se ostvaruje elektromotorom (6) preko vratila. Cijeli sustav se nalazi na kliznim ležajevima (3) što omogućuje njegov aksijalni pomak.

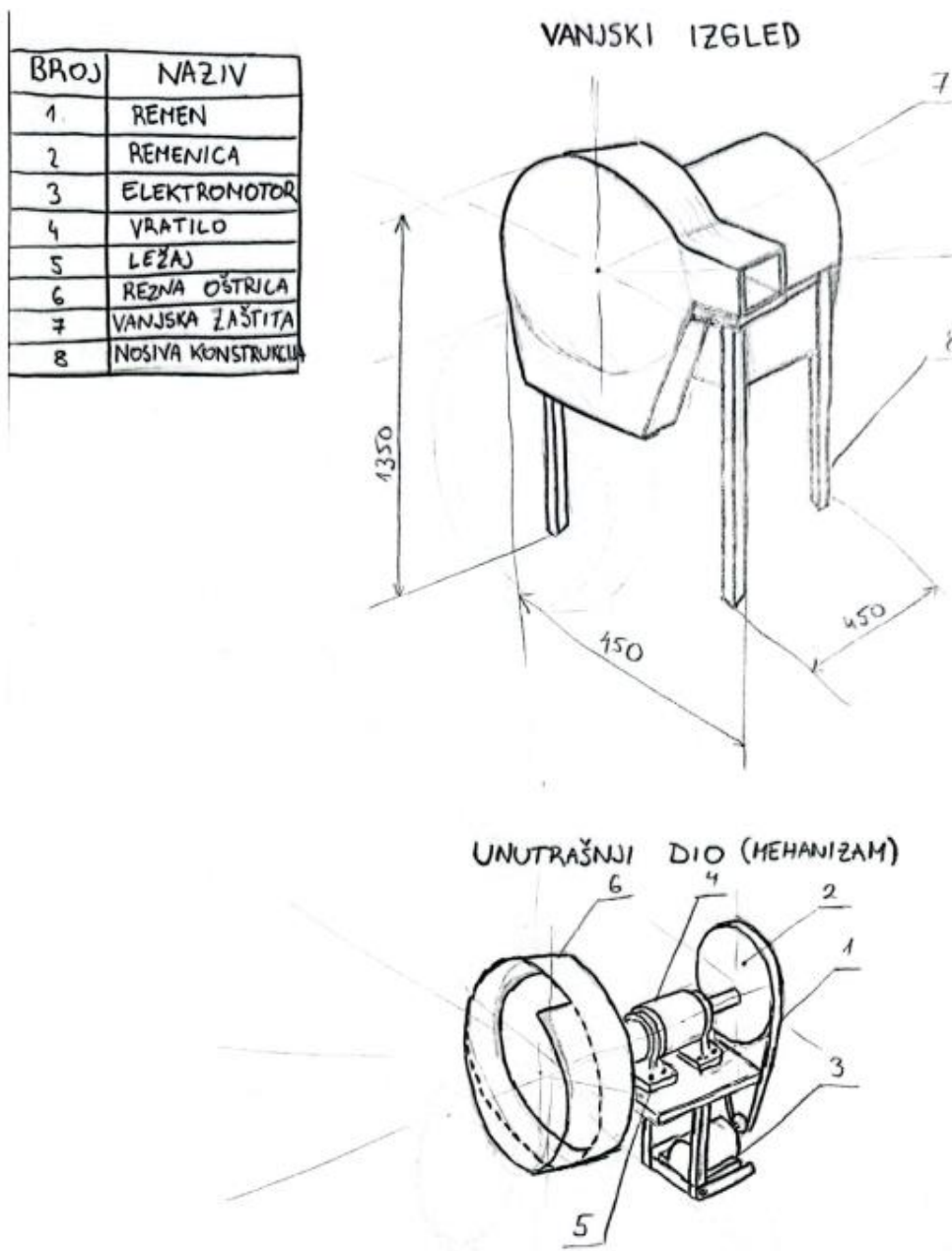
1.2.3 Koncept 3



9. Koncept 3

Posebnost ovog uređaja je što oštrica nije aksijalno pokretna te potrebno je primicanje grane prema oštrici. Grana se postavlja na područje predviđeno za prihvat grane. Korisnik drži granu i s lijeve i s desne strane te primiče prema oštrici (2) čime omogućava njezino rezanje. Rotacija disk pile je ostvarena preko elektromotora (6) koji rotacijom remena (7) okreće vratilo (4) na kojem se nalazi disk pila.

1.2.4 Koncept 4

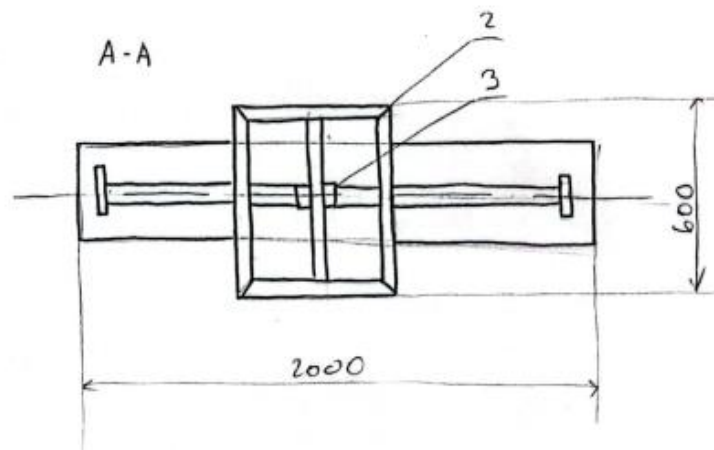
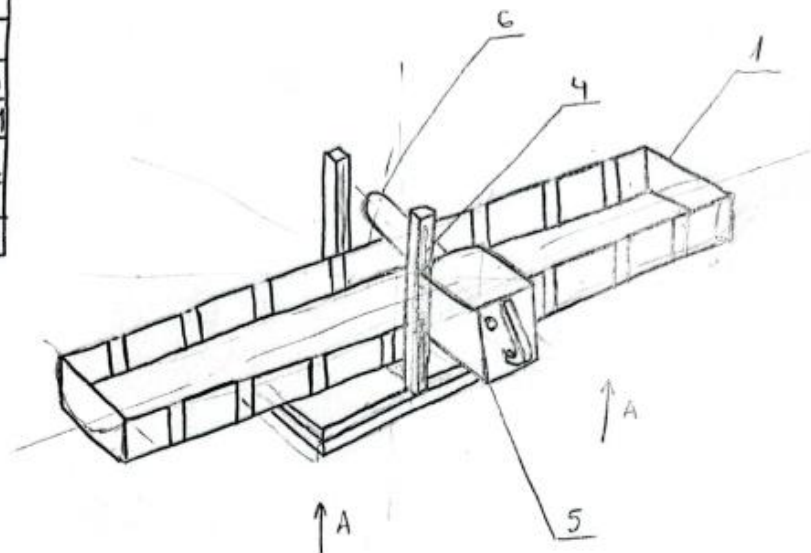


10. Koncept 4

Korisnik gura granu kroz utor predviđen za prihvat grane. Rotacijom bubnja u smjeru kazaljke na satu povećava se presjek bubnja te se zatvara otvor u koji smo postavili granu te tako pomoću rezne oštrice (6) sječe granu. Rotacija bubnja se ostvaruje preko vratila (4) kojeg rotira elektromotor (3) preko remena (1) i remenice (2).

1.2.5 Koncept 5

| BROJ | NAZIV |
|------|----------------|
| 1 | POSUDA |
| 2 | KONSTRUKCIJA |
| 3 | KLIZNI LEŽAJ 1 |
| 4 | KLIZNI LEŽAJ 2 |
| 5 | MEHANIČKI |
| 6 | REZNA OŠTRICA |



11. Koncept 5

Korisnik postavlja grane u posudu (1). Posudi je omogućen aksijalni pomak u smjeru lijevo-desno pomoću kliznog ležaja (3). Pila sa lancem koju pokreće elektromotor se može aksijalno pomicati u smjeru gore-dolje preko kliznog ležaja (4). Nakon što korisnik spremi grane u posudu, pomiče posudu tako da prvi utor za rezanje na posudi bude na mjestu gdje je rezna oštrica. Nakon toga korisnik pomiče pilu prema dolje te tako pila grane. Postupak se ponavlja za sve utore te se nakon toga odrezane grane izvade iz posude.

1.3 Vrednovanje konceptata

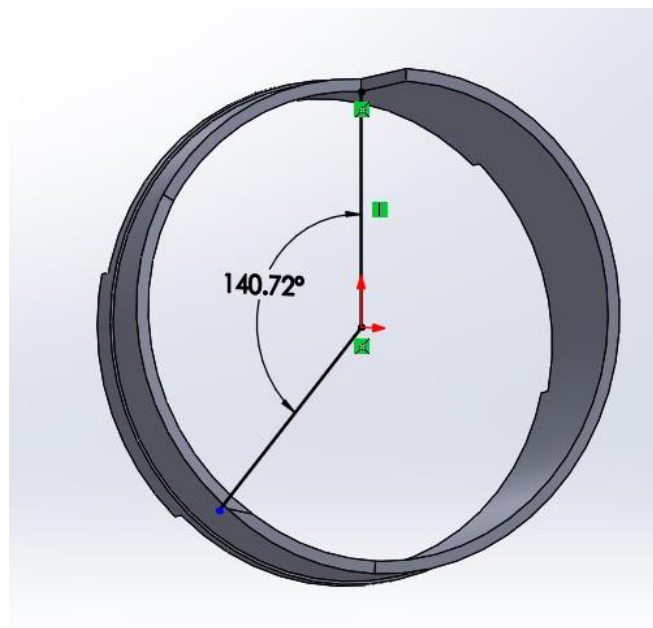
Tablica 3. Vrednovanje konceptata

| Funkcije | Koncept 1 | Koncept 2 | Koncept 3 | Koncept 4 | Koncept 5 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Efikasnost | 0 | 0 | + | + | - |
| Jednostavnost uporabe | 0 | + | + | + | - |
| Korišteni fizički napor | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| Dimenzije uređaja | 0 | - | + | + | + |
| Jednostavnost prihvata grane | 0 | 0 | 0 | - | + |
| Duljina grane | 0 | 0 | 0 | - | + |
| Duljina isječene grane | 0 | 0 | 0 | - | 0 |
| Brzina rezanja | 0 | - | - | + | - |
| IP5+ | 0 | 0 | - | 0 | - |
| Pohrana isječenih grana | 0 | - | - | + | + |
| Sigurnost pri uporabi | 0 | - | - | + | - |
| Mogućnost brzog zaustavljanja | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| Suma | 0 | -3 | -1 | +3 | -1 |

Kao referentni koncept uzeli smo koncept 1 te prema njemu uspoređivali ostale koncepte prema traženim funkcijama. Utvrdili smo kako koncept 4 najviše zadovoljava naše potrebe te prema tome ćemo dalje ići u konstrukcijsku razradu istoga.

2 Proračun

Potrebna brzina vrtnje bubnja ograničena je prema dimenzijama bubnja te vremenu potrebnom za translaciju drva na sljedeći položaj rezanja. Radi zahtjeva da odrezano drvo bude do 300 mm duljine, određeno je da promjer bubnja bude 300 mm. S obzirom da je potrebno odrezati granu promjera 50 mm, razlika u širini bubnja na početku promjene presjeka te na kraju bi trebala biti minimalno 50 mm.



12. Kut oštrice bubnja

Kut noža koji nema oštrice je 140 stupnjeva. Vrijeme potrebno za translaciju drveta za 300 mm je oko 1 s.

$$n_m < \frac{\varphi}{360} \cdot T_m$$

Gdje je:

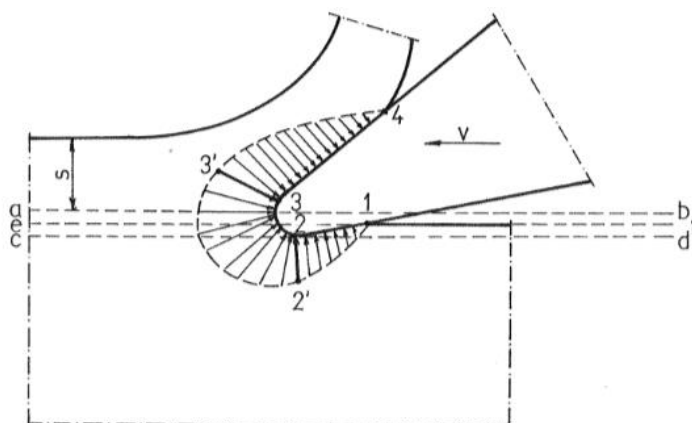
T_m – vrijeme potrebno za translaciju u minutama,

φ - kut na bubnju bez oštrice

$$n_m < \frac{140}{360} \cdot 60 = 23.33 \text{ o/min}$$

2.1 Proračun sile rezanja

Proračun sile rezanja drveta je ključan za optimizaciju procesa obrade, izbor dimenzija alata i parametara rada. U narednom dijelu napraviti ćemo proračun sile rezanja drveta uzimajući u obzir ključne parametre obrade i karakteristike materijala.



13. Prikaz sile rezanja

Sila rezanja računa se prema izrazu iz [11]:

$$F_r = K_r \cdot B \cdot s$$

Gdje je:

K_r – koeficijent jediničnog otpora rezanja,

B – maksimalna širina drveta

$B = 50 \text{ mm}$

s – debljina strugotine

Sila raste povećanjem debljine strugotine sve dok debljine strugotine ne dođe do određene veličine kada nož ne odvaja strugotinu nego direktno ulazi u drvo te tada povećanjem udaljenosti od kraja drveta, sila ostaje ista. Ta je veličina jednaka maksimalnoj debljini noža te u našem slučaju je to 4 mm.

$$K_r = K_\varphi \cdot K_d \cdot K_s \cdot K_\rho \cdot K_\delta \cdot K_{vl}$$

2.1.1 Vrijednosti pojedinih koeficijenata i faktora

Jedinični otpor za poprečno rezanje (K_φ)

| Smjer rezanja | Oznaka | Sustav | Kut između pravca brzine i drvnih vlakana | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|---|------|-----|-----|-----|------|
| | | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° |
| Tangenvijanlo- | | 1 | 5 | 6 | 9 | 13 | 17 | 19 |
| poprečni | ⊥ - ≠ | 2 | 12 | 18 | 22 | 34 | 44 | 51 |
| Poprečno- | | 1 | 7 | 8,5 | 11 | 14 | 17 | 19 |
| uzdužni | ⊥ - | 2 | 22 | 26 | 30 | 36 | 44 | 51 |
| Uzdužno- | | 1 | 7 | 6,5 | 6 | 5,5 | 5,3 | 5,1 |
| tangencijalni | - ≠ | 2 | 22 | 20,5 | 19 | 17 | 14 | 12,5 |

14. Vrijednosti jediničnog otpora za poprečno rezanje [11]

Veličina K_φ ovisi o kutu rezanja te načinu rezanja. Za konkretni slučaj, uređaj poprečno reže drvo te smjer kretanja oštrice je pod kutom od 45° u odnosu na smjer vlakana drva. Stoga K_φ iznosi:

$$K_\varphi = 34 \text{ N/mm}^2$$

Korekcijski faktori pri rezanju različitih vrsta drva (k_d)

| Vrsta mekog drva | Koeficijent k_d | Vrsta tvrdog drva | Koeficijent k_d |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Lipa | 0,8 | Breza | 1,2 – 1,3 |
| Joha | 0,85 | Bukva | 1,3 – 1,5 |
| Smreka | 0,9 – 1,0 | Hrast | 1,5 – 1,6 |
| Jela | 1,0 – 1,05 | Jasen | 1,5 – 2,0 |
| Ariš | 1,05 – 1,1 | | |

15. Korekcijski faktor k_d

Korekcijski faktor k_d za konkretni slučaj iznosi:

$$k_d = 1,5$$

Korekcijski faktori u ovisnosti o promjeni debljine strugotine (k_s)

| Vrsta drva | Srednja debljina strugotine s , mm | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 1 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| Meko drvo | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 2,9 | 3,3 | 3,6 | 4,2 |
| Tvrdo drvo | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 4,4 | 5,1 | 7,0 |

