

# Sustav automatskog doziranja i održavanja temperature u peći

---

**Hrastić, Martin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*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:235:096031>

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

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

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Martin Hrastić**

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Danijel Pavković

Student:

Martin Hrastić

Zagreb, 2024.

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu. Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Danijelu Pavkoviću, na pruženom znanju kroz studij te stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog rada. Posebno se želim zahvaliti svojim roditeljima koji su mi pružili veliku financijsku pomoć u ostvarivanju fizičkog izgleda ovog rada.*

*Martin Hrastić*



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomatske ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomatske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Martin Hrastić**

JMBAG: **0035232735**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Sustav automatskog doziranja i održavanja temperature u peći**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Automatic dosing system and temperature control of a furnace**

Opis zadatka:

U starijim poslovno-stambenim zgradama kotlovnica u sustavu grijanja spojena je na postojeću instalaciju centralnog grijanja, što znači da tijekom dana radnik na održavanju poslovnog prostora ili stanar u stambenom prostoru treba redovito odlaziti u kotlovnicu i ubaciti određenu količinu ogrjevnog materijala u peć radi održavanja temperature zgrade. Kako bi se izbjeglo ručno loženje peći i eventualne fluktuacije temperature u zgradi, potrebno je osmisliti sustav automatskog doziranja i održavanja temperature u peći. U radu je potrebno napraviti sljedeće:

1. Analizirati postojeći sustav centralnog grijanja zasnovan na kotlovnici s ručnim loženjem peći.
2. Na temelju provedene analize postojećeg sustava grijanja treba koncipirati automatski sustav doziranja ogrjevnog materijala u peć kojim bi se postigle manje fluktuacije temperature u zgradi.
3. Projektirati osmišljeni sustav automatskog doziranja ogrjevnog materijala primjenom odgovarajućih mehanizama za doziranje (na primjer onih zasnovanih na pužnom vijku) te pripadajuće elektromotore za pogon istih.
4. Projektirati sustav za ventilaciju za prinudnu dobavu zraka u peć radi poboljšanja učinkovitosti izgaranja, pri čemu treba osmisliti njihovu montažu na peć uz mogućnost implementacije sustava automatskog paljenja peći, te izabrati odgovarajuće elektromotore za njihov pogon.
5. Predložiti odgovarajuće temperaturne sonde za ugradnju na peć i sustav dobave tople vode za sustav centralnog grijanja te sustav upravljanja temeljen na programabilnom logičkom kontroleru.
6. Izvesti odgovarajuće zaključke i dati smjernice za budući rad na ovoj problematici.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

30. 11. 2023.

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.  
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.  
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.  
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.  
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Danijel Pavković

Prof. dr. sc. Damir Godec

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	IV
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS OZNAKA .....	VIII
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	X
SAŽETAK.....	XI
SUMMARY .....	XII
1. Uvod.....	1
2. Postojeći sustav grijanja .....	2
3. Ogrjevni medij.....	4
3.1. Način dobivanja ogrjevnog medija.....	4
3.2. Svojstva ogrjevnog medija .....	6
3.3. Volumen spremnika .....	9
4. Tehnologija izrade.....	13
4.1. Izrada limova.....	13
5. Konstrukcija spremnika.....	16
5.1. Plašt spremnika .....	16
5.1.1. Prednja i stražnja strana spremnika.....	17
5.1.2. Bočna strana spremnika.....	19
5.1.3. Kada spremnika.....	19
5.2. Noga spremnika.....	20
5.3. Vrata spremnika .....	22
5.4. Ojačanja spremnika .....	23
5.5. Sklop spremnika.....	25
6. Pužni transporter i mješač .....	26
6.1. Horizontalni kanal .....	26
6.2. Duži dodatak na horizontalni kanal.....	27
6.3. Kraći dodatak na horizontalni kanal.....	27
6.4. Poklopci dodataka .....	28
6.5. Držači ležaja .....	29
6.6. Pužnica .....	30
6.7. Rukavci pužnice .....	30
6.7.1. Kraći rukavac .....	30

6.7.2. Duži rukavac .....	31
6.8. Mješač .....	31
6.8.1. Lopatica .....	32
6.8.2. Kraći rukavac .....	32
6.8.3. Duži rukavac .....	32
6.9. Sklop sa spremnikom .....	33
7. Lančani prijenos za pužni transporter i mješač .....	34
7.1. Sustav za napinjanje lanca.....	36
7.2. Pogon lančanog prijenosa.....	38
7.2.1. Potrebna snaga za pogon puža.....	39
7.2.2. Potrebna snaga za pogon mješača .....	41
8. Transportna traka.....	44
8.1. Kosi kanal.....	44
8.2. Vodicica za traku .....	45
8.3. Traka, graničnici, valjci.....	46
8.4. Poklopci kosog kanala.....	47
8.5. Spoj kosog i horizontalnog kanala .....	48
9. Pogon za transportnu traku.....	49
9.1. Potrebna snaga za pogon transportne trake .....	51
10. Otvor peći.....	55
10.1. Novi otvor peći.....	55
10.2. Poklopci i sklop otvora peći .....	56
10.3. Spoj peći i transportne trake.....	57
11. Konačna konstrukcija sustava doziranja .....	58
12. Sustav za dobavu zraka .....	59
12.1. Potrebna količina zraka .....	59
12.2. Konstrukcija za dobavu zraka .....	63
12.2.1. Primarni zrak .....	63
12.2.2. Sekundarni zrak.....	65
12.2.3. Sklop ventilacije.....	66
13. Elektrotehničko rješenje .....	67
13.1. Opis elemenata .....	67
13.1.1 LOGO! kontroler.....	67
13.1.2. Ispravljač .....	68
13.1.3. Osigurač i bimetalna zaštita .....	68
13.1.4. Sklopnik .....	69
13.1.5. Tipkala i grebenaste sklopke .....	70

---

13.1.6. Signalni elementi.....	70
13.1.7. Senzor temperature.....	71
13.2. Popis elemenata.....	71
14. Programsko rješenje .....	74
14.1. Popis adresa.....	75
14.2. Dijagram toka.....	76
14.3. Programski kod .....	80
ZAKLJUČAK .....	84
LITERATURA.....	85



# POPIS SLIKA

Slika 1 Postojeći sustav centralnog grijanja .....	2
Slika 2. Cjepanice [1] .....	4
Slika 3. Piljevina [2] .....	4
Slika 4. Drobilica [3] .....	5
Slika 5. Drvena sječka .....	5
Slika 6. Mjerenje mase uzorka .....	6
Slika 7. Željeni oblik spremnika .....	11
Slika 8. Industrijski laser .....	13
Slika 9. Stroj za savijanje limova .....	14
Slika 10. Tokarilica [5] .....	14
Slika 11. Rezanje i bušenje cijevi .....	15
Slika 12. Prednja i stražnja strana spremnika .....	17
Slika 13. Držać .....	18
Slika 14. Ležaj SKF UCF 207 [6] .....	18
Slika 15. Bočna strana spremnika .....	19
Slika 16. Kada spremnika .....	20
Slika 17. Noga spremnika .....	20
Slika 18. Metalna pločica .....	21
Slika 19. Spoj metalne pločice i cijevi .....	21
Slika 20. Regulacijski vijak [7] .....	21
Slika 21. Spoj matice i metalne pločice .....	22
Slika 22. Vrata spremnika .....	22
Slika 23. Sklop spremnika bez ojačanja .....	23
Slika 24. Sklop spremnika .....	24
Slika 25. Zakrenuti sklop spremnika bez ojačanja .....	24
Slika 26. Horizontalni kanal .....	26
Slika 27. Duži dodatak na horizontalni kanal .....	27
Slika 28. Kraći dodatak na horizontalni kanal .....	28
Slika 29. Poklopac dužeg dodatka na horizontalni kanal .....	28
Slika 30. Poklopac kraćeg dodatka na horizontalni kanal .....	28
Slika 31. Ležaj SKF UCF 204 [8] .....	29
Slika 32. Držać ležaja .....	29
Slika 33. Pužnica .....	30

Slika 34. Kraći rukavac pužnice.....	31
Slika 35. Duži rukavac pužnice.....	31
Slika 36. Lopatica mješača.....	32
Slika 37. Kraći rukavac mješača .....	32
Slika 38. Duži rukavac mješača .....	33
Slika 39. Sklop mješača i pužnog transportera sa spremnikom u presjeku.....	33
Slika 40. Specifikacija manjeg lančanika [9] .....	34
Slika 41. Specifikacija većeg lančanika [10].....	34
Slika 42. Spoj lančanika i držača za lančanik .....	35
Slika 43. Lančani prijenos.....	36
Slika 44. Napinjač [11].....	36
Slika 45. Osovina za napinjač .....	37
Slika 46. Letva sustava napinjanja .....	37
Slika 47. Držac za oprugu .....	37
Slika 48. Motor za mješač i pužni transporter.....	38
Slika 49. Reduktor za mješač i pužni transporter.....	38
Slika 50. Pogon lančanog prijenosa .....	39
Slika 51. Opterećenje mješača.....	41
Slika 52. Spremnik i peć .....	44
Slika 53. Kosi kanal .....	45
Slika 54. Vodilica za traku i njihova montaža u kosi kanal .....	45
Slika 55. Pogonski valjak .....	46
Slika 56. Kosi kanal sa trakom.....	47
Slika 57. Konačni izgled kosog kanala .....	47
Slika 58. Spoj kosog i horizontalnog kanala .....	48
Slika 59. Motor za transportnu traku.....	49
Slika 60. Reduktor za transportnu traku.....	49
Slika 61. Pogon transportne trake .....	50
Slika 62. Držac motora transportne trake.....	50
Slika 63. Trenutni otvor peći.....	55
Slika 64. Novi otvor peći.....	56
Slika 65. Sklop novog otvora peći .....	56
Slika 66. Spoj peći i transportne trake.....	57
Slika 67. Konačna konstrukcija sustava doziranja .....	58
Slika 68. Prednji pogled peći.....	63

Slika 69. Gornji i donji dio - primar .....	64
Slika 70. Sklop ventilacije – primar .....	64
Slika 71. Vanjski i unutarnji dio - sekundar .....	65
Slika 72. Poklopac – sekundar .....	65
Slika 73. Sklop ventilacije.....	66
Slika 74. LOGO! [20].....	67
Slika 75. LOGO! proširenje [21].....	68
Slika 76. Ispravljач [22] .....	68
Slika 77. Bimetalna zaštita [23] i osigurač [24] .....	69
Slika 78. Sklopnik [25].....	69
Slika 79. Tipkalo sa gljivom [26] i obično tipkalo [27] .....	70
Slika 80. Grebenasta sklopka sa dva [28] i tri položaja [29].....	70
Slika 81. Signalna lampica [30] .....	71
Slika 82. PT100 sonda [31] .....	71
Slika 83. Dijagram toka – početak .....	77
Slika 84. Dijagram toka - greška .....	77
Slika 85. Dijagram toka - auto mod .....	78
Slika 86. Dijagram toka - početno propuhivanje.....	78
Slika 87. Dijagram toka - doziranje.....	79
Slika 88. Dijagram toka - krajnje propuhivanje .....	80
Slika 89. Timer ON delay [32] .....	81
Slika 90. Timer OFF delay [32] .....	81
Slika 91. Analog trigger [32].....	81
Slika 92. Programski kod - prvi dio .....	82
Slika 93. Programski kod - drugi dio .....	82
Slika 94. Programski kod - treći dio.....	83

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Rezultati uzoraka mjerenja.....	7
Tablica 2. Gustoća uzoraka .....	8
Tablica 3. Ogrjevne vrijednosti za neke vrste drveta [4] .....	10
Tablica 4. Popis elemenata za elektrotehničko rješenje .....	72
Tablica 5. Popis adresa.....	75

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$B$	m	širina trake,
$C$	-	konstanta ovisna o duljini trake prema DIN 22101,
$D$	m	promjer puža,
$E$	kWh	oslobođena toplinska energija,
$F_m$	N	sila na lopaticu mješača,
$F_o$	N	obodna sila,
$f$	-	koeficijent sveukupnog otpora,
$H_t$	m	visina transporterera,
$H_{tt}$	m	duljina vertikalne komponente trake,
$H$	kWh/ m <sup>3</sup>	ogrjevnost vrijednost,
$h$	m	korak puža,
$I_v$	m <sup>3</sup> /h	kapacitet transporterera
$I_m$	kg/s	kapacitet transporterera,
$i$	-	prijenosni omjer,
$k$	-	faktor ovisan o nagibu trake i načinu punjenja,
$k_F$	m	krak na kojoj djeluje sila,
$k_1$	-	koeficijent 0,8...1,
$k_2$	-	koeficijent ovisan o nagibu trake,
$L$	m	duljina vodoravna komponente trake,
$l$	m	duljina,
$M$	kg/kmol	molarna masa,
$m$	kg	masa,
$n_p$	min <sup>-1</sup>	brzina vrtnje puža,
$n_v$	min <sup>-1</sup>	brzina vrtnje valjka,
$n'_c$	kmol/kg	količina ugljika u jednom kilogramu goriva,
$n'_o$	kmol/kg	količina kisika u jednom kilogramu goriva,
$n'_h$	kmol/kg	količina vodika u jednom kilogramu goriva,
$n'_s$	kmol/kg	količina sumpora u jednom kilogramu goriva,
$O_{min}$	kmol/kg	minimalna potrebna količina kisika,
$O_{stv}$	kmol/kg	stvarna potrebna količina kisika,
$P$	W	snaga,

$P_m$	W	potrebna snaga za pogon mješača,
$P_n$	W	nazivna snaga,
$P_p$	W	snaga na vratilu puža,
$P_{tt}$	W	potrebna snaga na vratilu pogonskog bubnja,
$P_{uk}$	W	ukupna potrebna snaga motora,
$R$	m	polumjer obodne brzine,
$T$	Nm	moment,
$t$	h	vrijeme,
$V$	m <sup>3</sup>	volumen,
$v$	m/s	brzina trake,
$V_s$	m <sup>3</sup>	volumen spremnika,
$V_{stv}$	m <sup>3</sup>	stvarni volumen spremnika,
$V_{zstv}$	m <sup>3</sup>	stvarni potrebni volumen zraka,
$z_1$	-	broj zuba pogonskog lančanika,
$z_2$	-	broj zuba gonjenog lančanika,
$Z_{stv}$	kmol/kg	stvarna potrebna količina zraka,
$q_0$	N/m	težina trake i okretnog dijela valjka,
$q_{zstv}$	m <sup>3</sup> /h	stvarni potrebni protok zraka,
$\lambda$	-	otpor povlačenju,
$\lambda_z$	-	faktor pretička zraka,
$\psi$	-	koeficijent punjenja puža,
$\omega$	rad <sup>-1</sup>	kutna brzina vrtnje,
$\eta$	%	faktor korisnosti,
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	gustoća.

---

# **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

EL. SHEMA – visoki napon

EL. SHEMA – niski napon

Programski kod – FBD program

## SAŽETAK

U današnje vrijeme automatizacija zauzima sve veći dio u samoj proizvodnji, ali u osobnim potrebama kod kuće. Korištenjem automatizacije ne samo da se ubrzava proces same proizvodnje, već se i smanjuje potreba za velikom količinom radne snage. U kućnoj upotrebi automatizacija dolazi do izražaja najviše u paketima poznatijim kao „Pametna kuća“, gdje vlasnici kuća ne trebaju više brinuti o stvarima kao podizanju i spuštanju roleta, paljenju i gašenju svjetla, a ono najvažnije i grijanju i hlađenju samog prostora.

Ovaj rad upravo će prikazati upotrebu automatskog sustava za održavanje temperature u postojećoj poslovno-stambenoj zgradi.



## **SUMMARY**

Nowadays, automation takes an increasingly large part in production itself, but also in personal needs at home. Using automation not only speeds up the production process itself, but also reduces the need for a large amount of labor. In home use, automation comes to the fore mostly in packages known as "Smart House", where homeowners no longer need to worry about things like raising and lowering blinds, turning lights on and off, and most importantly, heating and cooling the space itself.

This paper will show the use of an automatic system for maintaining the temperature in an existing commercial-residential building.

# 1. Uvod

U postojećoj poslovno-stambenoj zgradi grijanje se vrši preko peći centralnog grijanja. Peć se nalazi u kotlovnici koja je smještena u podrumu. Da bi se održavala temperatura u samom sustavu grijanja, ali i u peći potrebno je redovito u peć ubacivati određenu količinu ogrjevnog medija. Trenutno se za ogrjevni medij koriste cjepanice. Ovaj postupak potrebno je ponavljati tijekom cijelog dana da bi boravak u grijanom prostoru bio ugodan.

U stambenom dijelu zgrade trenutno nema stanara te postupak održavanja temperature u peći treba izvršavati radnik koji se tokom radnog vremena nalazi u poslovnom prostoru.

U poslovnom prostoru nalazi se trgovina mješovitom robom te se u trgovini uvijek nalazi neki kupac, zbog toga radnik ne može napustiti svoje radno mjesto u cilju da se spusti u kotlovnici i provjeri stanje izgaranja u peći te po potrebi ubaci određenu količinu ogrjevnog medija u peć. Ovo je glavni problem ovakvog načina grijanja, često je osoba spriječena da na vrijeme provjeri stanje u peći, a također često dođe do zaborava i tada dolazi do toga da u peći sav ogrjevni medij izgori i peć se jednostavno ugasi.

Upravo je ovo glavni razlog zašto se došlo do projektiranja i osmišljavanja automatskog sustava za doziranje ogrjevnog medija i održavanja temperature u peći. Cilj je ostvariti potrebu za jednom, najviše dva puta dnevno treba otići u kotlovnici i provjeriti rad sustava. Na taj način radnika bi se oslobodilo ove dužnosti loženja peći, tako bi se u potpunosti mogao posvetiti radu u trgovini. Više se ne bi trebao brinuti o temperaturi u prostoru, ovaj sustav bi to izvršavao za njega. Također, budući stanari isto tako bi bili oslobođeni ove odgovornosti, na taj način mogu bezbrižno boraviti u svome stanu.

## 2. Postojeći sustav grijanja

Postojeći sustav grijanja sastoji se od peći centralnog grijanja s ručnim loženjem upotrebom cjepanica kao ogrjevnog medija. Krajnji cilj je projektirati sustav za automatsko doziranje određenog ogrjevnog medija u peć i održavanje temperature u peći u određenom rasponu. Time će se temperatura u prostorijama postojeće zgrade održavati konstantnom. Na slici 1 može se vidjeti postojeći sustav centralnog grijanja.



Slika 1 Postojeći sustav centralnog grijanja

Postojeći sustav centralnog grijanja sadrži peć VIADRUS, nazivne snage  $P = 25 \text{ kW}$ . Peć je na slici 1 označen crvenim pravokutnikom. Lijevo od peći u plavom pravokutniku nalazi se ekspanzijska posuda. Uloga ove posude je da održava stalan tlak u zatvorenom sustavu grijanja.

U ekspanzijskoj posudi nalazi se membrana koja odvaja vodu iz sustava grijanja i plin koji se nalazi s druge strane membrane. Povišenjem temperature vode u sustavu grijanja, dolazi do rasta tlaka, a da bi se održao stalan tlak u sustavu, voda potiskuje membranu i tlači se plin smješten na drugoj strani tako dugo kada se ne postigne ravnoteža.

Desno od peći u žutom pravokutniku nalazi se akumulacijski spremnik. Akumulacijski spremnik služi da smanji oscilacije u sustavu grijanja. U sustavima bez ovog spremnika peć brzo doseže

vršnu vrijednost temperature. Tada se mora prestati ložiti da ne bi došlo do oštećenja samog sustava, a kada se temperatura smanji, loženje se ponovo može nastaviti. Na taj način sustav grijanja je vrlo nestabilan i ne omogućava precizno regulaciju temperature.

Rješenje ovom problemu je upravo akumulacijski spremnik u čijem se volumenu nalazi određena količina rashlađene vode te kada uređaji u sustavu grijanja (radijator, ventilokonvektor, podno grijanje) poprime svoju radnu temperaturu, razlika u temperaturi između ulaznog i povratnog voda je vrlo mala. Tada počinje zagrijavanje akumulacijskog spremnika te na taj način peć može raditi dulje vremena bez postizanja svoje vršne vrijednosti te nema potrebe za prestankom loženja.

Još jedna prednost ovih spremnika ako su izolirani je što mogu dulje vremena čuvati višu temperaturu vode u sustavu i kada se peć ugasi. Na taj način sljedeći ciklus grijanja može početi i prije nego li počne izgaranje u peći, ali samo ako vremenski period između ciklusa nije prevelik jer bi inače došlo do prirodnog ohlađivanja vode u spremniku.

U prostoru između peći i akumulacijskog spremnika, gdje se trenutno nalaze bijelo-plave-žute kutije predviđeno je mjesto za spremnik ogrjevnog medija koji će se koristiti za automatski sustav doziranja. U narednim poglavljima opisan je korišteni ogrjevni medij te na temelju njegovih svojstava određena je potrebna količina i konačno potrebne dimenzije samog spremnika.

## 3. Ogrjevni medij

### 3.1. Način dobivanja ogrjevnog medija

Kako je već prije spomenuto, trenutno se kao ogrjevni medij koriste cjepanice. Za sustav automatskog doziranja takav medij u obliku cjepanica ne bi bio zadovoljavajući jer bi tada sustav trebao biti veoma velikih dimenzija pošto su i same cjepanice većih dimenzija. Na slici 2 može se vidjeti primjer cjepanica.



Slika 2. Cjepanice [1]

Za ovakve sustave doziranja u peć, uglavnom se koristi piljevina, drvena sječka ili peleti kao ogrjevni medij. Na slici 3 može se vidjeti primjer piljevine i njezine dimenzije u odnosu na ljudsku šaku.



Slika 3. Piljevina [2]

Prednost ovakvih medija je upravo u njihovim dimenzijama. Zbog svojih malih dimenzija, nemaju puno praznog prozora između čestica te zbog toga traže manje prostora za skladištenje u odnosu na cjepanice i sustav transportiranja ne zahtijeva velike dimenzije u odnosu a cjepanice. Ove prednosti upravo su glavni razlozi zašto će se u ovom sustavu koristiti jedan takav medij.

Kao ogrjevni medij u ovom sustavu koristit će se drvena sječka. Neki od razloga navedeni su u tekstu gore, no osim već navedenih razloga postoji još nekoliko njih. Vlasnik ove zgrade želi što više smanjiti troškove kupovine ogrjevnog medija tako da koristi onaj koji mu je dostupan gotovo besplatno. Pod time se misli na sljedeće: pošto posjeduje veću količinu vinograda i voćnjaka te svake godine nakon rezidbe dobije veliku količinu većih i manjih grana, pronašao je način kako da ih iskoristi kao ogrjevni medij.



Slika 4. Drobilica [3]

Upotrebom uređaja za usitnjavanje grana koji se može vidjeti na slici 4, dobiva se drvena sječka koja će se koristiti kao ogrjevni medij u ovom sustavu grijanja. Na slici 5 može se vidjeti izgled drvene sječke nastale usitnjavanjem granja iz vinograda i voćnjaka.



Slika 5. Drvena sječka

### 3.2. Svojstva ogrjevnog medija

Prilikom izračuna potrebne snage motora koji će pokretati mehanizam miješanja medija u spremniku, potrebno je poznavati masu koja je sadržana u tom spremniku. Uz pomoć podatka mase, u kasnijem računu moći će se odrediti sila koja djeluje na sami mehanizam te će se na temelju te sile moći izračunati potrebni moment za pokretanje ovog mehanizma. Za ovaj slučaj ključno svojstvo koje je potrebno odrediti je gustoća same drvene sječke.

Za određivanje ovog podatka provedeno je 10 uzoraka mjerenja, na način da je odabrana posuda volumena 15 litara što odgovara 0,015 metara kubnih i mase 0,6 kilograma. Za svaki uzorak mjerenja, posuda se napunila do vrha sa drvenom sječkom sa slike 5 i izmjerena je nova masa posude zajedno sa drvenom sječkom.

Na slici 6, prikazan je način mjerenje mase uzorka, svaki uzorak mjeren je na isti način. Prilikom punjenja posude s drvenom sječkom bitno je bilo uzeti sječku s drugačijeg mjesta na hrpi gdje se nalazi sama sječka. Na taj način osiguralo se da izračunata gustoća drvene sječke bude što točnija. Za mjerenje mase koristila se kućna vaga.



Slika 6. Mjerenje mase uzorka

U tablici 1 navedeni su podaci za svih 10 uzoraka mjerenja. U drugom stupcu tablice nalazi se masa uzorka koju je prikazala vaga, dakle ta podatak je uključivao i masu posude, masa posude se morala oduzeti jer za izračun gustoće medija potrebna je masa samog medija koji se nalazi u posudi. Treći stupac je dobiven na način da se podatak iz drugog stupca oduzeo s masom same posude.

Tablica 1. Rezultati uzoraka mjerenja

Redni broj uzorka	Masa uzorka sa posudom u kg	Masa uzorka bez posude u kg
1	5,0	4,4
2	4,9	4,3
3	5,5	4,9
4	5,1	4,5
5	5,0	4,4
6	5,0	4,4
7	4,9	4,3
8	5,1	4,5
9	4,8	4,2
10	5,0	4,4

Nakon izmjerene mase uzoraka, izračunata je gustoća za svaki uzorak prema izrazu (3.1):

$$\rho_i = \frac{m_i}{V}, \quad (3.1)$$

gdje je:

$m_i$  – masa  $i$ -tog uzorka bez posude, kg,

$V$  – volumen posude, m<sup>3</sup>,

$\rho_i$  – gustoća  $i$ -tog uzorka, kg/m<sup>3</sup>.

Uvrštavanjem podataka za prvi uzorak mjerenja u izraz (3.1) dobiva se:

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V}, \quad (3.2)$$

$$\rho_1 = \frac{4,4}{0,015}, \quad (3.3)$$



$$\rho_1 = 293,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \quad (3.4)$$

Analogno korištenjem izraza (3.1) dobivaju se gustoće za sve ostale uzorke mjerenja. U tablici 2 navedene su gustoće za sve uzorke mjerenja.

Tablica 2. Gustoća uzoraka

Redni broj uzorka	Gustoća uzorka u kg/m <sup>3</sup>
1	293,33
2	286,67
3	326,70
4	300,00
5	293,33
6	293,33
7	286,67
8	300,00
9	280,00
10	293,33

Za dobivanje konačne vrijednosti gustoće drvene sječke potrebno je izračunati srednju vrijednost gustoće nad provedenim uzorcima mjerenja. Prema izrazu (3.5):

$$\bar{\rho} = \sum_{i=1}^{10} \rho_i, \quad (3.5)$$

određuje se srednja vrijednost gustoće. Uvrštavanjem podataka iz tablice 2 u izraz (3.5) dobiva se konačna vrijednost gustoće:

$$\bar{\rho} = 295,34 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad (3.6)$$

$$\bar{\rho} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \quad (3.7)$$

U izrazu (3.7) navedena je zaokružena vrijednost iz izraza (3.6) na cijeli broj, u kasnijim proračunima koristit će se vrijednost iz izraza (3.7), time se prelazi na stranu sigurnosti jer će se povećanjem gustoće povećati masa sadržana u spremniku.

