



ŠOLSKI CENTER CELJE  
Srednja šola za elektrotehniko in kemijo

# **AVTOMATIZACIJA SUŠILNICE ZA MESNE IZDELKE**

(raziskovalna naloga)

Mentor:  
Andrej GRILC, univ. dipl. inž. el.

Avtor:  
Jernej SIMONIČ, E-3. c

Mestna občina Celje, Mladi za Celje  
Celje, 2009

# 1. KAZALO

1. KAZALO .....	2
1.1 KAZALO SLIK.....	3
2. POVZETEK IN KLJUČNE BESEDE .....	4
2.1 Povzetek .....	4
2.2 Ključne besede .....	4
3. UVOD .....	5
3.1 Opis raziskovalnega problema .....	5
3.2 Hipoteze .....	6
3.3 Opis raziskovalnih metod.....	6
4. OSREDNJI DEL NALOGE.....	7
4.1 Predstavitev rezultatov raziskovanja.....	7
4.1.1 Vlažilnik.....	9
4.1.2 Gretje zraka .....	11
4.1.3 Krmilni sistem.....	12
4.2 Razprava.....	16
5. ZAKLJUČEK.....	17
6. VIRI IN LITERATURA .....	18

## ***1. 1 KAZALO SLIK***

Slika 1: Salama, izdelek iz naše avtomatizirane sušilnice .....	4
Slika 2: Sušenje mesnih izdelkov .....	6
Slika 3 : Procesna shema delovanja .....	8
Slika 4 : Izdelava in preizkus vlažilnika.....	9
Slika 5 : Shema senzorja vlage.....	10
Slika 6 : Senzor vlage.....	11
Slika 7 : Preizkus delovanja vlažilnika .....	11
Slika 8 : Senzorja temperature .....	12
Slika 9 : Elektro načrt.....	13
Slika 10 : Elektro shema vhodov krmilnika .....	13
Slika 11 : Elektro shema izhodov krmilnika .....	14
Slika 12 : Elektro shema porabnikov .....	14
Slika 13 : Izdelava in preizkus avtomatskega krmilja.....	15
Slika 14 : FBD shema programa za krmilnik Zelio .....	15
Slika 15: Krmiljenje .....	16
Slika 16 : Sušilna komora.....	17

## 2. POVZETEK IN KLJUČNE BESEDE

### 2.1 Povzetek

V raziskovalni nalogi je predstavljena prva faza izdelave sušilnice za mesne izdelke. Ker se vsi današnji procesi avtomatizirajo ter izboljšujejo sem se tudi sam odločil, da avtomatiziram sušenje suho-mesnatih izdelkov. Krmiljenje sem izvedel s pomočjo sensorja za toploto, sensorja za vlago ter krmilnika Zelio. Za gretje sem v prvi fazi uporabil 200W kalorifer, za vlaženje pa vlažilnik, ki sem ga izdelal. Sušilnica suho-mesnatih izdelkov je uporabna za izdelavo izdelkov čez vso leto, ne samo pozimi ter jeseni, kot so jih sušili ter izdelovali naši predniki.



Slika 1: Salama, izdelek iz naše avtomatizirane sušilnice

### 2.2 Ključne besede

- Krmilnik Zelio SR3B262BD
- Senzor vlage - elektrolitni polymerni senzor EFS10
- Senzor temperature KTY10

### **3. UVOD**

#### ***3.1 Opis raziskovalnega problema***

Ker je sušenje mesa etnološka značilnost Slovenije, se tudi s tem ukvarjajo moji sorodniki, ki živijo na različnih delih Slovenije. Dostikrat, ko sem bil na obisku pri njih sem poslušal govorice o težavah sušenja, da je zima pretopla, da je prevlažno, da ni več vreme tako kot je nekoč bilo... Govorice sežejo tudi nazaj, da včasih so lahko sušili, saj so imeli podstrešja katera so bila topla, saj ni bilo izolacij. Imeli so kašče z debelimi zidovi v teh prostorih se je klima počasi spreminjala itd.

Danes ima večina dve sobi za sušenje, eno na bolj suho na podstrešju hiše, drugo bolj vlažno nekje v kleti hiše. Prostore hitro zagrejemo s pomočjo raznih kaloriferjev. Problem pa nastane že, ko je prostore potrebno malo ohladiti, navlažiti. Še večji pa ko je potrebno prostor razvlažiti.

Prav tu je nastala moja ideja o razvoju avtomatike za upravljanje take sušilnice. Ker sam nimam tehnoloških znanj o sušenju suhomesnatih izdelkov sem se obrnil na dedka, ki ima dolgoletne izkušnje s tem. Tako sem pri njem začel po fazah testirati posamezne sklope. Od dedka in iz literature sem dobil osnovne parametre, katere naj bi bile v sušilnici. Temperatura med 12°C in 16°C. Relativna vlaga med 70% in 90% rH. V prvih poskusih sem prostor začel kontrolirano greti in vlažiti. Zato je bilo potrebno izdelati regulator gretja, kot grelec sem vzel kalorifer. Zataknilo se je pri vlaženju. Vse vlažilnike katere sem iskal na trgu so bili zelo dragi. Nekega dne sem na trgu našel napravo katera s pomočjo ultrazvoka proizvaja vodno meglo. Takoj ko sem napravo zagledal sem pomislil, da bi lahko to uporabil z malo modifikacije in dograditve za moj vlažilnik. Potrebno je bilo še nabaviti sondo za meriti vlago. Tehtal sem med ceno in kvaliteto. Izbral sem sondo, katera ima že vgrajeno elektroniko in na izhodu dobimo signal 0-10V in pomeni 0 -100% rH. Za merjenje uporablja elektrolitni polimerni senzor EFS10.