16. Korekcijski faktor k_s

Debljina strugotine je maksimalna te stoga je faktor jednak:

$$k_s = 1,0$$

Korekcijski faktor u ovisnosti o promjeni polumjera zaobljenja rezne oštrice

| Stanje oštrice | Polumjer zaobljenja reznog brida ρ , μm | Korekcijski koeficijent k_ρ |
|----------------|--|-------------------------------------|
| | Oštra | 2 – 10 |
| 14 - 25 | | 1,10 |
| Srednje oštra | 26 – 30 | 1,20 |
| | 35 - 40 | 1,30 |
| Zatupljena | 41 – 45 | 1,40 |
| | 46 - 50 | 1,50 |
| Tupa | 51 – 55 | 1,55 |
| | 56 - 60 | 1,60 |

17. Korekcijski faktor k_ρ

Polumjer zaobljenja reznog brida je minimalan kako bi potrebna sila bila što manja.

$$k_\rho = 1,1$$

Korekcijski faktori u ovisnosti o promjeni kuta rezanja oštrice, odnosno prednjeg kuta za sva tri osnovna smjera rezanja

| Smjer rezanja | Oznaka | Kut rezanja ρ | | | | | | | | |
|---------------|-------------|--------------------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | 30° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° |
| Tangencijalni | \neq | 0,8 | 0,9 | 0,93 | 0,97 | 1,0 | 1,05 | 1,1 | 1,15 | 1,2 |
| Uzdužni | \parallel | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,13 | 1,3 | 1,48 | 1,7 |
| Poprečni | \perp | - | 0,63 | 0,73 | 0,86 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,65 | 2,0 |

18. Korekcijski faktor kuta rezanja

Za poprečno rezanje uz kut od 45°, vrijednost faktora je:

$$K_{\delta} = 0,63$$

Korekcijski faktori u ovisnosti o promjeni vlažnosti drva (k_{vl}) za zatvoreni i otvoreni rez

| Stanje vlažnosti | % | Otvoreni rez | Zatvoreni rez |
|------------------|-------|--------------|---------------|
| Plavljeno drvo | >70 | 0,85 | 1,15-1,17 |
| Svježe posječeno | 50-70 | 0,88-0,90 | 1,10-1,15 |
| Prosušeno | 25-30 | 0,93-0,95 | 1,05-1,10 |
| Suho | 10-15 | 1,0 | 1,0 |
| Vrlo suho | 5-8 | 1,1 | 0,9 |

19. Korekcijski faktor vlažnosti drva

Uzet ćemo maksimalnu vrijednost za najnepovoljnije uvjete te tada vrijednost faktora vlažnosti je:

$$k_{vl} = 1,15$$

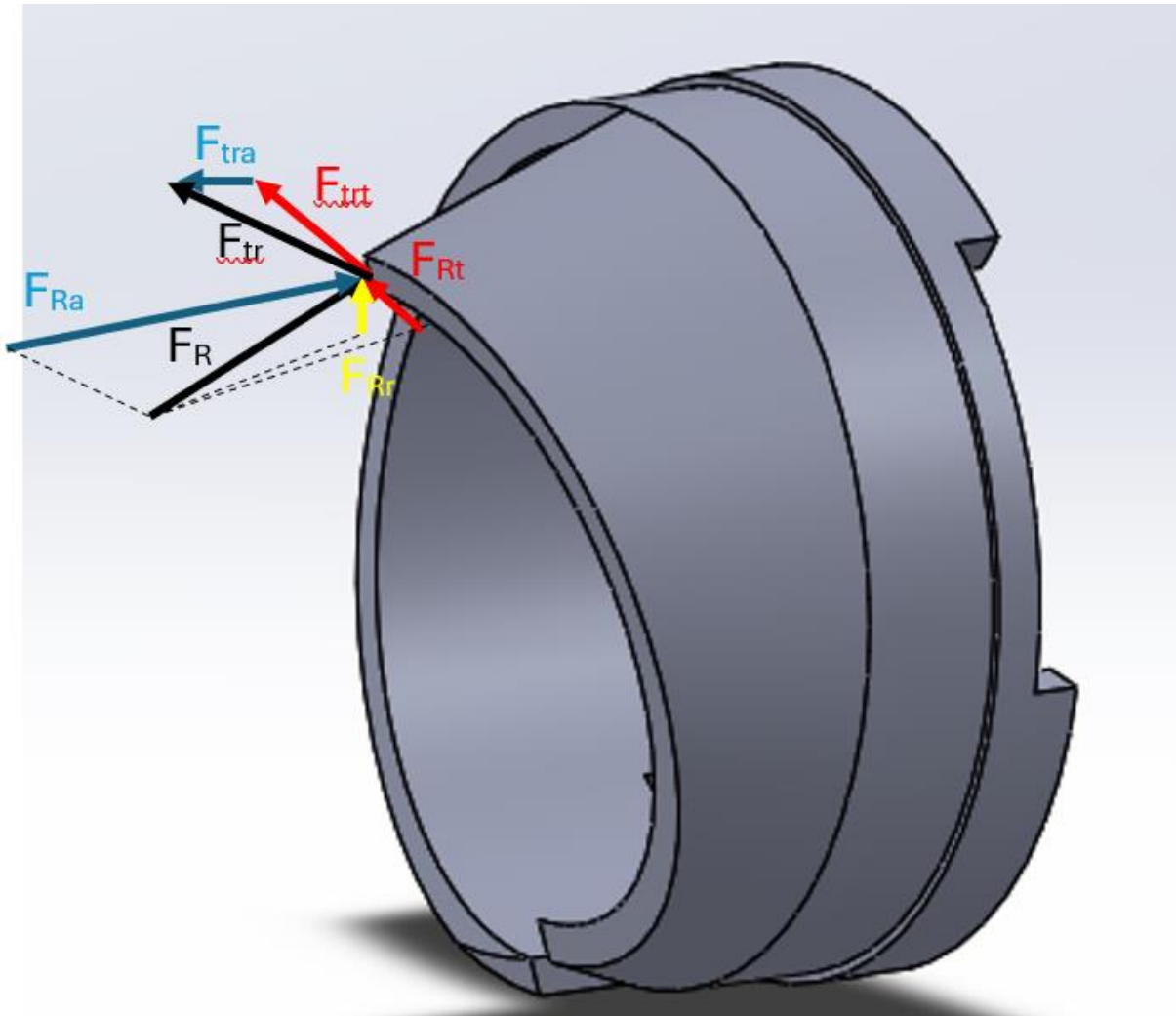
Na temelju svih faktora te prema jednadžbi, vrijednost jediničnog otpora rezanja jednaka je:

$$K_r = 34 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,63 \cdot 1 \cdot 1,15 = 40,64 \text{ N/mm}^2$$

Prema tome sila rezanja iznosi:

$$F_r = 40,64 \cdot 50 \cdot 4 = 8128,9 \text{ N}$$

2.2 Smjerovi djelovanja sile rezanja



20. Smjerovi djelovanja komponenti sila rezanja

Silu rezanja se sastoji od aksijalne, tangencijalne i radijalne komponente gdje je:

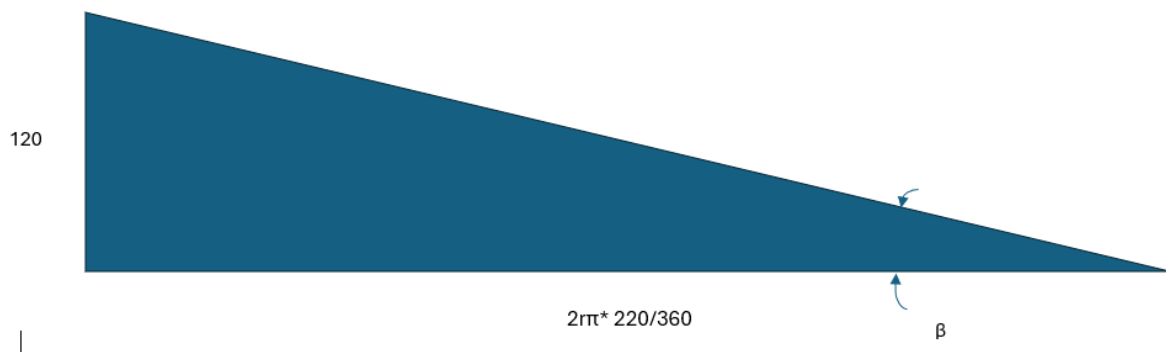
$$F_{Rr} = F_R \cdot \sin \alpha = 8128,9 \cdot \sin 20 = 2780,2 \text{ N}$$

$$F_{Rx} = \sqrt{F_R^2 - F_{Rr}^2} = \sqrt{8128,9^2 - 2780,2^2} = 7638,7 \text{ N}$$

α – kut između smjera djelovanja sile rezanja i njene aksijalne komponente

$$F_{Rt} = F_{Rx} \cdot \sin \beta$$

β – kut između smjera djelovanja tangencijalne sile i sile rezanja



21. Razvučeni izgled noža

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{120}{2r\pi}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{120}{2 \cdot 300 \cdot \pi}\right) = 3,643^\circ$$

$$F_{Rt} = 7638,7 \cdot \sin 3,643^\circ = 485,3 \text{ N}$$

$$F_{Ra} = F_{Rx} \cdot \cos \beta = 7638,7 \cdot \cos 3,643^\circ = 7623,3 \text{ N}$$

Sila trenja F_{tr} na nožu iznosi:

$$F_{tr} = F_R \cdot \mu$$

$\mu = 0,3$, za dodir drvo/čelik

$$F_{tr} = 8128,9 \cdot 0,3 = 2438,7 \text{ N}$$

$$F_{tra} = F_{tr} \cdot \sin \beta = 2438,7 \cdot \sin 3,643^\circ = 155 \text{ N}$$

$$F_{trt} = F_{tr} \cdot \cos \beta = 2438,7 \cdot \cos 3,643^\circ = 2433,8 \text{ N}$$

2.3 Sile na vratilu

Komponente sile rezanja koje djeluju na početku noža translahirane su na početak vratila te je:

$$F_{Ra_{uk}} = F_{Ra} - F_{tra} = 7623,3 - 155 = 7468,3 \text{ N}$$

$$F_{Rr} = 2780,2 \text{ N}$$

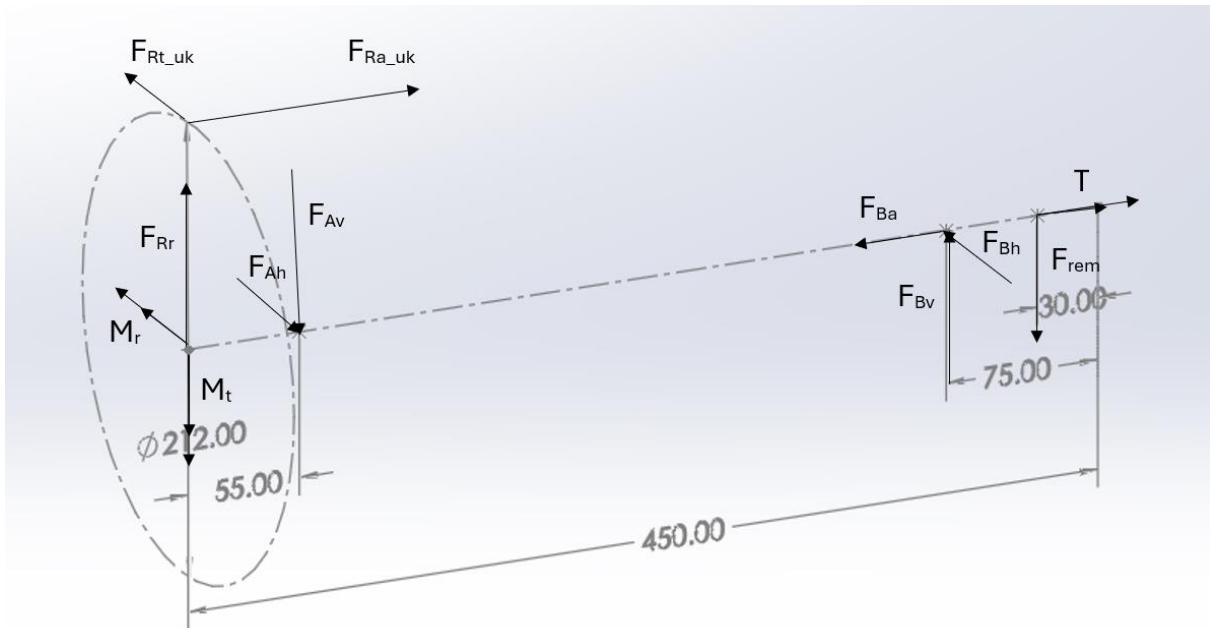
$$F_{Rt_{uk}} = F_{Rt} + F_{trt} = 485,3 + 2433,8 = 2918,8 \text{ N}$$

$$M_t = F_{Rt_{uk}} \cdot 185 = 2918,8 \cdot 185 = 539978 \text{ Nmm}$$

$$M_r = F_{Rr} \cdot 185 = 2780,2 \cdot 185 = 514337 \text{ Nmm}$$

$$T = F_{Rt_{uk}} \cdot 106 = 2918,8 \cdot 106 = 310252 \text{ Nmm}$$

Dimenzije udaljenosti sila su očitane iz skice 3D modela u SolidWorksu.



22. Opterećenje vratila

Sila remenice se računa preko snage remenice te brzine okretanja.

Snaga koju prenosi remenica je umnožak momenta i kutne brzine:

$$P_{REM} = T \cdot \omega_{REM} = 310,25 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{23,33}{60}$$

$$P_{REM} = 758 \text{ W}$$

Maksimalna sila na obodu remenice računa se prema izrazu:

$$F_o = \frac{2T}{d_{rem}} = \frac{2 \cdot 310,25}{0,25} = 2482 \text{ N}$$

$$F_1 = F_o \cdot \frac{e^{\mu\beta(rad)}}{e^{\mu\beta(rad)} - 1}$$

$$F_2 = F_o \cdot \frac{1}{e^{\mu\beta(rad)} - 1}$$

Za izračun kuta β kod remenica potrebne su dimenzije manje i veće remenice. Dimenzija veće remenice je 250 mm dok dimenzija manje remenice ovisi o prijenosnom omjeru elektromotora na vratilo. Stoga ćemo prvo odabrati elektromotor.

Elektromotor se bira prema zahtjevima snage i brzine vrtnje, uzimajući u obzir radne karakteristike sistema i specifične tehničke zahtjeve aplikacije.

Odabran je elektromotor CG062-11P-90S/L-04E iz kataloga WEG motorsa. U tablici se nalaze tehničke specifikacije odabranog elektromotora.

Tablica 4. Specifikacije elektromotora

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| P (snaga elektromotora) | 1,1 kW |
| Brzina vrtnje elektromotora | 98 min ⁻¹ |
| Izlazni moment reduktora | 107 Nm |
| Frekvencija | 50 Hz |
| Masa elektromotora | 36 kg |

Potrebni minimalni moment na izlazu reduktora se računa prema izrazu:

$$M_{min} = T \cdot \frac{n_{vr}}{n_{em}} = 310,25 \cdot \frac{23,33}{98} = 73,87 \text{ Nm}$$

Izlazni moment reduktora zadovoljava zahtjeve.