### 3.3. Volumen spremnika

Nakon što je odabran ogrjevni medij koji će se koristiti u automatskom sustavu grijanja te su određena njegova svojstva, potrebno je izračunati potrebnu količinu medija, uz pretpostavku da će peć raditi nazivnom snagom 24 sata.

Na temelju izraza (3.8) može se odrediti koliko će se toplinske energije osloboditi u peći u određenom vremenskom periodu:

$$E = P_n \cdot t, \quad (3.8)$$

gdje je:

- $E$  – oslobođena toplinska energija, kWh,
- $P_n$  – nazivna snaga, kW,
- $t$  – vremenski period rada, h.

Na natpisnoj pločici same peći navedena je njezina nazivna snaga koja iznosi  $P_n = 25$  kW, ukoliko će peć raditi tom snagom jedan cijeli dan  $t = 24$  h, prema izrazu (3.8), dobiva se oslobođena toplinska energija koju će se osloboditi u peći tijekom određenog vremenskog perioda:

$$E = 25 \cdot 24, \quad (3.9)$$

$$E = 600 \text{ kWh}. \quad (3.10)$$

Nakon provedenog izračuna dobivena je oslobođena toplinska energija u zadanom vremenskom intervalu te je taj iznos naveden u izrazu (3.10).

Prema definiciji o energiji zna se da energija može prelaziti iz jednog oblika u drugi i ne može nastati ni iz čega, potrebno je peć opskrbiti sa dovoljnom količinom ogrjevnog medija koji će svojim izgaranjem osigurati oslobađanje izračunate vrijednosti toplinske energije u peći. Promatrat će se za koji se to volumen ogrjevnog medija može dobiti zahtijevana količina toplinske energije.

Iz izraza (3.11) određuje se potrebni volumen ogrjevnog medija:

$$V = \frac{E}{H} \quad (3.11)$$

gdje je:

$V$  – potrebni volumen spremnika, m<sup>3</sup>

$E$  – ukupno proizvedena toplinska energija, kWh

$H$  – ogrjevna vrijednost medija, kWh/ m<sup>3</sup>.

Prije samog izračuna volumena, potrebno je odrediti ogrjevnu vrijednost medija. Za što točniji izračun preporuka je da se ogrjevna vrijednost odredi s pomoću kalorimetra, ali u ovom slučaju taj uređaj nije bio dostupan. U ovom slučaju uzeta je pretpostavka da se radi o bukvi.

U tablici 3 navedene su ogrjevne vrijednosti za neke vrste drveta.

**Tablica 3. Ogrjevne vrijednosti za neke vrste drveta [4]**

Vrsta drveta	Ogrjevna vrijednost u kWh/m <sup>3</sup>
Bagrem	2100
Hrast	2100
Bukva	2100
Breza	1900
Javor	1900
Vrba	1400
Jela	1400

Uvrštavanjem podataka u izraz (3.11) dobiva se:

$$V = \frac{600}{2100}, \quad (3.12)$$

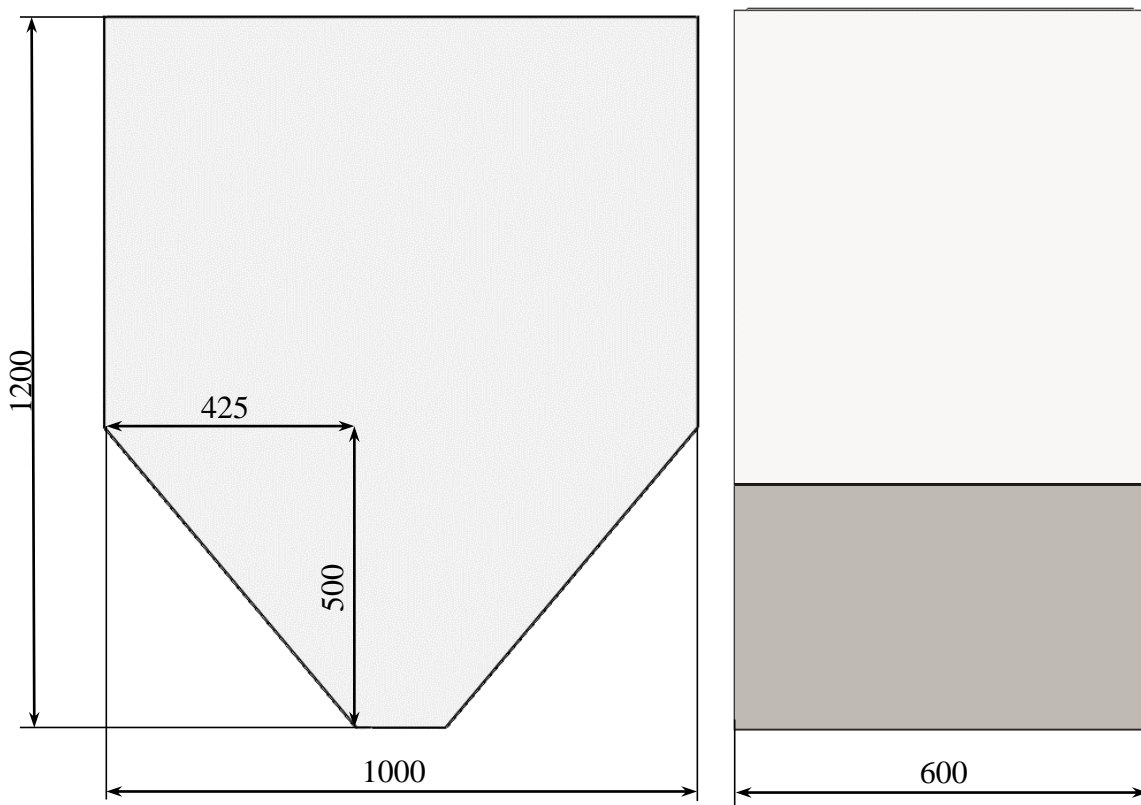
$$V = 0,2857 \text{ m}^3, \quad (3.13)$$

$$V_{stv} = 0,3 \text{ m}^3. \quad (3.14)$$

U izrazu (3.13) naveden je minimalni potrebni volumen drvene sječke da bi se u peći oslobodilo 600 kWh toplinske energije. Zbog sigurnosti, definiran je stvarni volumen koji je naveden u izrazu (3.14), on je određen zaokruživanjem vrijednosti potrebnog volumena.

Mjerenjem je ustanovljeno da u predviđeni prostor za smještanje spremnika može doći spremnik širine 1000 mm i dubine 600 mm. Visina spremnika ograničena je zahtjevom klijenta da ukupna visina spremnika ne bude znatno veća od 1700 mm, gledajući zajedno s nogama na kojima će biti montiran spremnik. Određeno je da će visina spremnika bez noga biti 1200 mm, što znači da će dno spremnika biti odmaknuto za 500 mm od poda, a to je potrebno da se ispod spremnika mogu montirati dodatni elementi sustava doziranja.

Nakon definiranja gabaritnih mjera spremnika može se odrediti željeni oblik spremnika. Na slici 7 prikazan je željni izgled spremnika.



Slika 7. Željeni oblik spremnika

Konačno, može se odrediti konačni volumen spremnika, od volumena kvadra koji bi nastao korištenjem gabaritnih mjera spremnik oduzete su dvije trokutaste prizme:

$$V_s = 1200 \cdot 1000 \cdot 600 - 500 \cdot 425 \cdot 600, \quad (3.15)$$

$$V_s = 0,5925 \text{ m}^3. \quad (3.16)$$

U izrazu (3.16) naveden je konačni volumen spremnika. Na temelju tog volumena može se odrediti koliko dugo će sustav moći opskrbljivati peć s ogrjevnim medijem, prema izrazu (3.17):

$$t_{opskrbe} = \frac{V_s}{V_{stv}} \cdot 24, \quad (3.17)$$

$$t_{opskrbe} = \frac{0,5925}{0,3} \cdot 24, \quad (3.18)$$

$$t_{opskrbe} = 47,4 \text{ h.} \quad (3.19)$$

Iz izraza (3.19) može se vidjeti da će sustav s jednim punjenjem moći raditi gotovo 2 puna dana. Time je ostvaren glavni cilj koji je naveden u samom uvodu.

## 4. Tehnologija izrade

Prije samog konstruiranja potrebno je definirati tehnologiju kojom će se izrađivati pojedini elementi, nije obavezno, ali je preporuka, na taj način može se unaprijed predvidjeti hoće li se to moći izraditi navedenom tehnologijom te će se na taj način i konstruirati potrebni element. Ako se to na početku ne definira može doći do toga da se mora mijenjati izgled samog elementa na što se može potrošiti nepotrebno puno vremena.

### 4.1. Izrada limova

Većina elemenata sustava za automatsko doziranje izradit će se iz limova. Rezanje limova vršilo se na industrijskom laseru. Laser je prikazan na slici 8. Potrebno je znati da se laserom može izraditi samo ravni rez, kosi rez lima na korištenom laserskom rezaču nije moguće izraditi.



Slika 8. Industrijski laser

Prednost rezanja limova na laseru je u tome što se samo iz programa *SolidWorks* može izvaditi razvijeni oblik lima u obliku *DXF* datoteke te se ta datoteka samo ubaci u upravljački sustav laserskog rezača i to je to. Podese se parametri na laseru, ovisno o debljini lima koji se reže i pokrene se program. Nadalje, laserskim rezačem se mogu vrlo lagano izrezati svakakvi oblici, gotovo da nema ograničenja u tome što se može izraditi. Također greška lasera se gotovo i može zanemariti te je izrada od iznimno velike točnosti.

Savijanje limova odrađeno je na stroju za savijanje limova. Taj stroj prikazan je na slici 9. Prilikom konstruiranja takvih limova kod kojih se zahtijeva savijanja potrebno je imati na umu da se ne može savinuti sve što se zamisli, najbolje je prvo provjeriti s majstorom može li se zamišljeni dizajn izraditi i tek onda krenuti s daljnjim konstruiranjem.



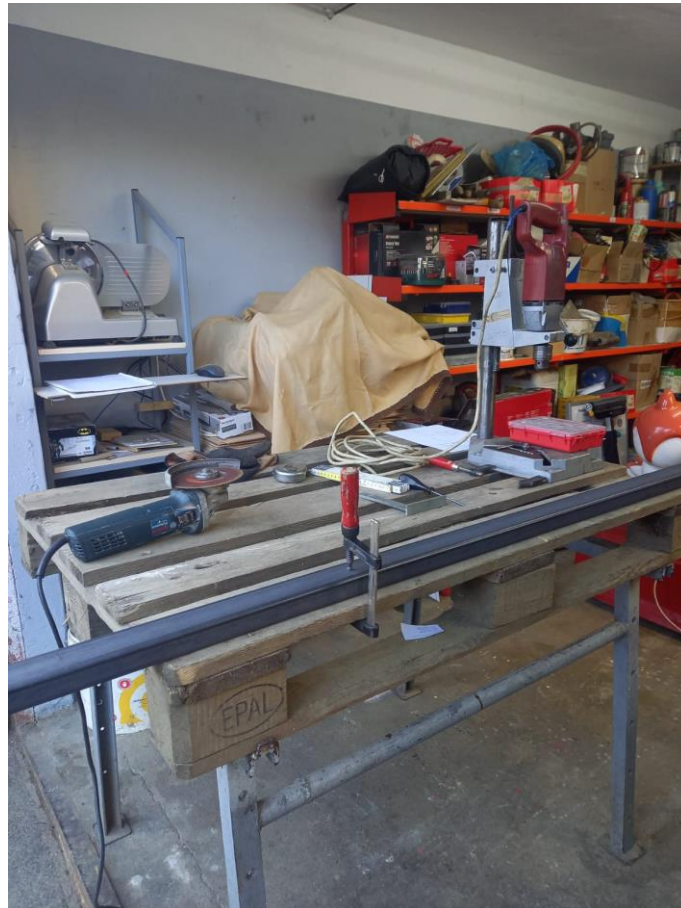
Slika 9. Stroj za savijanje limova

Dijelove koji su izrađeni tokarenjem, izrađeni su na tokarilici. Kod tokarenja najbitnije je bilo dobro definirati tolerancije za bitne mjere, kao što je rukavac, tako radnik zna na koje dimenzije treba obratiti posebnu pažnju. Na slici 10 prikazan je tip tokarilice na kojoj su izrađeni dijelovi koji su zahtijevali takvu tehnologiju izrade.



Slika 10. Tokarilica [5]

Dijelovi koju su izrađivani od cijevi rezani su uz pomoć ručne brusilice na koju je stavljena rezna ploča za metal. Na cijevima provrti su izbušeni uz pomoć ručne bušilice koja je stavljena na univerzalni stalak. Uz pomoć stalka omogućeno je da provrt bude što okomiti na plohu na kojoj se on nalazi.



**Slika 11. Rezanje i bušenje cijevi**

Na slici 11 može se vidjeti navedeni alat koji je korišten za rezanje i bušenje cijevi i može se vidjeti način na koji je to odrađeno.



## 5. Konstrukcija spremnika

Nakon što je u prethodnom definiran volumen spremnika i njegove gabaritne mjere kreće se konstruiranjem samog spremnika. Prilikom konstruiranja potrebno je prvo definirati početne zahtjeve kojih se treba pridržavati i na temelju toga projektirati samu konstrukciju.

Zahtjevi:

- 1) Konstrukciju spremnika treba projektirati tako da se sastoji od rastavljivih spojeva (vijčani spojevi) radi lakše montaže i demontaže, ali i zbog lakšeg transporta i unošenja u prostor gdje se treba montirati.
- 2) Konstrukciju spremnik svesti na dijelove koji će biti izrađeni iz limova.
- 3) Na vrhu spremnika moraju se nalaziti otvor za ubacivanje ogrjevnog medija, taj otvor mora biti pokriven s vratima da se maksimalno smanji stvaranje prašine u prostoru gdje je montiran spremnik.
- 4) U spremniku se mora nalaziti sustav za miješanje samog medija da ne bi došlo do blokiranja transporta medija.
- 5) U spremniku treba predvidjeti držače koji će se naknadno moći koristiti za ugradnju sustava za separaciju većih od manjih čestica drvene sječke.

### 5.1. Plašt spremnika

Pridržavajući se početnih zahtjeva za spremnik i željenog oblika spremnika konstruiran je plašt samog spremnika. Plašt spremnika sastoji se od 5 dijelova:

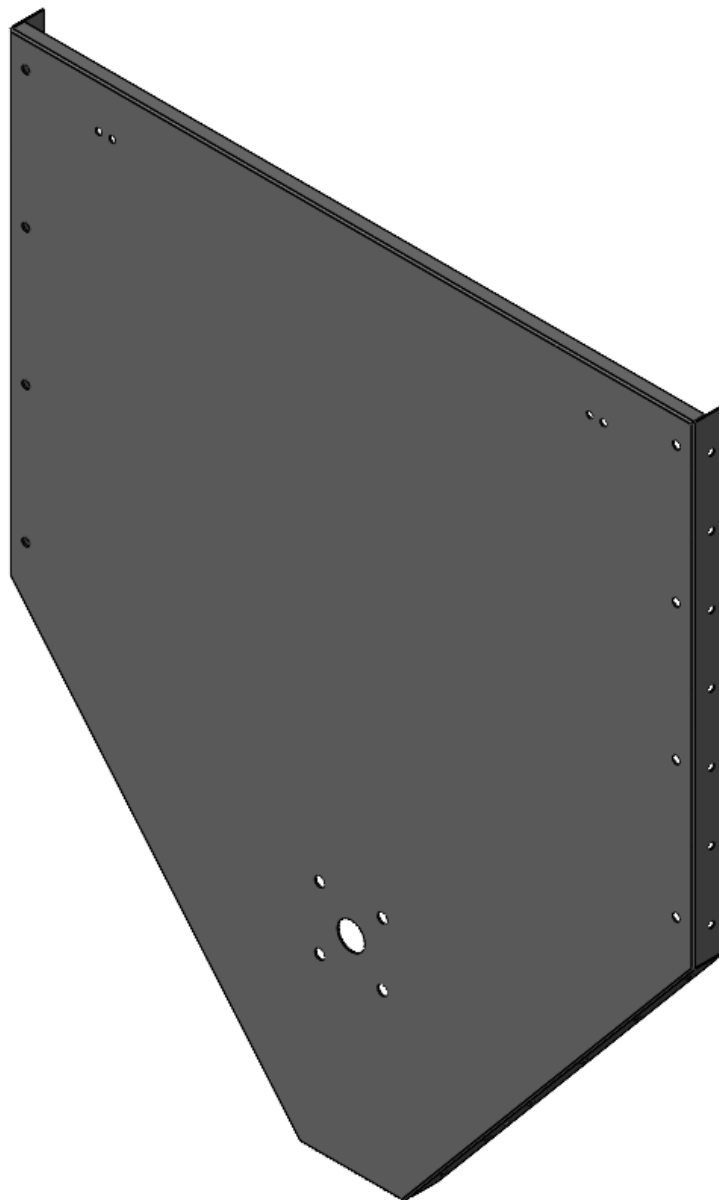
- 1) Prednja i stražnja strana spremnika
- 2) Bočna strana spremnika
- 3) Kada spremnika

Prednja i stražnja strana spremnika su identične pošto je spremnik simetričan te su također i bočne stranice spremnika su identične.

Nadalje, prema zahtjevu, navedeni dijelovi izrađuju se iz limova, prema preporuci iz prakse odabran je lim debljine 2 milimetra. Konstruiranje se vršilo u programu *SolidWorks* gdje postoji opcija *Sheet metal* koja nudi mogućnost izrade limova željenog oblika. Program na temelju izrađenog oblika samostalno izračuna dimenzije razvijene ploče lima, dakle kada ona nije savinuta, uzimajući u obzir faktora savijanja lima. Na taj način može se sa sigurnošću može odrediti koju ploču lima treba naručiti da se određeni dio može izraditi.

### 5.1.1. Prednja i stražnja strana spremnika

Na slici 12 može se vidjeti izgled prednje i stražnje strane spremnika.

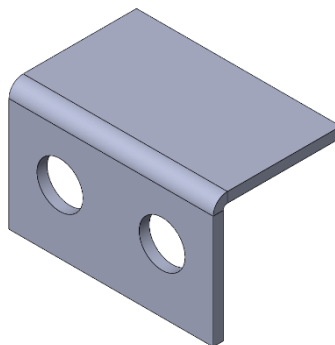


**Slika 12. Prednja i stražnja strana spremnika**

Na vrhu samog dijela savinuti je rub prema unutra. Razlog tome je što će se na samom vrhu spremnika nalaziti vrata da se spriječi izlaz prašine iz spremnika, a da se to što bolje spriječi, po tom gornjem rubu naljepit će se spužva koja će osigurati brtvljenje između samih vrata i spremnika. Na taj način će izlaz prašine biti maksimalno spriječen.

Može se primijetiti da navedena strana spremnika ima savinute uske bočne stranice na kojima se nalaze neki provrti. Ti provrti služe za montiranje bočne strane spremnika u sklop. Nadalje, na slici 8 može se na prednjoj plohi primijetiti nekoliko vrsta provrta.

Na vrhu plohe nalaze se dva para provrta, oni služe za montiranje držača za naknadnu ugradnju sustava za separaciju drvene sječke. Na slici 13 prikazan je izgled držača. Na njegovoj gornjoj plohi naknadno se mogu izbušiti provrti te se može montirati sustav za separaciju kao nadogradnja na spremnik. Uz lijevi i desni rub prednje plohe nalaze se po četiri provrta, ti provrti služe za montiranje cijevi koje imaju ulogu noge na kojima stoji cijeli spremnik. Malo ispod sredine prednje plohe nalazi se jedan veći provrt sa četiri manja provrta. Ovi provrti služe za montažu SKF-ovog ležaja sa kućištem u kojem će biti montiran rukavac sustava za miješanje drvene sječke.



Slika 13. Držać

Dimenzije provrta koje nisu vezane za ležaj definirane su prema dimenzijama vijaka koji su korišteni. Provrta trebaju biti prolazni, tako da vijak ima mjesta za eventualne male pomake. Na primjer za vijak M8 izradio se provrt promjera 9 milimetara, analogno su se izrađivali provrti za ostale dimenzije vijaka.

Dimenzije samih provrta i dimenzije između provrta vezanih za montažu SKF ležaja definirani su prema dokumentaciji samog ležaja. Korišteni ležaj je: SKF UCF 207. Na slici 14 može se vidjeti izgled navedenog ležaja montiranog u svome kućištu.

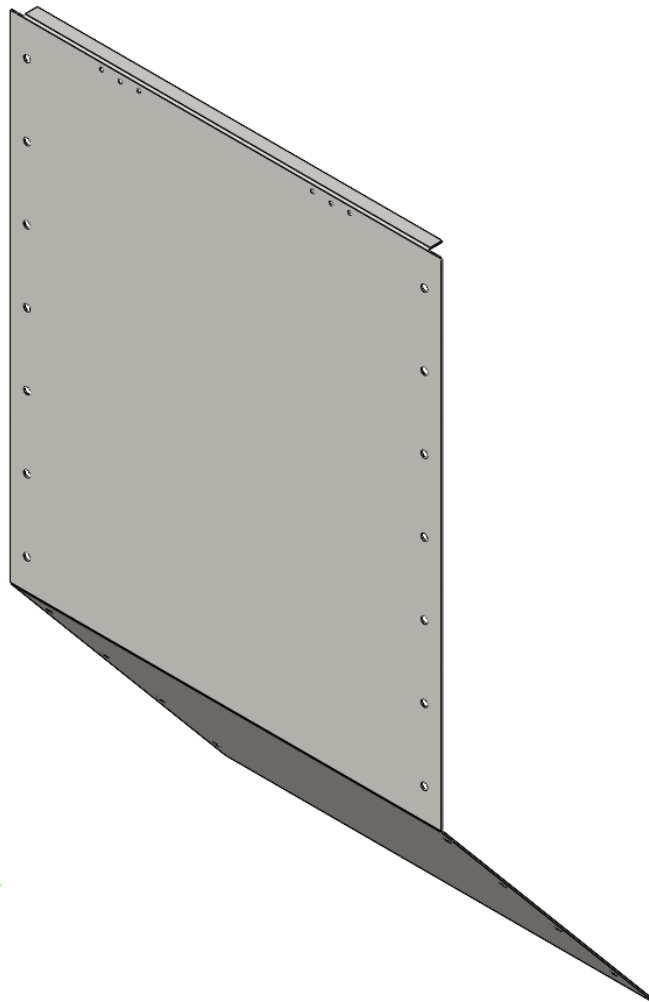


Slika 14. Ležaj SKF UCF 207 [6]

### 5.1.2. Bočna strana spremnika

Na slici 15 prikazana je bočna stranica spremnika. Uz svaki rub nalaze se provrti koji služe za montažu bočne strane na prednju i stražnju stranu spremnika. Na samom vrhu nalaze se dvije skupine po tri provrta koji služe za montažu jednog dijela šarke. Šarke su kupljene kao gotov proizvod te su sve bitne dimenzije za ucrtavanje njihovih provrta izmjerene na samom proizvodu. Gornji rub, kao što prikazuje slika 15, savinut je prema unutra, razlog tome je isti kao i za razlog koji je opisan za isti taj rub na prednjoj i stražnjoj strani spremnika.

Dimenzije samih provrta definirana je na isti način opisan i za prednju i stražnju stranu spremnika.

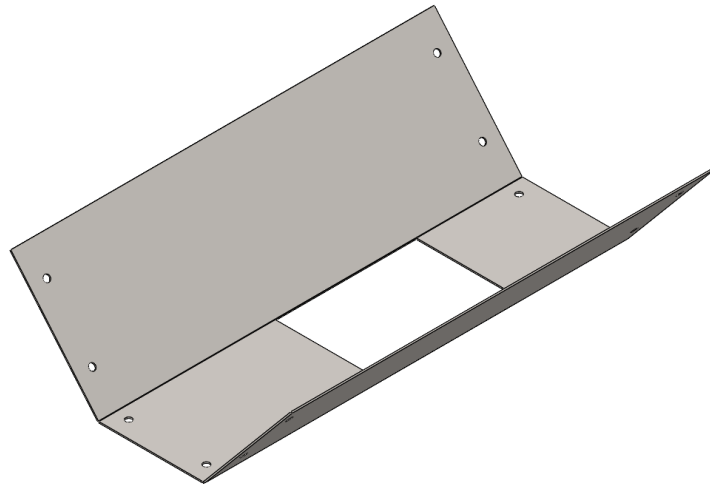


Slika 15. Bočna strana spremnika

### 5.1.3. Kada spremnika

Na samom dnu spremnika nalazi se kada spremnika. Na slici 16 može se vidjeti izgled same kade. Uz prednji i stražnji rub ponovo se nalaze provrti koji služe za montažu same kade na prednju i stražnju stranu spremnika. Na dnu kade nalazi se jedan otvor, uloga ovog otvora je da omogući prijelaz drvene sječke iz spremnika u transportni sustav koji će biti montiran ispod spremnika.

Dimenzija provrta ponovo je definirana na isti način opisan i za prednju i stražnju stranu spremnika, dok je dimenzija otvora definirana proizvoljno.



Slika 16. Kada spremnika

## 5.2. Noga spremnika

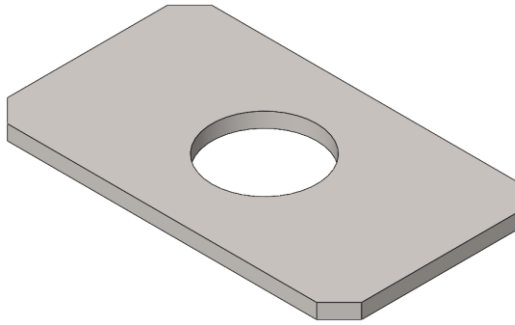
Da bi se omogućilo da plašt spremnika stoji na nekoj visini, projektirane su noge samog spremnika koje će se montirati na prednju i stražnju stranu spremnika. Na slici 17 prikazana je noga spremnika.



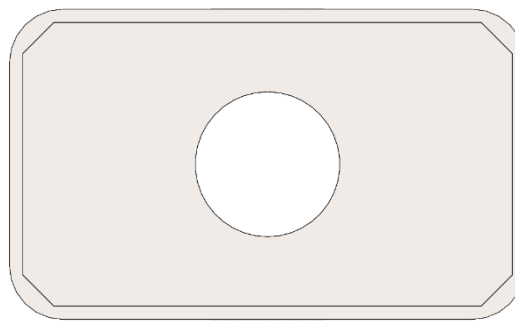
Slika 17. Noga spremnika

Raspored rupa na prednjoj plohi cijevi odgovara rasporedu rupa na prednjoj plohi prednje i stražnje strane spremnika te se na to mjesto ona i montira. Na dnu noge nalazi se metalna pločica sa

provrtom koja je zavarena na samu nogu. Metalna pločica prikazana je na slici 18., a spoj noge i metalne pločice na slici 19.