**Slika 2: Sušenje mesnih izdelkov**

### ***3.2 Hipoteze***

- Izdelati krmilje s pomočjo krmilnika Zelio
- Izdelati temperaturni in vlagovni regulator s pomočjo krmilnika Zelio
- Izdelati vlažilnik
- Izdelati hladilni agregat
- Izdelati izmenjevalec

### ***3.3 Opis raziskovalnih metod***

Preden sem začel z izdelavo krmilja, sem izrisal elektro načrt. Nato je sledilo iskanje ustrezne sonde za merjenje relativne vlage. Ostali material sem dokaj hitro dobil na trgu. Po korekciji elektro načrta sem sestavil elektro omaro. Sledilo je programiranje krmilnika. Ko sem imel končano elektro omaro in zamišljen program sem začel s testiranjem najprej v sobi in nato v improvizirani komori.

## 4. OSREDNJI DEL NALOGE

### 4.1 Predstavitev rezultatov raziskovanja

Raziskovanje sem razdelil na dve fazi izdelovanja avtomatike. Avtomatiko sem izdelal in jo dodobra stestiral. Drugo fazo pa bom samo predstavil ter podal nekaj predlogov pri izdelavi.

V prvi fazi sem izdelal le najpomembnejše elemente sušilnice, ki so nujno potrebni za delovanje (sušenje).

Naredil sem:

- Vlažilnik
- Grelnik zraka
- Krmilni sistem

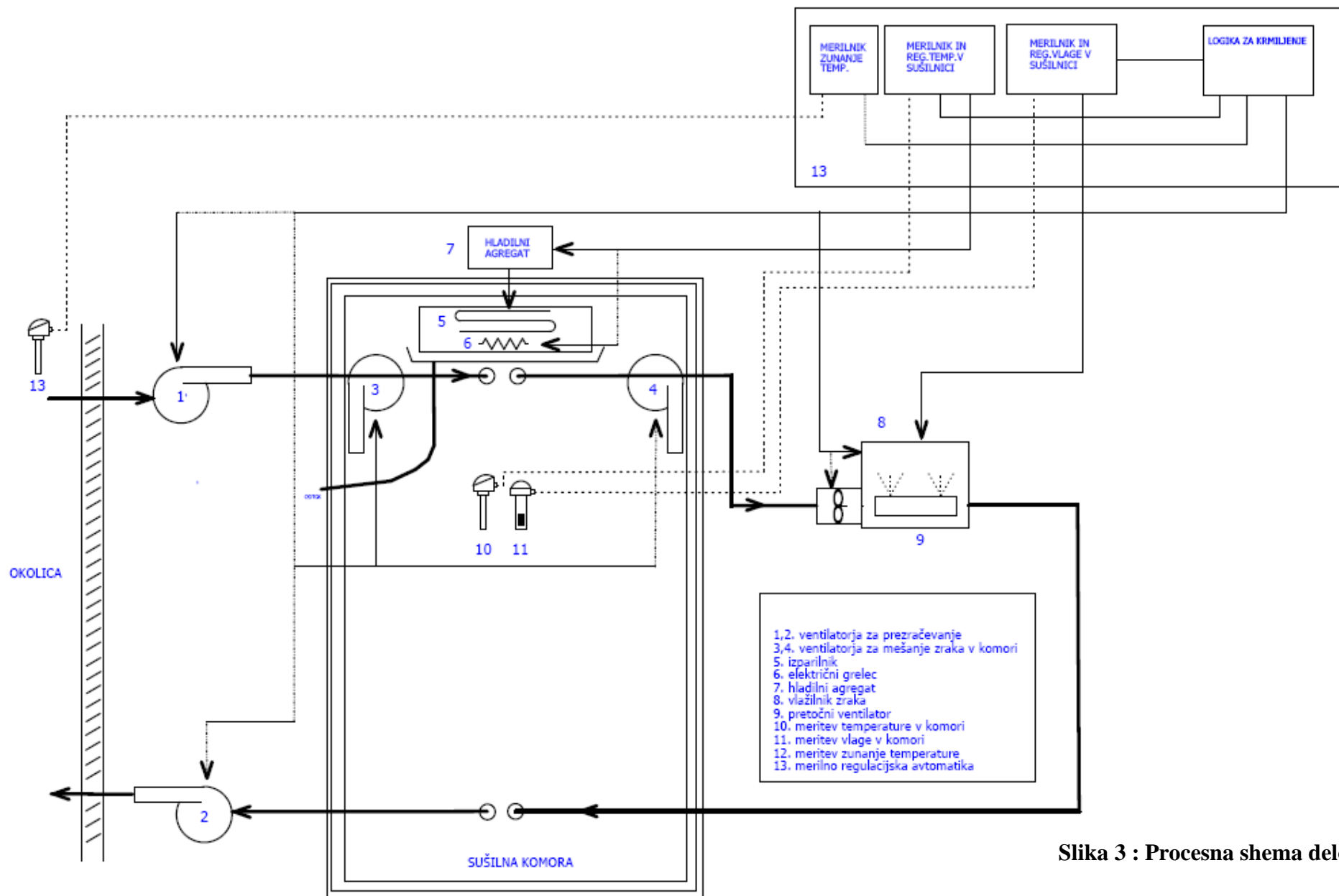
Pri izdelavi prve faze avtomatike, je največjo težavo predstavljal vlažilnik, ker je težko dobiti dovolj zmogljiv ter zanesljiv vlažilnik. Na koncu sem se odločil, da poskušam dobiti ultrazvočni vibrator, ki sem ga nato vgradil v posodo.