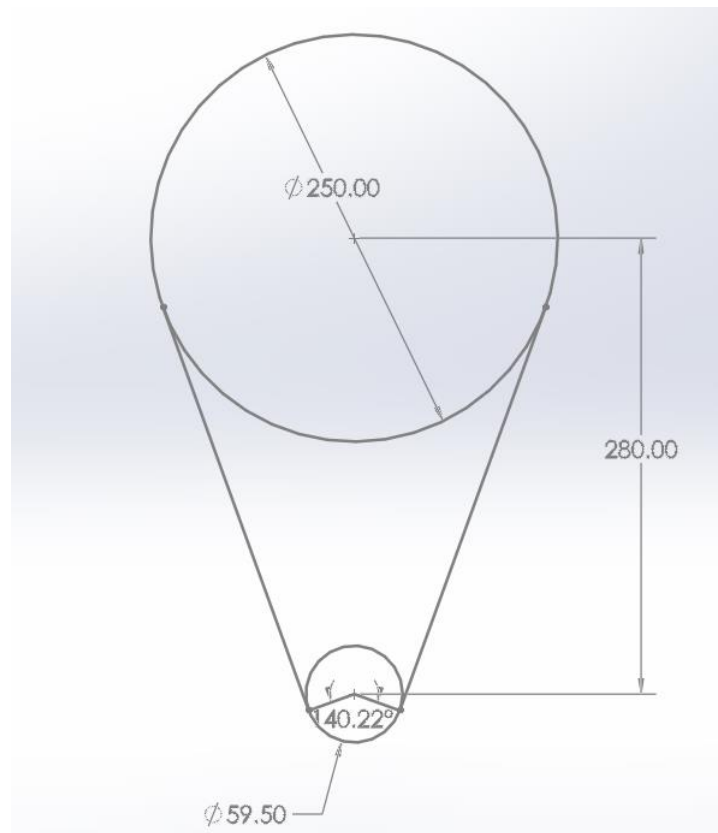
Promjer manje remenice jednak je:

$$i = \frac{n_{em}}{n_{vr}} = \frac{d_v}{d_m} = \frac{98}{23,33} = 4,2$$

$$d_m = \frac{d_v}{i} = \frac{250}{4,2} = 59,5 \text{ mm}$$

Razmak između remenica (a) odabran je prema minimalnim potrebnim zahtjevima te iznosi 280 mm.

Izgled remenskog prijenosnika prikazan je slici.



23. Izgled remenskog prijenosnika

Iz skice je očitano kut β koji iznosi $140,22^\circ$ što je u radijanima:

$$\beta(\text{rad}) = \frac{\beta}{180} \cdot \pi = \frac{140,22}{180} \cdot \pi = 2,4$$

Kao materijal remena odabran je guma pamuk te stoga faktor trenja remena iznosi:

$$\mu = 0,5$$

Na temelju odabranih dimenzija i karakteristika sile u remena iznosi:

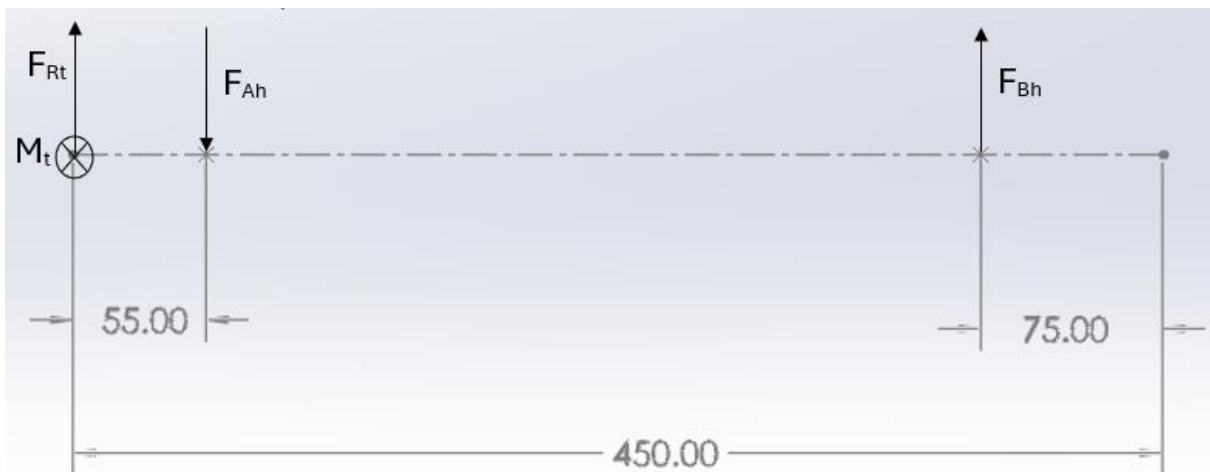
$$F_1 = 2482 \cdot \frac{e^{0,5 \cdot 2,4}}{e^{0,5 \cdot 2,4} - 1} = 3627,84 \text{ N}$$

$$F_2 = 2482 \cdot \frac{1}{e^{0,5 \cdot 2,4} - 1} = 1145,84 \text{ N}$$

Ukupna sila remenice se računa prema izrazu:

$$\begin{aligned}
 F_{rem} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \beta} \\
 &= \sqrt{3627,84^2 + 1145,84^2 - 2 \cdot 3627,84 \cdot 1145,84 \cdot \cos 132,05} \\
 F_{rem} &= 4476,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2.3.1 Horizontalna ravnina vratila

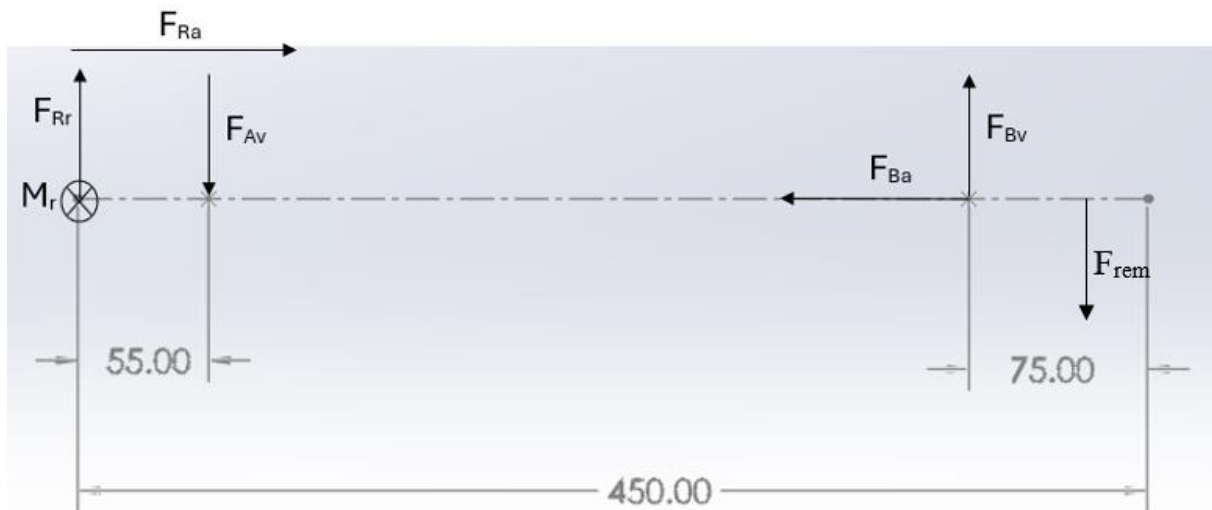


24. Horizontalna ravnina

Sile reakcije u osloncima:

$$\begin{aligned}
 \sum F_h &= 0 \\
 F_{Rt} - F_{Ah} + F_{Bh} &= 0 \\
 F_{Ah} &= F_{Rt_{uk}} + F_{Bh} \\
 \sum M_A &= 0 \\
 M_t + F_{Rt_{uk}} \cdot 55 - F_{Bh} \cdot 320 &= 0 \\
 F_{Bh} &= \frac{M_t + F_{Rt_{uk}} \cdot 55}{320} = \frac{55796 + 2918,8 \cdot 55}{320} \\
 F_{Bh} &= 676 \text{ N} \\
 F_{Ah} &= 3594,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2.3.2 Vertikalna ravnina vratila



25. Vertikalna ravnina

Sile reakcije u osloncima su:

$$\sum F_a = 0$$

$$F_{Ba} = F_{Ra_uk} = 7638,7 \text{ N}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$F_{Rr} - F_{Av} + F_{Bv} - F_{rem} = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_r + F_{Rr} \cdot 55 + F_{Ra_uk} \cdot 123 - F_{Bv} \cdot 320 + F_{rem} \cdot 365 = 0$$

$$F_{Bv} = \frac{M_r + F_{Rr} \cdot 55 + F_{Ra} \cdot 123 + F_{rem} \cdot 365}{320}$$

$$= \frac{514337 + 2780,2 \cdot 55 + 7468,3 \cdot 123 + 4476,9 \cdot 365}{320}$$

$$F_{Bv} = 10062,2 \text{ N}$$

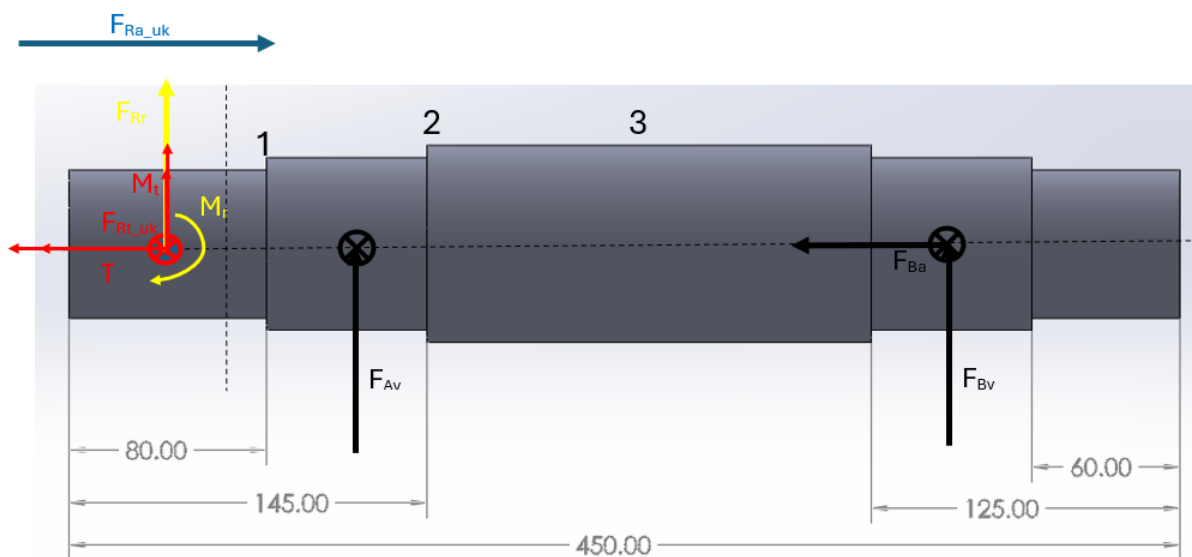
$$F_{Av} = 8365,5 \text{ N}$$

Proračun dimenzija izvršit će se prema sumi reakcija oslonaca valjnih ležajeva na mjestu oslonca A.

$$F_A = \sqrt{F_{Ah}^2 + F_{Av}^2} = \sqrt{3594,8^2 + 8365,5^2} = 9105,2 \text{ N}$$

2.4 Proračun vratila

Na slici je prikazani 3D izgled vratila sa ucrtanim silama u vertikalnoj ravnini te kritični presjeci:



26. Kritični presjeci vratila

Momenti savijanja u pojedinim presjecima:

Presjek 1

$$M_1 = \sqrt{M_{1H}^2 + M_{1V}^2} = \sqrt{1417237,8^2 + 423226^2}$$

$$M_{1H} = M_r + F_{Ra_uk} \cdot 106 + F_{Rr} \cdot 40 = 514337 + 7468,8 \cdot 106 + 2780,2 \cdot 40$$

$$M_{1H} = 1417237,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{1V} = M_t - F_{Rt_uk} \cdot 40 = 539978 - 2918,8 \cdot 40$$

$$M_{1V} = 423226 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = 1601154,8 \text{ Nmm}$$

Presjek 2

$$M_2 = \sqrt{M_{2H}^2 + M_{2V}^2} = \sqrt{1333084,8^2 + 355942^2}$$

$$M_{2H} = M_r + F_{Ra_uk} \cdot 106 + F_{Rr} \cdot 100 - F_{Av} \cdot 30$$

$$= 514337 + 7468,8 \cdot 106 + 2780,2 \cdot 100 - 8365,5 \cdot 30$$

$$M_{2H} = 1333084,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{2V} = M_t - F_{Rt_uk} \cdot 100 + F_{Ah} \cdot 30 = 539978 - 2918,8 \cdot 100 + 3594,8 \cdot 30$$

$$M_{2V} = 355942 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = 1379786,1 \text{ Nmm}$$

Presjek 3

$$M_3 = \sqrt{M_{3H}^2 + M_{3V}^2} = \sqrt{830407,8^2 + 416782^2}$$

$$M_{3H} = M_r + F_{Ra_uk} \cdot 106 + F_{Rr} \cdot 190 - F_{Av} \cdot 120$$

$$= 514337 + 7468,8 \cdot 106 + 2780,2 \cdot 190 - 8365,5 \cdot 120$$

$$M_{3H} = 830407,8 \text{ Nmm}$$

$$M_{3V} = M_t - F_{Rt_uk} \cdot 190 + F_{Ah} \cdot 120 = 539978 - 2918,8 \cdot 190 + 3594,8 \cdot 120$$

$$M_{3V} = 416782 \text{ Nmm}$$

$$M_3 = 929131 \text{ Nmm}$$

Reducirani momenti u pojedinim presjecima:

$$M_{RED1} = \sqrt{M_1^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)^2}$$

$$T = F_{Rt_uk} \cdot 106 = 2918,8 \cdot 106 = 309392,8 \text{ Nmm}$$

Veličine za proračun dimenzije α_0 ovise o materijalu vratila. Za materijal vratila uzeli smo St 60-2.

$$\sigma_{fDN} = 280 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{tDI} = 220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{fDN}}{1,73 \tau_{tDI}} = \frac{280}{1,73 \cdot 220} = 0,736$$

$$M_{RED1} = \sqrt{M_1^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)} = \sqrt{1601154,8^2 + 0,75 \cdot (0,736 \cdot 309392,8)^2}$$

$$M_{RED1} = 1613253 \text{ Nmm}$$

$$M_{RED2} = \sqrt{M_2^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)} = \sqrt{1379786,1^2 + 0,75 \cdot (0,736 \cdot 309392,8)^2}$$

$$M_{RED2} = 1393807,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{RED3} = \sqrt{M_3^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T)} = \sqrt{929131^2 + 0,75 \cdot (0,736 \cdot 309392,8)^2}$$

$$M_{RED3} = 928102,2 \text{ Nmm}$$

Promjeri vratila:

$$dop \sigma_{fDN} = \frac{\sigma_{fDN}}{4} = 70 \text{ N/mm}^2$$

$$d_1 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{RED1}}{dop \sigma_{fDN}}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{1613253}{70}}$$

$$d_1 = 61,75 \text{ mm, odabrano } 60 \text{ mm}$$

$$d_2 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{RED2}}{dop \sigma_{fDN}}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{1393807,5}{70}}$$

$$d_2 = 58,82 \text{ mm, odabrano } 65 \text{ mm}$$

$$d_3 = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{RED3}}{dop \sigma_{fDN}}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{928102,2}{70}}$$

$$d_3 = 51,36 \text{ mm, odabrano } 70 \text{ mm}$$

Kontrolni proračun faktora sigurnosti u pojedinim presjecima s obzirom na koncentracije naprezanja:

Presjek 1:

$$\beta_{kf1} (\rho=2\text{mm}, D/d=65/60) = 1,154$$

$$\beta_{kt1} = 1,115$$

$$b_1=0,8$$

$$b_2=0,92$$

$$\sigma_{RED1} = \frac{M_{RED1'}}{W_1} = \frac{1860559}{21600} = 86,14 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{RED1'} = \sqrt{(M_1 \cdot \beta_{kf1})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{kt1})^2}$$

$$= \sqrt{(1601154,8 \cdot 1,154)^2 + 0,75 \cdot (0,73 \cdot 309392,8 \cdot 1,115)^2}$$

$$M_{RED1'} = 1860559 \text{ Nmm}$$

$$W_1 = 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 60^3 = 21600 \text{ mm}^3$$

Stvarni faktor sigurnosti na presjeku 1:

$$S_1 = \frac{\sigma_{fDN} \cdot b_1 b_2}{\sigma_{RED1}} = \frac{280 \cdot 0,8 \cdot 0,92}{86,14} = 2,39$$

Vratilo na presjeku 1 zadovoljava.