**Slika 18. Metalna pločica**



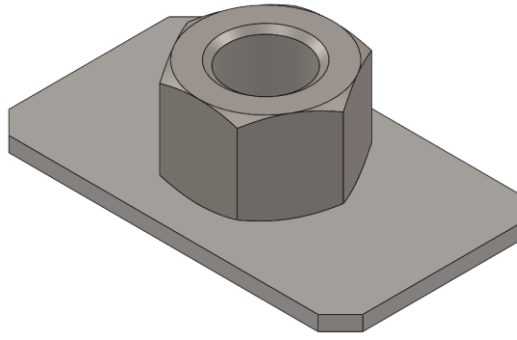
**Slika 19. Spoj metalne pločice i cijevi**

Metalna pločica mora biti zavarena duž cijelog svoje ruba. Na vrh same cijevi potrebno je staviti plastični čep radi estetskih, ali i sigurnosnih razloga. Naime, plastični čep prekrije cijeli rub cijevi pa nema oštih rubova. Prilikom kupnje plastičnog čepa bitno je samo pripaziti na to da odgovara dimenzijama poprečnog presjeka cijevi. U ovom slučaju radi se o cijevi 50x30x3 milimetara.

Koncentrično sa provrtom zavarena je matica na samoj metalnoj pločici, u tu maticu uvija se regulacijski vijak sa plastičnom ravnom glavom koji služi da se cijeli spremnik može nivelirati. Zbog toga je na metalnoj pločici provrt u sredini, tako se omogućava nesmetano uvijanje vijka u maticu. Ova vrsta vijka prikazana je na slici 20, a spoj matice i metalne pločice prikazan je na slici 21.



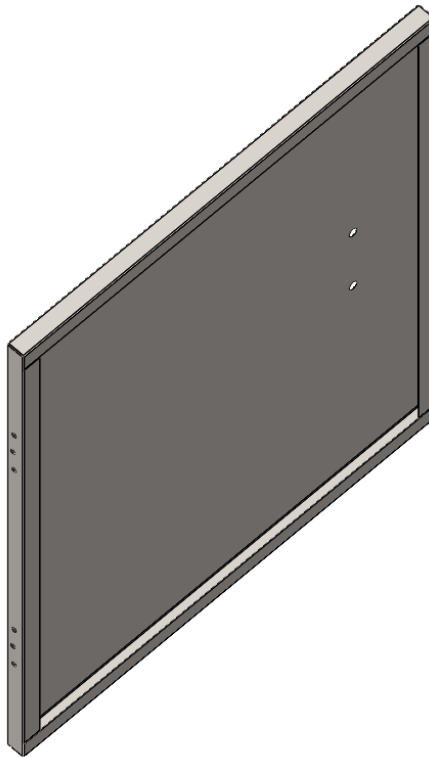
**Slika 20. Regulacijski vijak [7]**



Slika 21. Spoj matice i metalne pločice

### 5.3. Vrata spremnika

Kao što je definirano u zahtjevima za konstruiranje spremnika, na vrhu spremnika se moraju nalaziti vrata koja će spriječiti izlaz prašine iz spremnika. Na slici 22 prikazana su vrata samog spremnika.



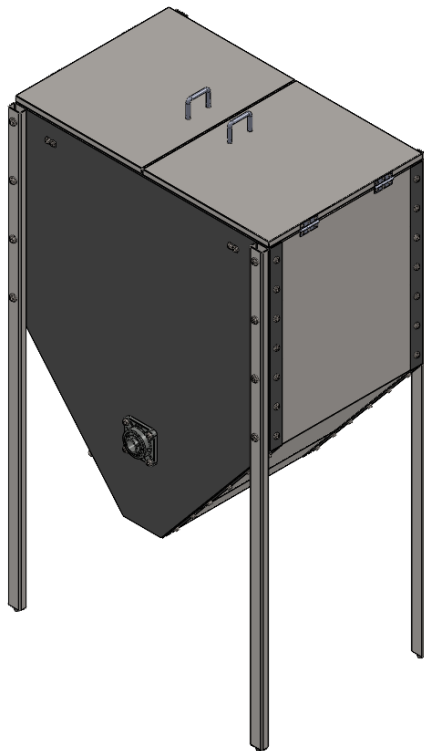
Slika 22. Vrata spremnika

Na lijevoj bočnoj plohi nalaze se dvije skupine po tri provrta kao što prikazuje slika 22, ovi provrti služe za montiranje šarke na vrata spremnika. Na taj način omogućeno je da se vrata mogu otvoriti u bilo kojem trenutku i tako se može provjeriti stanje razine drvene sječke u spremniku. Na najvećoj plohi vrata nalaze se dva provrta koji služe za montiranje ručke za lakše otvaranje vrata. Još jedna bitna stvar kod ovih vrata da imaju savinut rub oblika U. Na uskim plohama koje su

paralelne s najvećom plohom se stvara brtvljenje sa spužvom koja je montirana po gornjem rubu spremnika.

## 5.4. Ojačanja spremnika

Radi lakšeg razumijevanja zašto su stavljena ojačanja na spremnik, na slici 23 prikazan je sklop spremnika, ali bez ojačanja, dok je na slici 24 prikazan konačan sklop spremnika, dakle s ojačanjima.



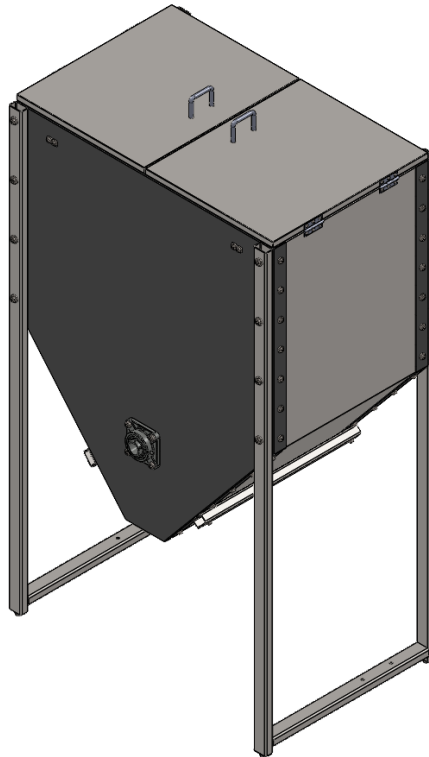
Slika 23. Sklop spremnika bez ojačanja

Na slici 23 može se vidjeti da spremnik stoji samo na 4 noge, one su spojene s vijcima u svojem gornjem dijelu na plašt spremnika, do njihovog dna veliki je krak te da ne bi došlo do njihovog savijanja, s bočne strane između cijevi zavarene su dvije poprečne cijevi.

Osim toga ove cijevi na sebi imaju i provrte koji su predviđene da se na njih vijcima spoji drugi par cijevi, na kojima će se pak nalaziti držač za motor i motor za pokretanje pužnog transportera i sustava za miješanje drvene sječke.

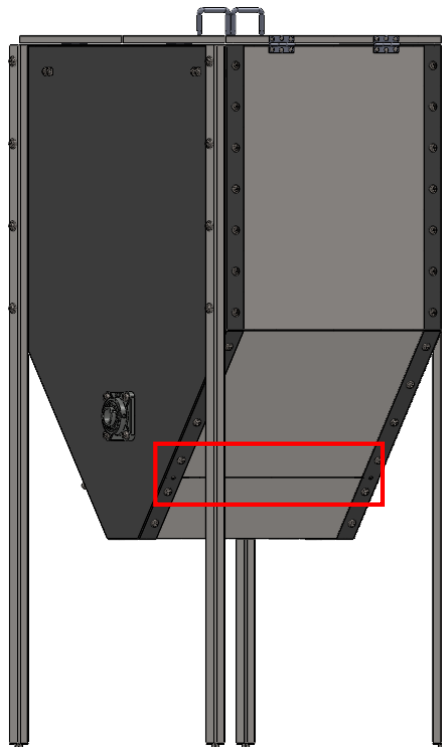
Nadalje, na plaštu spremnika nalaze se dvije poprečne cijevi koje također služe za ojačavanje samog plašta. Radi lakšeg razumijevanja njihove uloge potrebno je promotriti sliku 25 gdje se može vidjeti kakav je spoj između bočne stranice spremnika i kade.





Slika 24. Sklop spremnika

U crvenom pravokutniku na slici 25 prikazan je taj spoj bočne stranice i kade, pošto se oko toga dijela nalazi sustav za miješanje drvene sječke ove će kose stranice biti najviše opterećene, zbog toga su upravo na tom dijelu stavljene svije poprečne cijevi kao ojačanje. Cijevi su vijcima spojene na prednju i stražnju stranu spremnika.



Slika 25. Zakrenuti sklop spremnika bez ojačanja

## 5.5. Sklop spremnika

Konačan sklop spremnika dobiven je sklapanjem svih navedenih dijelova u cjelinu upotrebnom odgovarajućih imbus vijaka, podložnih pločica i matica.

Prilikom odabira dimenzija potrebne duljine imbus vijaka cilj je bio odabrati duljine da vijak strši što manje iz matice, idealno bi bilo kada bi na kraju vijčanog spoja, spoj bio gladak. Dimenzije vijaka odabirana su na temelju norme DIN 912 [14]. Za svaki vijak određenog navoja postoji tablica na temelju koje je određeno koje duljine postoje na tržištu te se na temelju toga odabrao potreban vijak. Dimenzija matica određivana je na temelju norme DIN 555 [13], a dimenzija podložnih pločica na temelju norme DIN 433 [15].

Prilikom izračuna minimalne potrebne duljine, uzimalo se u obzir debljina spoja, debljina podložne pločice i visina matice. Ukoliko u tablici nije bilo izračunate duljine, tada se odabrala prva sljedeća duljina prema tablici. U nastavku će biti prikazan jedan primjer izračuna minimalne potrebne duljine vijka, u primjeru bit će vijak M8.

Prema DIN 555, visina matice iznosi  $m = 6,5$  mm. Prema DIN 433, debljina podložne pločice iznosi  $h = 1,8$  mm. Ukupna debljina spoja dva lima iznosi  $b = 4$  mm. Uvrštavanjem podataka dobivenih iz normi u izraz (5.1), dobiva se:

$$l_{min} = m + 2h + b, \quad (5.1)$$

$$l_{min} = 6,5 + 2 \cdot 1,8 + 4, \quad (5.2)$$

$$l_{min} = 14,1 \text{ mm.} \quad (5.3)$$

Treba primijetiti da se u izrazu (5.1) debljina podložne pločice množila s faktorom 2, razlog tome je što se u vijčanom spoju stavljaju dvije pločice, jedna između lima i vijka, a druga između matice i lima.

Prema izrazu (5.3) dobivena je minimalna potrebna duljina vijka. Prema normi DIN 912 takve duljine nema, prva veća vrijednost iznosi 16 mm. Na taj način za ovaj spoj odabran je vijak duljine 16 mm.

Prilikom izračuna potrebne duljine vijaka za montažu ležaja potrebno je umjesto debljine dva lima uzeti u obzir debljinu kućišta ležaja i debljinu lima na koji se on montira.

Konačan sklop spremnika prikazan je na slici 24.

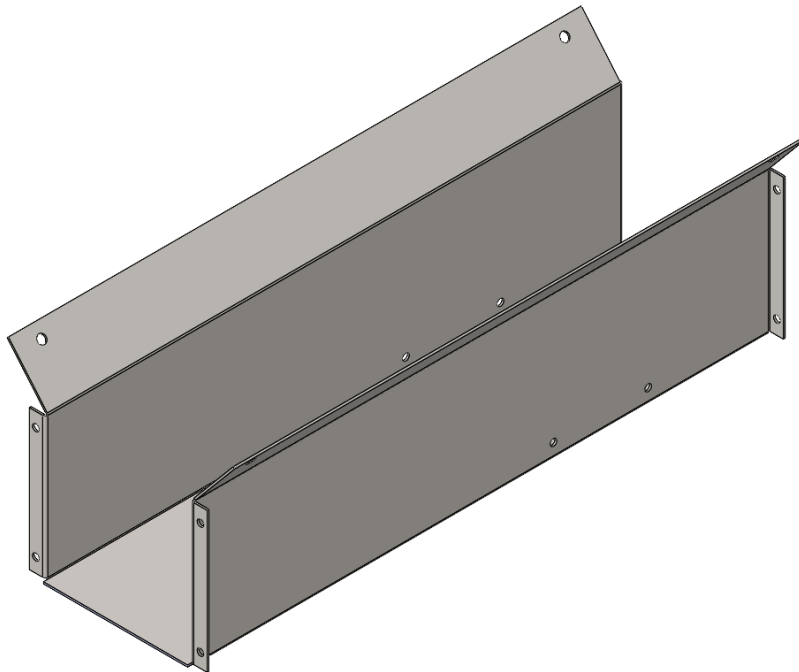
## 6. Pužni transporter i mješač

Nakon izrađene konstrukcije spremnika krenulo se na konstruiranje pužnog transportera. Prvo je bilo potrebno odabrati dimenzija pužnice. Prema preporuci odabrana je pužnica dimenzija vanjskog promjera 140 mm, koraka 80 mm i unutarnjeg promjera takvog da se može zavariti na cijev vanjskog promjera 42mm. Duljina same pužnice određena je tek nakon što se konstruiralo kućište u kojem će se nalaziti pužnica.

Kućište u kojem će se nalaziti pužnica u ovom primjeru nazvano je horizontalni kanal. Ovaj kanal također kao i spremnik je izrađen iz limova debljine 2 mm. U nastavku prikazani su dijelovi ovog kanala i uloga svakog dijela.

### 6.1. Horizontalni kanal

Na samu kadu spremnika potrebno je montirati horizontalni kanal kroz koji će se transportirati drvena sječka do sljedeće točke sustava. Na slici 26 prikazan je horizontalni kanal.

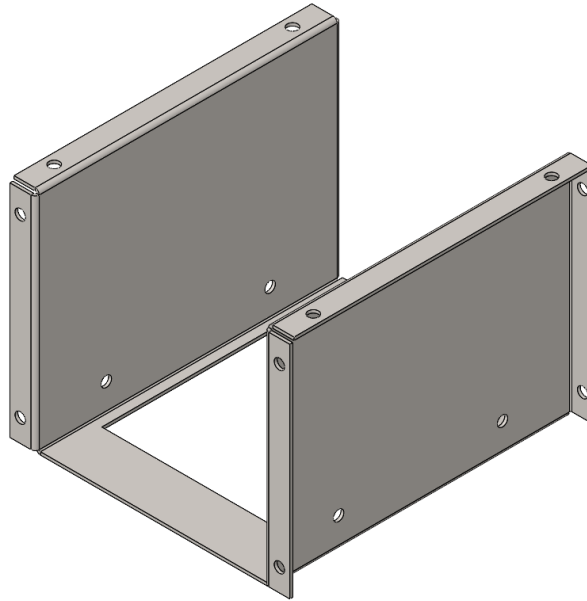


Slika 26. Horizontalni kanal

Horizontalni kanal na kosim stranica ima 4 provrta koja služe za montažu na sami spremnik. Ove kose stranice savinute su pod istim kutom kao i kose stranice kade, time se ostvaruje gladak spoj te se sprječava izlaz prašine. Na krajevima kanala rubovi, su savinuti te se na njima također nalaze provrti koji služe za montažu dodatka na sami kanal. Na vertikalnim stranicama mogu se primijetiti još 4 provrta koji služe za montažu držača za reduktor.

## 6.2. Duži dodatak na horizontalni kanal

Na prednju stranu horizontalnog kanala montira se duži dodatak za kanal. Na slici 27 prikazan je ovaj dodatak.



Slika 27. Duži dodatak na horizontalni kanal

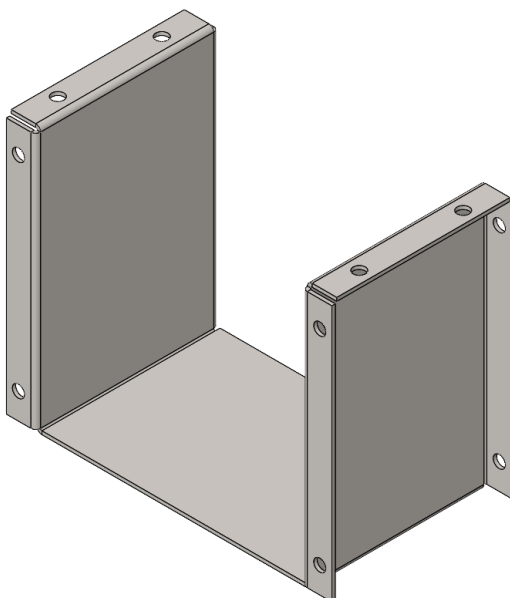
Na dužem dodatku vertikalni rubovi su savinuti i na njima se nalaze provrti koji služe za montažu dodatka na sami kanal i za montažu držača za ležaje rukavaca pužnice. Na savinutim vodoravnim rubovima također se nalaze provrti koji služe za montažu poklopca na sami dodatak.

Na vodoravnoj stranici dodatka nalazi se otvor kroz koji će drvena sječka padati na drugi transportni sustav i dopremiti se u samu peć. Provrti na vertikalnim stranicama služe za montažu dijela koji će služiti samo za usmjeravanje drvene sječke.

## 6.3. Kraći dodatak na horizontalni kanal

Na stražnju stranu horizontalnog kanala montira se kraći dodatak za kanal. Ovaj dio služi prvenstveno tome da se do pužnice u slučaju servisiranja može pristupiti i sa stražnje strane. Na slici 28 prikazan je kraći dodatak kanala.

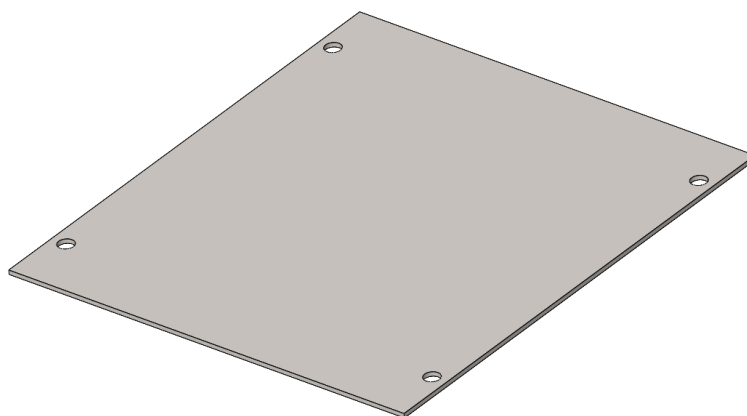
Uloga provrta na vertikalnim rubovima ista je kao i kod prije opisanog dužeg dodatka. Isto tako uloga provrta na vodoravnim rubovima ista je kao i dužeg dodatka.



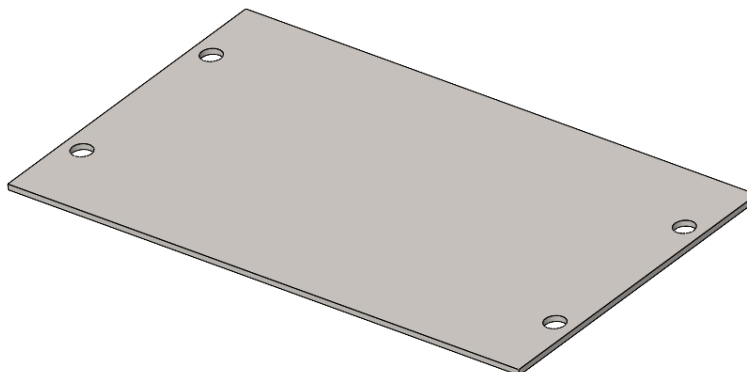
Slika 28. Kraći dodatak na horizontalni kanal

## 6.4. Poklopci dodataka

Na slikama 29 i 30 prikazani su poklopci dodataka. Prilikom puštanja sustava u rad, poklopci se mogu maknuti i može se pratiti rad pužnice.



Slika 29. Poklopac dužeg dodatka na horizontalni kanal



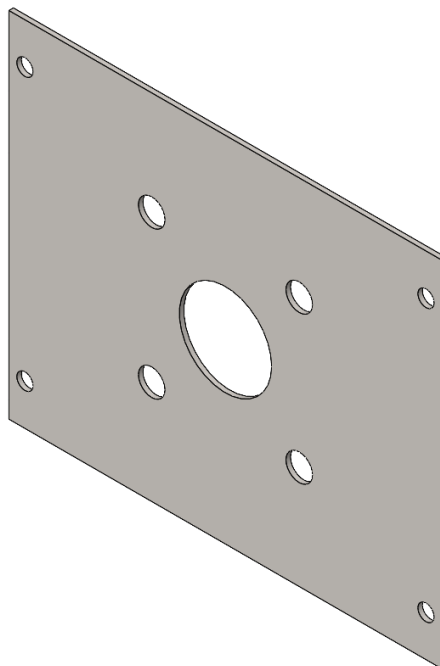
Slika 30. Poklopac kraćeg dodatka na horizontalni kanal

## 6.5. Držači ležaja

Na prednje strane samih dodataka horizontalnog kanala montira se ploča koja će se koristiti za montažu ležajeva za rukavce pužnice. Na slici 31 prikazan je odabrani ležaj te su se na temelju njegove dokumentacije izradili držači ležaja. Odabrani ležaj je SKF UCF 204. Držači ležaja prikazani su na slici 32.



Slika 31. Ležaj SKF UCF 204 [8]

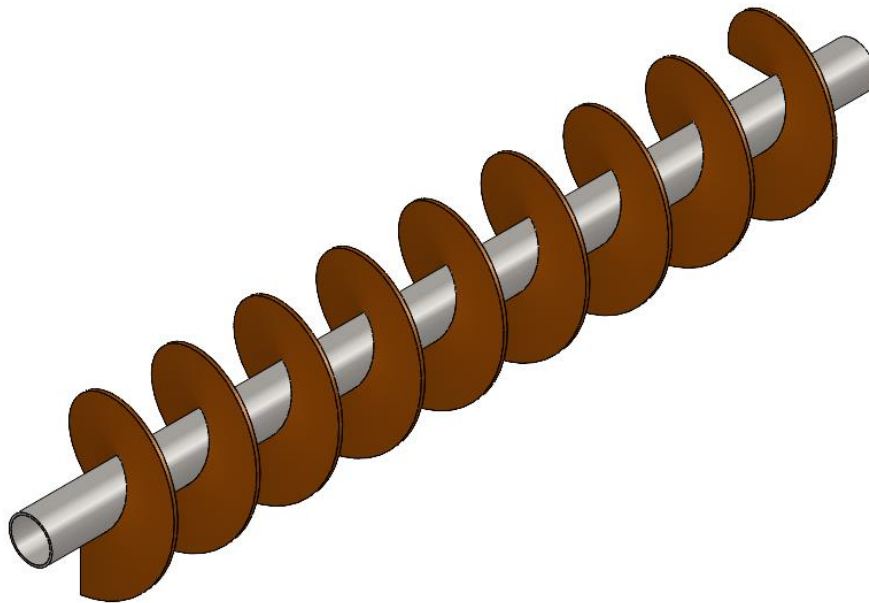


Slika 32. Držać ležaja

## 6.6. Pužnica

Nakon što je napravljena cijela konstrukcija kanala i montirana na spremnik određena je potrebna duljina pužnice. Potrebno je da jedan kraj pužnice bude u ravnini stražnje strane spremnika, a drugi kraj pužnice treba za nekoliko milimetara proći otvor na duljem dodatku kanala. Također prilikom naručivanja pužnice bolje je kada su dimenzije u obliku cijelih brojeva.

Na temelju ovih zahtjeva za potrebnu duljinu pužnice, dobivena je konačna duljina pužnice. Duljina pužnice iznosi 700 mm i zavarena je na cijev duljine 800 mm tako da se pužnica nalazi u samoj sredini, dakle jednako je odmaknuta od svakog ruba. Na slici 33 prikazana je pužnica



Slika 33. Pužnica

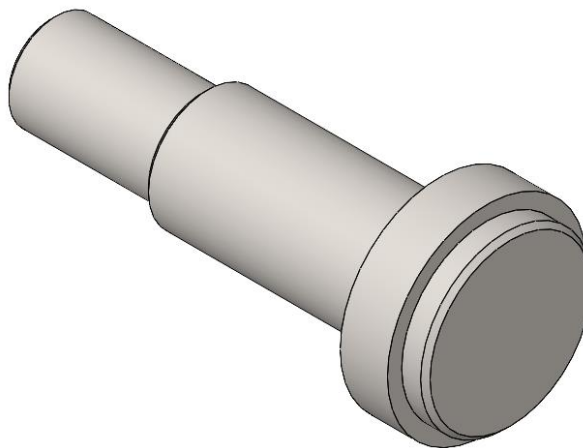
Nadalje, potrebno je konstruirati rukavce koji će se zavariti na cijev pužnice.

## 6.7. Rukavci pužnice

Da bi se omogućila sama rotacija pužnice potrebno je konstruirati rukavce za pužnicu. Rukavci će se zavariti na cijev pužnice. Na svakom je rukavcu izrađen mali dodatak promjera jednakom promjeru unutarnjoj dimenziji cijevi, taj dodatak služi za lakše centriranje rukavca na cijev.

### 6.7.1. Kraći rukavac

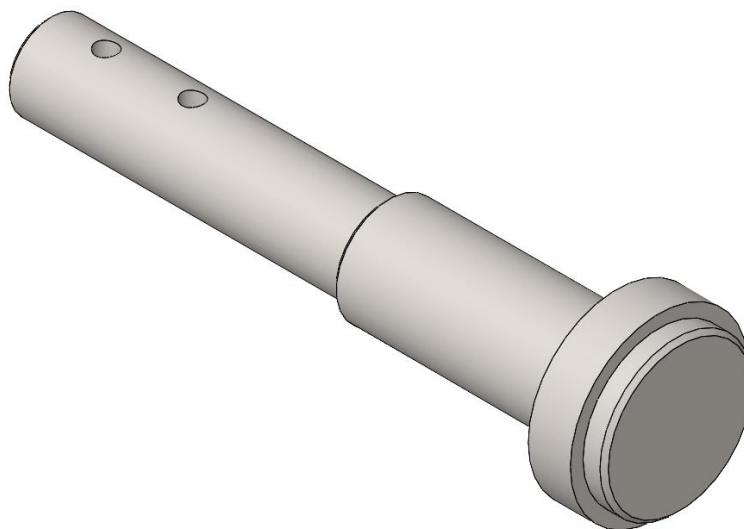
Duljina kraćeg rukavca iznosi toliko da će prednja ploha rukavca biti u ravnini s ležajem. Na slici 34 prikazan je kraći rukavac pužnice.