Za gretje zraka sem uporabil enostavno rešitev, kalorifer.

Pri krmilnem sistemu je glavno »srce« Schneiderjev krmilnik Zelio SR3B262BD.

Dodatna izdelava stvari, ki niso nujno potrebne za sušenje, so pa zelo zaželeno, da lahko suho-mesnate izdelke res sušimo v vsakem letnem času, pa sem si zadal kot izdelke za drugo fazo izdelave.

- Izdelava komore
- Izdelava hladilnega agregata
- Izdelava izparilnika



Slika 3 : Procesna shema delovanja



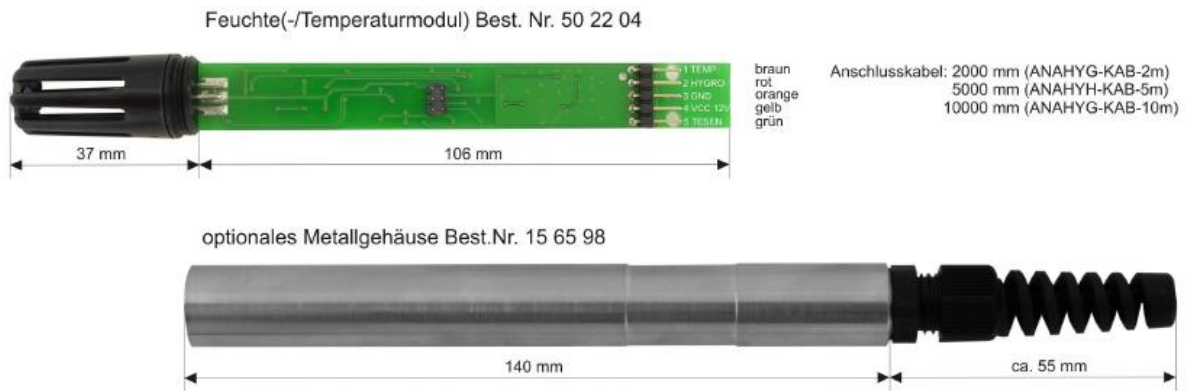
### **4.1.1 Vlažilnik**

Vlažilnik je sestavljen iz ultrazvočnega vibratorja, ki naredi meglo (vlago), ki jo nato s pomočjo ventilatorja spihamo v komoro. Vlažilnik deluje takrat, kadar avtomatika zazna, da je v komori prenizka vlaga. Dodajanje vode v vlažilnik je v prvi fazi ročna. Vlažilnik sem najprej mislil dati kar na tla komore, v posodo. Nato sem se po tehtnem premisleku odločil, da bom rajši naredil zunaj komore posodo, z ultrazvočnim vibratorjem ter pretočnim ventilatorjem. Ta ideja je veliko boljša, saj ni treba komore odpirati vsakič, ko želimo doliti vodo v posodo.