Presjek 2:

$$\beta_{kf2} (\rho=2\text{mm}, D/d=70/65) = 1,231$$

$$\beta_{kt2} = 1,279$$

$$b_1=0,78$$

$b_2=0,92$

$$\sigma_{RED2} = \frac{M_{RED2'}}{W_2} = \frac{1607139,6}{27462,5} = 58,52 \text{ N/mm}^2$$

$$W_2 = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 65^3 = 27462,5 \text{ mm}^3$$

$$M_{RED2'} = \sqrt{(M_2 \cdot \beta_{kf2})^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot T \cdot \beta_{kt2})^2}$$

$$= \sqrt{(1379786,1 \cdot 1,231)^2 + 0,75 \cdot (0,73 \cdot 37097 \cdot 1,279)^2}$$

$$M_{RED2'} = 1607139,6 \text{ Nmm}$$

Stvarni faktor sigurnosti na presjeku 2:

$$S_2 = \frac{\sigma_{fDN} \cdot b_1 b_2}{\sigma_{RED2}} = \frac{280 \cdot 0,78 \cdot 0,92}{58,52} = 3,433$$

Vratilo zadovoljava na presjeku 2.

Presjek 3:

$$\sigma_{RED3} = \frac{M_{RED3}}{W_3} = \frac{929131}{34300} = 27,09 \text{ N/mm}^2$$

$$W_3 = 0,1 \cdot d_3^3 = 0,1 \cdot 70^3 = 34300 \text{ mm}^3$$

Stvarni faktor sigurnosti na presjeku 3:

$$S_3 = \frac{\sigma_{fDN}}{\sigma_{RED3}} = \frac{280}{27,09} = 10,34$$

Vratilo također zadovoljava i na presjeku 3.

2.5 Proračun ležajeva

Ležajevi se proračunavaju prema dinamičkoj izdržljivosti koja se računa prema:

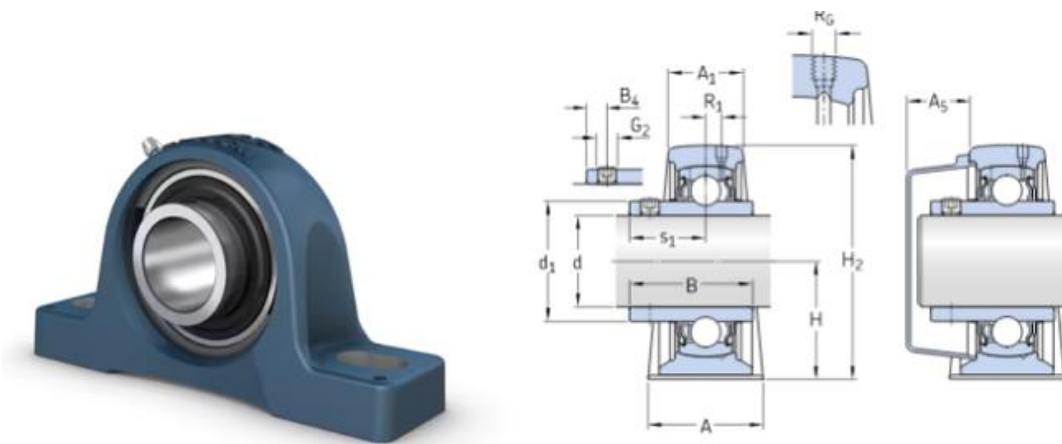
$$C_1 = P \cdot \left(\frac{60 \cdot n_m \cdot L_{10hmin}}{10^6} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}}$$

Na ležaj u osloncu A djeluje sila F_A te je ona jednaka vrijednosti P . Brzina vrtnje u minutama iznosi 23,33 okretaja po minuti te eksponent vijeka trajanja ležaja iznosi 3 jer odabrani ležaj ima dodir u točki. Zahtijevani vijek trajanja prema [9] iznosi 6000 h.

$$C_1 = 9105,2 \cdot \left(\frac{60 \cdot 23,33 \cdot 6000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C_1 = 18508,1 \text{ N}$$

Odabran je ležaj SY 65 TF. Na slici mogu se vidjeti njegovi podaci.



Dimensions

| | |
|------------------------------------|---------|
| Attachment bolt diameter | 20 mm |
| Shaft diameter | 65 mm |
| Centre height (pillow block) | 76.2 mm |
| Housing overall width | 65 mm |
| Centre distance between bolt holes | 203 mm |
| Bearing width, total | 68.3 mm |

Performance

| | |
|---------------------------|--|
| Basic dynamic load rating | 57.2 kN |
| Basic static load rating | 40 kN |
| Limiting speed | 3 000 r/min |
| Note | Limiting speed with shaft tolerance h6 |

27. Ležaj SKF SY 65 TF

Ležaj u osloncu B uz radijalno prenosi i aksijalno opterećenje. Brzina vrtnje u minutama je jednaka i iznosi 23,33 okretaja po minuti. Zahtijevani nazivni vijek trajanja ležaja u satima prema [9] iznosi 6000 h. Aksijalno opterećenje F_{Ba} u osloncu B iznosi 7638,7 N dok se radijalno opterećenje računa prema izrazu:

$$P_{rB} = \sqrt{F_{Bv}^2 + F_{Bh}^2} = \sqrt{676^2 + 10062,2^2}$$
$$P_{rB} = 10084,9 \text{ N}$$

Iz omjera aksijalne i radijalne sile dobit će se traženi utjecaji pojedinih sila u proračunu ležaja.

$$\frac{F_a}{F_R} = \frac{7638,7}{10084,9} = 0,757$$

Prema [9] koeficijent referentne vrijednosti e iznosi 0,28 te omjer $F_a/F_R > e$ stoga opterećenje ležaja se računa prema izrazu:

$$P = X \cdot F_R + Y \cdot F_a$$

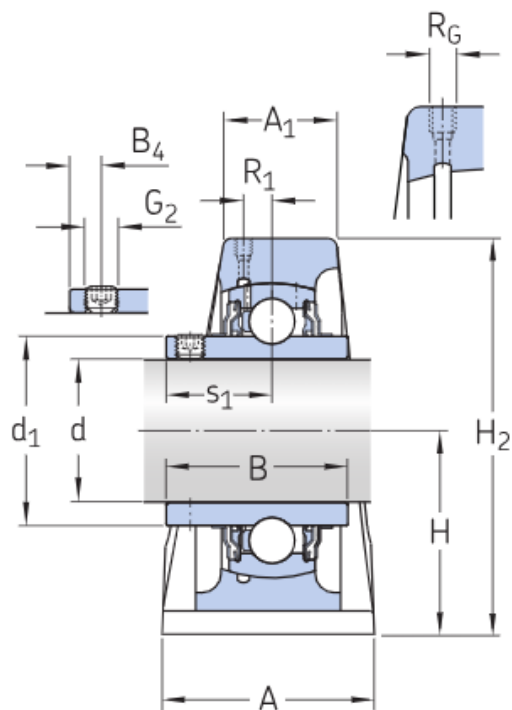
Očitavanjem iz tablice prema [9] faktor X iznosi 0,56 dok faktor Y iznosi 1,55.

$$P = 0,56 \cdot 10084,9 + 1,55 \cdot 7638,7$$
$$P = 17487,5 \text{ N}$$

Prema tome dinamička izdržljivost iznosi:

$$C_1 = 17487,5 \cdot \left(\frac{60 \cdot 23,33 \cdot 6000}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$
$$C_1 = 35546,77 \text{ N}$$

Odabran je UCP 213. Na slici se mogu vidjeti njegovi podaci i izgled.



Dimensions

| | |
|------------------------------------|---------|
| Attachment bolt diameter | 20 mm |
| Shaft diameter | 65 mm |
| Centre height (pillow block) | 76.2 mm |
| Housing overall width | 72 mm |
| Centre distance between bolt holes | 203 mm |
| Bearing width, total | 65.1 mm |

Performance

| | |
|---------------------------|--|
| Basic dynamic load rating | 57.2 kN |
| Basic static load rating | 40 kN |
| Limiting speed | 2 350 r/min |
| Note | Limiting speed with shaft tolerance h6 |

Activate Windows

28. Ležaj SKF UCP 213

2.6 Proračun pera

Pera se proračunavaju na bočni tlak prema formuli prema [2]:

$$p_{boč} = \frac{F_t}{0,5 \cdot h \cdot l_t \cdot i} \leq p_{dop}$$

Tangencijalnu silu na vratilu računamo iz poznatih iznosa momenata na vratilima. Moment na vratilu iznosi $T_V = 310,25$ Nm pa prema tome računamo:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_V}{D_1} = \frac{2 \cdot 310,25}{0,06} = 10341,67 \text{ N}$$

Na oba mjesta se nalazi standardno pero prema normi DIN 6885 za dimenzije vratila od 58 do 65 mm. Prema [1], ostale dimenzije pera su:

$$b = 18 \text{ mm}$$

$$h = 11 \text{ mm}$$

$$t = 7,0 \text{ mm}$$

$$t_l = 3,6 \text{ mm}$$

$$l_t = 50 \text{ mm}$$

Povratkom u izraz za bočni tlak dobije se:

$$p_{boč} = \frac{10341,67}{0,5 \cdot 11 \cdot 50 \cdot 1} = 37,6 \text{ N/mm}^2$$

Prema podacima iz [2] dopušteni pritisak na bočni tlak za čelik pri jakim udarima iznosi 80 N/mm^2 .

Za oba pera uzimamo iste dimenzije te oba pera zadovoljavaju.

2.7 Proračun remena

Snagu koju remen treba prenijeti P_{rem} proračunata je prilikom izračuna sile remenice te njena vrijednost je 758 W. Obodna sila F_o u remenu iznosila je 2482 N.

$$v_{rem} = \frac{\pi \cdot d_m \cdot n_{em}}{60} = \frac{\pi \cdot 0,0595 \cdot 98}{60} = 0,305 \text{ m/s}$$

Zbog ograničenosti u dimenzijama manje remenice odabran je prijenos klinastim remenom profila Z(10) te snaga koju klinasti remen prenosi računa se prema izrazu iz [10]:

$$P = \frac{P_1 \cdot z}{C_{uk}}$$

P je snaga koju remen treba prenijeti i iznosi 758 W. P_1 je jedinična snaga klinastog remena koju ćemo izračunati linearnom interpolacijom iz tablice iz [10]:

| Obodna brzina na v [m/s] | Oznaka profila remena | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | Y | Z | A | B | C | D | E |
| 2 | 0,037 | 0,14 | 0,27 | 0,51 | 0,81 | 1,77 | 2,72 |
| 4 | 0,074 | 0,27 | 0,54 | 0,96 | 1,69 | 3,46 | 5,44 |
| 6 | 0,110 | 0,40 | 0,81 | 1,40 | 2,50 | 5,15 | 8,09 |
| 8 | 0,140 | 0,53 | 1,03 | 1,84 | 3,24 | 6,77 | 10,30 |
| 10 | 0,162 | 0,64 | 1,25 | 2,28 | 3,90 | 8,16 | 12,50 |
| 12 | 0,184 | 0,74 | 1,47 | 2,65 | 4,49 | 9,41 | 14,71 |
| 14 | 0,191 | 0,81 | 1,62 | 2,94 | 5,15 | 10,59 | 16,18 |
| 16 | 0,199 | 0,88 | 1,77 | 3,16 | 5,52 | 11,55 | 17,65 |
| 18 | 0,191 | 0,88 | 1,91 | 3,38 | 5,88 | 12,21 | 19,12 |
| 20 | 0,177 | 0,96 | 1,99 | 3,53 | 6,03 | 12,58 | 19,86 |
| 22 | 0,154 | 0,88 | 1,99 | 3,53 | 6,10 | 12,72 | 19,86 |
| 24 | 0,110 | 0,81 | 1,91 | 3,46 | 6,03 | 12,50 | 19,12 |
| 26 | 0,059 | 0,74 | 1,84 | 3,31 | 5,74 | 11,84 | 18,39 |
| 28 | - | 0,66 | 1,69 | 3,02 | 5,22 | 10,89 | 16,92 |
| 30 | - | - | 1,47 | 2,65 | 4,56 | 9,56 | 14,71 |

29. Jedinična snaga remena

$$P_1 = \frac{0,305}{2} \cdot 140 = 21,35 \text{ W}$$

Ukupni korekcijski faktor C_{uk} jednak je:

$$C_{uk} = \frac{c_b}{c_\beta \cdot c_L}$$

Gdje je:

C_b – faktor primjene

C_β – faktor obuhvatnog kuta

C_L – faktor duljine remena

| Faktor primjene (pogonski faktor) C_B za PLOSNATO i KLINASTO remenje | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------|--|-------------------|----------|
| Radni strojevi | Pogonski strojevi | | | | | |
| | Grupa A za dnevno trajanje pogona u h | | | Grupa B za dnevno trajanje pogona u h | | |
| | do 10 | preko 10 do 16 | preko 16 | do 10 | preko 10 do 16 | preko 16 |
| Lagani pogoni centrifugalne pumpe i kompresori, trakasti transporter (za lagani materijal), ventilatori i pumpe | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| Srednje teški pogoni škare za lim, preše, lančani i trakasti transporter (za teški materijal), vibracijska sita, generatori, uzbuđivači, gnječnice, alatni strojevi (tokarilice i brusilice), strojevi za pranje, strojevi za tisak, ventilatori i pumpe preko 7,4 kW. | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| Teški pogoni mlinovi, klipni kompresori, visokoučinski bacači i udarni transporter (pužasti transporter, člankasti transporter, elevatori s kabljičima, elevatori sa žlicama), dizala, preše za brikete, tekstilni strojevi, strojevi za industriju papira, klipne pumpe, pumpe za bagere, gateri i mlinovi čekićari | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| Vrlo teški pogoni visoko opterećeni mlinovi, drobilice, kalanderi, miješalice, vitla, kranovi i bageri | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,8 |
| Grupa A: motori izmjenični i trofazni s normalnim poteznim momentom (do dvostrukog nazivnog momenta), npr. sinhroni i jednofazni motori s pomoćnom fazom za pokretanje, trofazni motori s direktnim ukopčavanjem, zvijezda-trokut sklopom ili kliznim prstenom; istosmjerni paralelni motori; motori s unutarnjim izgaranjem i turbine sa $n > 600 \text{ min}^{-1}$. Grupa B: izmjenični i trofazni motori s velikim poteznim momentom (više od dvostrukog nazivnog momenta), npr. jednofazni motori s velikim poteznim momentom, istosmjerni serijski motori u serijskom ili kompaundnom spoju; motori s unutarnjim izgaranjem i turbine sa $n \leq 600 \text{ min}^{-1}$ | | | | | | |

30. Faktor primjene

Za dnevno trajanje pogona od 10 h uz teški pogon grupe A, faktor primjene iznosi 1,2.

| Faktor obuhvatnog kuta za <u>KLINASTO</u> remenje c_β | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| β | 200° | 190° | 180° | 170° | 160° | 150° | 140° | 130° | 125° | 120° | 115° | 110° | 105° | 100° | 95° | 90° | 85° | 80° |
| c_β | 1,04 | 1,02 | 1,0 | 0,97 | 0,95 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,84 | 0,82 | 0,80 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 |

β – obuhvatni kut klinastog remena na manjoj remenici

31. Faktor obuhvatnog kuta

Za kut β od 140°, faktor obuhvatnog kuta C_β iznosi 0,89.