Slika 34. Kraći rukavac pužnice

### 6.7.2. Duži rukavac

Duljina dužeg rukavca određena je na temelju toga da na njemu ima još mjesta za montažu lančanika koji će pokretati cijeli mehanizam. Također rukavac ne smije biti predugi, jer se iza spremnika nalaze cijevi za grijanje i sam zid kotlovnice. Duži rukavac prikazan je na slici 35.



Slika 35. Duži rukavac pužnice

Na duljem rukavcu nalaze se i provrti koji služe za montažu elastičnog zatika. Dimenzija samih provrta određena je na temelju norme za elastične zatike, DIN 1481 u kojoj je navedena potrebna veličina provrta za određeni zatic, u ovom slučaju svi zatici su nazivnog promjera 5 mm.

## 6.8. Mješač

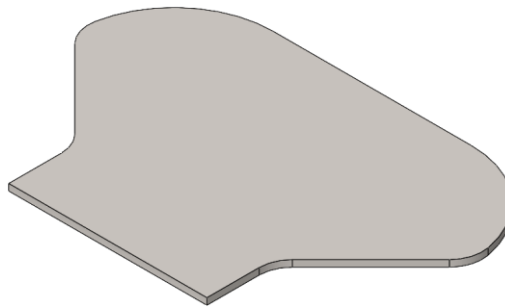
U spremniku je predviđeno mjesto za montažu ležajeva za mehanizam miješanja drvene sječke da ne bi došlo do njezinog blokiranja. Ovaj mehanizam nazvan je mješač. Sastoji se od cijevi na koju su zavarene lopatice, a na krajevima cijevi zavareni su rukavci.



Za cijev mješača odabrana je cijev vanjskog promjera 42,8 mm i debljine stijenke 3 mm. Lopatice su izrezane na laseru iz lima debljine 2 mm. Duljina rukavaca je određena na način da na jednom kraju bude gladak spoj između ležaja i rukavca, a na drugom kraju mora postojati dovoljno mjesta za montažu lančanika te se mora nalaziti u istoj ravnini kao i lančanik na duljem rukavcu pužnice.

### 6.8.1. Lopatica

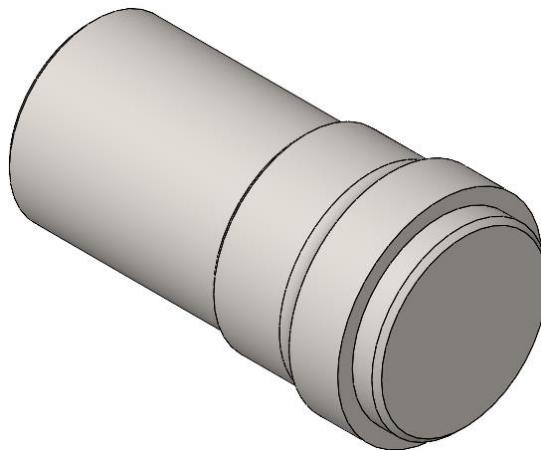
Na slici 36 prikazan je oblik lopatice. Ovakav oblik lopatice na laseru nije nikakav problem za izradu te se baš u ovom primjeru vidi velika prednost korištenja lasera.



Slika 36. Lopatica mješača

### 6.8.2. Kraći rukavac

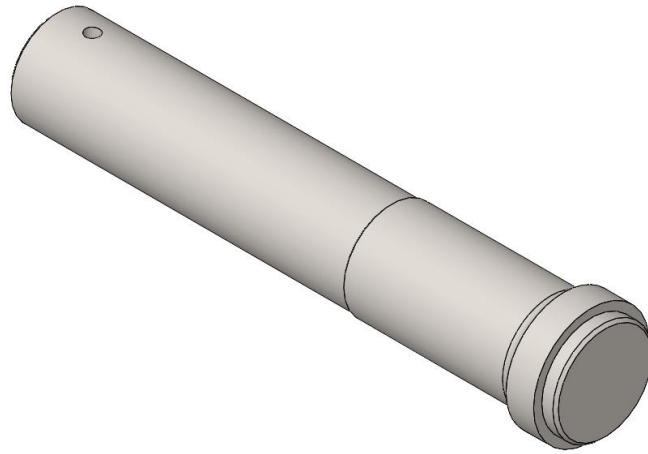
Na slici 37 prikazan je kraći rukavac mješača. Na rukavcu je kao i kod izrade rukavaca pužnice napravljen kratki dodatak za lakše centriranje na cijev.



Slika 37. Kraći rukavac mješača

### 6.8.3. Duži rukavac

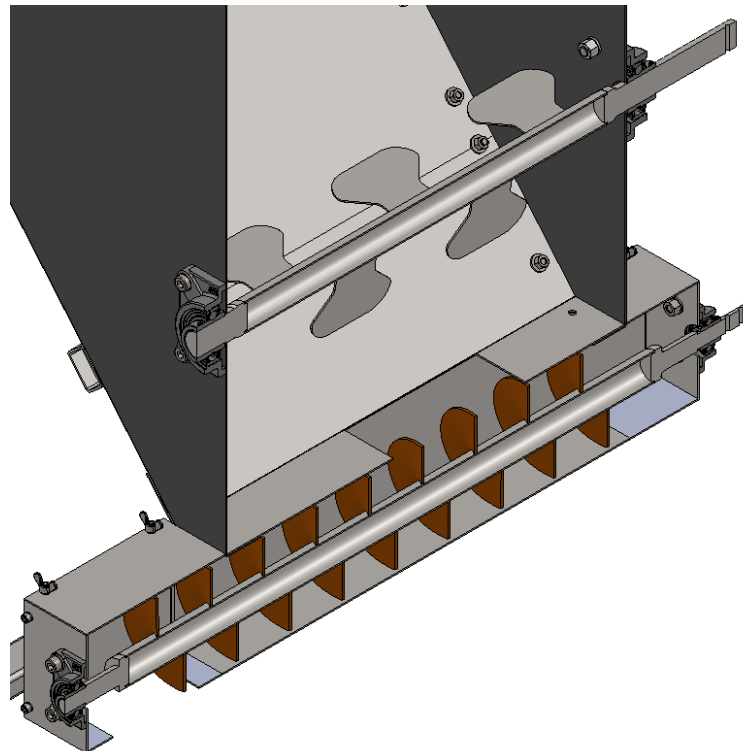
Na slici 38 prikazan je duži rukavac mješača. Na rukavcu se nalazi i jedan provrt koji služi za montažu elastičnog zatika. Dimenzija provrta određena je ponovo uz pomoć norme DIN 1481, za zatic nazivnog promjera 5 mm.



Slika 38. Duži rukavac mješača

## 6.9. Sklop sa spremnikom

Na slici 39 prikazan je sklop opisanih dijelova sa spremnikom, ali u presjeku da se može vidjeti mješač i pužnica. Na poklopcima od dodatka horizontalnog kanala spojevi su ostvareni s imbus vijcima i tako zvanim leptir maticama. Ovaj spoj se odabrao radi lakše demontaže, ali i zbog toga da se u bilo kojem trenutku može maknuti poklopac i pogledati stanje vrtnje pužnice, u slučaju da je spremnik pun medija, ali medij ne putuje.

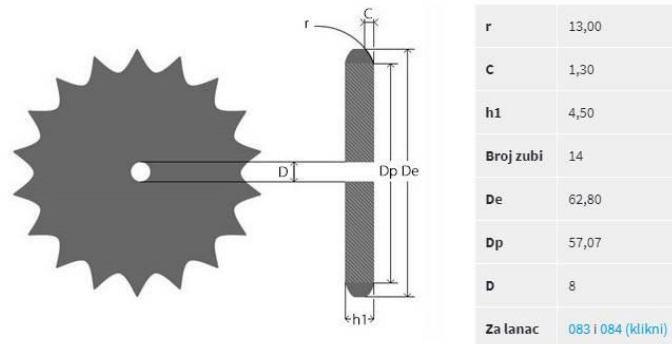


Slika 39. Sklop mješača i pužnog transportera sa spremnikom u presjeku

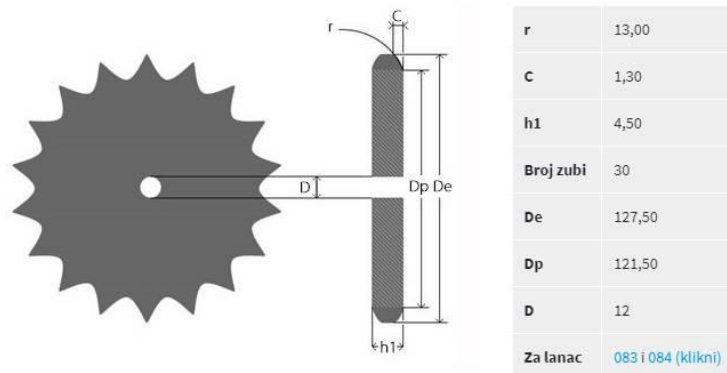
Na slici 39 može se vidjeti da pužnica ne uzima medij cijelom svojom duljinom, to je napravljeno u cilju da se smanji opterećenje na samu pužnicu.

## 7. Lančani prijenos za pužni transporter i mješač

U cilju ostvarivanja prijenosa s vratila na rukavce pužnice i mješača koristi se lančani prijenos. Za ovaj lančani prijenos koristit će se dva manja i dva veća lančanika. Njihove bitne dimenzije prikazane su na slici 40 i 41.



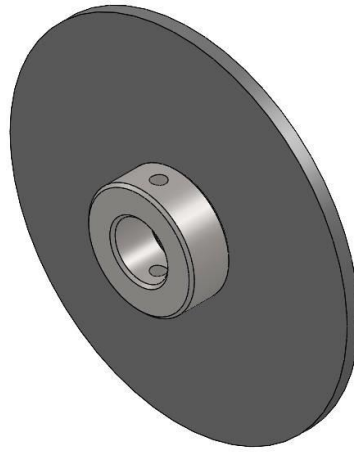
Slika 40. Specifikacija manjeg lančanika [9]



Slika 41. Specifikacija većeg lančanika [10]

Na kupljenim lančanici treba proširiti središnje rupe da se mogu montirati na vratilo i rukavce. Dimenzija središnje rupe zavisi o tome na koji se rukavac montiraju, odnosno vratilo te je potrebno da bude 1 mm veća. Na lančanik je potrebno zavariti držač za lančanik na kojem se nalazi provrt za montažu elastičnog zatika te se uz pomoć tog njega ostvaruje prijenos. Na slici 42 prikazan je držač lančanika zavarenog na lančanik. Lančanik je ovdje prikazan pojednostavljeno, bez zuba.

Dimenzija samih držača ovisi također o tome na koji rukavac se montiraju. Njihov provrt mora biti izrađen u određenoj toleranciji da spoj bude što krući.



**Slika 42. Spoj lančanika i držača za lančanik**

U ovom slučaju prijenosa oba mala lančanika su pogonska, dok su veći lančanici gonjeni. Na temelju toga može se odrediti prijenosni omjer na temelju izraza (7.1):

$$i = \frac{z_2}{z_1}, \quad (7.1)$$

gdje je:

- $i$  - prijenosni omjer,
- $z_1$  – broj zuba pogonskog lančanika,
- $z_2$  – broj zuba gonjenog lančanika.

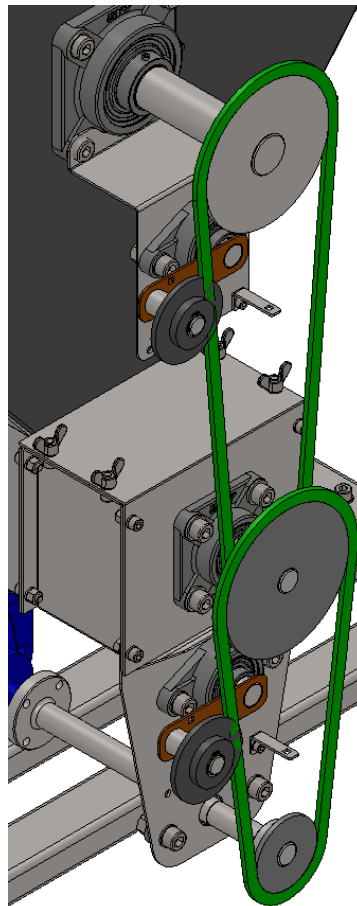
Očitavanjem podataka iz tablica na slikama 40 i 41 te njihovim uvrštavanjem u izraz (7.1) dobiva se:

$$i = \frac{30}{14}, \quad (7.2)$$

$$i = 2,14 \approx 2. \quad (7.3)$$

U izrazu (7.3) navedena je izračunata i zaokružena vrijednost, u daljnjem proračunu koristit će se zaokružena vrijednost, time prelazimo na stranu sigurnosti. Prijenosni omjer reduktora naveden je na njegovoj natpisnoj pločici te iznosi  $i_R = 26$ .

Na slici 43 prikazan je izgled lančanog prijenosa. Na dodatak horizontalnog kanala dodan je držač za ležaj vratila, koji je odmah poslužio i kao držač za sustav napinjanja lanca. Na ležaj mješača dodan je također držač za napinjanje lanca. Vratilo se nalazi na samom dnu slike i na njoj se nalazi manji lančanik. Vratilo se spaja na reduktor uz pomoć spojke u obliku kolutne spojke s prolaznim vijcima. Lanci su na slici 43 prikazani pojednostavljeno u zelenoj boji.



Slika 43. Lančani prijenos

## 7.1. Sustav za napinjanje lanca

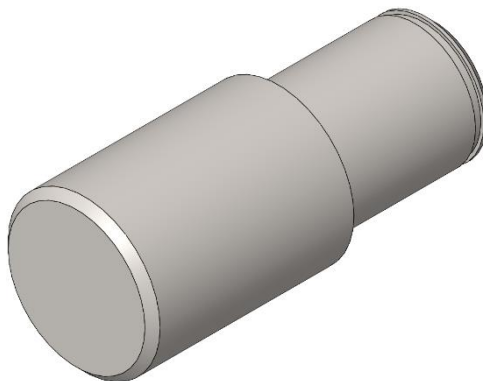
Sustav za napinjanje lanca sastoji se od letve, dvije osovine, samog napinjača, držača za oprugu i opruge. Opruga na slici 43 nije prikazana, ali ona se montira jednim krajem na kvadratni otvor letve, a drugim krajem na kvadratni otvor na držaču za oprugu. Opruga služi upravo tome da se omogući napinjanje lanca, tako da prema sebi privuče napinjač koji se nalazi na osovini na kraju letve.

Ovaj sustav napinjanja može se rotirati oko osi osovine koja se nalazi u ležaju. Osovine su zavarene na samu letvu. Napinjač koji je prikazan na slici 44 u sebi već ima montirani ležaj.



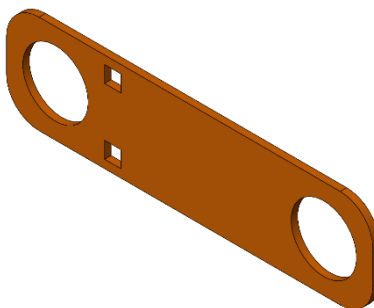
Slika 44. Napinjač [11]

Napinjač se montira na osovinu prikazanu na slici 45. S jedne strane ostvaruje se naslon, a s druge strane osiguran je od ispadanja s uskočnikom. Dimenzije samog utora za uskočnik definirane su na temelju norme DIN 471 [16] te za nazivni promjer osovine 16 mm.

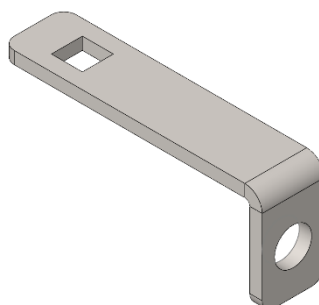


**Slika 45. Osovina za napinjač**

Osovina koja se montira u ležaj ima cijelom svojom duljinom promjer 20 mm. Letva ovog sustava napinjanja prikazana je na slici 46, a držač za oprugu na slici 47.



**Slika 46. Letva sustava napinjanja**



**Slika 47. Držač za oprugu**

Potrebna duljina lanca određena je uz pomoć zelenih elemenata prikazanih na slici 43, njihov opseg jednak je potrebnoj duljini lanca. Prilikom kupnje lanca dodano je desetak centimetara više radi sigurnosti. Također kupljene su i dvije spojnice kojima će se moći ostvariti spoj između dva kraja lanca. Tip lanca kupljen je na temelju preporuke iz tablice na slici 40 i 41, gdje je navedeno za koji lanac je prikazan lančanik.

## 7.2. Pogon lančanog prijenosa

Za ostvarivanje pogona samog lančanog prijenosa potrebno je odabrati motor. Na raspolaganju su dva motora jedan je snage 210W i motor snage 1100W. Za potrebe pokretanja ovog prijenosa odabran je motor snage 1100W te je odabran reduktor prijenosnog omjera  $i_R = 26$ .

Karakteristike odabranog motora, motor je prikazan na slici 48:

$$P_n = 1100W,$$

$$n_n = 2830 \text{ min}^{-1}.$$



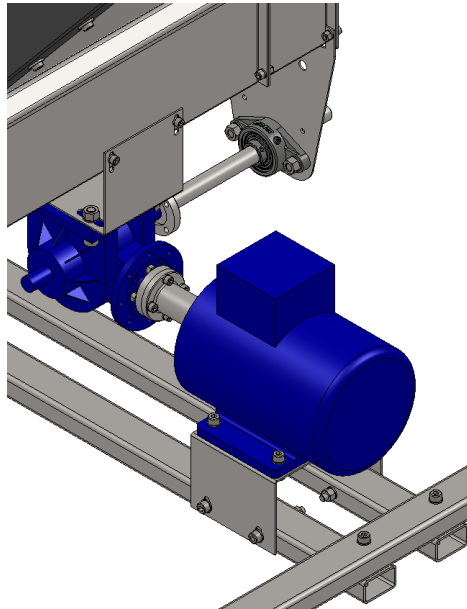
Slika 48. Motor za mješać i pužni transporter

Odabrani reduktor prikazan je na slici 49.



Slika 49. Reduktor za mješać i pužni transporter

U programu *SolidWorks* uneseni su navedeni motor i reduktor na način da su se ručno odredile potrebne dimenzije. Izgled samog pogona u programu prikazan je na slici 50.



Slika 50. Pogon lančanog prijenosa

Na poprečne cijevi samog spremnika vijcima su spojene dvije poprečne cijevi koje služe za montažu držača za motor i samog motora. Za reduktor je također izrađen držač koji je montiran na horizontalni kanal. Držač motora i reduktora na sebi imaju izvedene provrte u obliku elipse, na taj način omogućeno je lakše centriranje samog motora i reduktora.

Zbog neizbježnih grešaka koje se javljaju prilikom proizvodnje za takve elemente treba uvijek predvidjeti takav način montiranja i mala greška prilikom proizvodnje može izazvati velike probleme za pogon, ukoliko su njegovi držači izvedeni samo u obliku cilindričnih provrta. Prijenos snage s motora na reduktor omogućuje kolutna spojka.

### 7.2.1. Potrebna snaga za pogon puža

Potrebna snaga na vratilu puža izračunat će se na temelju izraz (7.4):

$$P_p = I_m \cdot g(\lambda l + H_t) \cdot 1,17, \quad (7.4)$$

gdje je:

$I_m$  – kapacitet puža, kg/s,

$\lambda$  – otpor povlačenju,

$l$  – duljina transportera, m,

$H_t$  – visina transportera, m,

faktor 1,17 u slučaju upotrebe međuležaja,

$P_p$  – snaga na vratilu puža, W.



Duljina transportera iznosi 0,7 m; visina transportera je nula jer je transporter vodoravan; faktor 1,17 neće se uzimati u obzir jer nema međuležaja; otpor povlačenju uzima se za najgori slučaj i on iznosi 3, određen je na temelju tablice iz literature o konvejerima [12]. Izrazi za provođenje ovog proračuna su također uzeti iz navedene literature.

Kapacitet puža određuje se na temelju izraza (7.5):

$$I_v = \frac{D^2 \pi}{4} \psi \cdot h \cdot n_p \cdot 60, \quad (7.5)$$

gdje je:

$I_v$  – kapacitet puža, m<sup>3</sup>/h,

$D$  – promjer puža, m,

$h$  – korak puža, m,

$n_p$  – brzina vrtnje puža, 1/min,

$\psi$  – koeficijent punjenja puža (0,25 – 0,45).

Za ovaj slučaj promjer puža iznosi 0,14 m; korak puža je 0,08 m; koeficijent punjenja puža je uzet za najgori slučaj i iznosi 0,45 te se time ide na stranu sigurnosti. Brzina vrtnje puža određuje se na temelju željene brzine ili ako već postoji motor i neki prijenosni mehanizam, potrebno je na temelju njega odrediti brzinu vrtnje puža.

U ovom slučaju poznata je izlazna brzina vrtnje motora, na temelju prijenosnih omjera potrebno je odrediti brzinu vrtnje puža uz pomoć izraza (7.6):

$$n_p = \frac{n_n}{i_R \cdot i_1}, \quad (7.6)$$

$$n_p = \frac{2830}{26 \cdot 2}, \quad (7.7)$$

$$n_p = 54,4 \text{ min}^{-1}. \quad (7.8)$$

Uvrštavanjem poznatih podataka u izraz (7.5) dobiva se kapacitet puža:

$$I_v = \frac{0,14^2 \pi}{4} 0,45 \cdot 0,08 \cdot 54,4 \cdot 60, \quad (7.9)$$

$$I_v = 1,8088 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}. \quad (7.10)$$

Uz pomoć izraza (7.11) dobiva se kapacitet puža u kg/s:

$$I_m = \frac{I_v \cdot \rho}{3600}, \quad (7.11)$$

$$I_m = \frac{1,8088 \cdot 300}{3600}, \quad (7.12)$$

$$I_m = 0,1507 \frac{\text{kg}}{\text{s}}. \quad (7.13)$$

Uvrštavanjem izračunatih podataka u izraz (7.4), konačno se dobiva potrebna snaga na vratilu puža:

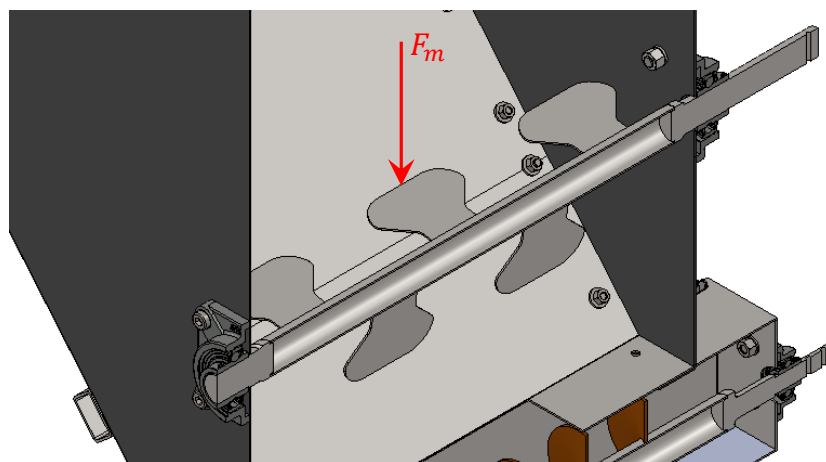
$$P_p = 0,1507 \cdot 9,80665 \cdot (3 \cdot 0,7 + 0), \quad (7.14)$$

$$P_p = 3,1 \text{ W}. \quad (7.15)$$

Time je u izrazu (7.15) navedena potrebna snaga na vratilu puža. Može se primijetiti da je snaga prilično mala do toga je došla jer je duljina transportera poprilično mala. Pužni transporteri koriste se za puno veće udaljenosti pa čak do 40 m. gdje je potrebna znatno veća snaga. Također, sami medij je relativno lagan te se zbog toga ne zahtijeva velika snaga.

### 7.2.2. Potrebna snaga za pogon mješača

Za potrebe izračuna snage za pokretanje mješača poslužit će skica s mješačem u presjeku. Na slici 51 prikazano je opterećenje na mješač. Opterećenje je prikazano pojednostavljeno, pretpostavka je da na samom vrh lopatice smještena cijela masa koja se nalazi u spremniku. Time se prešlo na stranu sigurnosti.



Slika 51. Opterećenje mješača

Uz pomoć izraza (7.16) određuje se potrebna snaga za pogon mješača:

$$P_m = T \cdot \omega, \quad (7.16)$$

gdje je:

$P_m$  – potrebna snaga za pogon mješača, W,

$T$  – moment, Nm,

$\omega$  – kutna brzina vrtnje, 1/rad.

Moment se određuje uz pomoć izraza (7.17):

$$T = F_m \cdot k_F, \quad (7.17)$$

gdje je:

$F_m$  – sila na lopaticu mješača, N,

$k_F$  – krak na kojoj djeluje sila, m,

Sila na lopatice određuje se na temelju izraza (7.18), uz prije navedenu pretpostavku.

$$F_m = V_s \cdot \rho \cdot g, \quad (7.18)$$

$$F_m = 0,5925 \cdot 300 \cdot 9,80665, \quad (7.19)$$

$$F_m = 1743 \text{ N}. \quad (7.20)$$

U izrazu (7.20) određena je sila na lopaticu. Krak djelovanja ove sile određen je iz programa i on iznosi 0,1 m, mjereno između kraja lopatice i osi cijevi. Uvrštavanjem ovih podataka u izraz (7.17) dobiva se:

$$T = 1743 \cdot 0,1, \quad (7.21)$$

$$T = 174,3 \text{ Nm}. \quad (7.22)$$

Brzina vrtnje mješača iznosi:

$$n_m = \frac{n_n}{i_R \cdot i_1 \cdot i_2}, \quad (7.23)$$

$$n_m = \frac{2830}{26 \cdot 2 \cdot 2}, \quad (7.24)$$

$$n_m = 27,2 \text{ min}^{-1}. \quad (7.25)$$

Kutna brzina vrtnje određuje se iz izraza (7.26) te uvrštavanjem poznatih podataka, dobiva se:

$$\omega = \frac{n_m \pi}{30}, \quad (7.26)$$

$$\omega = \frac{27,2 \cdot \pi}{30}, \quad (7.27)$$

$$\omega = 2,848 \text{ rad}^{-1}. \quad (7.28)$$

Konačno uvrštavanjem poznatih podataka u izraz (7.16) dobiva se snaga potrebna za pogon mješača.

$$P_m = 174,3 \cdot 2,848, \quad (7.29)$$

$$P_m = 496,4 \text{ W}. \quad (7.30)$$

U izrazu (7.30) navedena je potrebna snaga za pogon mješača. Konačno, ukupna snaga motora iznosi:

$$P_{uk} = P_m + P_p, \quad (7.31)$$

$$P_{uk} = 496,4 + 3,1. \quad (7.32)$$

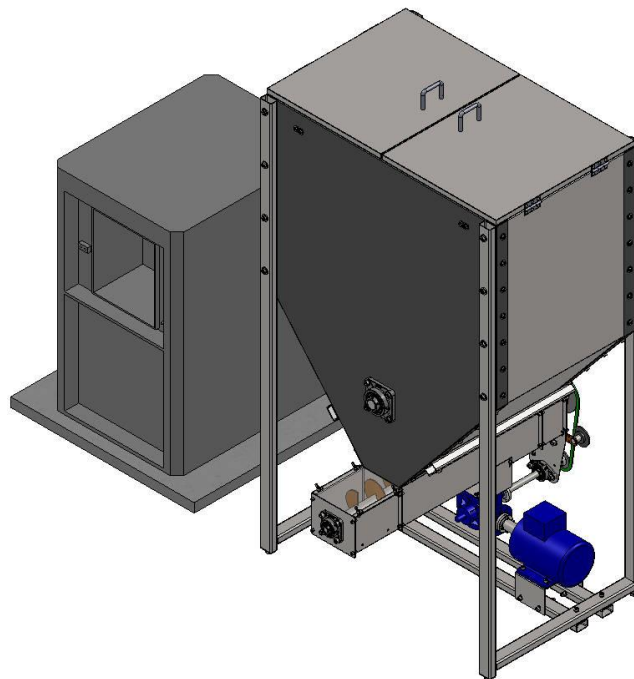
$$P_{uk} = 499,5 \text{ W}. \quad (7.33)$$

Prema izrazu (7.33) ukupna snaga motora je znatno manja od odabranog motora, ali pošto ovaj motor stoji na raspolaganju, uzet će se taj motor te je samim proračunom dokazano da zadovoljava ove potrebe. Postojat će i gubici u ležajevima te će ukupna snaga motora biti za nekoliko desetaka wata veća.

