

# Sušenje voća u vakuum sušari

---

**Ambrinac, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:269205>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-03**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI

Mateo Ambrinac

Preddiplomski stručni studij Mehanizacije u poljoprivredi

**Sušenje voća u vakuum sušari**

Završni rad

Osijek, 2018.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Preddiplomski stručni studij Mehanizacija u poljoprivredi  
Mateo Ambrinac

Završni rad

### **Sušenje voća u vakuum sušari**

#### **Sažetak:**

Vakuumska sušara u usporedbi sa atmosferskom sušarom ima određene prednosti koje se najviše očituju u manjem utrošku energije i kraćem vremenu sušenja pri jedinci mase [W/h/kg]. Iz navedenog proizlazi da zavisni troškovi obrade namirnice u velikoj mjeri otpadaju na pripremu za čuvanje i čuvanje namirnice koja je znatno povoljnija pri obradi namirnice sušenjem i to u vakuumskoj sušari. Ovako osušena namirnica lakše se održava na sobnim ili nešto nižim temperaturama u tamnim, hladnijim suhim skladištima i u vakuumiranim vrećicama, jer je znatno manje podložna oksidacijskim procesima, tj. truljenju.

Ovim radom smo htjeli pokazati, a nadam se i uspjeli kako funkcionira vakuumaska sušara u kojoj smo osušili nekoliko kriški svježe jabuke, do razine dehidrirane iste, koju je znatno lakše i jednostavnije sačuvati za duže vrijeme, a pri konzumaciji ju je moguće upotrijebiti u vrlo sličnim uvjetima kao i svježu jabuku.

#### **Ključne riječi:**

27 stranica, 6 grafikona i 25 slika, 4 literaturna navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Professional study Mechanization in agriculture  
Mateo Ambrinac

Final work

### **Drying fruits in vacuum driers**

#### **Summary:**

Comparing vacuum drier with atmospheric one it is clearly visible that the vacuum one uses much less energy and it needs less time to dry the fruit. This brings the conclusion that food processing expenses are mostly caused by food storing preparation and storing alone. This costs alone are more affordable when a vacuum drier is used. Food dried with a vacuum drier is easier to store at room temperatures, lower temperatures in cold and dark warehouses and also in a vacuum bag because it is less susceptible to oxidation which causes rotting.

This thesis is made for a purpose to show how vacuum drier should function. For example, few apple slices have been dried to a level of dehydration. Apple slices in that state are easier to store for a longer period of time, and a consummation can be conducted in same conditions as a fresh apple.

#### **Key words:**

27 pages, 6 charts and 25 pictures, 4 literary allegations

Final work is archived in Lybrary of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital respository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

# SADRŽAJ:

1.	UVOD .....	4
2.	MATERIJAL I METODE.....	5
2.1	Tehnološki proces sušenja jabuka .....	8
2.2	Oblik komore za sušenje.....	8
2.3	Upravljanje sušarom.....	9
2.4	Realizacija .....	10
2.1	OSNOVNI DIJELOVI SUŠARE.....	12
2.5	Konstruktivski okvir- stalak .....	13
2.6	Vakuum crpka – kompresor .....	14
2.7	Vakuum komora (staklenka) .....	15
2.8	Razvodna kutija i upravljačko relejna ploča .....	16
2.9	Grijači.....	17
2.10	Senzori .....	18
2.11	Sustav ispuštanja kondenzata .....	19
2.12	Mikrokontroler sa AD i DA pretvornikom .....	20
3.	REZULTATI I RASPRAVA .....	23
4.	ZAKLJUČAK.....	26
5.	POPIS LITERATURE.....	27

## 1. UVOD

U današnje doba razvijenih tehnologija i u svakodnevnom životu pa i u domaćinstvima primjenjuju se mnogi prehrambeni proizvodi koji su određenim tehnološkim procesima sačuvani izvan njihovog normalnog sezonskog upotrebljavanja.

Tako se i voće i povrće također mogu sačuvati s približno istim svojstvima kako kvalitete tako i okusa bilo da se radi o zamrzavanju ili o sušenju.