| Faktor duljine remena c_l za beskonačni normalni klinasti remen DIN 2215 – prema DIN 2218 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Profil | Y (6) | Z (10) | A (13) | B (17) | C (22) | D (32) | E (40) | Y (6) | Z (10) | A (13) | B (17) | C (22) | D (32) | E (40) |
| L_w | 280 | 422 | 660 | 943 | 1452 | 3225 | 4832 | 515 | 700 | 1730 | 2693 | 3802 | 8075 | 8082 |
| L_u | 265 | 400 | 630 | 900 | 1400 | 3150 | 4750 | 500 | 678 | 1700 | 2650 | 3750 | 8000 | 8000 |
| c_L | 0,97 | 0,87 | 0,81 | 0,81 | 0,81 | 0,86 | 0,91 | 1,11 | 0,97 | 1,00 | 1,03 | 1,00 | 1,06 | 1,02 |
| L_w | 295 | 447 | 740 | 1043 | 1652 | 3625 | 5082 | 545 | 732 | 1830 | 2843 | 4052 | 8575 | 8582 |
| L_u | 280 | 425 | 710 | 1000 | 1600 | 3550 | 5000 | 530 | 710 | 1800 | 2800 | 4000 | 8500 | 8500 |
| c_L | 0,98 | 0,88 | 0,82 | 0,84 | 0,84 | 0,89 | 0,92 | 1,13 | 0,99 | 1,01 | 1,05 | 1,02 | 1,07 | 1,03 |
| L_w | 315 | 472 | 830 | 1163 | 1852 | 4075 | 5382 | 865 | 822 | 2030 | 3193 | 4552 | 9075 | 9082 |
| L_u | 300 | 450 | 800 | 1120 | 1800 | 4000 | 5300 | 850 | 800 | 2000 | 3150 | 4500 | 9000 | 9000 |
| c_L | 1,00 | 0,89 | 0,85 | 0,86 | 0,85 | 0,91 | 0,94 | 1,25 | 1,00 | 1,03 | 1,07 | 1,04 | 1,08 | 1,05 |
| L_w | 350 | 497 | 930 | 1293 | 2052 | 4575 | 5682 | | 922 | 2270 | 3593 | 5052 | 9575 | 9582 |
| L_u | 335 | 475 | 900 | 1250 | 2000 | 4500 | 5600 | | 900 | 2240 | 3550 | 5000 | 9500 | 9500 |
| c_L | 1,02 | 0,90 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 0,93 | 0,95 | | 1,03 | 1,06 | 1,10 | 1,07 | 1,10 | 1,06 |
| L_w | 355 | 522 | 1030 | 1443 | 2292 | 5075 | 6082 | | 1022 | 2530 | 4043 | 5652 | 10075 | 10082 |
| L_u | 340 | 500 | 1000 | 1400 | 2240 | 5000 | 6000 | | 1000 | 2500 | 4000 | 5600 | 10000 | 10000 |
| c_L | 1,03 | 0,91 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,96 | 0,96 | | 1,06 | 1,09 | 1,13 | 1,09 | 1,11 | 1,07 |
| L_w | 370 | 552 | 1150 | 1643 | 2552 | 5675 | 6382 | | 1142 | 2830 | 4543 | 6352 | 11275 | 11282 |
| L_u | 355 | 530 | 1120 | 1600 | 2500 | 5600 | 6300 | | 1120 | 2800 | 4500 | 6300 | 11200 | 11200 |
| c_L | 1,04 | 0,93 | 0,91 | 0,93 | 0,93 | 0,98 | 0,97 | | 1,08 | 1,11 | 1,15 | 1,12 | 1,14 | 1,10 |
| L_w | 415 | 582 | 1280 | 1843 | 2852 | 6375 | 6782 | | 1272 | 3180 | 5043 | 7152 | 12575 | 12582 |
| L_u | 400 | 560 | 1250 | 1800 | 2800 | 6300 | 6700 | | 1250 | 3150 | 5000 | 7100 | 12500 | 12500 |
| c_L | 1,06 | 0,94 | 0,93 | 0,95 | 0,95 | 1,00 | 0,99 | | 1,11 | 1,13 | 1,18 | 1,15 | 1,17 | 1,12 |
| L_w | 440 | 622 | 1430 | 2043 | 3202 | 7175 | 7182 | | 1422 | 4030 | 5643 | 8052 | 14075 | 14082 |
| L_u | 425 | 600 | 1400 | 2000 | 3150 | 7100 | 7100 | | 1400 | 4000 | 5600 | 8000 | 14000 | 14000 |
| c_L | 1,07 | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 0,97 | 1,03 | 1,00 | | 1,14 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,20 | 1,15 |
| L_w | 465 | 652 | 1630 | 2283 | 3602 | 7575 | 7582 | | 1622 | 5030 | 6343 | 10052 | 16075 | 16082 |
| L_u | 450 | 630 | 1600 | 2240 | 3550 | 7500 | 7500 | | 1600 | 5000 | 6300 | 10000 | 16000 | 16000 |
| c_L | 1,08 | 0,96 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 1,05 | 1,01 | | 1,17 | 1,25 | 1,23 | 1,23 | 1,22 | 1,18 |

L_w – računski duljina remena u mm; L_u – unutarnja duljina remena u mm

32. Faktor duljine remena

Kao što i sam naziv kaže, faktor duljine remena ovisi o duljini koja se računa prema izrazu:

$$L_w \approx 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{mm} + d_w) + \frac{(d_{ww} - d_{wm})^2}{4 \cdot a}$$

Prethodno je odabran osni razmak od 280 mm:

$$L_w \approx 2 \cdot 280 + \frac{\pi}{2} \cdot (59,5 + 250) + \frac{(250 - 59,5)^2}{4 \cdot 280} = 1078,56 \text{ mm}$$

Odabran je remen duljine 1120 mm te njegov faktor duljine iznosi 1,08. Ukupni korekcijski faktor iznosi:

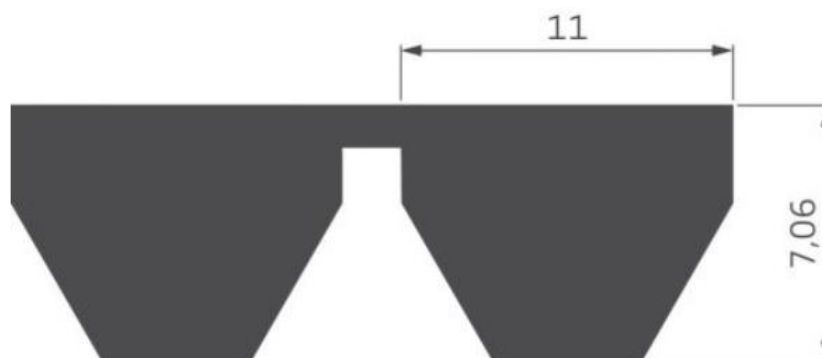
$$C_{uk} = \frac{1,2}{0,89 \cdot 1,08} = 1,248$$

Potrebni broj klinastih remena z treba biti veći od:

$$z = \frac{P \cdot C_{uk}}{P_1} = \frac{758 \cdot 1,248}{21,35} = 44,3$$

Dobili smo prevelik broj remena zbog zahtjeva za malom brzinom radi kojeg je jedinična snaga remena uvelike umanjena. Zbog potrebe za većom nosivošću, odabrani su Polyflex remeni, koji se odlikuju većom efikasnošću u prijenosu snage i boljim trenjem, što rezultira smanjenjem gubitaka i povećanjem ukupne učinkovitosti sustava.

Odabran je širokokutni Polyflex Gates remen 11M sa 2 rebra duljine 1120 mm.



33. Izgled presjeka remena

Remen je odabran prema softveru Gates aplikacije za nosivosti i odabir remena gdje za zadanu brzinu vrtnje remena od približno 0,3 m/s te pri prijenosu snage od 758 W, odabrani remen je u mogućnosti prenijeti obodnu silu od 3500 N dok je maksimalni zahtjev obodne sile 2482 N.

$$S = \frac{F_{o_dop}}{F_{o_max}} = \frac{3500}{2482} = 1,41$$

Odabrani remen zadovoljava uvjete.

2.7.1 Potrebna sila predzatezanja remena

Minimalna potrebna sila predzatezanja remena se računa prema izrazu:

$$F_p = \frac{F_{1max} + F_{2min}}{2} = \frac{3627,84 + 1145,84}{2} = 2386,84 \text{ N}$$

Potrebnu silu predzatezanja postiže se deformacijom duljine remena. Potrebno skraćivanje duljine remena iznosi:

$$\Delta L = \frac{F_p \cdot L}{E_v \cdot A_{rem} + F_p}$$

Gdje je:

A_{rem} – površina presjeka remena

E_v – modul elastičnosti materijala remena (2000 N/mm² iz [16])

$$A_{rem} = 2 \cdot 11 \cdot 7,06 - 4 \cdot \frac{5 \cdot 5}{2} = 105,32 \text{ mm}^2$$

Uvrštavanjem u jednadžbu, traženo skraćivanje remena iznosi:

$$\Delta L = \frac{2386,84 \cdot 1120}{2000 \cdot 105,32 + 2386,84} = 12,55 \text{ mm}$$

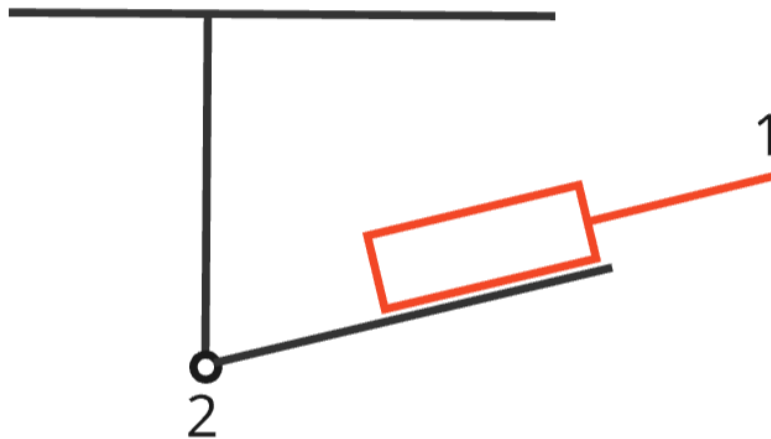
Novi osni razmak na koji postavljamo remenice iznosi:

$$L + \Delta L \approx 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{\text{mm}} + d_w) + \frac{(d_{\text{ww}} - d_{\text{wm}})^2}{4 \cdot a}$$

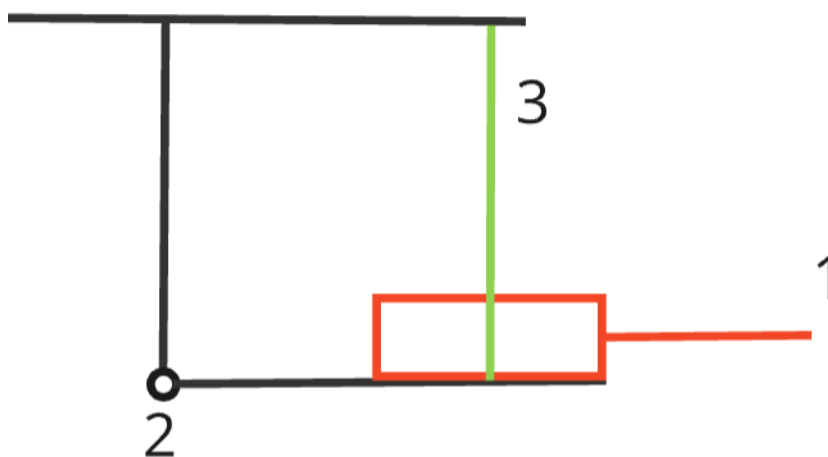
$$1120 + 12,54 \approx 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (59,5 + 250) + \frac{(250 - 59,5)^2}{4 \cdot a}$$

$$a = 290 \text{ mm}$$

Elektromotor se u početnom položaju nalazi kao na slici 35. gdje je brojem 1 označeno mjestu gdje se nalazi remenica a brojem 2 zglobni oslonac. Predzatezanje će biti omogućeno rotacijom u zglobnom osloncu tako da nakon što se elektromotor nalazi u vodoravnom položaju osni razmak bude 290 mm. Nakon toga se postavljaju oslonci označeni brojem 3 koji onemogućavaju rotaciju elektromotora u zglobnom osloncu.

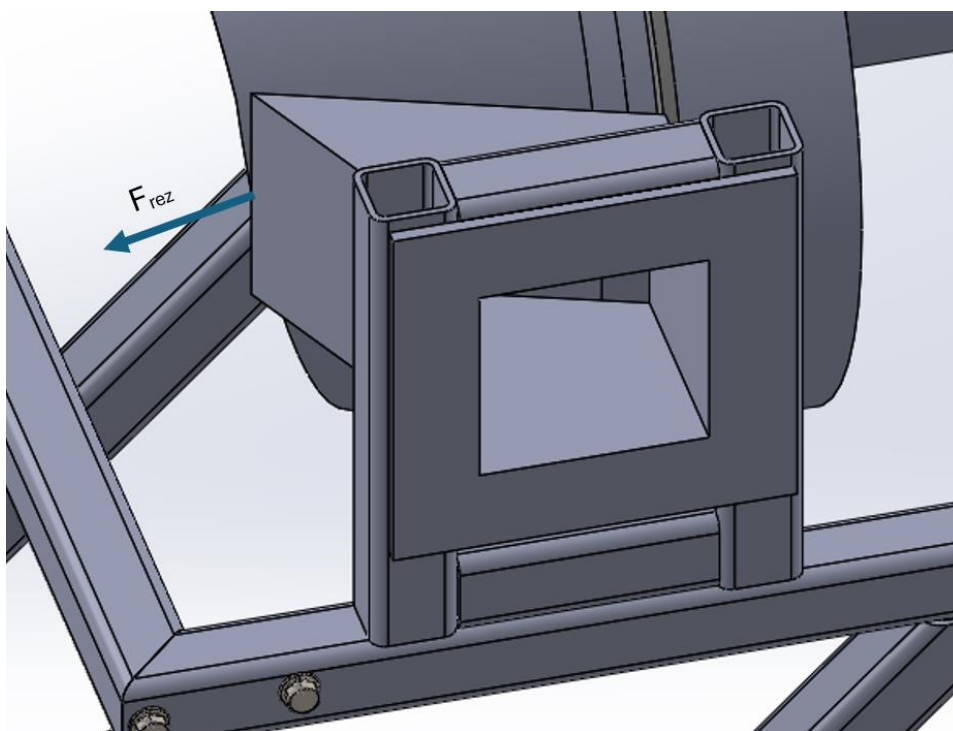


34. Skica prvobitnog položaja elektromotora

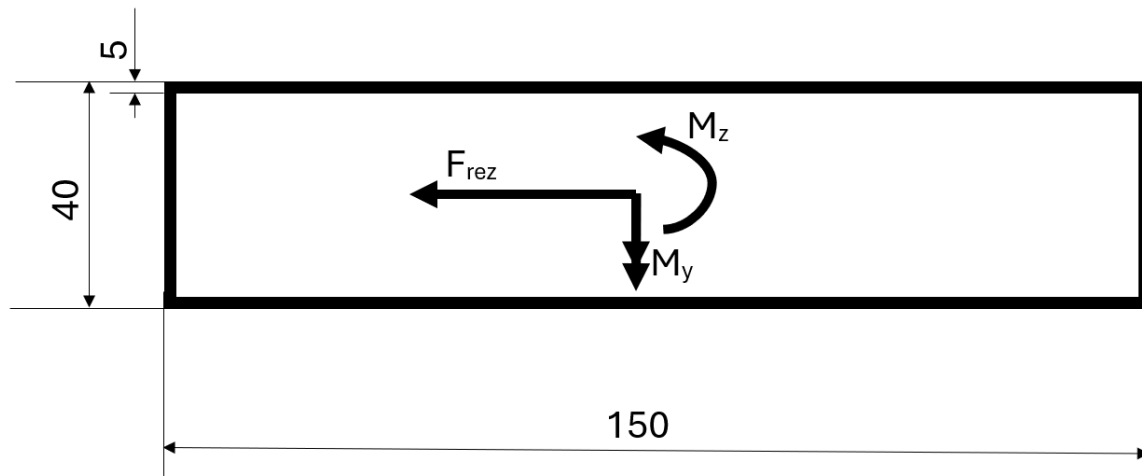


35. Skica u radnom stanju

2.8 Proračun zavora utora



36. Prikaz sile na utor



37. Redukcija sila na mjesto zavora

Sila rezanja F_{rez} iznosi 8128,9 N. Moment M_z je moment koji sila stvara na z osi i iznosi:

$$M_z = F_{rez} \cdot 102 = 8128,9 \cdot 102 = 829147,8 \text{ Nmm}$$

Moment M_y je moment koji stvara sila na y osi te se računa prema izrazu:

$$M_y = F_{rez} \cdot 95 = 8128,9 \cdot 95 = 772245,5 \text{ Nmm}$$

Površina zavora jednaka je:

$$A_{zav} = 150 \cdot 40 - 140 \cdot 30 = 1800 \text{ mm}^2$$

Geometrijske karakteristike zavora iznose:

$$W_y = \frac{b_y \cdot h_y^3}{12 \cdot z} = \frac{40 \cdot 150^3}{12 \cdot 20} = 562500 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{b_z \cdot h_z^3}{12 \cdot z} = \frac{150 \cdot 40^3}{12 \cdot 75} = 10666,67 \text{ mm}^3$$

Naprezanja u zavaru iznose:

$$\sigma_{fy} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{772245,5}{562500} = 1,373 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fz} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{829147,8}{10666,67} = 77,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f = \sigma_{fz} + \sigma_{fy} = 1,373 + 77,7 = 79,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{rez}}{2 \cdot 150 \cdot 5} = \frac{8128,9}{1500} = 5,46 \text{ N/mm}^2$$

Ukupno naprezanje zavara se računa prema izrazu:

$$\sigma_{uk} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3\tau^2} = \sqrt{79,1^2 + 3 \cdot 5,46^2} = 79,66 \text{ N/mm}^2$$

Prema [2] dopušteno naprezanje za zavar sa istosmjernim promjenjivim opterećenjem iznosi 95 N/mm². Zavar zadovoljava zahtjeve.