**Slika 4 : Izdelava in preizkus vlažilnika**

## Senzor vlage - elektrolitni polimerni senzor EFS10

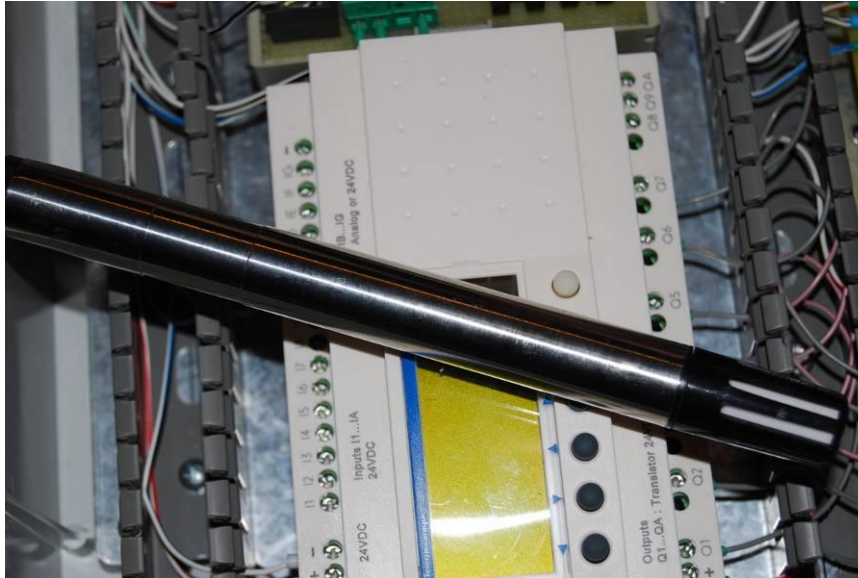


**Slika 5 : Shema senzora vlage**

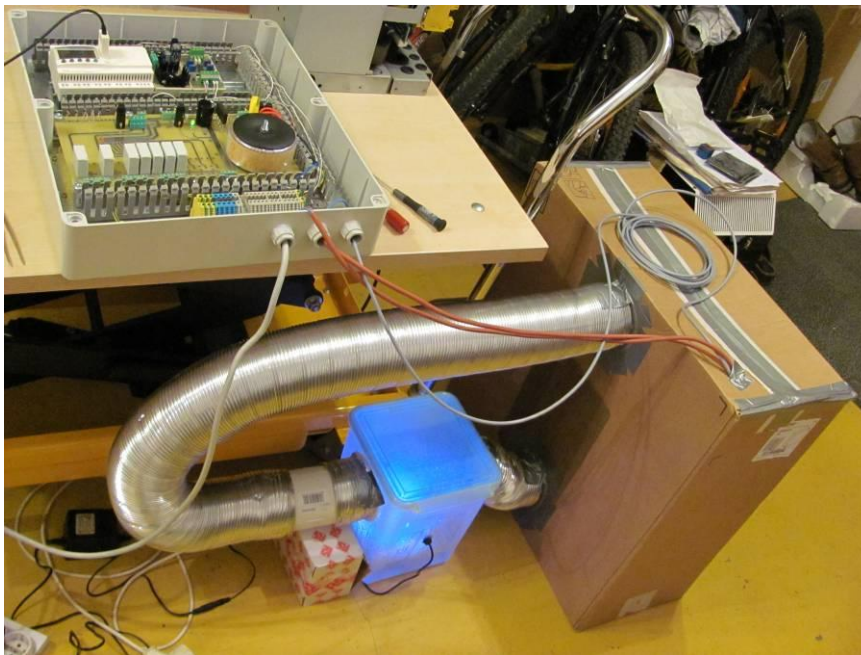
Senzor vlage EFS10 preko instrumentalnega ojačevalnika, ki je zgrajen z integriranim vezjem LM-324 daje na izhodu napetost 0-10V in je proporcionalno vlagi 0-100% rH. Sonda napajamo s stabiliziranim napajalnikom napetosti 12V. Sonda ima tudi temperaturo kompenzacijo rešeno z diodo. Območje delovanja sonde je med 0 in 60°C. Izhod sonde je priključen na analogni vhod krmilnika Zelio.

V krmilniku je izdelan dvo-položajni regulator vlage. Regulator primerja želeno vrednost v komori z izmerjeno vrednostjo. Če pade relativna vlaga pod želeno vrednost se vlažilnik preko izhoda krmilnika in releja vključi. Ko je zelena vrednost dosežena vlažilnik izključi.

S poskusom sem v moji improvizirani komori dosegel relativno vlago 96% pri temperaturi 18°C (slika 7).



**Slika 6 : Senzor vlage**



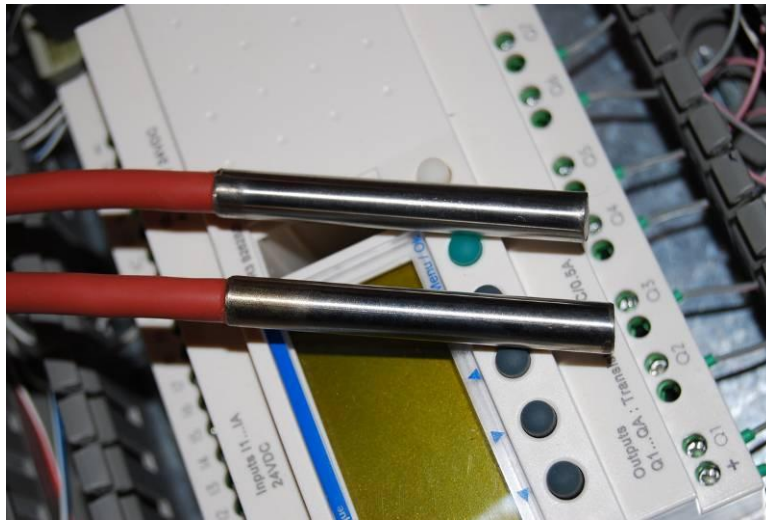
**Slika 7 : Preizkus delovanja vlažilnika**

#### ***4.1.2 Gretje zraka***

Gretje zraka je avtomatizirano s pomočjo krmilnika Zelio. Temperaturo zraka v komori in zunanjo temperaturo merimo z dvema senzorjema KTY10. KTY10 je polprevodniška sonda kateri se spreminja upornost s spreminjanjem temperature. Ima pozitivni temperaturni koeficient. Sonda ima pri 20°C upornost cca. 2kΩ. Sondo preko instrumentalnega ojačevalnika LM-324, kateri daje na izhodu 0-10V, kar pomeni temperaturo 0 do 100°C oz. -

20 do 100°C. Izhoda vezja sta za temperaturo v sušilnici in zunanjo temperaturo sta priključena na analogna vhoda krmilnika Zelio.

V krmilniku je izdelan regulator temperature. Regulator primerja zmerjeno vrednost v komori in želeno vrednost in tako vključuje grelec. Če pade temperatura pod želeno vrednost se grelec preko izhoda krmilnika in releja vključi. Ko je želena vrednost dosežena grelec izključi.