Zavisno od načina njihovog češćeg konzumiranja odlučujemo se i za način trajnijeg čuvanja. Tako se voće često čuva kao „osušeno voće“ koje se kao takvo može jednostavno i dugo sačuvati za upotrebu.

Jedan način brzog sušenja je u sušarama koje imaju različita tehnička rješenja kao npr. atmosferska sušara i vakuumska sušara.

Sušeno voće dobiveno iz ovakvih sušara je upotrebljivo kroz duže vrijeme i može se čuvati na približno sobnim temperaturama bez nekakvih posebnih mikroklimatskih i termičkih uvjeta, a da ne dođe do fermentiranja tj. njegovog propadanja.

Razlika navedene dvije sušare je u principu rada tj. u energetskim bilancama utrošene energije za sušenje od kojih je vakuumska sušara u prednosti te ćemo istu u obradi ovoga rada dalje i opisati.

## 2. MATERIJAL I METODE

Voće se može sušiti i u vakuumskim sušarama koje za razliku od ostalih imaju neke bitne prednosti ali i neke nedostatke koje ćemo nastojati u ovom radu opisati.

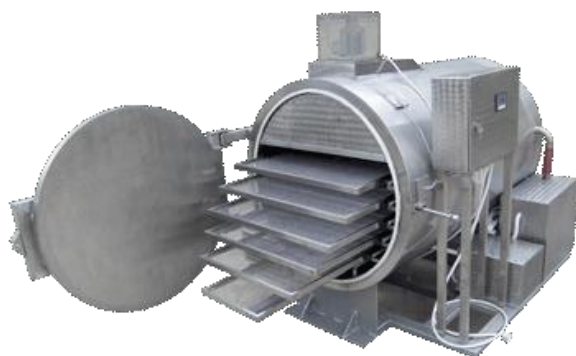
Mnoge vrste voća se suše u vakuumskim sušarama, a krajnji cilj je dehidracijom smanjiti truljenje voća uz zadržavanje koezistentnosti materije. U zavisnosti o vrsti voća tj. o njegovoj strukturi i teksturi materije tj. rasporedu biljnih vlakana i količini vode u voću, odabire se i režim sušenja koji mora odgovarati navedenoj strukturi. Nikako se ne smije dozvoliti da se pri navedenom tehnološkom procesu struktura voća toliko promijeni da dođe do raspadanja (lomljenja, mrvljenja i pretvaranja u sitni prah), nego je smisao da voće zadrži željeni oblik i strukturu i ako je moguće da pri tome što manje mijenja boju.

Sam proces sušenja znači izvlačenje vode iz strukture materijala, a ovdje iz tkiva voća, što će isto učiniti daleko otpornijem na učinak mikroorganizma koji su uzrok truljenja i ostalog načina propadanja materijala, a time omogućiti njegovo daleko dulje čuvanje kao i manipuliranje s istim.

Da bi se iz voća izvuklo što više vezane vode koja je u voću u vrlo visokom postotku pa i preko 90% ukupnog sadržaja, voće moramo podvrgnuti sušenju tj. dehidraciji. Dehidraciju odnosno oduzimanje vode obavljamo pomoću sušara tako da u zatvorenim prostorima u kojem smo smjestili određenu količinu voća u određenom obliku sušimo dovođenjem višeg stupnja topline.

Istu toplinu možemo dovoditi u različite tipove komora i iz različitih energetske izvora. Tako imamo sušare s atmosferskih tlakom, s povišenim tlakom i sa sniženim tlakom tj. vakuumske sušare.

Znamo da je vrelište vode na atmosferskom tlaku na 100°C, a na povišenom tlaku je iznad 100°C, a na sniženom tlaku je ispod 100°C. Da bi se neki medij zagrijao na određenu temperaturnu razinu moramo dovesti iz nekog izvora određenu količinu toplinske energije.