3 Izračun sile putem eksperimenta

Eksperiment je izveden kako bismo odredili silu potrebnu za rezanje drva različitih promjera i pod različitim kutovima pomoću škara za lim. Pri tome smo koristili polugu na koju smo primijenili silu i zatim izračunali odgovarajuće vrijednosti koristeći moment sile. U eksperimentu smo koristili škare za lim s poznatim geometrijskim karakteristikama poluge, a uzorci drva različitih promjera postavljeni su pod različitim kutovima rezanja. Na ručku škara primijenjena je sila na određenoj udaljenosti od osi rotacije, te preko momenta smo dobili potrebnu silu na području rezanja.



38. Eksperiment

Analizom podataka uočena je korelacija između primijenjene sile, promjera drva i kuta rezanja. Ekstrapolacijom rezultata u Excelu, utvrđeno je da je maksimalna debljina drveta koja se može uspješno prerezati silom koju smo dobili proračunom 42 mm. S obzirom na to, prethodni proračun i dimenzioniranje uređaja vrijedi za rezanje grana do 42 mm.

| | koso | poprečno | Fcv-k | Fch-k | Frez-k | Fcv-p | Fch-p | Frez-p |
|----|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14 | 36.726 | 23.874 | 390.2205 | 85.54849 | 528.8489 | 266.0797 | 52.28507 | 360.0015 |
| 16 | 72.984 | 65.816 | 775.4684 | 170.0068 | 1050.959 | 706.2309 | 151.4547 | 956.7866 |
| 18 | 109.242 | 107.758 | 1160.716 | 254.4652 | 1573.068 | 1146.382 | 250.6243 | 1553.572 |
| 20 | 145.5 | 149.7 | 1545.964 | 338.9235 | 2095.178 | 1586.533 | 349.7939 | 2150.357 |
| 22 | 181.758 | 191.642 | 1931.212 | 423.3819 | 2617.288 | 2026.684 | 448.9636 | 2747.142 |
| 24 | 218.016 | 233.584 | 2316.46 | 507.8402 | 3139.398 | 2466.835 | 548.1332 | 3343.927 |
| 26 | 254.274 | 275.526 | 2701.708 | 592.2986 | 3661.507 | 2906.987 | 647.3028 | 3940.712 |
| 28 | 290.532 | 317.468 | 3086.956 | 676.7569 | 4183.617 | 3347.138 | 746.4724 | 4537.498 |
| 30 | 326.79 | 359.41 | 3472.204 | 761.2153 | 4705.727 | 3787.289 | 845.6421 | 5134.283 |
| 32 | 363.048 | 401.352 | 3857.452 | 845.6736 | 5227.836 | 4227.44 | 944.8117 | 5731.068 |
| 34 | 399.306 | 443.294 | 4242.7 | 930.132 | 5749.946 | 4667.591 | 1043.981 | 6327.853 |
| 36 | 435.564 | 485.236 | 4627.948 | 1014.59 | 6272.056 | 5107.742 | 1143.151 | 6924.638 |
| 38 | 471.822 | 527.178 | 5013.196 | 1099.049 | 6794.166 | 5547.894 | 1242.321 | 7521.423 |
| 40 | 508.08 | 569.12 | 5398.444 | 1183.507 | 7316.275 | 5988.045 | 1341.49 | 8118.209 |
| 42 | 544.338 | 611.062 | 5783.691 | 1267.965 | 7838.385 | 6428.196 | 1440.66 | 8714.994 |
| 44 | 580.596 | 653.004 | 6168.939 | 1352.424 | 8360.495 | 6868.347 | 1539.829 | 9311.779 |
| 46 | 616.854 | 694.946 | 6554.187 | 1436.882 | 8882.605 | 7308.498 | 1638.999 | 9908.564 |
| 48 | 653.112 | 736.888 | 6939.435 | 1521.34 | 9404.714 | 7748.649 | 1738.169 | 10505.35 |
| 50 | 689.37 | 778.83 | 7324.683 | 1605.799 | 9926.824 | 8188.8 | 1837.338 | 11102.13 |

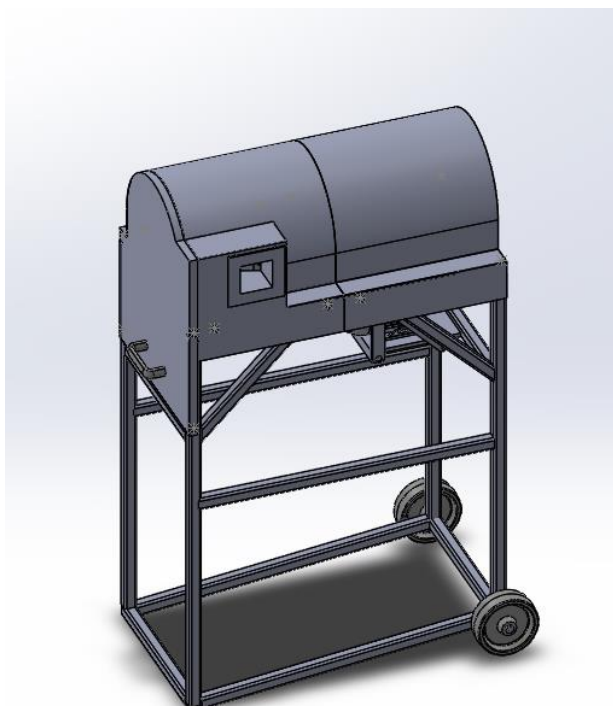
39. Tablica sila

4 Zaključak

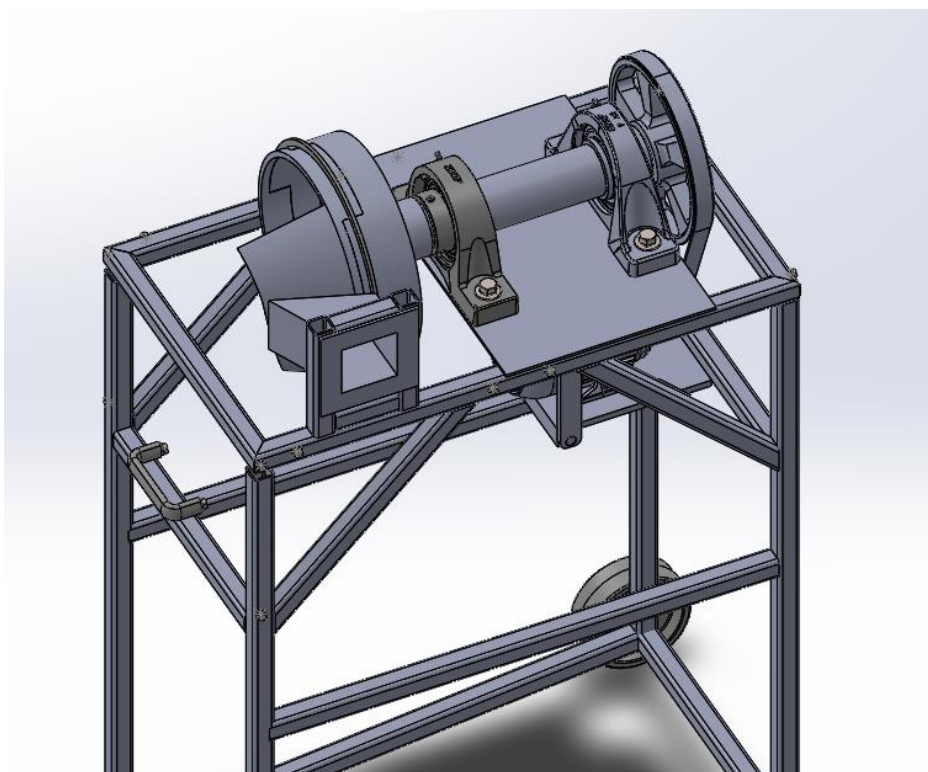
Uređaj za rezanje grana za potpalu predstavlja efikasno i praktično rješenje koje omogućava brzo i jednostavno pripremanje drvenog materijala za loženje. Njegova konstrukcija je prilagođena sigurnoj i pouzdanoj upotrebi, što značajno smanjuje fizički napor korisnika u usporedbi sa ručnim alatima.

U ovom radu prikazano je više koncepata koji bi zadovoljavali zadane potrebe te jedan od njih je i konstrukcijski razrađen. Razrađeni koncept uređaja za rezanje koristi kružnu oštricu promjenjivog poprečnog presjeka koja povećanjem kuta zakreta prodire u drvo. Proračunom smo dobili silu rezanja prema kojoj smo dimenzionirali potrebne dijelove kao što su remenice, vratilo te remen. Korištenjem Polyflex remena koji imaju visoku čvrstoću, omogućili smo prijenos snage u dopuštenoj kvantiteti remena te funkcionalnost cijele izvedbe. Dobiveni rezultati potvrđuju tehničku izvedivost odabranog rješenja, uz mogućnost daljnje optimizacije.

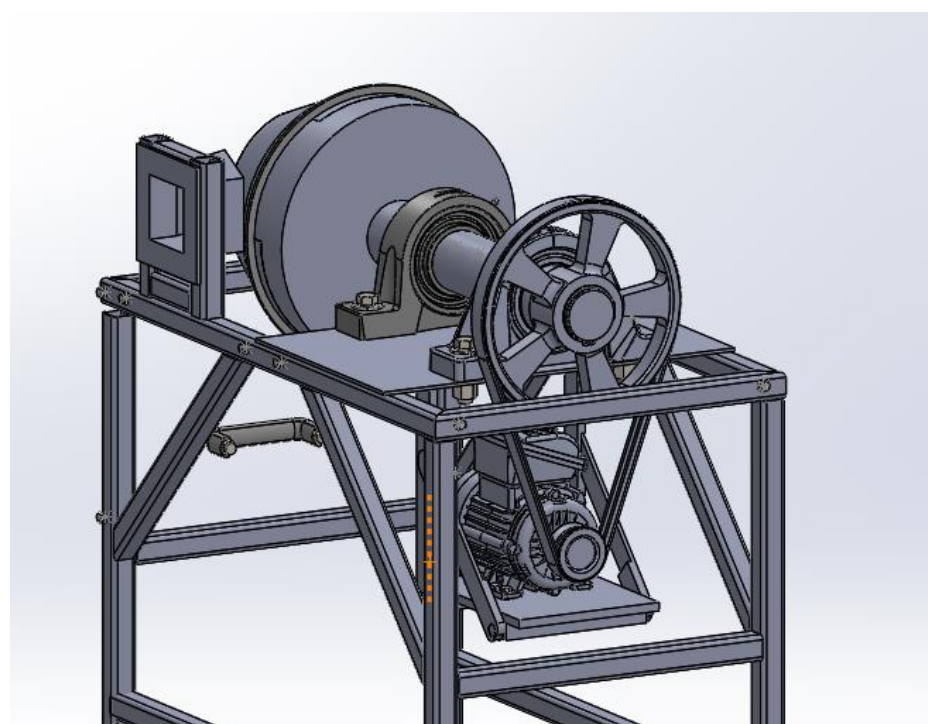
Zaključno, razvijeni koncept pruža poboljšanu funkcionalnost u odnosu na postojeće uređaje, omogućujući veću učinkovitost, bolju ergonomiju i povećanu sigurnost korisnika. Daljnji koraci uključuju izradu prototipa i testiranje uređaja u realnim uvjetima rada.