## 8. Transportna traka

Nakon što je izrađena cijela konstrukcija spremnika i svih dodatnih elemenata potrebnih da se drvena sječka iz spremnika dovede na drugi dio transportnog sustava, potrebno je bilo odrediti kako će taj transportni sustav izgledati. Zbog toga što se pužni transporteri upotrebljavaju za horizontalni transport ili kosi, ali maksimalno do 25°, za transport drvene sječke od završetka pužnog transportera do peći odabrana je transportna traka.

Na temelju kataloga iz tvrtke *Tehnoguma*, odabrana je PVC transportna traka U10 s poprečnim rebrima PU40, duljine 3250 mm i širine 200 mm te spojena u beskonačnu petlju. Duljina same trake određena je na temelju pozicije spremnika i peći koji su prikazani na slici 52. Potrebno je bilo odrediti udaljenosti između sredine spremnika i peći.

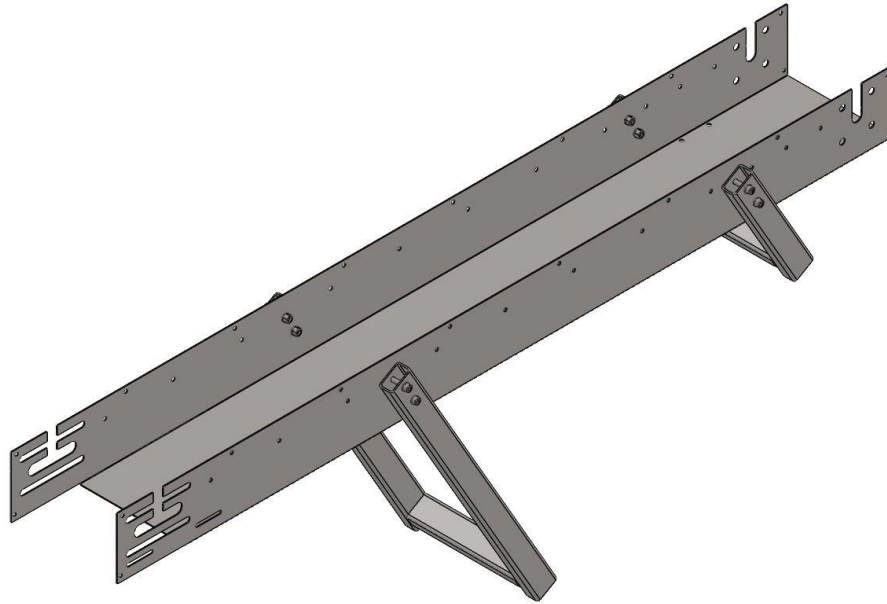


Slika 52. Spremnik i peć

Nadalje, nakon što je definirana dimenzija same trake konstruiralo se njeno kućište u kojem će biti smještena. Konstrukciju je izrađena iz lima debljine 2 mm.

### 8.1. Kosi kanal

Kosim kanalom nazvan je glavni dio kućišta trake zbog toga što se na taj dio montiraju svi ostali elementi kućišta. Kosi kanal prikazan je na slici 53. U cilju da se ostvari kosi uspon, na sam kanal montirane su cijevi pod određenim kutom. Parovi cijevi su međusobno zavareni poprečnom cijevi, kako ne bi došlo do savijanja vertikalnih cijevi.

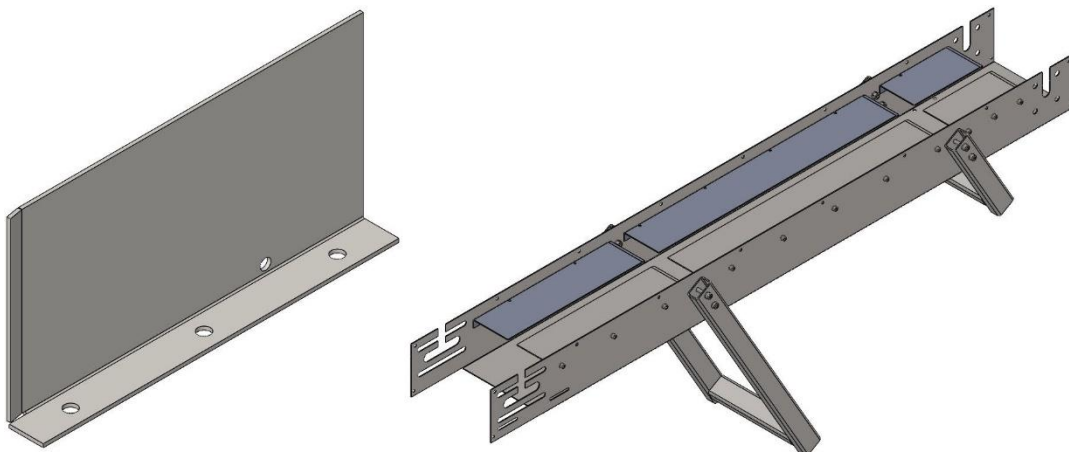


Slika 53. Kosi kanal

Na donjim krajevima cijevi zavarene su metalne pločice s maticama isto kao i u slučaju kod cijevi (noga) spremnika. Na taj način se može koristiti regulacijski vijak za niveliranje. Na krajevima kosog kanala nalaze se vertikalni utori koji služe da se može montirati pogonski, odnosno gonjeni valjak. Pogonski valjak je nepomičan, dok se gonjeni može pomicati po horizontalnim utorima u cilju napinjanja trake. Provrti na samom kanalu služe za montažu poklopaca kanala i vodilica trake.

## 8.2. Vodilica za traku

Na slici 54 prikazan je jedan oblik vodilice, u kanal se ugrađuju tri oblika vodilica, razlika je samo u duljinama. Bitno je da vodilice imaju blagi savinuti rub da ne bi došlo do oštećenja trake na oštrim rubovima. Na većoj plohi vodilica nalaze se provrti koji služe za montažu graničnika.



Slika 54. Vodilica za traku i njihova montaža u kosi kanal

### 8.3. Traka, graničnici, valjci

U cilju da se ne dođe do ispadanja medija s trake izrađeni su graničnici koji se montiraju na vodilice trake, ali da budu iznad trake, tako da između vodilice i graničnika treba prilikom montaže staviti neki oblik distancera, debljina trake je 2mm, što znači da je dovoljno staviti jednu do dvije podložne pločice. One će odlično poslužiti ovoj svrsi.

Glavnu ulogu ovdje imaju valjci, oni služe upravo tome da se omogući pokretanje same trake. Prema katalogu prema kojemu je kupljena ova traka, minimalni promjer pogonskog valjka iznosi 50mm, u cilju sigurnosti, u ovom slučaju odabrana je cijev vanjskog promjera 60,3 mm.

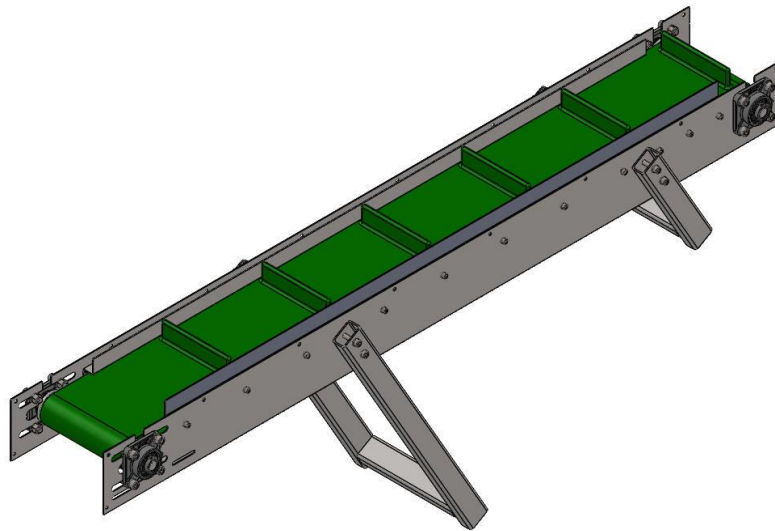
Na krajeve cijevi potrebno je zavariti rukavce koji će se montirati u ležajeve. Odabrani su ležajevi SKF UCF 204, njihov izgled može se vidjeti na slici 31. Također na temelju njihove dokumentacije određeno je kako će se izraditi provrti kod pogonskog valjka, odnosno utori kod gonjenog valjka. Na slici 55 prikazan je pogonski valjak.



Slika 55. Pogonski valjak

Razlika između pogonskog i gonjenog valjka je u tome što pogonski valjak ima jedan rukavac izrađen sa provrtom koji služi za montiranje jednog dijela spojke. Kod gonjenog valjka oba rukavca su jednaka i izgledaju kao desni rukavac na slici 55.

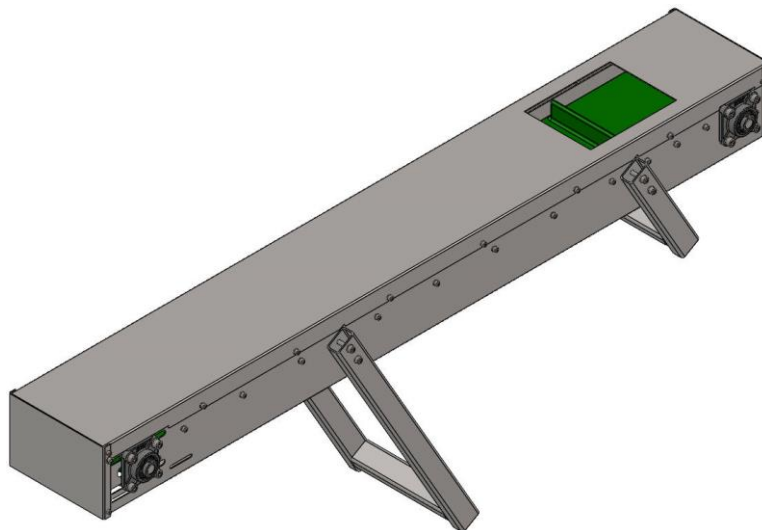
Na slici 56 prikazan je kosi kanal s montiranim ležajevima, valjcima, trakom i graničnicima te vodilicama koje se ne mogu vidjeti zbog toga što se na njima nalazi traka.



Slika 56. Kosi kanal sa trakom

## 8.4. Poklopci kosog kanala

U cilju da se spriječi izlaz prašine iz sustava na sami kanal montiraju se poklopci. Na krajeve kanala montiraju se krajnji poklopci, a duž cijelog kanala, montira se poklopac kosog kanala. Na slici 57 prikazan je konačni izgled kosog kanala s montiranim poklopcima.



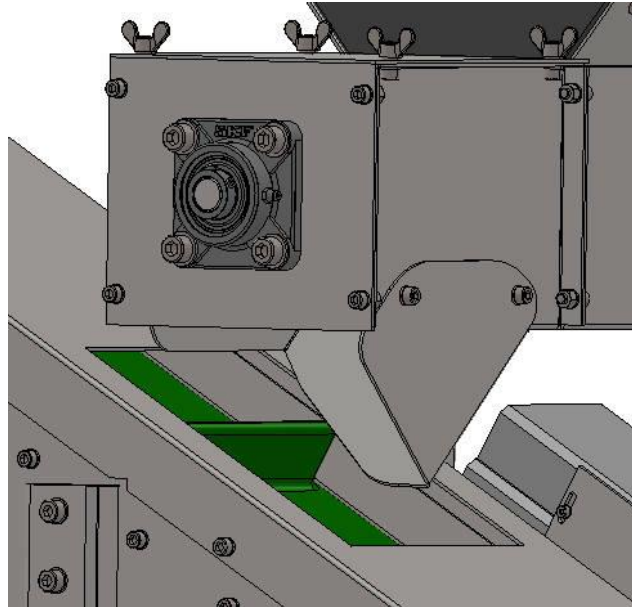
Slika 57. Konačni izgled kosog kanala

Na poklopcu kosog kanala nalazi se jedan otvor koji služi tome da drvena sječka sa pužnog transportera uđe u transportnu traku.



## 8.5. Spoj kosog i horizontalnog kanala

Za što bolje usmjeravanje drvene sječke prilikom njenog izlaza iz pužnog transportera, odnos iz horizontalnog kanala i ulaza u kosi kanal, izrađen je U profil koji se montira na sami horizontalni kanal. Oblik ovog U profila malo je neobičnog izgleda, ali to je zbog toga što on ne smije ostvarivati dodir s kosim kanalom pa je tako i konstruiran.



Slika 58. Spoj kosog i horizontalnog kanala

## 9. Pogon za transportnu traku

Za ostvarivanje pogona transporte trake odabran je jedini preostali motor, a on je snage 210 W. Te je odabran reduktor prijenosnog omjera  $i_R = 26$ .

Karakteristike odabranog motora, motor je prikazan na slici 59:

$$P_n = 210W,$$

$$n_n = 1310 \text{ min}^{-1}.$$



Slika 59. Motor za transportnu traku

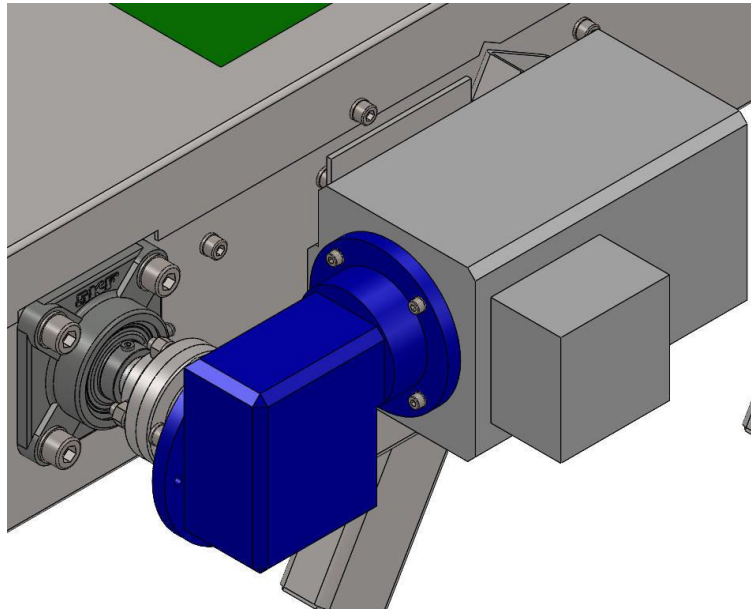
Na slici 60 prikazan je odabrani reduktor. Izlazno vratilo motora točno odgovara provrtu s utorom za pero na ulaznom vratilu reduktora. Također reduktor se vijcima montira na motor jer su rasporedi provrta na motoru i reduktoru jednaki.



Slika 60. Reduktor za transportnu traku

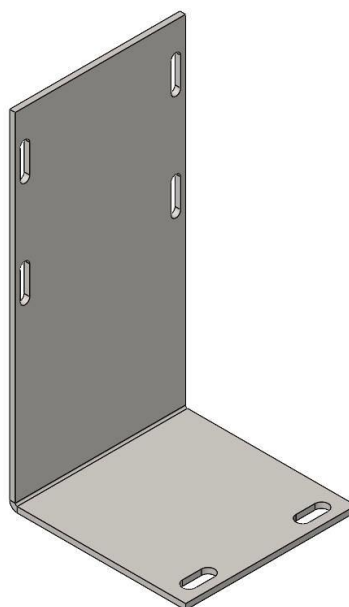
U programu *SolidWorks* uneseni su navedeni motor i reduktor na način da su se ručno odredile potrebne dimenzije.

Na slici 61 prikazan je montirani motor i reduktor te način na koji se ostvaruje prijenos snage s reduktora na pogonski valjak. Ostvaruje se uz pomoć kolutne spojke, jedan kraj spojke je dakle montiran elastičnim zatikom na rukavac valjka, a drugi kraj spojke je vijcima pričvršćen na prvi kraj spojke.



**Slika 61. Pogon transportne trake**

Motor je montiran na svoj držač koji je prikazan na slici 62. Držač na sebi ima utore u obliku elipse zbog što bolje centriranja samog motora i reduktora.



**Slika 62. Držač motora transportne trake**

## 9.1. Potrebna snaga za pogon transportne trake

Proračun potrebne snage proveden je na temelju literature [12]. Potrebna snaga na vratilu pogonskog bubnja izračunava se uz pomoć izraza (9.1):

$$P_{tt} = F_o \cdot v, \quad (9.1)$$

gdje je:

$P_{tt}$  – potrebna snaga na vratilu pogonskog bubnja, W,

$F_o$  – obodna sila, N,

$v$  – brzina trake, m/s.

Obodna sila određuje se na temelju izraza (9.2):

$$F_o = C \cdot f \cdot L \cdot \left( q_o + \frac{I_m}{v} g \right) + \frac{I_m}{v} g H_{tt}, \quad (9.2)$$

gdje je:

$C$  – konstanta ovisna o duljini prema DIN 22101,

$f$  – koeficijent sveukupnog otpora,

$q_o$  – težina trake i okretnog dijela valjka, N/m,

$I_m$  – kapacitet trake, kg/s,

$L$  – duljina vodoravna komponente trake, m,

$H_{tt}$  – duljina vertikalne komponente trake, m.

Kapacitet trake u kg/s određuje se na temelju za sipke materijale prema izrazu (9.3):

$$I_m = I_v \cdot \rho, \quad (9.3)$$

gdje je:

$I_v$  – kapacitet trake, m<sup>3</sup>/h.

Kapacitet trake u m<sup>3</sup>/h određuje se iz izraza (9.4):

$$I_v = 240 \cdot v(0,9B - 0,05)^2 \cdot k, \quad (9.4)$$

gdje je:

$B$  – širina trake, m,

$v$  – brzina trake, m/s,

$k$  – faktor ovisan o nagibu trake i načinu punjenja.

Faktor  $K$  određuje se na temelju izraza (9.5):

$$k = k_1 \cdot k_2, \quad (9.5)$$

gdje je:

$k_1$  – koeficijent 0,8...1,

$k_2$  – koeficijent, ovisan o nagibu trake.

Za koeficijent  $k_1$  uzima se vrijednost 1, dok se koeficijent  $k_2$  određuje na temelju tablice iz [12] i on za kut od  $30^\circ$  iznosi 0,56. Ukupna širina trake iznosi 200 mm, ali transport medija ostvaruje se samo na širini od 170 mm, stoga  $B$  iznosi 0,17 m.

Nadalje potrebno je odrediti brzinu trake, poznata je brzina vrtnje motora i prijenosni omjer reduktora što je ujedno i ukupni prijenosni omjer. Time se s pomoću izraza (9.6) dobiva broj okretaja pogonskog valjka:

$$n_v = \frac{n_n}{i_R}, \quad (9.6)$$

$$n_v = \frac{1310}{26}, \quad (9.7)$$

$$n_v = 50,4 \text{ min}^{-1}. \quad (9.8)$$

Kutna brzina vrtnje jednaka je:

$$\omega = \frac{n_v \pi}{30}, \quad (9.9)$$

$$\omega = \frac{50,4 \cdot \pi}{30}, \quad (9.10)$$

$$\omega = 5,278 \text{ rad}^{-1}. \quad (9.11)$$

Obodna brzina izračunava se uz pomoć izraza (9.12):

$$v = \omega R, \quad (9.12)$$

gdje je:

$R$  – polumjer obodne brzine, m.

Polumjer obodne brzine jednak je polovici od vanjskog promjera cijevi valjka te iznosi 0,03015m.

Uvrštavanjem podataka u (9.12) dobiva se:

$$v = 5,278 \cdot 0,03015, \quad (9.13)$$

$$v = 0,159 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (9.14)$$

Nadalje, uvrštavanjem izračunatih podataka u (9.4) dobiva se:

$$I_v = 240 \cdot 0,159 \cdot (0,9 \cdot 0,17 - 0,05)^2 \cdot 1 \cdot 0,56, \quad (9.15)$$

$$I_v = 0,2267 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}. \quad (9.16)$$

Prema izrazu (9.3) dobiva se:

$$I_m = 0,2267 \cdot 300, \quad (9.17)$$

$$I_m = 68,01 \frac{\text{kg}}{\text{h}}, \quad (9.18)$$

$$I_m = 0,01889 \frac{\text{kg}}{\text{s}}. \quad (9.19)$$

Konstanta  $C$  određuje se na temelju duljine trake iz tablice u [12] te ona iznosi 10, koeficijent sveukupnog otpora također se određuje iz [12] te on za najgori slučaj iznosi 0,027. Ako je duljina trake  $l$  jednaka 1,5 m tada je:

$$L = l \cdot \cos 30^\circ, \quad (9.20)$$

$$L = 1,299 \text{ m}, \quad (9.21)$$

$$H_{tt} = l \cdot \sin 30^\circ, \quad (9.22)$$

$$H_{tt} = 0,75 \text{ m}. \quad (9.23)$$

Masa same trake iznosi 3 kg, određeno vaganjem, a masa okretnog dijela valjka je cijeli valjak, njegova masa određena je iz programa te iznosi 2,25 kg, za oba valjka ova masa iznosi 4,5 kg. Ukupna masa trake i valjaka iznosi 7,5 kg. Ovu ukupnu masu potrebno je pomnožiti s ubrzanjem slobodnog pada da se dobije težina te tu težinu potrebno podijeliti s duljinom trake. Tada se dobiva:

$$q_0 = \frac{7,5 \cdot 9,80665}{1,5}, \quad (9.24)$$

$$q_0 = 49,03 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (9.25)$$

Uvrštavanjem podataka u (9.2) dobiva se:

$$F_o = 10 \cdot 0,027 \cdot 1,299 \cdot \left( 49,03 + \frac{0,01889}{0,159} \cdot 9,80665 \right) + \frac{0,01889}{0,159} \cdot 9,80665 \cdot 0,75, \quad (9.26)$$

$$F_o = 18,54 \text{ N}. \quad (9.27)$$

Konačno uz pomoć izraza (9.1):

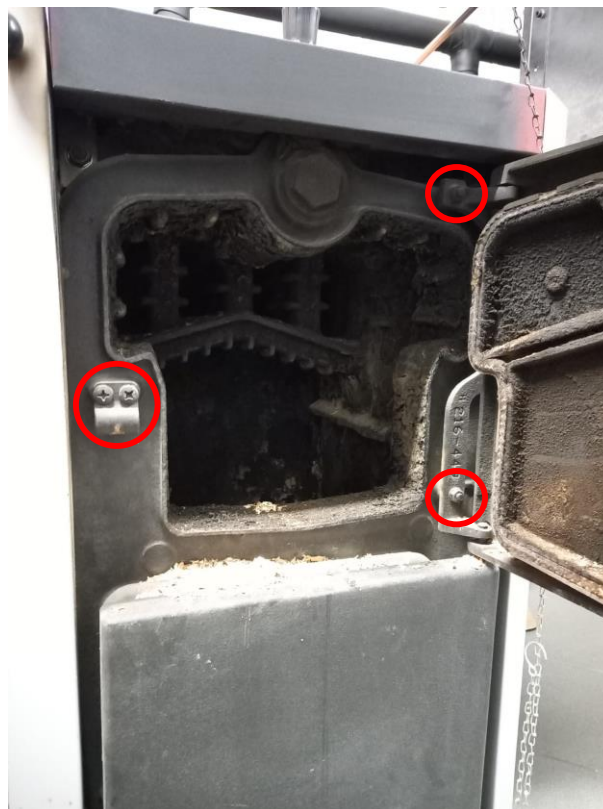
$$P_{tt} = 18,54 \cdot 0,159, \quad (9.28)$$

$$P_{tt} = 2,95 \text{ W}. \quad (9.29)$$

Potrebna snaga na vratilu bubnja iskazana je u izrazu (9.29), snaga je poprilično mala, do toga je došlo zbog poprilično niske vrijednosti kapaciteta trake. Potrebna snaga motora svakako će biti za nekoliko desetaka wata veća zbog gubitaka u samom reduktoru i ležajevima, ali odabrani motor će svakako zadovoljiti ove potrebe.

## 10. Otvor peći

Trenutna gornja vrata koja se nalaze na peći morat će se demontirati te će se na njihovo mjesto montirati novi otvor peći. Na slici 63 prikazana je trenutna situacija s otvorom peći. Crvenim kružnicama označena su mjesta na kojima se nalaze ugrađeni vijci u samom kućištu peći, na ova mjesta će se montirati novi otvor peći.



Slika 63. Trenutni otvor peći

### 10.1. Novi otvor peći

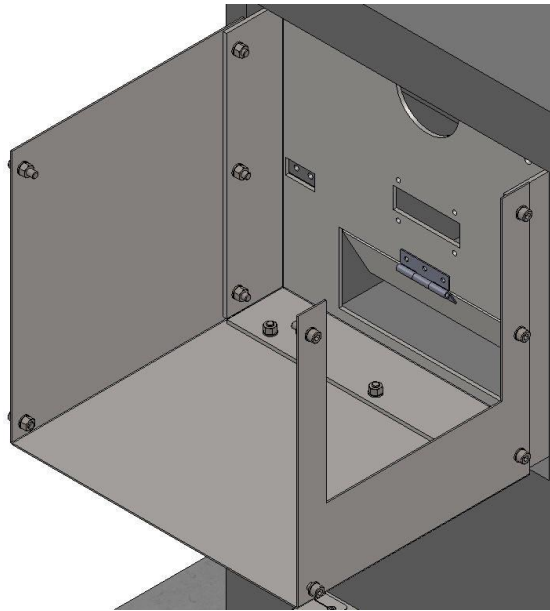
Novi otvor peći sastoji se od ploče debljine 5mm koja se montira na označena mjesta na slici 63. Debljina ove ploče je veća od debljine dosadašnjih limova, a to je zbog toga što će ta ploča biti izložena višoj temperaturi.