*Slika 1. Primjer vakuum sušare*

(izvor: <http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html>)



*Slika 2. Primjer vakuum sušare*

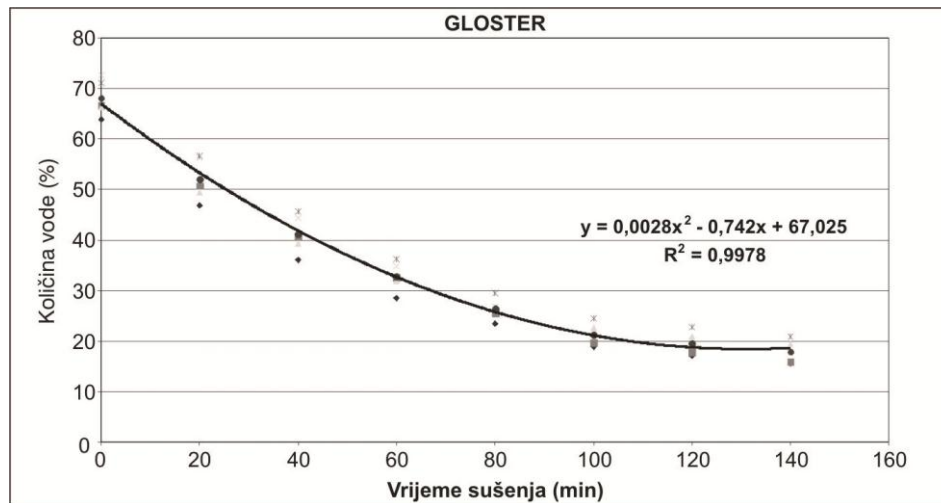
(izvor: <http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html>)

Kako znamo da je energija dosta skupa te se uvijek orijentiramo ka korištenju što jeftinije energije tako i tražimo što učinkovitiji način i tehnička rješenja kako bi se dobio optimalni učinak tako smo se odlučili da iz navedenih razloga opišemo korištenje vakuumske sušare voća čije ćemo prednosti i konstrukciju pri sušenju voća sada opisati.

Sušenje voća u vakuum sušari prakticira se iz osnovna dva razloga: manji utrošak toplinske energije i kraće vrijeme sušenja.

S obzirom da se spuštanjem tlaka ispod atmosferskog na razinu od otprilike 150-300 mBar u hermetički zatvorenom sustavu vrelište vode se spušta na otprilike između 55 i 60°C. To ujedno znači da bi došlo do isparavanja molekularne vode iz molekula materijala tj. strukture voća. Dovoljno je voće zagrijati na temperaturu od 55 do 60°C kako bi voda isparila u prostor sušare.

Jasno je da se ista količina zraka i materijala tj. voća u istom prostoru na upola nižoj temperaturi dostigne i s upola manjom količinom toplinske energije.



*Slika 3. Krivulja sušenja Gloster jabuke*

(izvor: Primjena nove tehnike sušenja za proizvodnju čipsa od jabuke (PDF))

Također vezane molekule vode u strukturi voća lakše i brže se oslobađaju na podtlaku nego na atmosferskom odnosno višem tlaku, pa samom tom pojavom također se pridonosi i bržem sušenju, tj. kraćem vremenu početka isparavanja vode.

Isparena voda, tj. vodena para se kondenzira na stijenkama sušare te se prikuplja na najnižoj točki koja se posebnim sustavom za ispuštanje vode odstrani, kako se ne bi opet isparavanjem podizala vlaga u prostoru. Kada se postignu određeni zadani parametri u sušari, a to su temperatura, tlak i vlaga proces sušenja je završen te se voće koje je osušeno tj. dehidrirano do niskih postotaka vlage koji se kreću od nekoliko posto do dvadesetak posto koji osiguravaju dugotrajno čuvanje voća.

Takvo osušeno voće moguće je konzumirati kao takvo ili se ponovno može pristupiti procesu hidratacije tj. ponovnog djelomičnog ovlaživanja računajući na hidrofилnost materijala voća kako bi se opet isto dovelo do približno onog stanja, tj. izgleda, okusa i konzistentnosti koje je imalo prije sušenja.