40. 3D izgled modela



41. 3D izgled modela bez poklopca



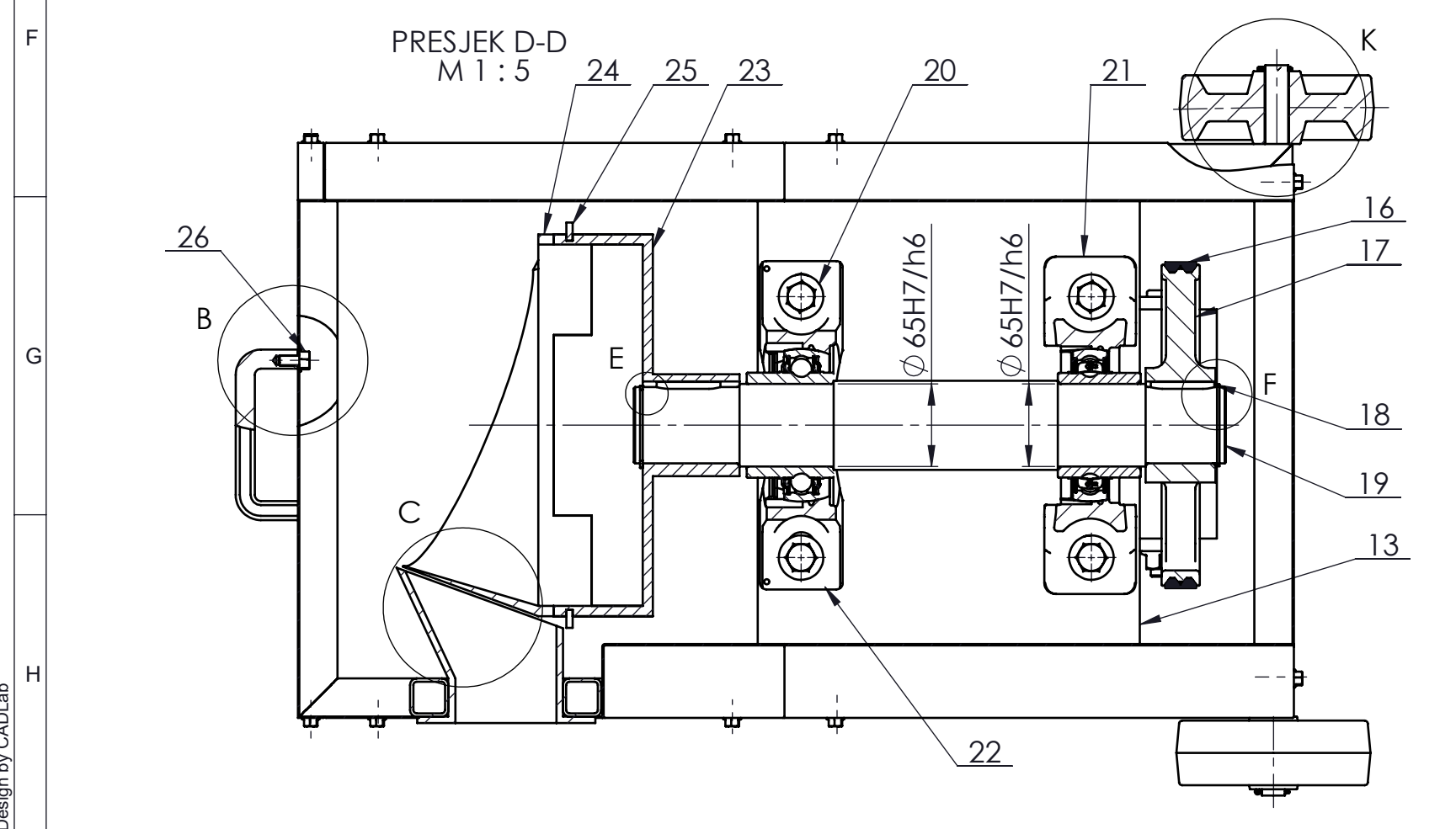
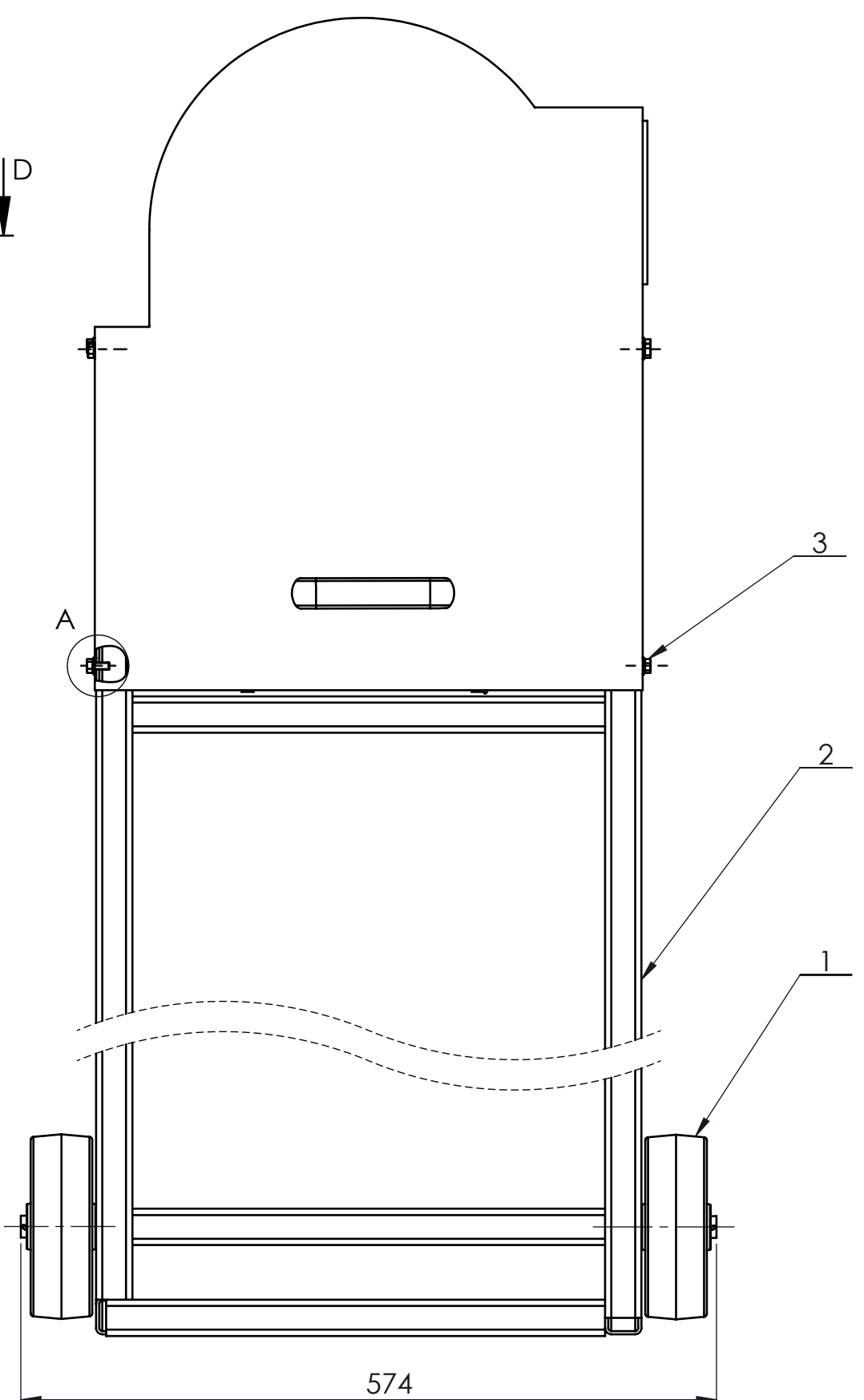
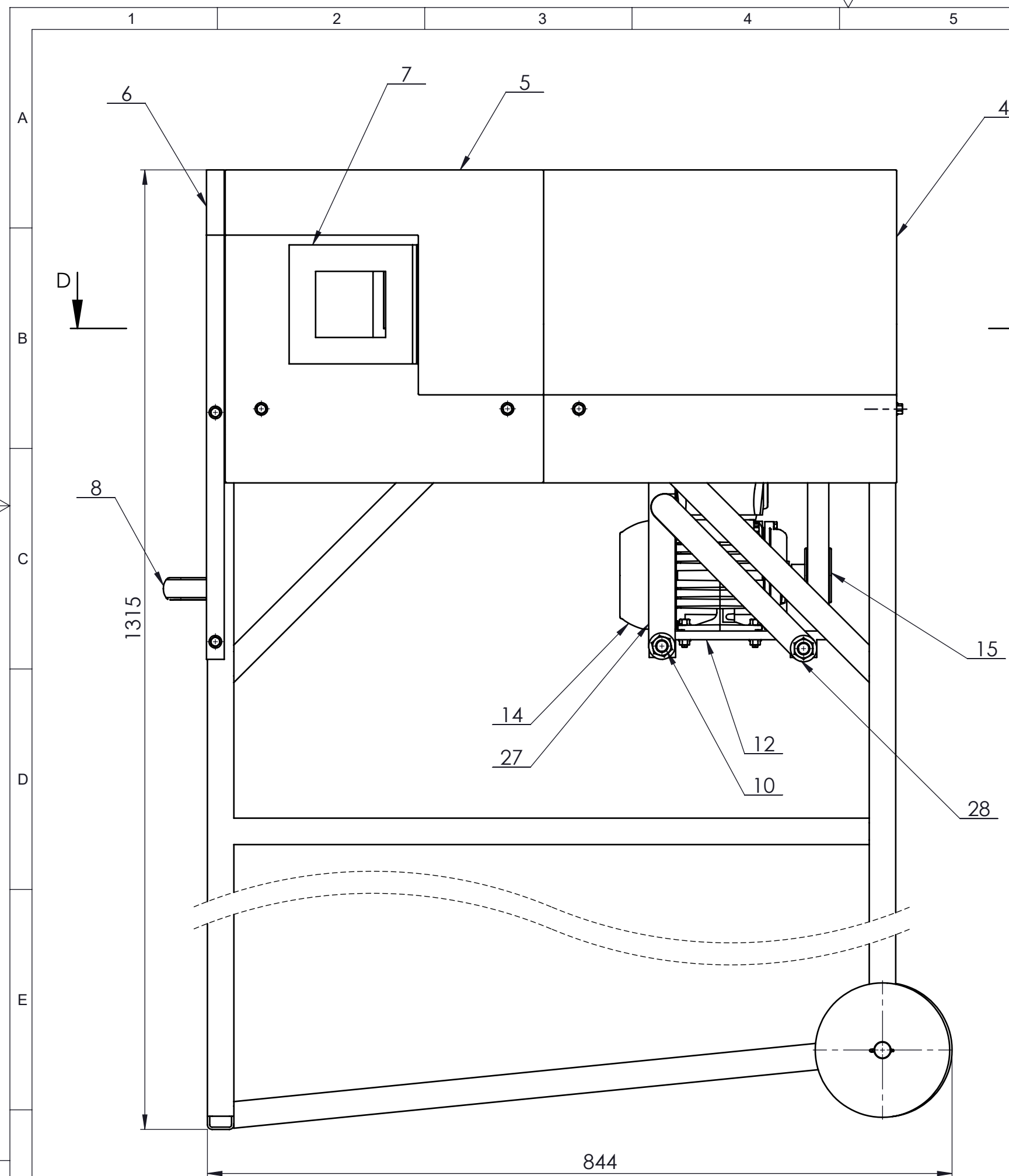
42. 3D izgled modela bez poklopca

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cutting>
- [5] https://www.alibaba.com/product-detail/22T-hydraulic-saw-wood-cutting-machine_1601046987434.html
- [6] https://www.alibaba.com/product-detail/MJ274-china-woodworking-pneumatic-cross-cut_62122750273.html
- [7] https://www.alibaba.com/product-detail/QMJ16-wood-cutting-machine-forest-firewood_62283129987.html
- [8] Vučković K.: Vratila (podloge uz predavanja), FSB, 2020.
- [9] Vučković K.: Ležajevi (podloge uz predavanje), FSB, 2020.
- [10] Vučković K.: Remenski prijenos (podloge uz predavanje), FSB, 2020.
- [11] Vlado Goglia: Strojevi i alati u obradi drva, Šumarski fakultet Zagreb
- [12] <https://www.mcmaster.com/>
- [13] <https://www.traceparts.com/en>
- [14] <https://www.skf.com/sg/products/bearings>
- [15] https://reduktori.com/wp-content/uploads/2019/11/WG20_C-saosni-cilindrichni.pdf
- [16] <https://hr.putirefactory.com/info/introduction-to-polyurethane-elasticity-72872214.html>

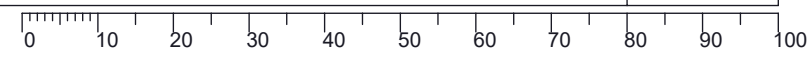
PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

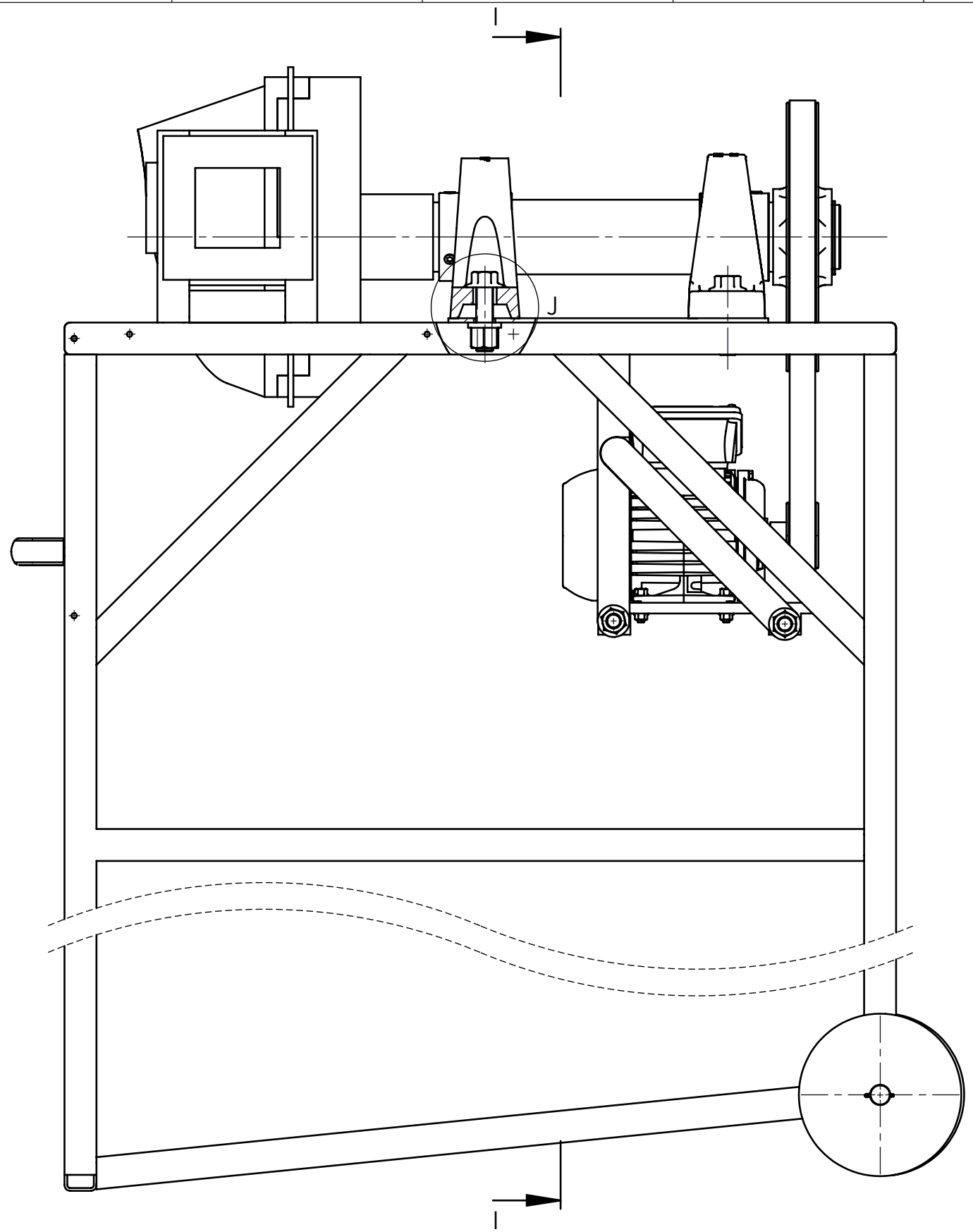


| | | | | | | |
|----|------------------------|----|----------|---------|--------------|--|
| 30 | MATICA M16 | 4 | DIN 6331 | 8 | M16X15 | |
| 29 | USKOČNIK 2 | 2 | - | ČELIK | Ø65x3 | |
| 28 | POKRETLJIVI OSOLONAC | 2 | 2025-17 | ČELIK | 250x30x10 | |
| 27 | KRAK | 2 | 2025-16 | ČELIK | 280x30x10 | |
| 26 | VIJAK M8 | 2 | DIN 6921 | 8.8 | M8x12 | |
| 25 | USKOČNIK 1 | 1 | - | ČELIK | Ø300x5 | |
| 24 | NOŽ | 1 | 2025-15 | ČELIK | Ø300x120 | |
| 23 | SPOJNIK VRATILA I NOŽA | 1 | 2025-14 | ČELIK | Ø300x120 | |
| 22 | LEŽAJ SY 65 TF | 1 | - | - | SKF | |
| 21 | LEŽAJ UCP 213 | 1 | - | - | SKF | |
| 20 | VIJAK M16 | 4 | DIN 6921 | 8.8 | M16x60 | |
| 19 | VRATILO | 1 | 2025-13 | Št 60-2 | Ø70x465 | |
| 18 | PERO | 2 | DIN 6885 | ČELIK | 18x50 | |
| 17 | REMENICA | 1 | 2025-12 | Št 42 | Ø255x60 | |
| 16 | REMEN | 1 | - | - | GATES | |
| 15 | MANJA REMENICA | 1 | 2025-11 | Št 42 | Ø65x60 | |
| 14 | ELEKTROMOTOR | 1 | - | - | WEG MOTORS | |
| 13 | PODLOGA ZA LEŽAJEVE | 1 | 2025-10 | ČELIK | 450x300x5 | |
| 12 | PODLOGA ZA EL. MOTOR | 1 | 2025-09 | ČELIK | 220x160x40 | |
| 11 | SVORNJAK 3 | 1 | 2025-08 | Št 42 | Ø20x220 | |
| 10 | MATICA M12 | 1 | DIN 6923 | 8 | M12x15 | |
| 9 | SVORNJAK 1 | 2 | DIN 94 | Št 42 | Ø2.5x20 | |
| 8 | RUČICA | 1 | - | ČELIK | MCMaster | |
| 7 | UTOR ZA GRANU | 1 | 2025-06 | Št 60-2 | 150x150x180 | |
| 6 | POKLOPAC 3 | 1 | 2025-05 | ČELIK | 500x452x20 | |
| 5 | POKLOPAC 2 | 1 | 2025-04 | ČELIK | 452x352x370 | |
| 4 | POKLOPAC 1 | 1 | 2025-03 | ČELIK | 452x400x370 | |
| 3 | VIJAK M6 | 12 | DIN 6921 | 8.8 | M6x12 | |
| 2 | NOSIVA KONSTRUKCIJA | 1 | 2025-02 | ČELIK | 1100x780x450 | |
| 1 | KOTACI | 2 | - | PA6 | MCMaster | |