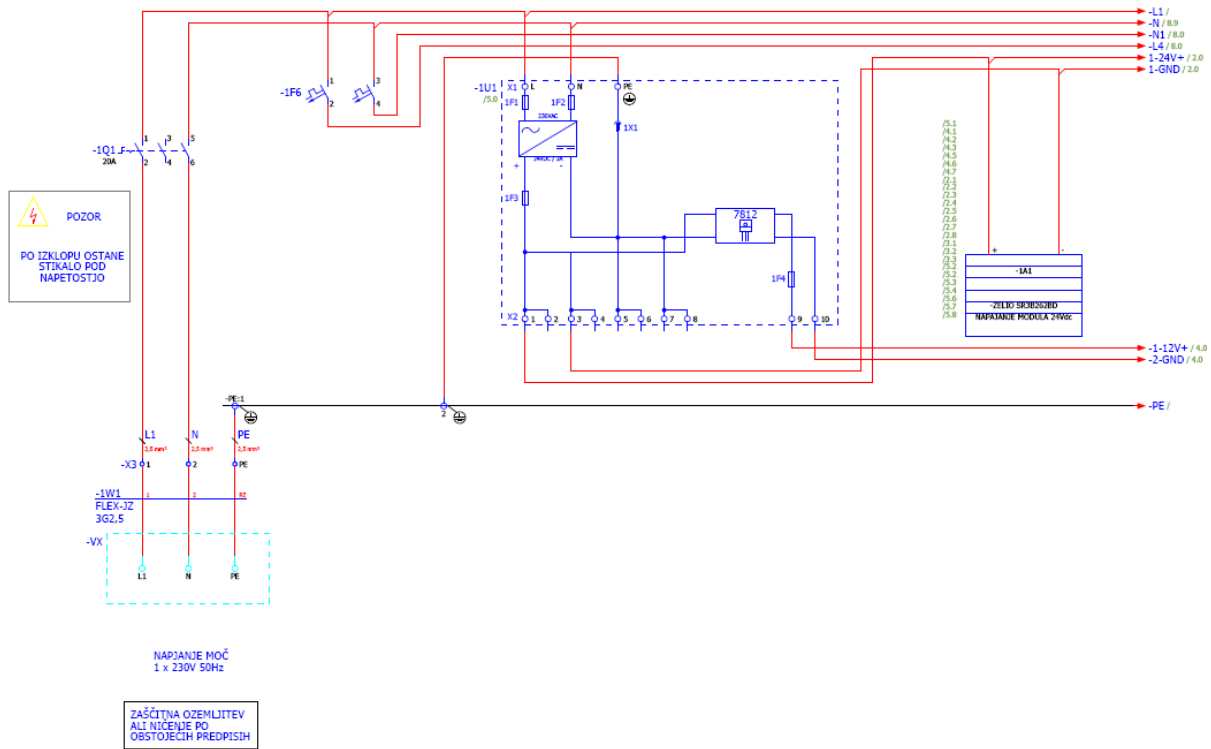
**Slika 8 : Senzorja temperature**

### ***4.1.3 Krmilni sistem***

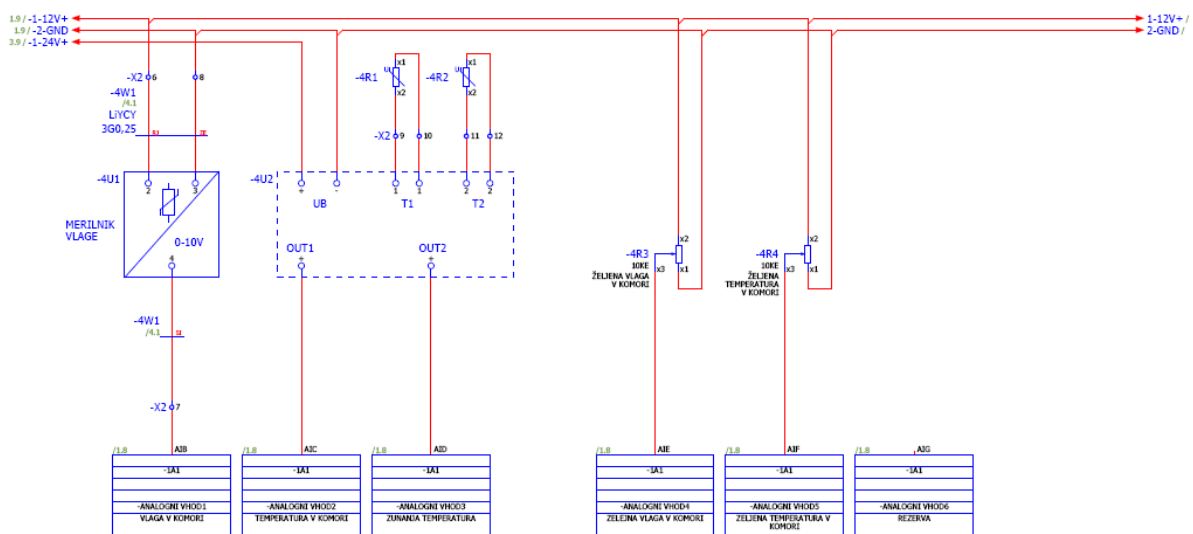
Krmilni sistem je sestavljen iz krmilnika Zelio SR3B262BD, ki krmili sistem s pomočjo senzorja za temperaturo in senzorja za vlago v komori. S krmilnikom reguliramo vlaženje ter gretje. Kadar želimo komoro navlažiti prižgemo pretočni ventilator, vlažilnik in ventilatorja za mešanje zraka. Ko komoro segrevamo prižgemo gretje in ventilatorja za mešanje zraka. Z zunanjo temperaturo pa določamo časovne intervale prezračevanja sušilnice. Če je zunanja temperatura znotraj želene vrednosti v komori potem prezračujemo z dolgimi intervali. Ko pa zunanja temperatura pada se intervali krajšajo pod 5°C se prezračevanje izvaja 2x dnevno za nekaj minut. Enako se intervali krajšajo z naraščanjem temperature.