*Slika 4. Primjer voća nakon sušenja*

(Izvor: <http://m.metro-portal.rtl.hr/susene-jabuke-za-zdravo-srce-i-dobru-krvnu-sliku/57709>)

## **2.1 Tehnološki proces sušenja jabuka**

Za sušenje jabuka potrebna temperatura se kreće najčešće između 30 i 70°C. Treba izbjegavati predugo sušenje na niskoj temperaturi jer se na jabukama može stvoriti trulež i plijesan prije nego se osušena takvo voće nije upotrebljivo za hranu. Jabuke također ne treba sušiti ni prebrzo na visokoj temperaturi jer će se ubrzati oksidacija i vrijedni sastojci će se razgraditi, a suho voće će biti manje ukusno. Prije sušenja jabuke se prvo ogule, izvadi im se sredina s košticama i zatim se režu na tanke slojeve ili kolutove. Dobro ih je poprskati slabim omjerom limunske kiseline kako ne bi potamnile. Jabuke se suše na okvirima s mrežom u tankom sloju ili nanizane u nizu. Od 6 kg svježih jabuka dobije se 1kg sušenih.

## **2.2 Oblik komore za sušenje**

Navedena sušara izrađuje se najčešće kao komora cjevastog oblika kako bi se što manje smanjile pojave i djelovanje unutarnjih sila koje se stvaraju pojavljivanjem podtlaka koji na stijenke djeluje implodirajuće tj. znatnom deformacijom stijenke komore. Kako bi se najjednostavnije navedene sile rasporedile po cijelom oplošju odabrani su kružni oblici stijenki.

U navedeni prostor koji mora biti hermetički zatvoren ugrađuju se potrebni elementi i uređaji kao što su: police za prihvat posuda ili neposredno na njih voća ili povrća, sustavi grijaća tj. dovođenja topline, sustavi prikupljanje i odvođenje kondenzata, sustav za stvaranje podtlaka, elementi za

mjerenje podtlaka, mjerenje unutarnje vlage i mjerenje unutarnje temperature. s navedenim uređajima upravlja se izvan vakuumske komore, a upravljanje može biti ručno ili automatizirano.



*Slika 5. Prikaz pravokutnog oblika komore*



*Slika 6. Prikaz cjevastog oblika komore*

(izvor: <http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html>)

### **2.3 Upravljanje sušarom**

Ručno upravljanje vrši se pomoću sklopnika obazirući se na instrumente koji kazuju na stvarne izmjerene veličine. Automatsko upravljanje vrši se mikrokontrolerima koji prema unaprijed zadanim parametrima, stalno ih provjeravajući upravljaju navedenim agregatima kako bi se isti parametri osigurali. Iz ovog kratkog prikaza konstrukcije vakuum sušare vidljiva je njena prednost koja se prioritetno odnosi na niži utrošak energije i kraće vrijeme sušenja ali se vide i njeni nedostaci, a to je zahtjevnost njene izgradnje i slabija mogućnost vizualne kontrole unutrašnjosti jer se ista komora u radu ne može često otvarati jer otvaranjem iste urušava se ukupan režim rada i sušenje se vraća dobrim dijelom unazad prema početku, što vrlo negativno utječe kako na energetska bilancu tako i na vrijeme sušenja pa se time i anuliraju sve očekivane prednosti navedene sušare.