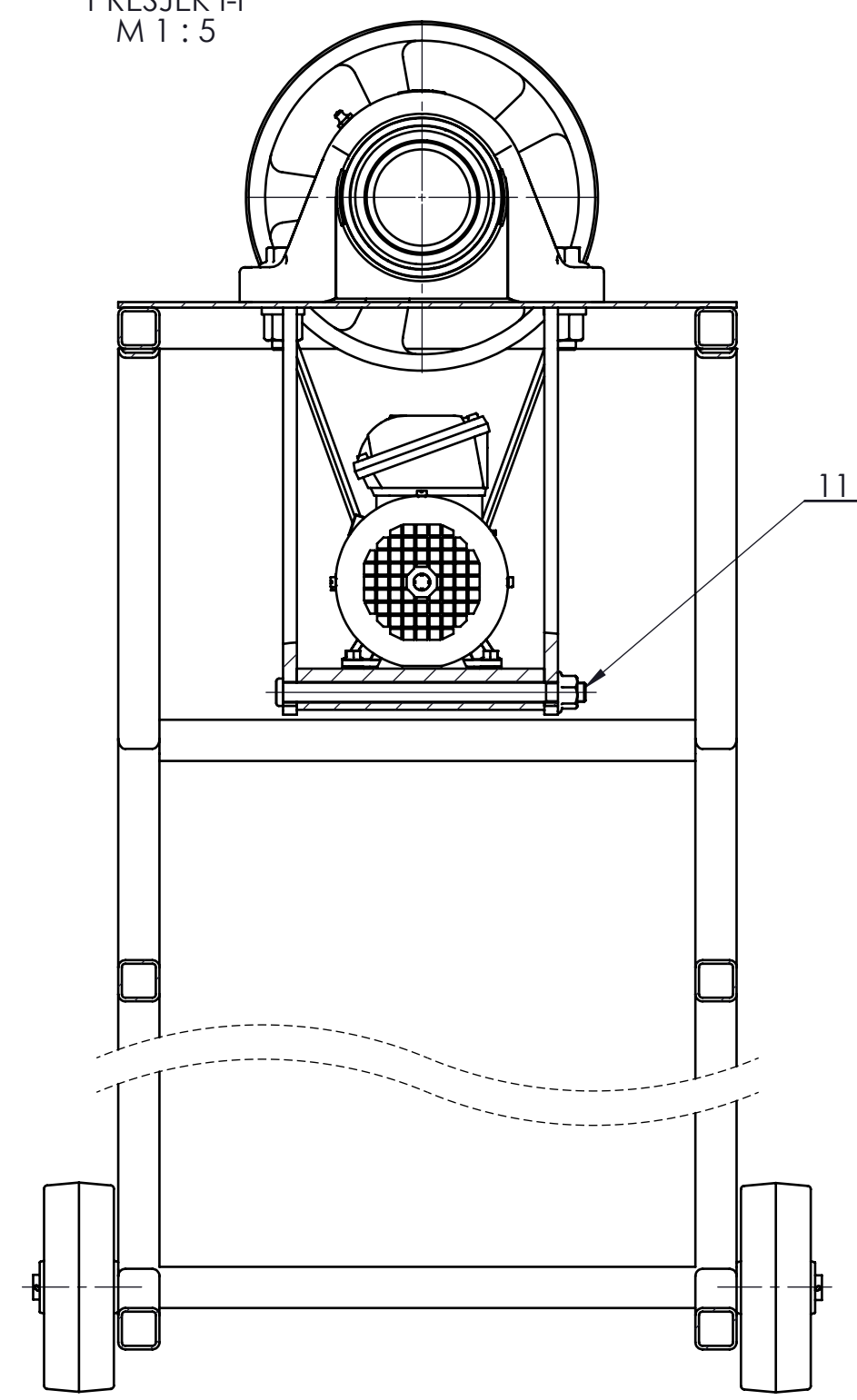
| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|--------------|----------------------|------------------|---------------|-----------------------------|------------|
| Broj naziva - code | | Datum | | Ime i prezime | | Potpis |
| Projekтираo | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | | |
| Razradio | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | | |
| Crtao | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | | |
| Pregledao | | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | | |
| Ø65H7/h6 0,049 | | | | R. N. broj: | | |
| | | Napomena: | | | | Kopija |
| | | Materijal: | | Masa: | | |
| | | Mjerilo originala | | Naziv: | | Pozicija: |
| | | 1:5 | | SKLOPNI CRTEŽ | | Format: A2 |
| | | Crtež broj: 2025-000 | | | | Listova: 3 |
| | | | | | | List: 1 |



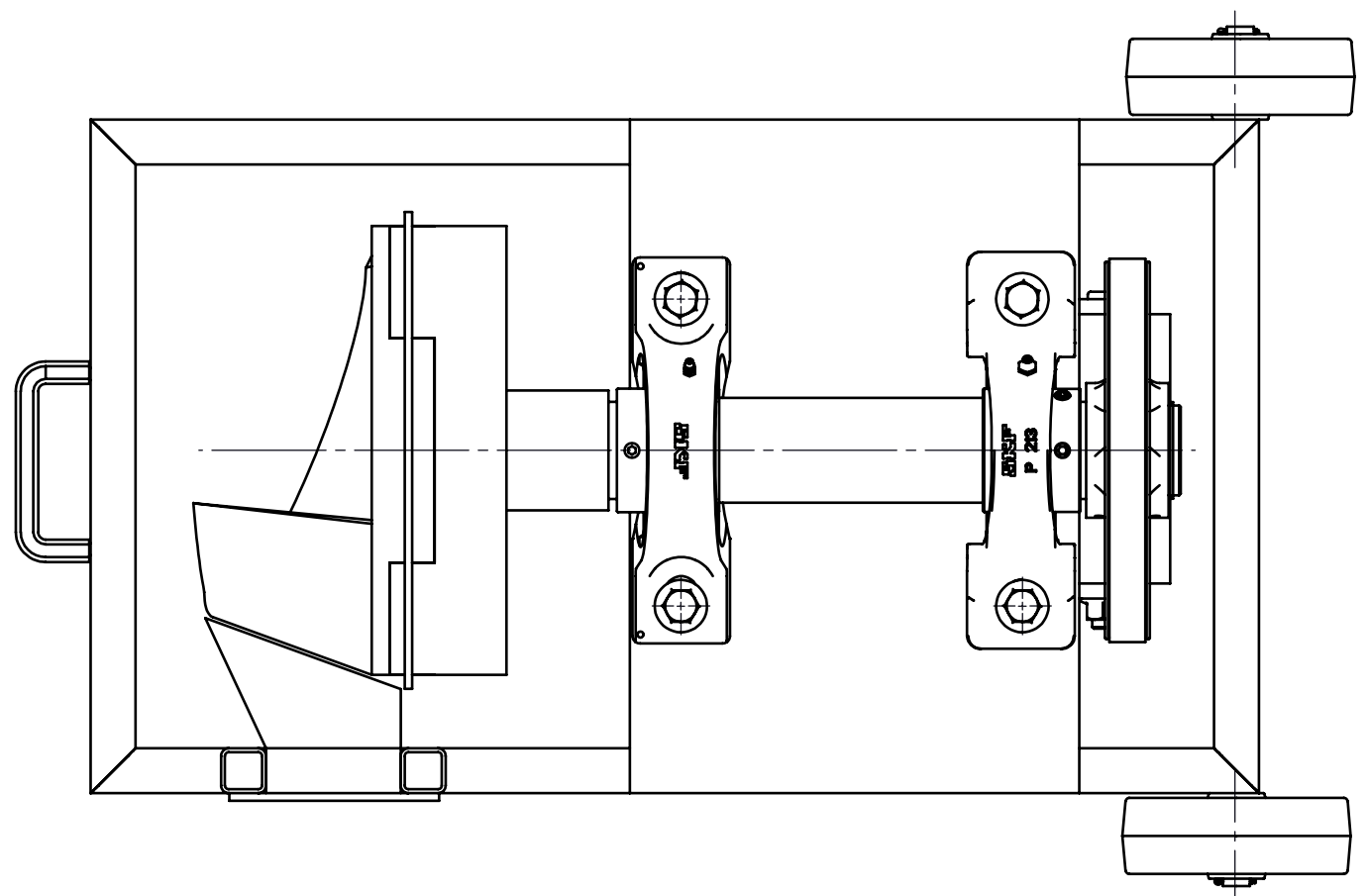
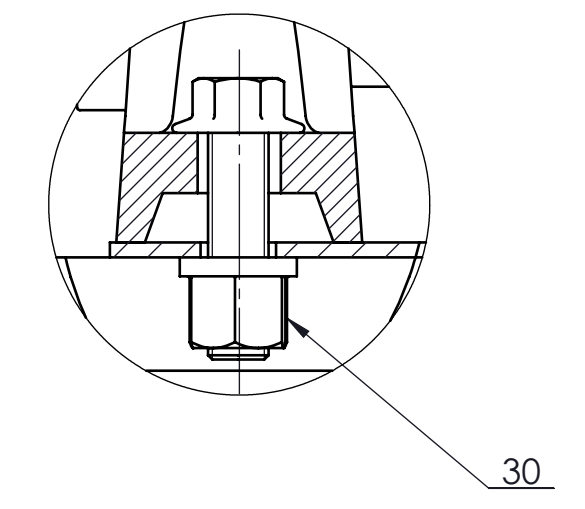
Design by CADLab



PRESJEK I-I
M 1 : 5

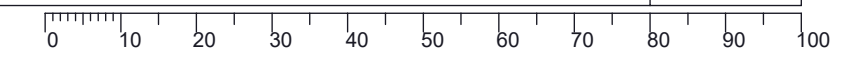


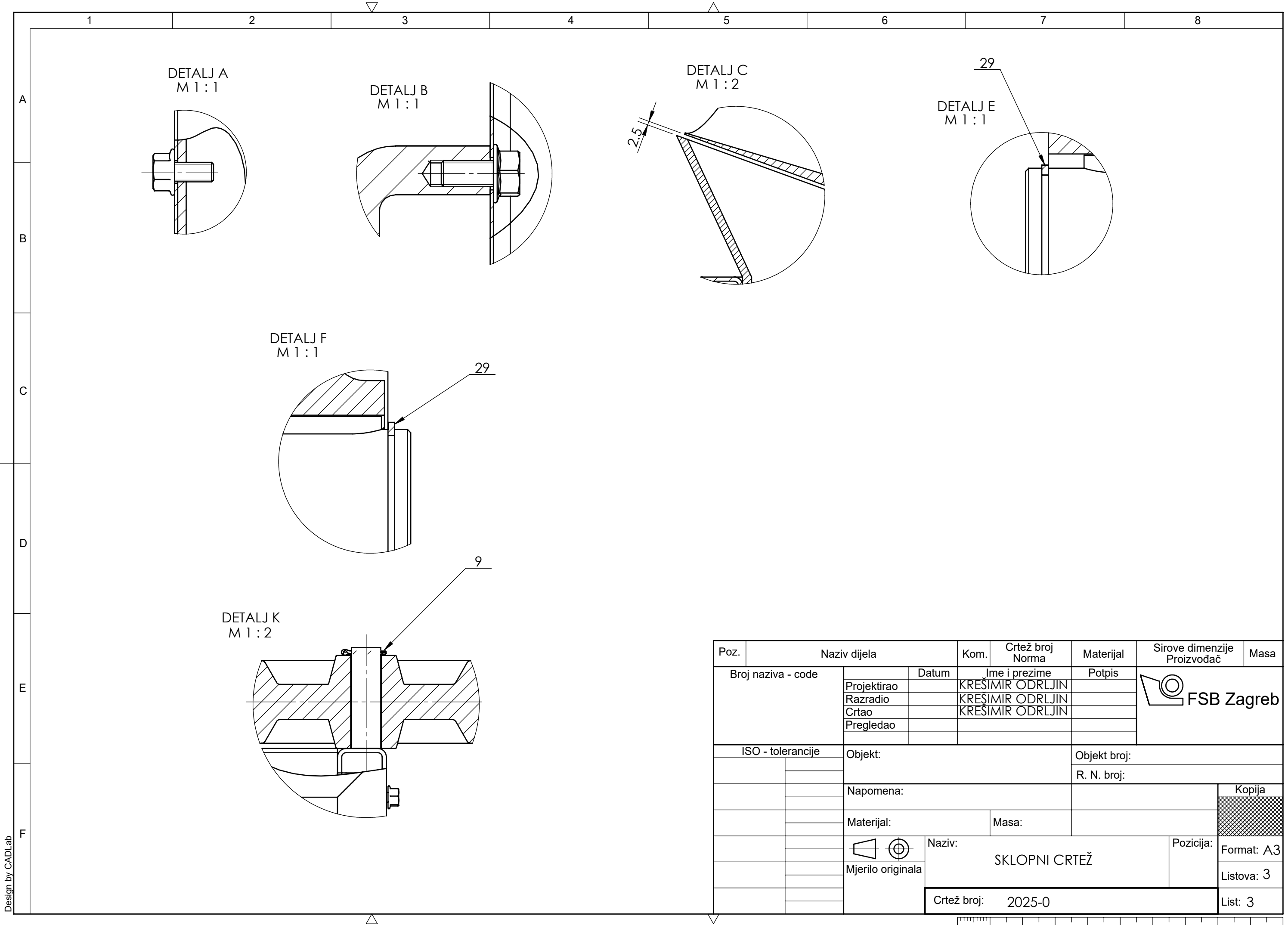
DETALJ J
M 1 : 2



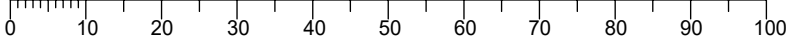
Napomena: Sklop se nalazi bez vidljivih komponenti Poklopac 1, Poklopac 2, Poklopac 3 radi bolje preglednosti.

| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|-------------------|------|---------------------|--------------|-----------------------------|------------|
| Broj naziva - code | Projektirao | | Ime i prezime | Potpis | | |
| | Razradio | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| | Crtao | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| | Pregledao | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| ISO - tolerancije | Objekt: | | | Objekt broj: | | |
| | | | | R. N. broj: | | |
| | Napomena: | | | | | Kopija |
| | Materijal: | | Masa: | | | |
| | | | Naziv: | | Pozicija: | Format: A2 |
| | Mjerilo originala | | SKLOPNI CRTEŽ | | | Listova: 3 |
| | 1:5 | | Crtež broj: 2025-00 | | | List: 2 |





| Poz. | Naziv dijela | Kom. | Crtež broj Norma | Materijal | Sirove dimenzije Proizvođač | Masa |
|--------------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------------------|------------|
| Broj naziva - code | | Datum | Ime i prezime | Potpis | | |
| Projektirao | | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| Razradio | | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| Crtao | | | KREŠIMIR ODRLJIN | | | |
| Pregledao | | | | | | |
| ISO - tolerancije | | Objekt: | | Objekt broj: | | |
| | | | | R. N. broj: | | |
| | | Napomena: | | | | |
| | | Materijal: | | Masa: | | Kopija |
| | | | | Naziv: | | Format: A3 |
| | | Mjerilo originala | | SKLOPNI CRTEŽ | | Listova: 3 |
| | | Crtež broj: 2025-0 | | | | List: 3 |



Design by CADLab