Rubovi na samoj ploči su savinuti i njihova duljina je tolika da provrti koji se nalaze na tim rubovima budu ispred peći tako da se im lako može pristupiti. Na ove provrte montira se dodatak na koji su montirani poklopci. Razlog takvoj izvedbi je u tome da se spriječi izlaz eventualne prašine, ali i zbog same sigurnosti. Ostatak konstrukcije izrađen je iz lima debljine 2mm.

Na ploči nalazi se jedan pravokutni otvor i 4 provrta koji se koriste kod sustava za ventilaciju.



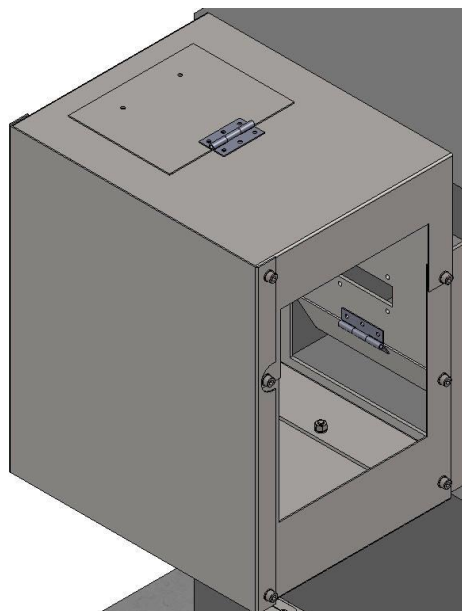
Na samoj ploči otvora nalazi se jedna mala vrata montirana na šarkama, trenutno su ova vrata fiksirana da se omogući ulaz sječke u peć, kasnije se ova vrata mogu otvarati po potrebi ugradnjom motora koji će izvršavati ovaj zadatak.



Slika 64. Novi otvor peći

## 10.2. Poklopci i sklop otvora peći

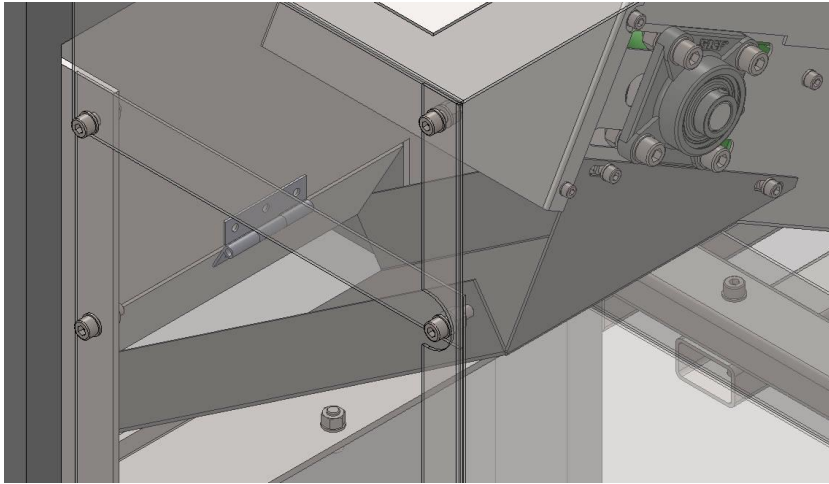
Na slici 65 prikazani su montirani poklopci u gotov sklop otvora za peć. Na gornjem poklopcu nalaze se vrata koje su montirane sa šarkama i na koje se montira ručka, ona su ovdje predviđena da se u svakom trenutku može pogledati stanje izgaranja u peći. Veliki otvor desno služi za prolaz kućišta transportne trake.



Slika 65. Sklop novog otvora peći

### 10.3. Spoj peći i transportne trake

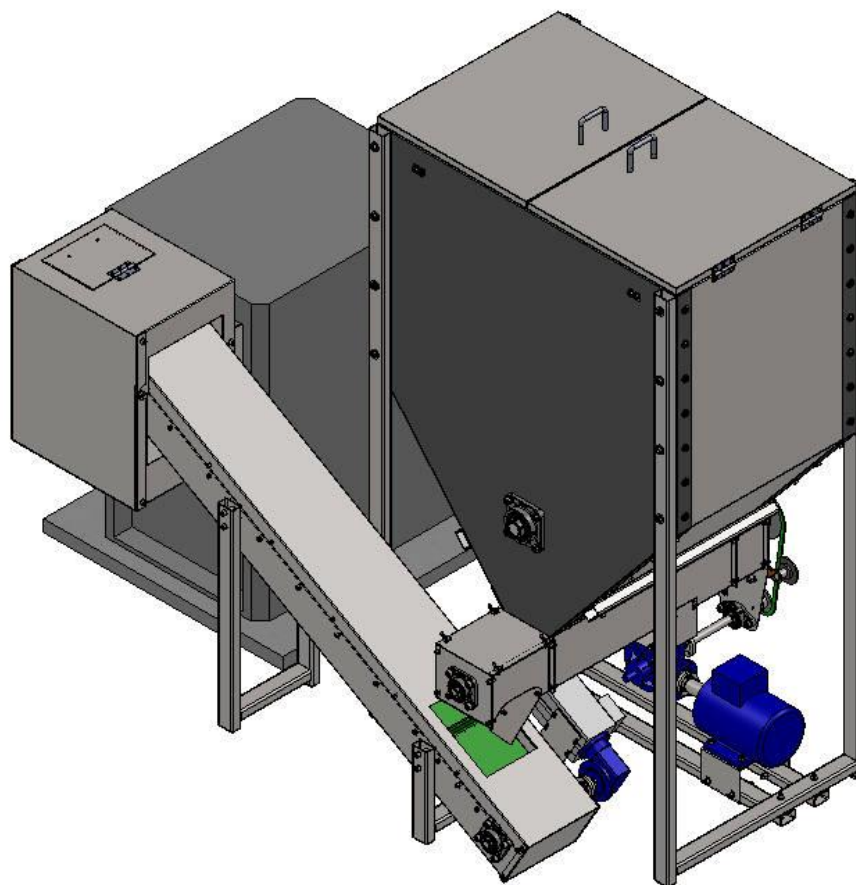
Na samo kućište transportne trake montira se ploča koja ulazi pod oštrim kutom u peć, kut mora biti što oštiji da ne bi došlo do zaustavljanja sječke na samoj ploči. Predviđeno je da sječka pada na ploču i samo pod vlastitom težinom ulazi u peć. Na vrhu ploče, gdje se ona spaja s kućištem trake izrađeni su utori u obliku elipse da se može što bolje centrirati s obzirom na otvor peći. Ovaj spoj prikazan je na slici 66.



Slika 66. Spoj peći i transportne trake

## 11. Konačna konstrukcija sustava doziranja

Na slici 67 prikazana je konačna konstrukcija sustava doziranja sa svim elementima i pogonima.



Slika 67. Konačna konstrukcija sustava doziranja

## 12. Sustav za dobavu zraka

Sustav za dobavu zraka sastoji se od dva ventilatora, primarni i sekundarni. Da bi se odredila potrebna količina zraka potrebno je poznavati kemijski sastav goriva, iz priručnika [17] o gorivima uzete su vrijednosti za kemijski sastav bukve. Sam proračun za potrebnu količinu zraka proveden je na temelju literature [18].

### 12.1. Potrebna količina zraka

Prije nego što se odredi potrebna količina zraka potrebno je odrediti minimalnu potrebnu količinu kisika koju je potrebno dovesti da bi izgaranje bilo potpuno. Ova minimalna količina kisika određuje se na temelju izraza (12.1):

$$O_{min} = n'_c + \frac{1}{2}n'_h + n'_s - n'_o, \quad (12.1)$$

gdje je:

$O_{min}$  – minimalna potrebna količina kisika po kilogramu goriva, kmol/kg,

$n'_c$  – količina ugljika u 1 kg goriva, kmol/kg,

$n'_h$  – količina vodika u 1 kg goriva, kmol/kg,

$n'_s$  – količina sumpora u 1 kg goriva, kmol/kg,

$n'_o$  – količina kisika u 1 kg goriva, kmol/kg.

Minimalna potrebna količina kisika umanjena je za slobodni kisik već sadržan u gorivu, što znači da je za toliko potrebno manje unositi u samo ložište.

Količina elemenata ugljika, vodika, sumpora i kisika određena je na temelju tablice iz [17]. U literaturi su oni zadani kao maseni udjeli te ih je potrebno preračunati u količinu po kilogramu goriva. Iznosi masenih udjela elemenata:

$$c = 0,479 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}, h = 0,062 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}, o = 0,433 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}, s = 0,00015 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}.$$

Količina određenog elementa u jednom kilogramu goriva određena je na temelju sljedećih izraza:

$$n'_c = \frac{c}{12}, \quad (12.2)$$

$$n'_c = \frac{0,479}{12}, \quad (12.3)$$

$$n'_c = 0,04 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}, \quad (12.4)$$

$$n'_h = \frac{h}{2}, \quad (12.5)$$

$$n'_h = \frac{0,062}{2}, \quad (12.6)$$

$$n'_h = 0,031 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}, \quad (12.7)$$

$$n'_o = \frac{o}{32}, \quad (12.8)$$

$$n'_o = \frac{0,433}{32}, \quad (12.9)$$

$$n'_o = 0,0135 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}, \quad (12.10)$$

$$n'_s = \frac{s}{32}, \quad (12.11)$$

$$n'_s = \frac{0,00015}{32}, \quad (12.12)$$

$$n'_s = 4,688 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}. \quad (12.13)$$

Nakon što su izračunate količine elemenata u jedno kilogramu goriva, te izračunate vrijednosti se mogu uvrstiti u izraz (12.1):

$$O_{min} = 0,04 + \frac{1}{2} \cdot 0,031 + 4,688 \cdot 10^{-6} - 0,0135, \quad (12.14)$$

$$O_{min} = 0,042 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}. \quad (12.15)$$

U izrazu (12.15) izračunata je minimalna potrebna količina kisika po jednom kilogramu goriva. Zbog faktora sigurnosti određen je faktor pretička te za ovaj slučaj goriva on iznosi  $\lambda_z = 1,4$ . Time se određuje stvarna potrebna količina kisika uz pomoć izraza (12.16).

$$O_{stv} = \lambda_z \cdot O_{min}, \quad (12.16)$$

$$O_{stv} = 1,4 \cdot 0,042, \quad (12.17)$$

$$O_{stv} = 0,0588 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}. \quad (12.18)$$

Kisik nije potrebno kupovati u bocama sa čistim kisikom već se kisik može dobavljati kao smjesa sa zrakom, te se stvarna potrebna količina zraka određuje na temelju izraza (12.19):

$$Z_{stv} = \frac{O_{stv}}{0,21}, \quad (12.19)$$

$$Z_{stv} = \frac{0,0588}{0,21}, \quad (12.20)$$

$$Z_{stv} = 0,28 \frac{\text{kmol}}{\text{kg}}. \quad (12.21)$$

Podatak koji je izračunat i prikazan u izrazu (12.21) ništa ne znači prilikom kupovine ventilatora, kod kupovine ventilatora potrebno je poznavati volumen koji se dobavlja u jedinici vremena, odnosno protok.

Uz pomoć izraza (12.22) odredit će se potrebni volumen zraka po jednom kilogramu goriva:

$$V_{zstv} = \frac{Z_{stv}}{\rho} \cdot M, \quad (12.22)$$

gdje je:

$V_{zstv}$  – stvarni potrebni volumen zraka za jedan kilogram goriva  $\text{m}^3/\text{kg}$ ,

$M$  – molarna masa zraka,  $28,96 \text{ kg/kmol}$ ,

$\rho$  – gustoća zraka,  $1,2928 \text{ kg/ m}^3$ .

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (12.22) dobiva se:

$$V_{zstv} = \frac{0,28}{1,2928} \cdot 28,95, \quad (12.23)$$

$$V_{zstv} = 6,272 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}. \quad (12.24)$$

Poznato je da se prilikom 24 h rada peći nazivnom snagom od 25 kW, potroši 0,2857 m<sup>3</sup> goriva. Odnosno masa potrošenog goriva u roku od 24 h je tada:

$$m_{goriva} = \rho \cdot V, \quad (12.25)$$

$$m_{goriva} = 300 \cdot 0,2857, \quad (12.26)$$

$$m_{goriva} = 85,71 \text{ kg}. \quad (12.27)$$

Uz pomoć izraza (12.25) određuje se koliko se goriva troši po satu rada peći:

$$q_{goriva} = \frac{m_{goriva}}{24}, \quad (12.28)$$

$$q_{goriva} = \frac{85,71}{24}, \quad (12.29)$$

$$q_{goriva} = 3,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}}. \quad (12.30)$$

Konačno, na temelju izraza (12.31) određuje se stvarni potrebni protok zraka:

$$q_{zstv} = q_{goriva} \cdot V_{zstv}, \quad (12.31)$$

gdje je:

$q_{zstv}$  – stvarni potrebni protok zraka m<sup>3</sup>/h.

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (12.31) dobiva se:

$$q_{zstv} = 3,57 \cdot 6.272, \quad (12.32)$$

$$q_{zstv} = 22,39 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}. \quad (12.33)$$

U izrazu (12.33) prikazan je minimalni potrebni protok zraka. Odabran je ventilator sa protokom od 34 m<sup>3</sup>/h, time je zadovoljeni potrebni protok zraka. Radni napon ovog ventilatora je 24V.

## 12.2. Konstrukcija za dobavu zraka

Sam sustav za dobavu zraka sastoji se od dijela s dobavom primarnog i dijela s dobavom sekundarnog zraka. Ventilatori za oba dijela su jednaki. Ventilator za sekundarni zrak uključuje se samo u slučaju kada je u peć potrebno dodati ogrjevni medij tako da se spriječi prolazak plamena do sustava za doziranje. Ventilator primarnog zraka je zapravo odgovoran za dobavu potrebne količine zraka u peć.

Za svaki ventilator bilo je potrebno osmisliti konstrukciju na način da se ona može montirati na samu peć te da se na nju može montirati i sami ventilator. Također bilo je potrebno omogućiti nesmetan protok zraka.

### 12.2.1. Primarni zrak

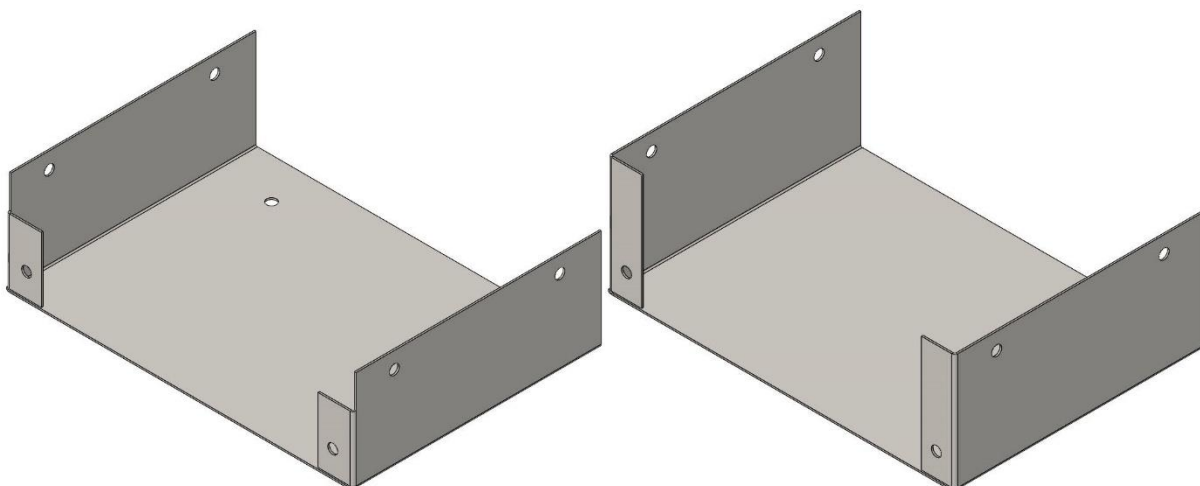
Sama peć već na sebi na dnu ima otvor kroz koji inače ulazi zrak. Na slici 68 u crvenom pravokutniku prikazan je taj otvor, koji je na slici prekriven s vratašcima. Za potrebne rješavanja problema ventilacije primarnog zraka ta vratašca su maknuta i modelirana je nova konstrukcija koja se montira na već postojeće prolazne rupe na peći.



Slika 68. Prednji pogled peći

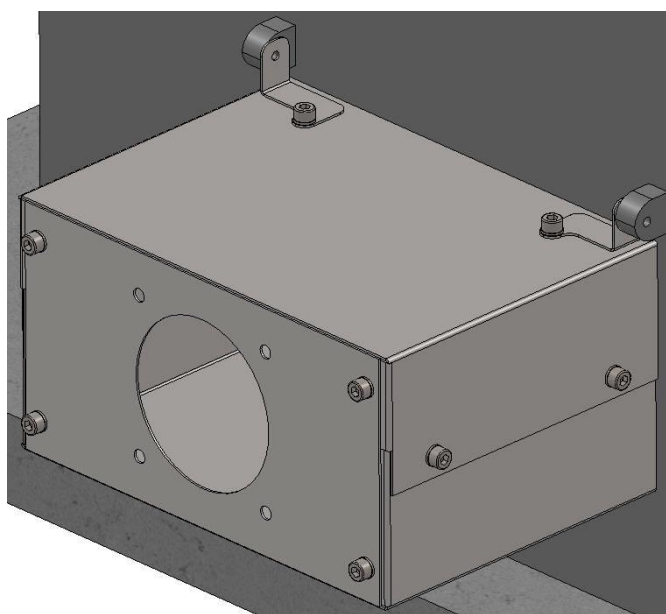


Nova konstrukcija se sastoji od donjeg i gornjeg dijela, držača za ventilator i držača za samu konstrukciju. Na slici 69 prikazani su gornji(lijevo) i donji(desno) dio za konstrukciju ventilacije primarnog zraka.



**Slika 69. Gornji i donji dio - primar**

Na gornjem dijelu primara nalaze se provrti na velikoj plohi koji služe za montažu cijele konstrukcije na samu peć. Na prednjim savinutim rubovima obaju dijela također se nalaze provrti koji služe za montažu držača za ventilator. Gornji i donji dio međusobno se spajaju uz pomoć vijaka. Na slici 70 prikazan je sklop ventilacije primarnog zraka.



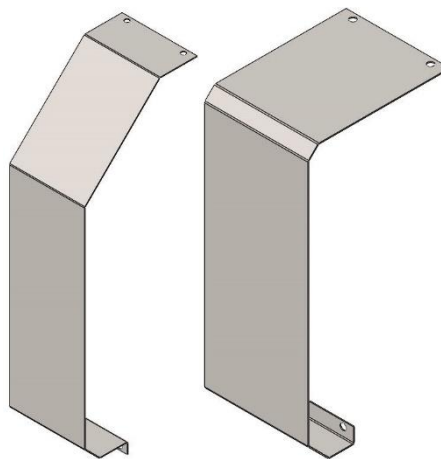
**Slika 70. Sklop ventilacije – primar**

Na držaču za ventilator nalazi se jedan veliki provrt i četiri mala provrta koji su izrađeni na temelju dokumentacije samog ventilatora [19]. Cijeli sklop se montira uz pomoć držača konstrukcije i dvije izbočine s prolaznim rupama, kroz koje inače prolazi šipka oko koje se mogu zakretati vratašca peći. Provrta se naknadno mogu koristiti za montažu grijača za automatsko paljenje peći.

### 12.2.2. Sekundarni zrak

Konstrukcija sekundarnog zraka montirana je vijcima na predviđene provrte na samoj ploči peći. Ventilator za ventilaciju sekundarnog zraka nalazi se iznad peći, tako da nije direktno izložen visokoj temperaturi.

Konstrukcija same ventilacije sekundarnog zraka sastoji se od vanjskog i unutarnjeg dijela, držača za ventilator i dva poklopca. Na slici 71 prikazani su vanjski(lijevo) i unutarnji(desno) dio ventilacije.



Slika 71. Vanjski i unutarnji dio - sekundar

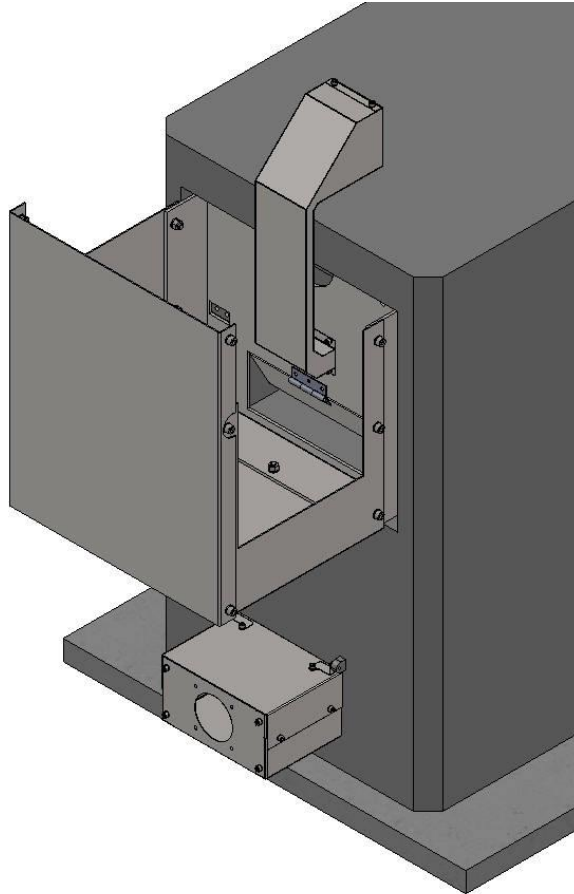
Na gornjim plohama obaju dijela nalaze se provrte koji služe za montažu držača za ventilator, dok se na donjim kratkim savinutim rubovima također nalaze provrte koji služe za montažu na ploču peći. Na slici 72 prikazan je poklopac koji se lijepi na s lijeve i desne strane vanjskog i unutarnjeg dijela.



Slika 72. Poklopac – sekundar

### 12.2.3. Sklop ventilacije

Na slici 73 prikaza je konačan sklop ventilacije sekundarnog i primarnog zraka. Radi bolje preglednosti na slici nije trenutno prikazan ostatak konstrukcije koji je inače vezan za sustav doziranja.



Slika 73. Sklop ventilacije

## 13. Elektrotehničko rješenje

### 13.1. Opis elemenata

U svrhu lakšeg razumijevanja elektrotehničkog rješenja opisani su korišteni elementi koji su potrebni za ostvarivanje željene funkcionalnosti. Korišteni motori za pokretanje transportne trake, pužnog transportera i mješača te motori za ventilatore opisani su već u prethodnim poglavljima.

#### 13.1.1 LOGO! kontroler

Cijeli sustav doziranja i regulacije temperature u peći provodit će se uz pomoć programabilnog logičkog kontrolera. Velika prednost ovakvog kontrolera je u tome što omogućava vrlo jednostavno priključivanje ulaznih elemenata kao što su tipkala, sklopke i razne vrste senzora te također omogućava jednostavno priključivanje izlaznih elemenata kao što su motori, ventili i slično. Ulazni elementi se priključuju na ulazne stezaljke kontrolera, a izvršni elementi se priključuju na izlazne stezaljke.

Primjenom programabilnih logičkih kontrolera moguće je vrlo lako odraditi preinake u programskim paketima tako da sustav koji se upravlja radi na već željeni način.

U svrhu rješavanja konkretnog problema doziranja i regulacije temperature koristit će se LOGO! programabilni logički kontroler. Prednost ovog kontrolera je ta što za njega postoji besplatan program u kojem se izrađuje programski kod. Na slici 74 prikazan je LOGO! kontroler.



Slika 74. LOGO! [20]

LOGO! kontroler ima osam digitalnih ulaza i četiri digitalna izlaza. Za njegov rad potrebno je dovesti istosmjerni napon od 24V. U slučaju kada je potrebno više ulaza ili izlaza moguće je na sami kontroler dodati proširenja za analognu obradu signala, proširenja s analognim izlazima te proširenja s digitalnim ulazima i izlazima.

U ovom slučaju koriste se i proširenja i to proširenje s analognim ulazima, time će se omogućiti mjerenje temperature. Također koristi se i digitalni modul s osam ulaza i osam izlaza jer zbog velikog broja ulaza i izlaza. Na slici 75 prikazan je primjer proširenja.



Slika 75. LOGO! proširenje [21]

### 13.1.2. Ispravljač

Za normalan rad LOGO! kontrolera potrebno ga je priključiti na napon od 24V istosmjerno. Također taj napon koriste i motori ventilatora. Potrebna izlazna snaga ispravljača određena je zbrojem svih elemenata kojim je potrebna određena snaga za njihov rad, kao što je sami kontroler, motori, signalni uređaji, sklopnici i slično. Svaki navedeni element u svojoj dokumentaciji sadrži informaciju o potrebnoj snazi. Utvrđeno je da minimalna snaga ispravljača mora iznositi oko 90W. Time je odabran prvi veći ispravljač. Na slici 76 prikazan je korišteni ispravljač.



Slika 76. Ispravljač [22]

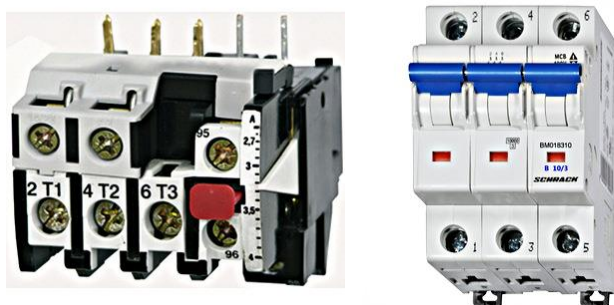
### 13.1.3. Osigurač i bimetalna zaštita

U cilju zaštite motora dodaje se po jedan trolpolni automatski osigurač za svaki motor. Potreban je trolpolni osigurač jer se koriste trolfazni motori. Za zaštitu upravljačkog dijela dodaje se jedan jednopolni automatski osigurač.

Kao dodatna zaštita za motore dodaje se i bimetalna zaštita koja se aktivira nakon određenog vremena kada motor vuče veću struju nego što bi trebao. Bimetalna zaštita određuje na temelju nazivne struje motora koja je navedena na njegovoj natpisnoj pločici.

Na primjer nazivna struja za motor pužnog transportera i mješača iznosi 2,5A, što znači da je potrebna bimetalna zaštita koja će aktivirati u slučaju kada motor u određenom intervalu vuče struju veću od nazivne, time je odabrana zaštita 1.8-2,7A. Na analogan način određena je i bimetalna zaštita za motor transportne trake.