Na krmilniku ima uporabnik na voljo, da določi temperaturo ter vlago, kakršno mora imeti prostor, glede na število dni ter glede na vrsto mesa, ki ga suši. Uporabljen krmilnik – Zelio SR3B262BD ima 10 digitalnih in 6 analognih vhodov. Izhodov je 10. Zelio ima tranzistorske

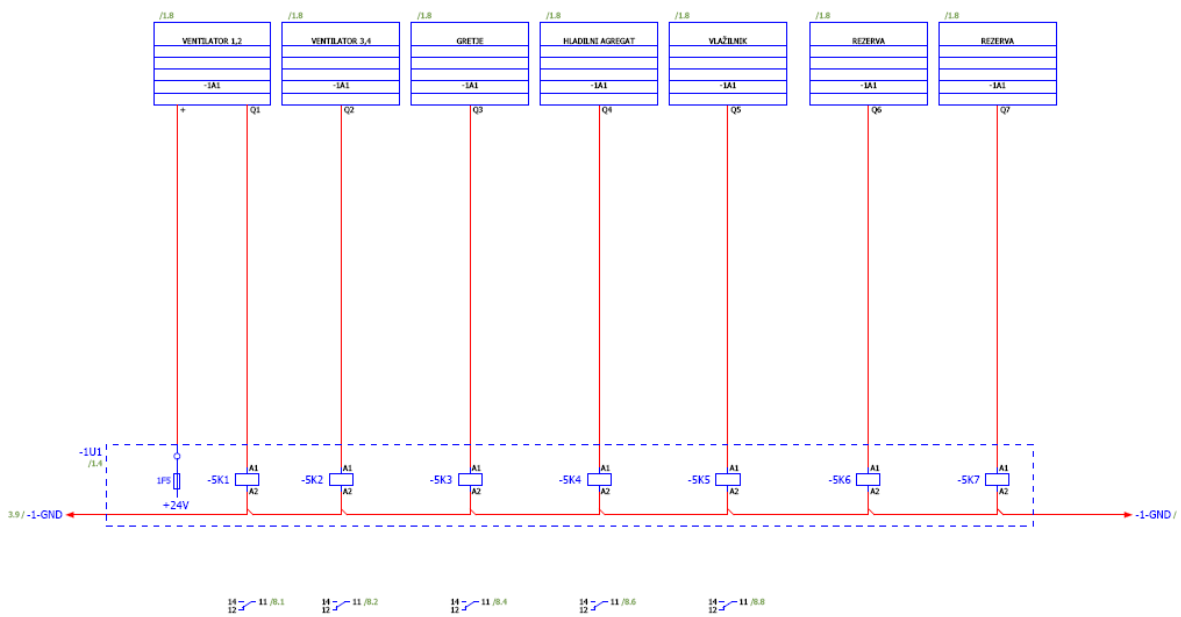
izhode, zato je k vsakemu porabljenemu izhodu dodan tudi rele, ki vklaplja in izklaplja porabnik. Krmilnik se priklopi na enosmerno napetost 24V. Po želji lahko na krmilnik priklopimo tudi dodatne module, kot so ethernet ali modbus vmesnik, za komunikacijo z drugimi krmilniki, lahko pa dodamo tudi dodatne vhode ter izhode.