Bimetalna zaštita je opremljena s tri radna kontakta gdje svaki prekida jednu fazu i opremljena je s jednim radnim i mirnim pomoćnim kontaktom, ovi pomoćni kontakti mogu se koristiti kao detekcija aktivacije bimetalne zaštite. Na slici 77 prikazan je izgled bimetalne zaštite(lijevo) i osigurača(desno).



Slika 77. Bimetalna zaštita [23] i osigurač [24]

#### 13.1.4. Sklopnik

Da bi LOGO! kontroler mogao upravljati radom trofaznih motora, moraju se koristiti sklopnici i to sa tri radna kontakta, gdje će svaki kontakt prekidati jednu fazu. LOGO! će samo upravljati sa svitkom sklopnika koji uz pomoć elektromagneta zatvara i otvara svoje kontakte. Na slici 78 prikazan je korišteni sklopnik.



Slika 78. Sklopnik [25]

### 13.1.5. Tipkala i grebenaste sklopke

Kako bi se korisniku omogućilo upravljanje sa cijelim sustavom potrebno je ugraditi tipkala, tipkala s gljivom i grebenaste sklopke. Tipkala se koriste za pokretanje i zaustavljanje sustava, tipkalo s gljivom koristi se za zaustavljanje sustava u nuždi. Grebenaste sklopke koriste se za odabir ručnog ili automatskog načina rada te za uključivanje i isključivanje vrtnje motora u oba smjera te za uključivanje i isključivanje ventilatora. Na slici 79 prikazano je obično tipkalo(lijevo) i tipkalo s gljivom(desno). Tipkalo s gljivom spojena je u seriji sa pozitivni izlazom ispravljača, u bilo kojem trenutku moguće je prekinuti taj krug i cijeli niskonaponski sustav se isključuje.



Slika 79. Tipkalo sa gljivom [26] i obično tipkalo [27]

Grebenasta sklopka s dva položaja i sa natpisima MAN i AUTO koristi se za odabir načina rada. Isti tip sklopke, ali s natpisima 0 i 1 koristi se za uključivanje i isključivanje ventilatora. Grebenasta sklopka s tri položaja i s natpisima 1 0 2 koristi se za pokretanje motora sustava doziranja u željenom smjeru. Na slici 80 prikazane su grebenaste sklopke s dva položaja(lijevo) i tri položaja(desno)



Slika 80. Grebenasta sklopka sa dva [28] i tri položaja [29]

### 13.1.6. Signalni elementi

U cilju signalizacije rada pojedinih elemenata ugrađene su signalne lampice različitih boja. Lampice signaliziraju u kojem načinu je postavljeni sami sustav, i sami rad ostalih elemenata.



Slika 81. Signalna lampica [30]

### 13.1.7. Senzor temperature

Cijeli sustav radit će zapravo na temelju informacija dobivenih sa senzora o temperaturi koji e spaja na analogni modul predviđen upravo za taj tip senzora. Riječ je o PT100 sondi koja je vrlo česta u praksi gdje je potrebno mjeriti temperaturu te je zbog toga i napravljen već modul predviđen upravo za taj tip sonde, također u programskom paketu je unaprijed riješeni problem obrade analognog signala da se korisniku omogući što lakše programiranje. Na slici 82 prikazana je PT100 sonda.



Slika 82. PT100 sonda [31]

## 13.2. Popis elemenata

Nakon što su opisani svi elementi koji se koriste u ovom konkretnom problemu definirana je tablica s korištenim elementima, njihova količina i oznaka na električnoj shemi. U tablici 4 navedeni su korišteni elementi za elektrotehničko rješenje.



Tablica 4. Popis elemenata za elektrotehničko rješenje

Naziv elementa	Opis elementa	Oznaka na shemi	Količina
LOGO!	Upravljački uređaj	-U2	1
LOGO! digitalni modul	Proširenje 8DI i 8 DO	-U3	1
LOGO! analogni modul	Proširenje analogni ulazi	-U4	1
Ispravljač	Napajanje 24V DC	-U1	1
Osigurač	Jednopolni 10A	-F1	1
Osigurač	Tropolni 10A	-F4, -F5	2
Bimetalna zaštita	1,8-2,7A	-F2	1
Bimetalna zaštita	0,8-1,2A	-F3	1
Sklopnik	Tropolni	-K1, -K2, K3, K4	4
Tipkalo crveno	Svjetleće s povratom	-S3	1
Tipkalo zeleno	Svjetleće s povratom	-S2	1
Tipkalo plavo	Svjetleće s povratom	-S18	1
Tipkalo u nuždi	Sa gljivom	-S1	1
Grebenasta sklopka sa dva položaja	Natpisi: MAN i AUTO	-S5	1
Grebenasta sklopka sa dva položaja	Natpisi: 0 i 1	-S4	1
Grebenasta sklopka sa tri položaja	Natpisi: 1 0 2	-S6, -S7	2
Signalna lampica	Plava	-S12	1

Signalna lampica	Zelena	-S8, -S9, -S10, - S11, -S13, -S15, - S16	7
Signalna lampica	Crvena	-S14	1
PT100	Senzor temperature	-S17	1

U prilogu pod nazivom *EL. SHEMA – visoki napon* nalazi se električna shema koja se odnosi na elemente koji se spajaju na napon od 230V odnosno 400V AC. Također u prilogu pod nazivom *EL. SHEMA – niski napon* nalazi se električna shema koja se odnosi uglavnom na upravljački dio i na elemente koji se spajaju na niski napon od 24V DC.

U električnoj shemi gdje se nalaze LOGO! kontroler i njegovi moduli, nisu ucrtane sve stezaljke za ulaze i izlaze jer se ne koriste, time je također shema preglednija.

## 14. Programsko rješenje

Nakon izrađene cijele konstrukcije i elektrotehničkog dijela, slijedi izrada programskog rješenja. Prije samog pisanja programskog koda, potrebno je poznavati željenu funkcionalnost sustava. Tipka AUTO PLAMEN u ovom konkretnom rješenju nema nikakvu funkcionalnost, samo je predviđena za eventualnu nadogradnju sustava za automatsko paljenje. Prije samog uključivanja sustava potrebno je ručno naložiti peč i tek tada ju pustiti u pogon.

Funkcionalnost sustava:

- 1) Sustav mora sadržavati dva načina rada (RUČNI i AUTOMATSKI), odabir se izvršava uz pomoć grebenaste sklopke s natpisima MAN i AUTO. Kada je sklopka u položaju MAN to odgovara RUČNOM načinu rada, a kada je u položaju AUTO to odgovara AUTOMATSKOM načinu rada.
- 2) U ručnom načinu rada korisnik može ručno pokretati motore za transportere u već željenom smjeru, to se izvršava uz pomoć grebenastih sklopki s natpisima 1, 0, 2. Također korisnik može uključiti ventilatore uz pomoć grebenaste sklopke sa natpisima 0 i 1. U ovom načinu rada tipkala STOP, START i AUTO PLAMEN nemaju nikakvu funkcionalnost.
- 3) Kada je uključen automatski način rada on se pokreće uz pomoć tipkala START, može se zaustaviti u bilo kojem trenutku s tipkom STOP, ponovo se pokreće pritiskom na START. U ovom načinu rada sustav mjeri temperaturu vode u peći i na temelju toga pokreće ventilatore i transportere. Ako je temperatura maja od 80°C pokreće se doziranje ako je temperatura veća od 85°C zaustavlja se doziranje.
- 4) Doziranje se vrši u ciklusu po 10 sekundi gdje sustav 5 sekundi puni peč, a 5 sekundi stoji.
- 5) Ventilator primara uključuje se 30 sekundi prije početka doziranja da se preostali medij što bolje razgori i radi cijelo vrijeme tijekom doziranja. Nakon što doziranje završi ventilator još dodatno radi 30 sekundi.
- 6) Ventilator sekundara uključuje se za vrijeme kada se peč puni s medijem.
- 7) Signalne lampice imaju sljedeće funkcionalnosti: lampice vezane uz pokretanje motora uključuju se kada i motor i svijetle zelenom bojom, time se signalizira da je trenutni motor u radu, plava lampica svijetli za vrijeme ručnog načina rada, crvena lampica svijetli kada se pritisne tipka STOP pa sve do kada se ne pritisne ponovo tipka START ili se sustav prebaci u ručni način rada. Još jedna zasebna zelena lampica svijetli kada je uključen automatski način rada i kada nema greške.

## 14.1. Popis adresa

Za potrebe programiranja potrebno je napraviti tablicu adresa u kojoj je sadržano koji element je spoj na koji ulaz i izlaz LOGO! kontrolera. Time se programer može lakše snalaziti prilikom pisanja samog programskog koda. Tablica mora sadržavati naziv elementa, podatak o tome gdje je određeni element spojen i njegovu oznaku na električnoj shemi.

U tablici 5 navedene su adrese pojedinih elemenata.

Tablica 5. Popis adresa

Naziv elementa	Adresa na LOGO! kontroleru	Uloga elementa	Oznaka elementa na shemi
Tipkalo crveno	I3	STOP	-S3
Tipkalo zeleno	I2	START	-S2
Tipkalo plavo	I1	AUTO PLAMEN	-S18
Grebenasta sklopka sa dva položaja	I4	RUČNI MOD	-S5 (MAN)
	I5	AUTO MOD	-S5 (AUTO)
Grebenasta sklopka sa dva položaja	I6	Ventilatori ON/OFF	-S4 (1)
Grebenasta sklopka sa tri položaja	I8	Puž NAPRIJED	-S6 (1)
	I7	Puž NAZAD	-S6 (2)
Grebenasta sklopka sa tri položaja	I10 (I2 modul)	Traka NAPRIJED	-S7 (1)
	I9 (I1 modul)	Traka NAZAD	-S7 (2)
PT100 sonda	AI1	Temperatura	-S17
Signalna lampica i svitak sklopnika	Q1	Puž NAPRIJED ON/OFF	-K1, -S8
Signalna lampica i svitak sklopnika	Q2	Puž NAZAD ON/OFF	-K2, -S9

Signalna lampica i svitak sklopnika	Q3	Traka NAPRIJED ON/OFF	-K3, -S10
Signalna lampica i svitak sklopnika	Q4	Traka NAZAD ON/OFF	-K4, -S11
Signalna lampica plava	Q5 (Q1 modul)	RUČNI MOD ON/OFF	-S12
Signalna lampica zelena	Q6 (Q2 modul)	AUTO MOD ON/OFF	-S13
Signalna lampica crvena	Q7 (Q3 modul)	GREŠKA ON/OFF	-S14
Signalna lampica i motor ventilatora	Q8 (Q4 modul)	Ventilator primar ON/OFF	M3, -S15
Signalna lampica i motor ventilatora	Q9 (Q5 modul)	Ventilator sekundar ON/OFF	M4, -S16

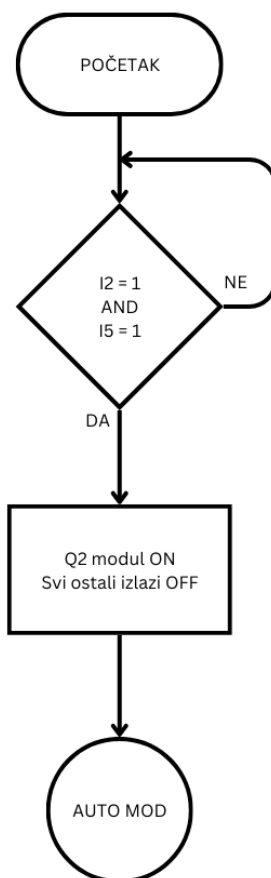
## 14.2. Dijagram toka

Radi lakšeg programiranja preporučljivo je za jednostavnije probleme napraviti dijagram toka u kojem je prikazano kako bi se sami program trebao izvršavati. Radi bolje preglednosti dijagram toka napravljen je u nekoliko dijelova. Također dijagram toka napravljen je samo za automatski način rada, za runi način nema potrebe za izradom dijagrama.

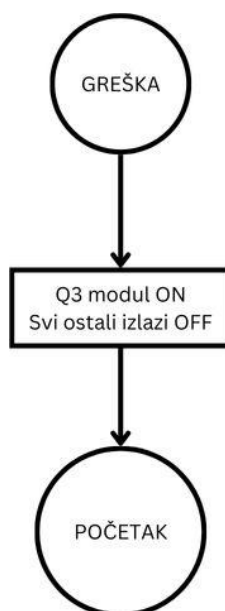
Na slici 83 prikazan je dijagram toka vezan za uključivanje u automatski način rada. Ako su ispunjeni početni uvjeti da je odabran automatski način rada i da je pritisnuta tipka START pali se lampica spojena na Q2 izlaz modula, a svi ostali izlazi su isključeni.

Ako se u bilo kojem trenutku pritisne tipka STOP program prelazi u dio vezan za grešku. Dijagram vezan za dio s greškom prikazan je na slici 84.

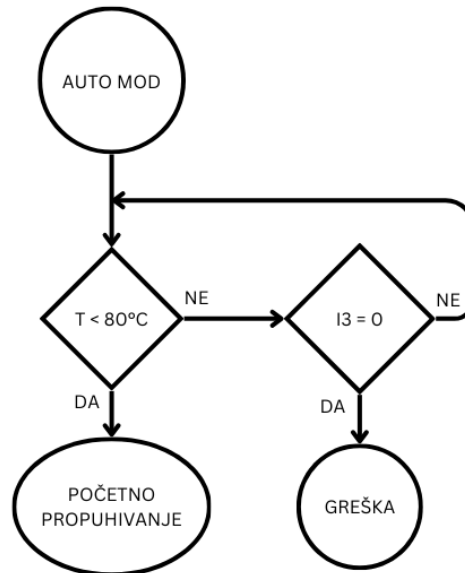
Na slici 85 prikazan je dio dijagrama u kojem se ispituje temperatura vode u peći, ako je temperatura manja od 80°C pokreće se početno propuhivanje.



Slika 83. Dijagram toka – početak

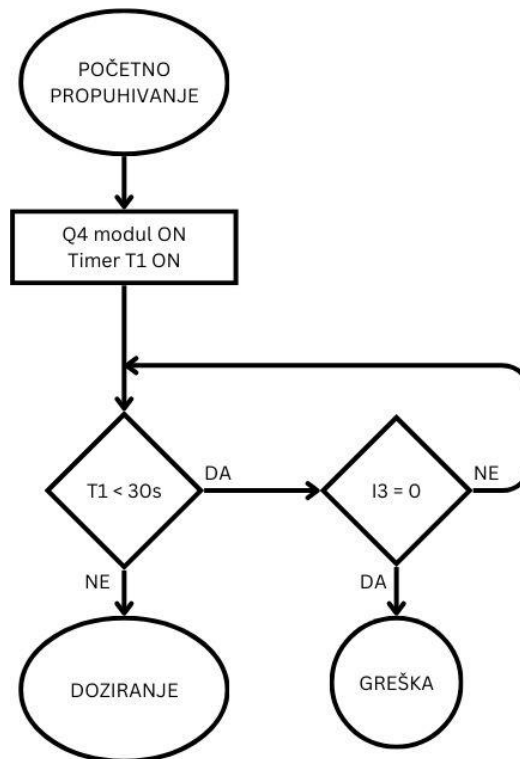


Slika 84. Dijagram toka - greška



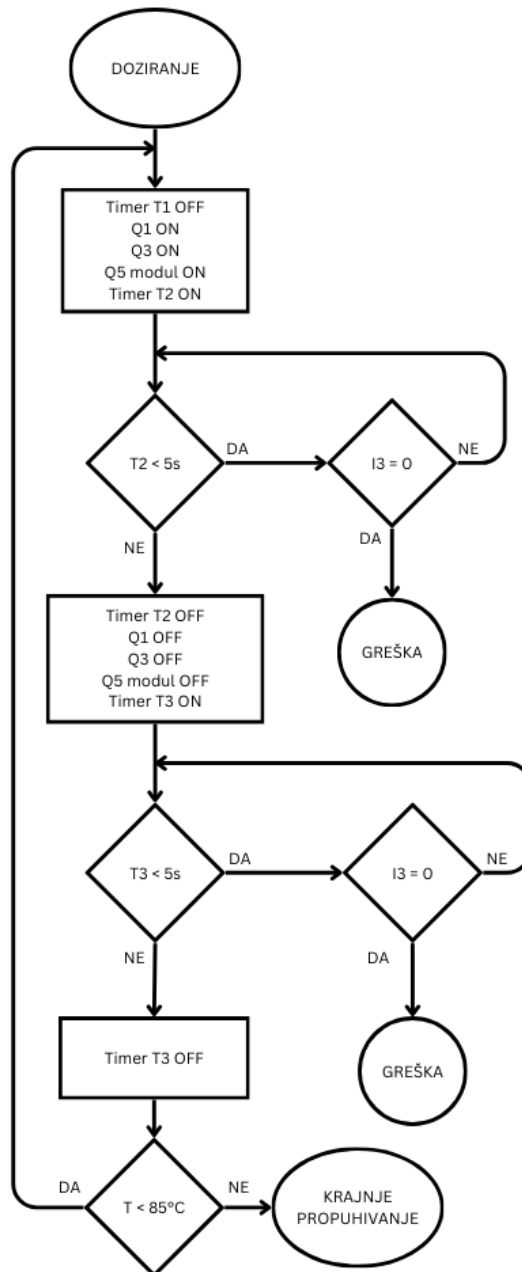
Slika 85. Dijagram toka - auto mod

Početno propuhivanje izvršava se 30 sekundi i u tom vremenu radi samo ventilator primara. Nakon odrađenog početnog propuhivanja, započinje doziranje sustava. Na slici 86 prikazan je dio vezan za početno propuhivanje.



Slika 86. Dijagram toka - početno propuhivanje

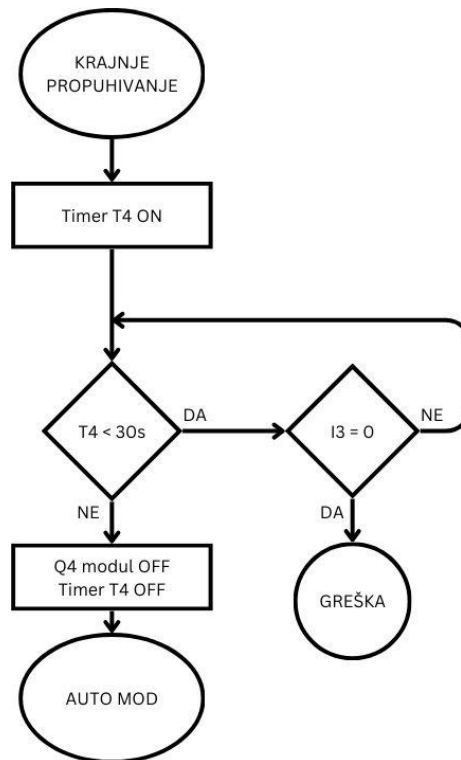
Doziranje se izvršava u dvije faze, faza punjenja peći s medijem i faza pauze. Obje faze izvršavaju se pet sekundi. U fazi punjenja uključuju se izlazi Q1, Q3 i Q5 na modulu, a u fazi pauze navedeni izlazi su isključeni. Doziranje traje sve dok se ne postigne temperatura od 85°C. Nakon što doziranje završi, započinje krajnje propuhivanje. Na slici 87 prikazan je dio vezan za doziranje.



Slika 87. Dijagram toka - doziranje

Krajnje propuhivanje traje 30 sekundi i u tom vremenu radi samo ventilator primara. Nakon krajnjeg propuhivanja program prelazi u dio gdje se čeka da temperatura padne ispod 80°C. Na slici 88 prikazan je dio vezan za krajnje propuhivanje.





Slika 88. Dijagram toka - krajnje propuhivanje

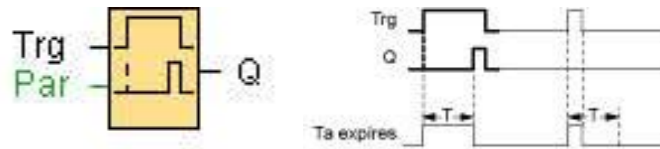
### 14.3. Programski kod

Programski kod pisan je u programu LOGO!Soft Comfort. Korišten je FBD programski jezik. Za lakše razumijevanje programskog koda opisane su korištene funkcije.

Blokovi koji u sebi imaju oznaku „I“ označavaju da se radi o stanju ulaza na samom kontroleru, dok blokovi s oznakom „Q“ označavaju stanje izlaza. Blok s oznakom „AI“ označava stanje analognog ulaza na kontroleru. Blokovi s oznakom „M“ su samo pomoćni blokovi.

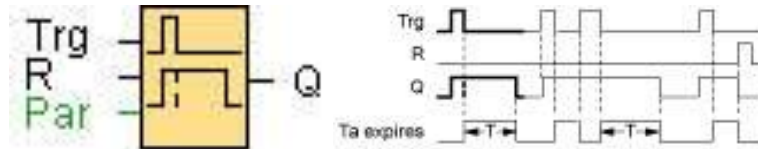
Korišteni su i logički blokovi s oznakom „&“, on označava logičku I funkciju, propušta signal tek kada su svi signali koji su spojeni na taj blok u stanju logike jedinice. Korišten je i logički blok s oznakom „≥1“ koji označava logičku IЛИ funkciju, propušta signal kada je barem jedan od ulaza u stanju logičke jedinice. Također korišten je i blok za logičko negiranje, oznaka je „1“ i na izlazu iz bloka nalazi se crni kružić. Na nekim blokovima na ulazu također se nalazi crni kružić koji također označava negaciju.

Korišten je i blok s kašnjenjem uključenja. Na slici 89 prikazan je izgled takvog bloka i njegov dijagram. Ovaj blok propušta signal tek nakon određenog vremena, ovo vrijeme određuje programer po vlastitoj potrebi.



Slika 89. Timer ON delay [32]

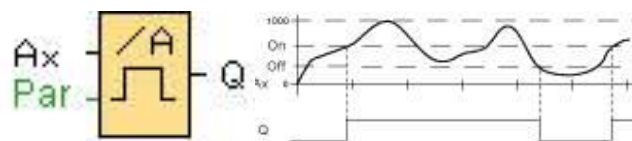
Suprotnost ovom bloku je blok s kašnjenjem isključenja. Na slici 90 prikazan je njegov izgled i dijagram. Ovaj blok blokira signal nakon određenog vremena. Također programer proizvoljno određuje vrijeme blokiranja.



Slika 90. Timer OFF delay [32]

Konačno korišten je i blok za analognu obradu signala, u tom bloku se odabire vrsta senzora koji šalje analogni signal na kontroler, u ovom slučaju to je PT100 sonda. Na slici 91 prikazan je izgled ovog bloka i njegov dijagram. Za ispravan rad ovog bloka potrebno je podesiti vrijednosti uključivanja i isključivanja. Pošto je već odabrano da se radi o PT100 sondi dovoljno je unositi vrijednosti u °C, a program samostalno izračunava egzaktne vrijednosti kojima ova određena temperatura odgovara.

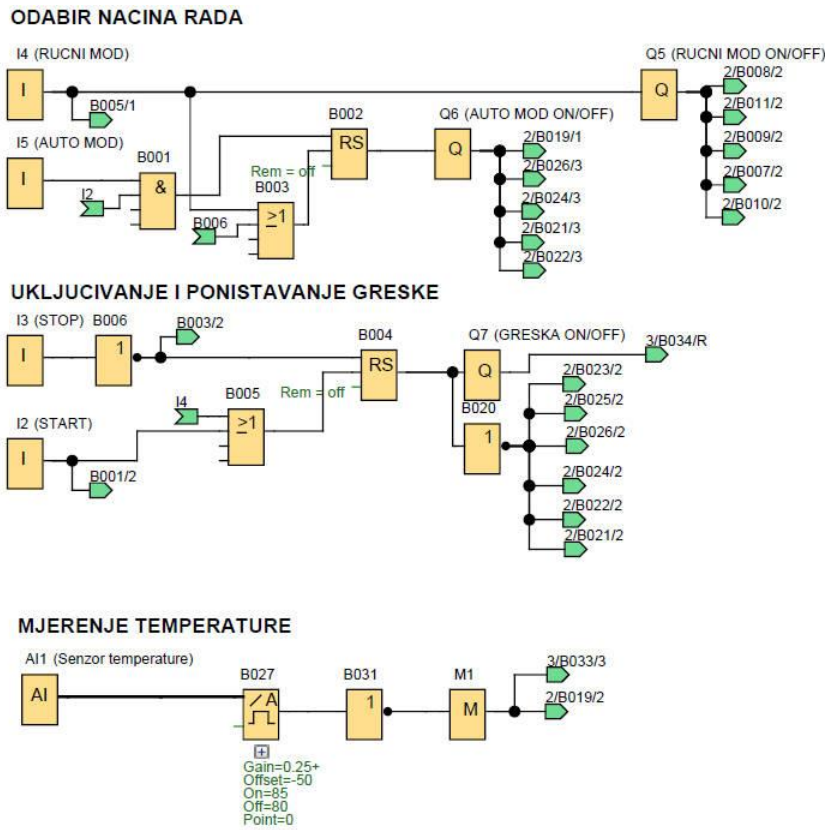
U ovom slučaju blok se aktivira kada temperatura dosegne vrijednost od 85°C, a deaktivira kada temperatura opadne ispod 80°C.



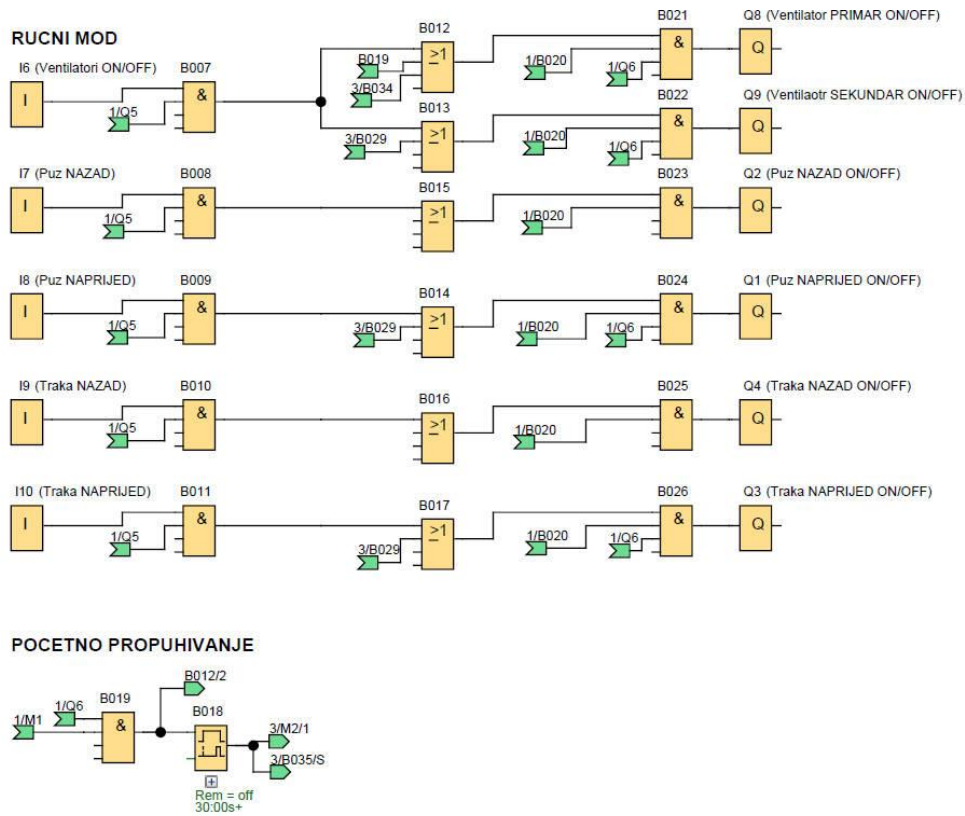
Slika 91. Analog trigger [32]

Zelene zastavice u programu označavaju da su neke linije presječene radi bolje preglednosti.

Na slici 92 prikazan je prvi dio koda u kojem je riješen problem odabira načina rada, uključivanje i isključivanje greške i dio potreban za mjerenje temperature i obradu analognog signala.

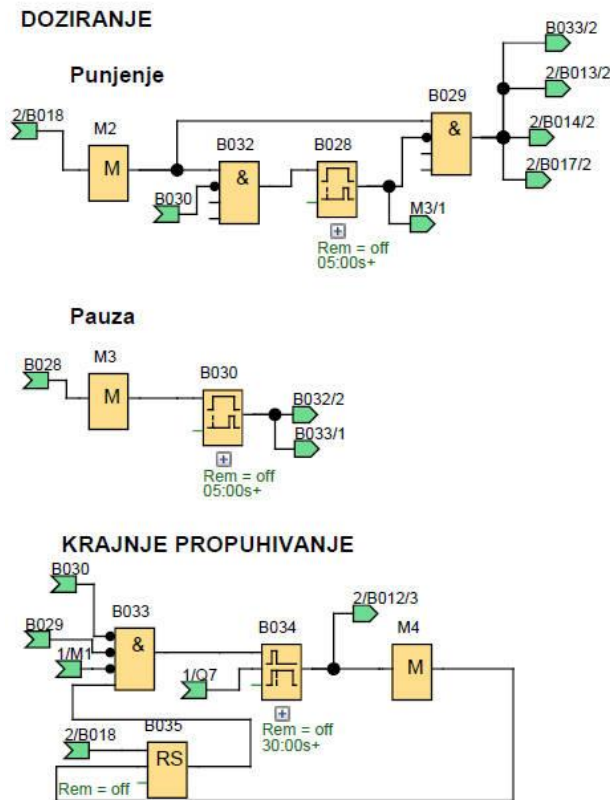


Slika 92. Programski kod - prvi dio



Slika 93. Programski kod - drugi dio

Na slici 93 prikazan je dio koda koji se odnosi na ručni način rada te dio vezan za upravljanje izlazima, također u ovom dijelu riješen je i problem za početno propuhivanje.



Slika 94. Programski kod - treći dio

Na slici 94 prikazan je i posljednji dio koda vezan za doziranje s fazama punjenja i pauzama te dio vezan za krajnje propuhivanje.

Vrijeme trajanja faze punjenja i pauze možda će se morati korigirati kada se sustav pusti u rad. Možda će se faza punjenja trebati povećati ako se ne doda dosta goriva ili smanjiti ako se pak doda previše. Ovaj postupak možda će biti potrebno ponavljati nekoliko puta s raznim vremenima dok se ne dobi zadovoljavajući rezultat.

## ZAKLJUČAK

Konstruktivsko rješenje izrađeno je prvenstveno u cilju da bude što više modularno zbog lakšeg transporta. Cijela konstrukcija izrađena je također u cilju da omogući razne varijante programskih kodova uz minimalne promjene na konstrukciji. Također predviđeni su razni provrti koji kasnije mogu poslužiti za eventualne nadogradnje na konstrukciju.

Trenutni elektromotori koji se koriste zadovoljavaju potrebnu mehaničku snagu, ali se u budućnosti mogu primijeniti i neki slabiji motori te se time mogu smanjiti sami troškovi prilikom kupnje. Također mogu se napraviti i proračuni na rukavce koji imaju i ulogu vratila te se time može točno odrediti potrebni promjer samih dijelova, što opet može dovesti do smanjenja troškova.

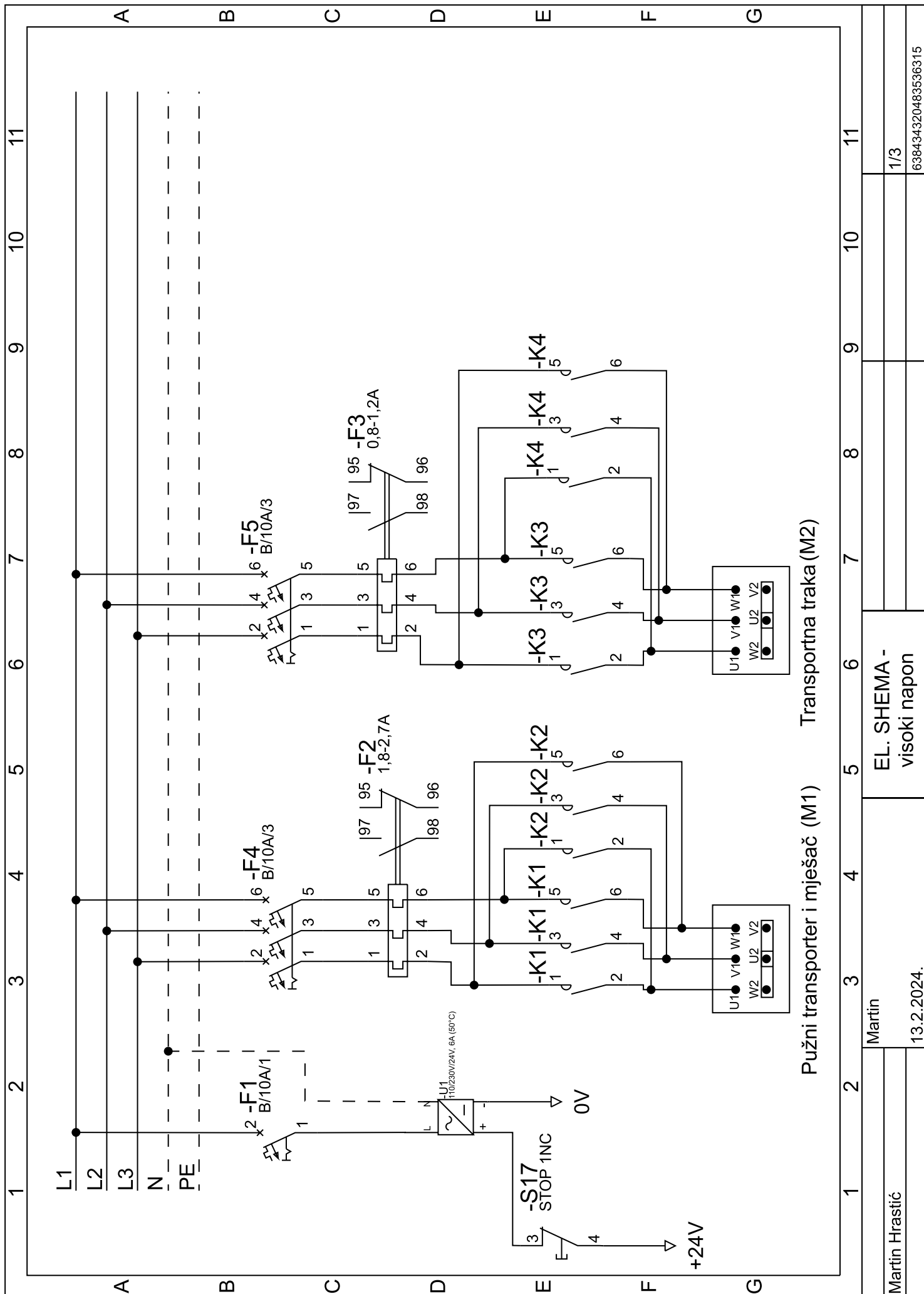
Proračuni potrebne količine zraka provedeni su na temelju toga da medij ulazi u peć tijekom cijelog dana bez stanke, što ovdje nije slučaj, ali je svakako približno točno. Kao poboljšanje trebalo bi se uzeti u obzir da se medij dodaje u intervalima te na temelju toga ponoviti proračun.

Što se tiče elektrotehničkog i programskog rješenja, ono se može poboljšati sa raznoraznim dodacima, mogu se dodati zaslone da se omogući intuitivniji način kontrole samog sustava. Na zaslonu se tada može prikazivati trenutna temperatura vode u peći i razne ilustracije sustava u radu.

## LITERATURA

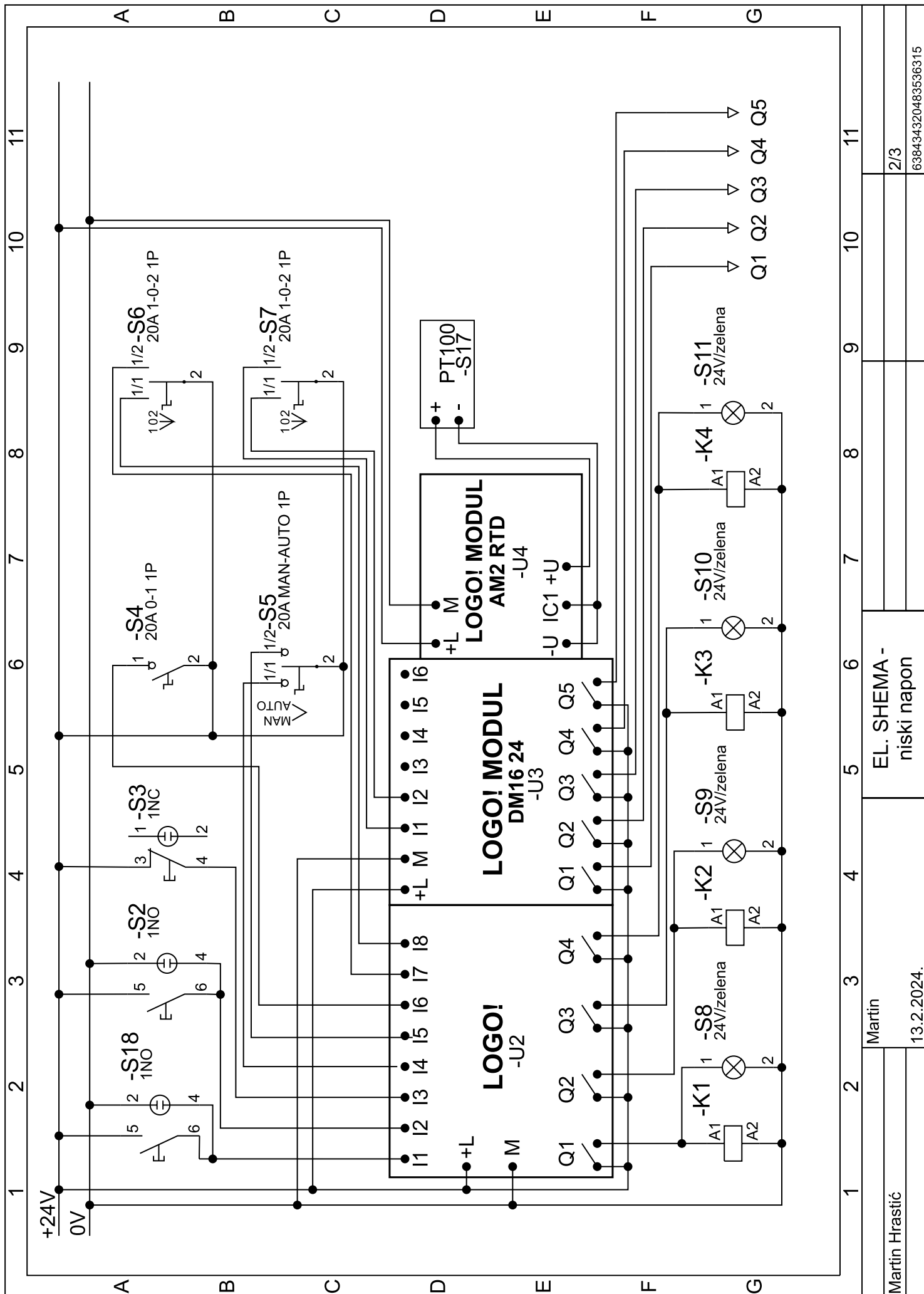
- [1.] Iwarm, <https://iwarm-hr.techinfus.com/utepljenje/temperatura-goreniya-drov.html>, (11. siječnja 2024.)
- [2.] Olx, <https://olx.ba/artikal/9394183/pelet-piljevina-suha-10-12-za-pelet-063589010>, (11. siječnja 2024.)
- [3.] Trgo-Agencija, <https://www.trgo-agencija.hr/drobilica-granja-dgx-42-sa-kardanom-nova-max.html>, (11. siječnja 2024.)
- [4.] Izgradnja kuće, <https://www.izgradnjakuće.com/najbolje-drvo-za-za-ogrev-tablica-kalorija/>, (11. siječnja 2024.)
- [5.] TP-Machines, <https://www.tp-machines.com/hr/rabljeni-strojevi/80-tokarenje/591-tokarilica-prvomajska-tnp-250-800>, (11. siječnja 2024.)
- [6.] SET Bjelovar, <https://set-bjelovar.hr/shop/cijena/ucf-207-skf-lezaj-s-kucistem>, (11. siječnja 2024.)
- [7.] KemLes, <https://kam-les.si/trgovina/kovinski-program/pohistveno-okovje/pohistvene-noge-in-kolesa/regulacijska-nogica-fi-50-m10x50-mm-2/>, (11. siječnja 2024.)
- [8.] SET Bjelovar, <https://set-bjelovar.hr/shop/cijena/ucf-204-skf-lezaj-s-kucistem>, (14. siječnja 2024.)
- [9.] Trgo-Agencija, <https://www.trgo-agencija.hr/lancanik-1-2-x3-16-z-14-sati.html>, (15. siječnja 2024.)
- [10.] Trgo-Agencija, <https://www.trgo-agencija.hr/lancanik-1-2-x3-16-z-30-sati.html>, (15. siječnja 2024.)
- [11.] Trgo-Agencija, <https://www.trgo-agencija.hr/lancanik-napinjac-1-2-x3-16-z-16-203-krr.html>, (15. siječnja 2024.)
- [12.] Konvejeri, B. Madjarević, nadopune i izmjene D. Ščap
- [13.] DIN 555, <https://www.mahabalisteel.com/din-555-iso-4034-heavy-hex-nuts.php>, (17. siječnja 2024.)
- [14.] DIN 912, <https://www.fasteners.eu/standards/DIN/912/>, (17. siječnja 2024.)
- [15.] DIN 433, <https://www.fasteners.eu/standards/DIN/433/>, (17. siječnja 2024.)
- [16.] DIN 471, <https://www.fasteners.eu/standards/DIN/471/>, (17. siječnja 2024.)
- [17.] Priručnik o gorivima iz drvne biomase, Valter Francescato, Eliseo Antonini – AIEL Italian Agriforestry Energy Association, (Talijansko udruženje za energiju iz agrošumarstva) – [www.aiel.cia.it](http://www.aiel.cia.it), Luca Zuccoli Bergomi – Odjel TeSAF (Odjel za zemljišta i agronomske i šumarske sustave), Sveučilište u Padovi – [www.tesaf.unipd.it](http://www.tesaf.unipd.it), 2008.

- [18.] Uvod u termodinamiku, Boris Halasz, 2019.
- [19.] TEMU, <https://share.temu.com/ZEcJISg782A>, (11. veljače 2024.)
- [20.] FULLYAUTOMATION, <https://www.fullyautomation.com/product/siemens-logo-8-new-logo-plc-6ed10522cc010ba8/>, (12. veljače 2024.)
- [21.] RS-Online, <https://www.rs-online.vn/p/expansion-module-logo8-dm16-24-8di-8doa/>, (12. veljače 2024.)
- [22.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_lp412406--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_lp412406--.jpg), (12. veljača 2024.)
- [23.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_la100307--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_la100307--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [24.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_bm018310--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_bm018310--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [25.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_lzdm0615--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_lzdm0615--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [26.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_mm900009--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_mm900009--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [27.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_mm900011--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_mm900011--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [28.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_in007121--v04.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_in007121--v04.jpg), (12. veljače 2024.)
- [29.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_in004120--.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_in004120--.jpg), (12. veljače 2024.)
- [30.] SCHRACK, [https://image.schrackcdn.com/340x380/f\\_bz501213-b.jpg](https://image.schrackcdn.com/340x380/f_bz501213-b.jpg), (12. veljače 2024.)
- [31.] MARCOM, <https://shop.marcomweb.it/images/stories/virtuemart/product/PT100-2F.jpg>, (12. veljače 2024.)
- [32.] LOGO!Sot Comfort online priručnik



Martin Hrastić	Martin	EL. SCHEMA - visoki napon	1/3	638434320483536315

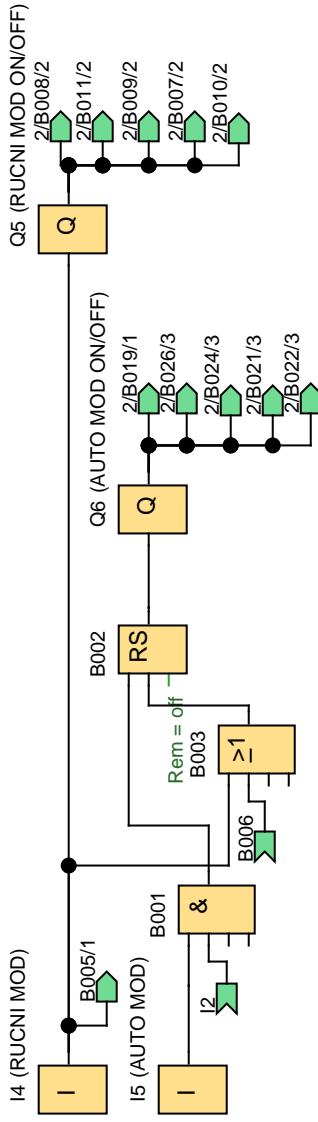




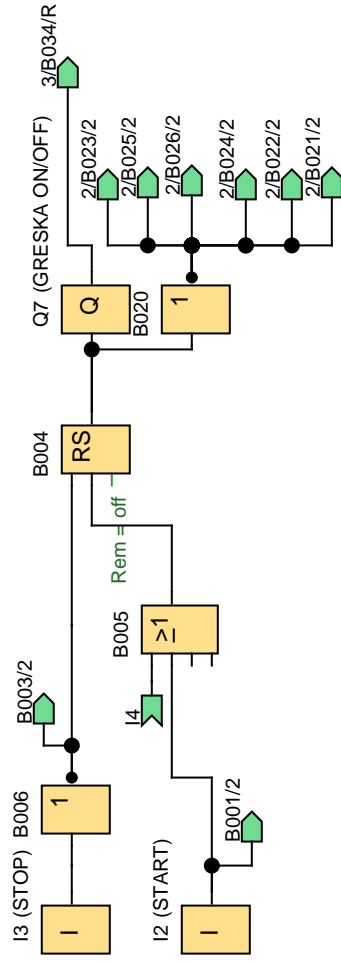
Martin Hrstić	Martin	EL. SHEMA - niski napon	2/3	638434320483536315



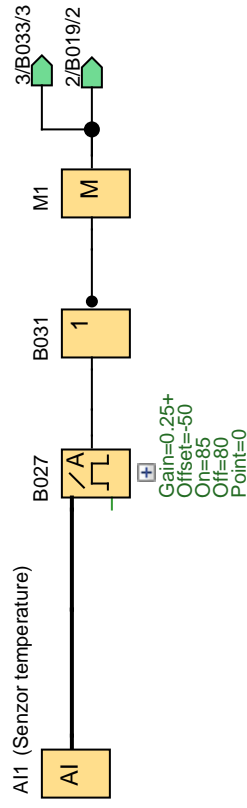
## ODABIR NACINA RADA



## UKLJUCIVANJE I PONISTAVANJE GRESKE

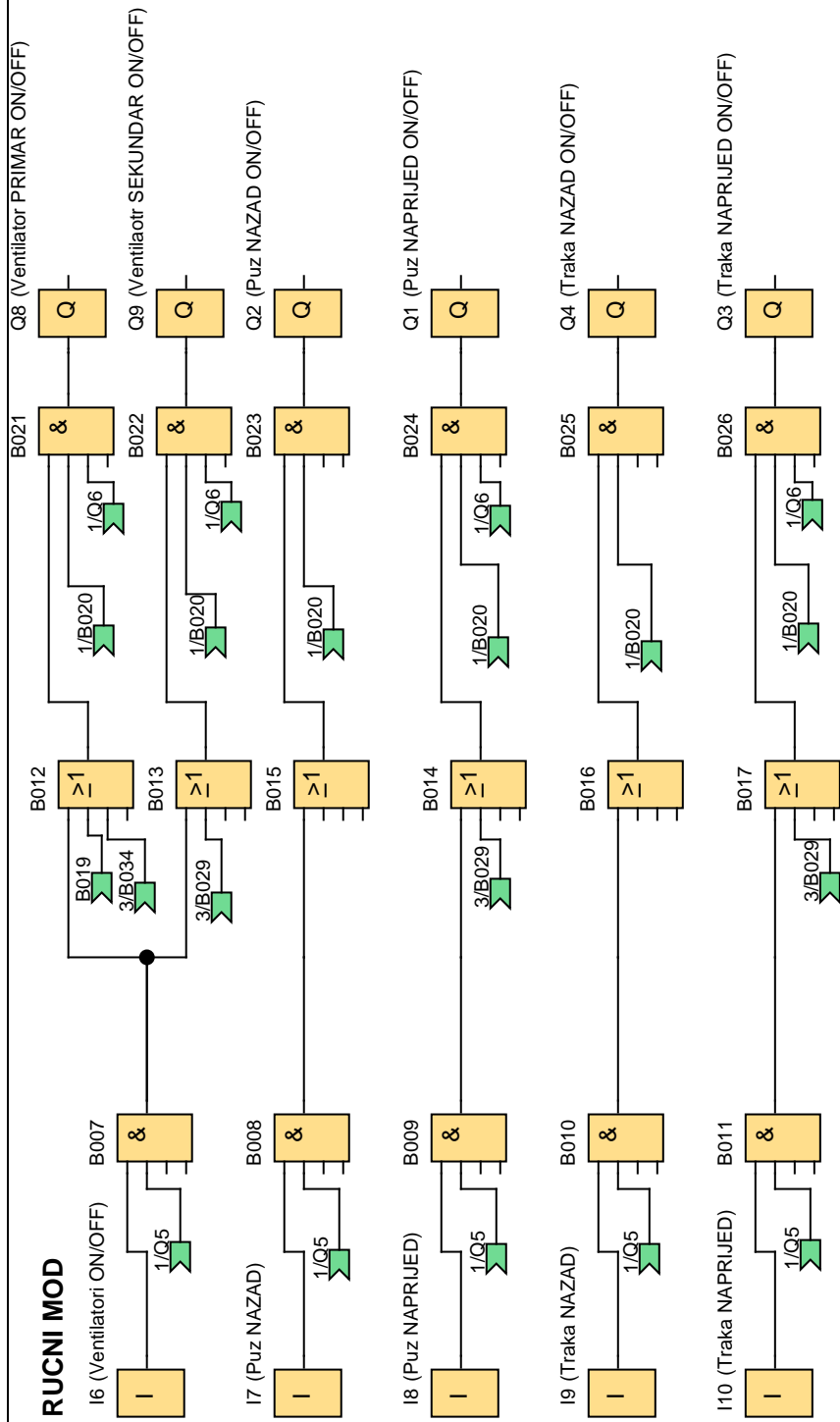


## MJERENJE TEMPERATURE

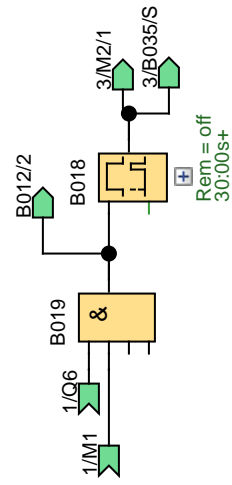


Creator:	Korisnik	Project:	Customer:
Checked:		Installation:	Diagram No.:
Date:	2/14/24 2:13 PM/2/14/24 4:44 PM	File:	FBD Program.lsc
			Page: 1 / 5

## RUCNI MOD



## POCETNO PRUHIIVANJE



Creator:

Checked:

Date:

Korisnik

2/14/24 2:13 PM/2/14/24 4:44 PM

Project:

Installation:

File:

FBD Program.isc

Customer:

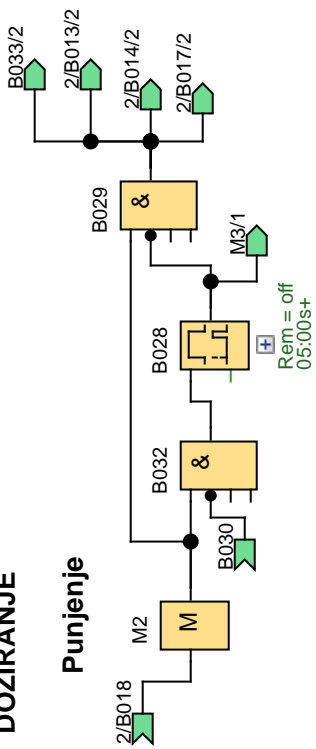
Diagram No.:

Page:

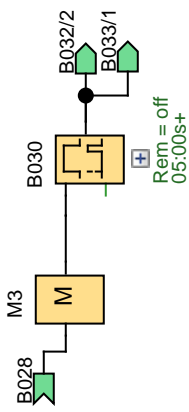
2 / 5

## DOZIRANJE

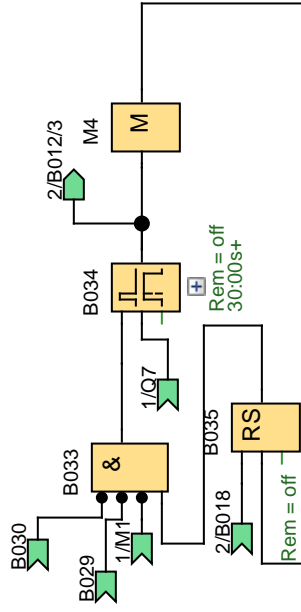
### Punjenje



### Pauza



### KRAJNJE PROPUIHVANJE



Creator:

Korisnik

Checked:

2/14/24 2:13 PM/2/14/24 4:44 PM

Date:

Project:

Installation:

File:

FBD Program.isc

Customer:

Diagram No.:

Page:

3 / 5