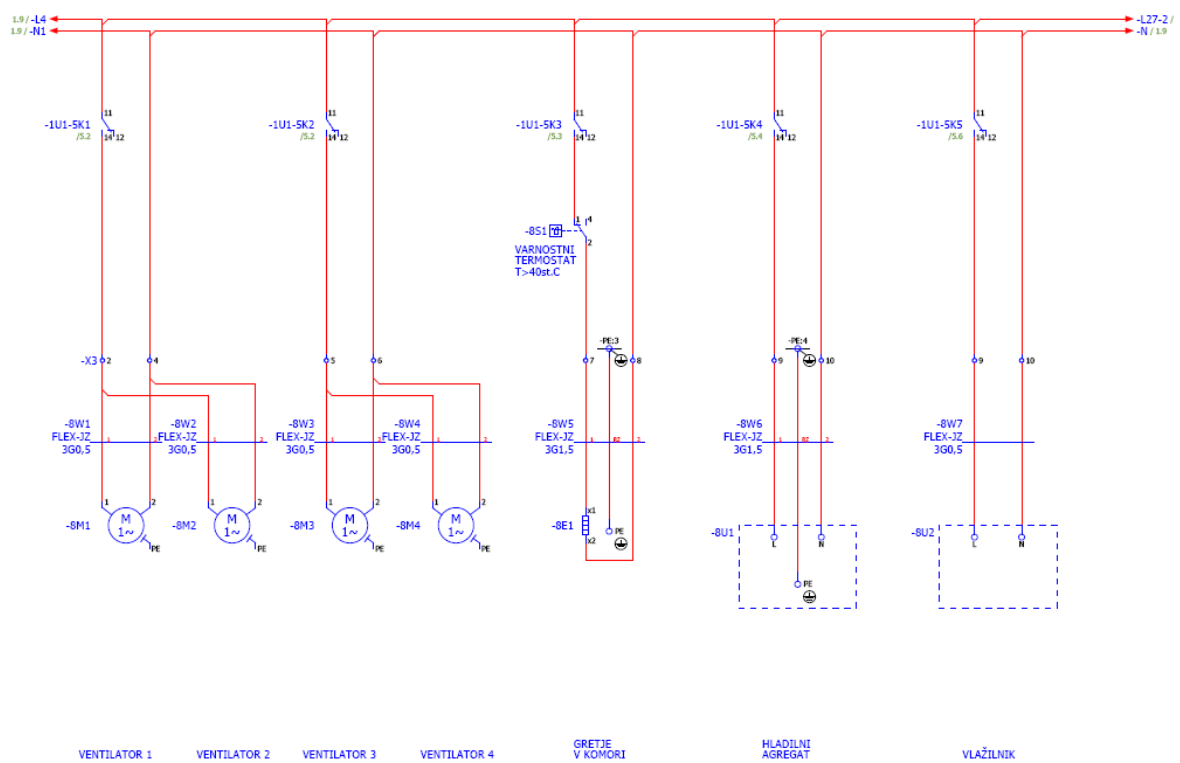
Slika 9 : Elektro načrt



Slika 10 : Elektro shema vhodov krmilnika



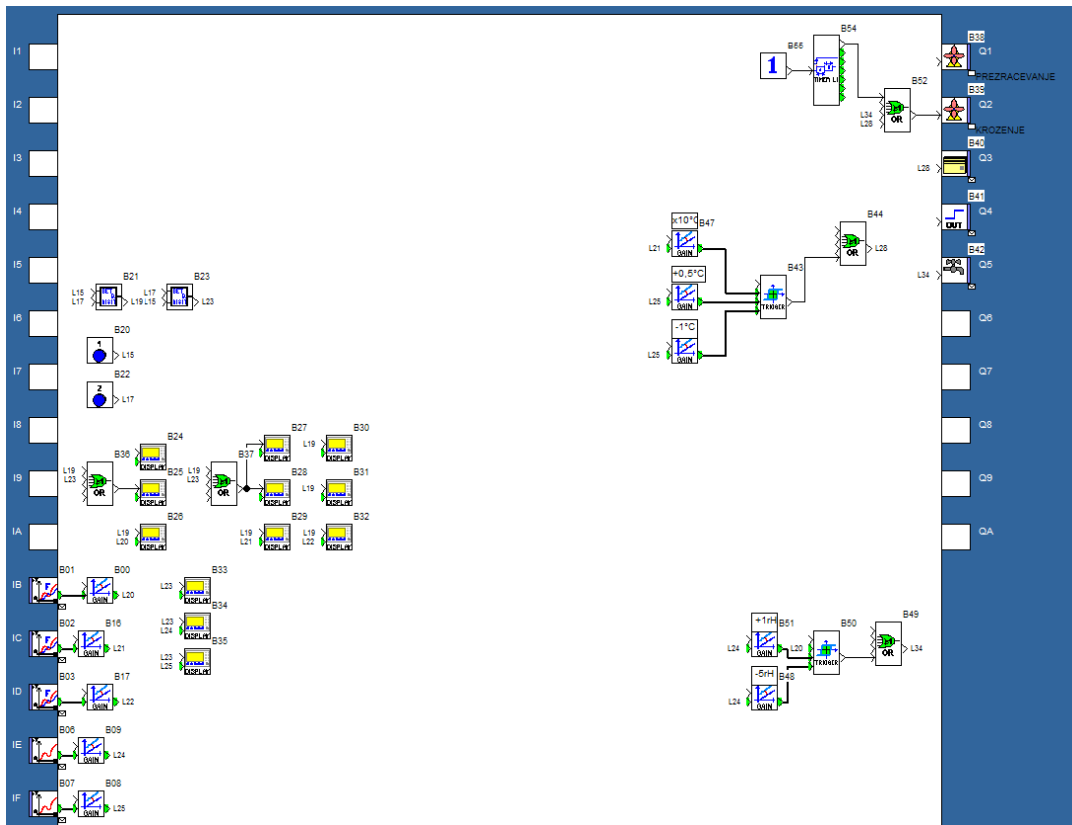
Slika 11 : Elektro shema izhodov krmilnika



Slika 12 : Elektro shema porabnikov



Slika 13 : Izdelava in preizkus avtomatskega krmilja



Slika 14 : FBD shema programa za krmilnik Zelio

## 4.2 Razprava

Ko sem izdelal vlažilnik in avtomatiko sem ga testiral v sobi (sušilnici) in ugotovil, da težko dosega relativno vlago nad 80%, kar ne zadostuje za pravilno sušenje. Zato sem napravil preizkus v improvizirani komori, katera je bila znotraj izolirana z aluminijasto folijo in velikosti 600x600x200mm. V tej komori sem v času cca. 12 min dosegel relativno vlago 96%. To mi je dalo misliti, da je potrebno izdelati komoro v kateri bomo dosegali prave pogoje za pravilno sušenje.

Ugotovil sem, da lahko s pomočjo krmilnika Zelio izdelam dovolj natančno in zanesljivo krmiljenje in regulacijo sušilnice. Pokazalo se je, da sem lahko reguliral relativno vlago na 1% natančno, saj relativna vlaga počasi narašča in pada. Prav tako sem temperaturo reguliral na 1°C natančno.

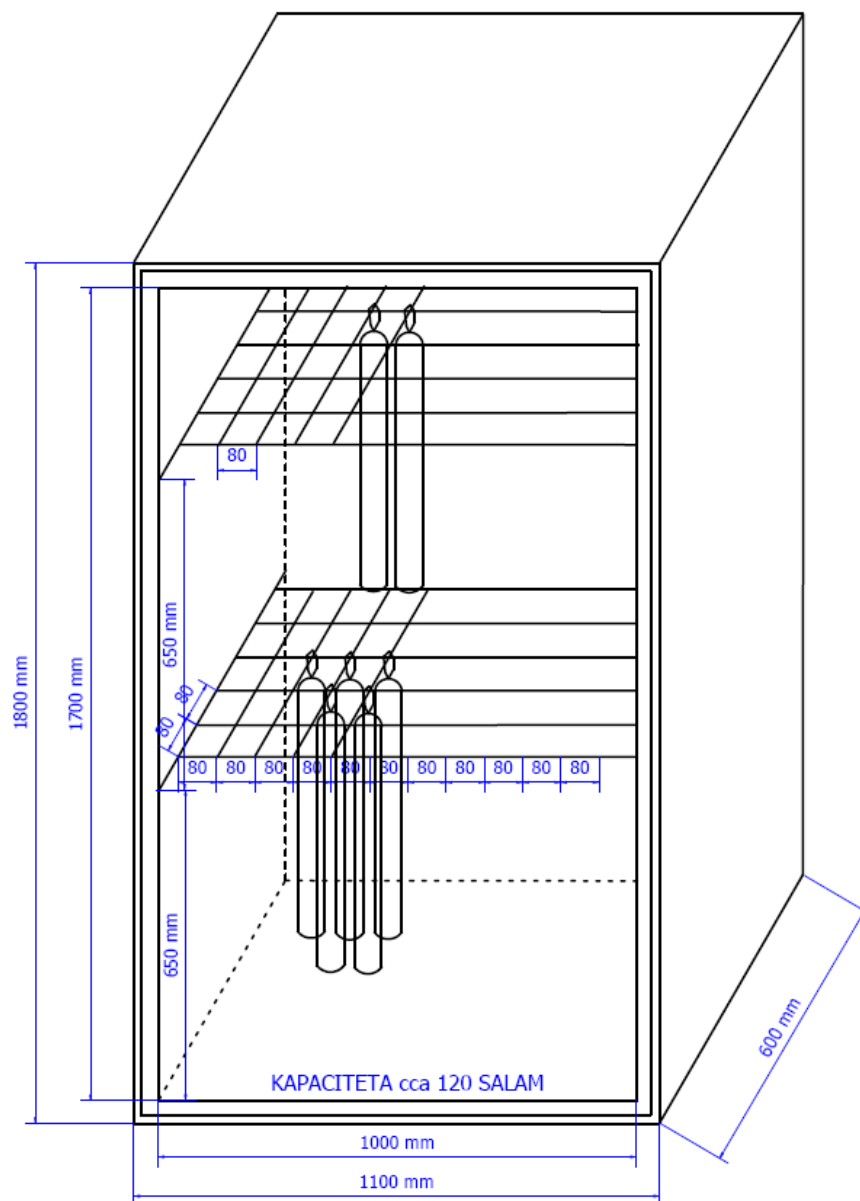


Slika 15: Krmiljenje



## 5. ZAKLJUČEK

Pri samem delu sem se vseskozi srečeval z izdelavo avtomatike in konstrukcijo sušilne komore. Avtomatiko sem nenehno dograjeval, saj sem preko poskusov reševal fizikalne težave vlaženja, gretja, hlajenja in razvlaževanja. Začel sem pripravljati hladilni agregat za hlajenje in razvlaževanje. Tudi tega bom vključil v program za krmiljenje z krmilnikom Zelio. Glede na moje znanje konstruktorstva sem si zamislil sušilno komoro, katera je na spodnji sliki. Tu so tudi priporočljive mere. Materiale za izgradnjo pa puščam posameznikovi odločitvi.



Slika 16 : Sušilna komora

## 6. VIRI IN LITERATURA

- RENČELJ, S. (2008). Suhe mesnine na Slovenskem. Ljubljana: Kmečki glas
- Zelio Logic [Online]. [Citirano 16. marec 2010; 19:11]  
Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.schneider-electric.com/>
- Datasheet KTY10 [Online]. [Citirano 16. marec 2010; 19:11]  
Dostopno na spletnem naslovu:  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/K/T/Y/1/KTY10.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/K/T/Y/1/KTY10.shtml)
- Informacije o sondi za vlago [Online]. [Citirano 16. marec 2010; 19:11]  
Dostopno na spletnem naslovu:  
[http://shop.hygrosens.com/out/media/502204\\_feuchtefuehler\\_10v\\_dbd.pdf](http://shop.hygrosens.com/out/media/502204_feuchtefuehler_10v_dbd.pdf)

## **7. ZAHVALA**

Za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge bi se najprej zahvalil mojemu dedku Marjanu Blatniku, ki mi je podal zelo veliko uporabnih informacij o sušenju suho-mesnatih izdelkov. Zahvalil bi se tudi mentorju g. prof. Andreju Grilcu ter očetu Petru Simoniču za podporo, pomoč ter informacijah o izdelavi raziskovalne naloge.