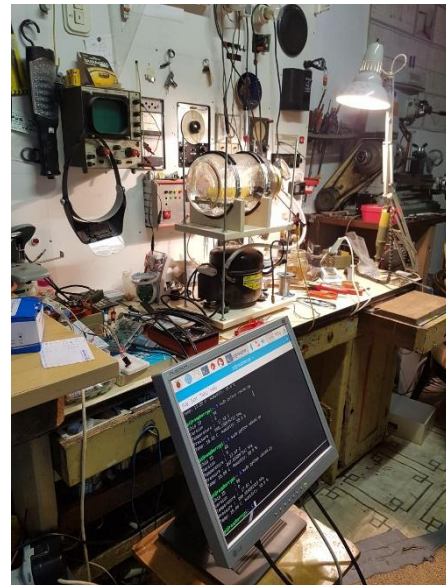
## 2.4 Realizacija

Sušaru koju sam izveo kao oglednu izveo sam u staklenci koja ima funkciju komore za sušenje, a istu vakuumiram pomoću kompresora 240W/230V. U istu sam ugradio drveni stalak na koji sam pričvrstio elektro grijače, a na gornju stranu iste poslažu se ploške sirovog voća kojeg ćemo sušiti. U navedenu komoru tj. staklenku također su ugrađeni senzori za mjerenje unutarnje vlage, temperature i tlaka koji su preko hermetički postavljenog poklopca vodičima spojeni na upravljačku ploču mikrokontrolera (Raspberry PI), koji ima zadatak da u zadanom vremenskom ciklusu uspoređuje prethodno zadane parametre koji su u memoriji s izmjerenim veličinama koje su u prostoru sušare.



*Slika 7. Testiranje realizirane sušare*

(izvor: vlastita fotografija)



*Slika 8. Praćenje rada sušare*

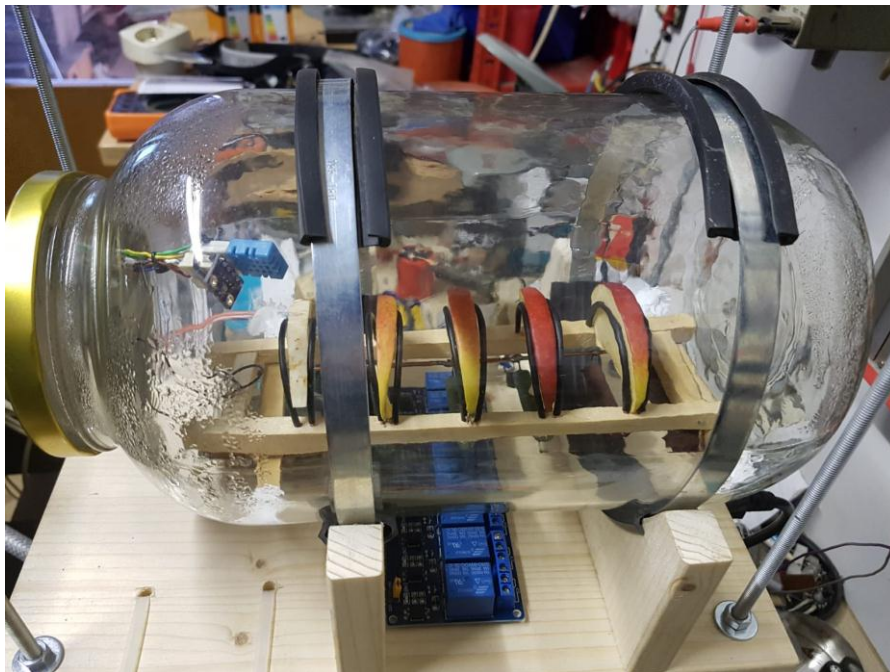
(izvor: vlastita fotografija)

Komparativnom metodom ustanovljene razlike prenose se u obliku električne veličine putem analogno digitalnih pretvornika na relejnu ploču koja upravlja kako s grijačem tako i s kompresorom, a moguće i s drugim uređajima kao što su elektro ventili za ispuštanje kondenzata, a ako je potrebno i povremenim uključivanjem vanjskih ventilatora za hlađenje vakuum komore izvana kako bi se bolje odvijao proces kondenzacije na stijenkama komore tj. sakupljanje vode za ispuštanje.

Navedeni proces upravljanja moguće je programirati i kontrolirati daljinski putem interneta priključenjem LAN sustava koji priključenjem na internet i određivanjem stalne IP adrese se s udaljenog mjesta priključujemo na mikrokontroler te iščitavamo kako trenutne tako i prethodno

spremljene izmjerene parametre koje također i s udaljene konzole možemo mijenjati. Takvi sustavi se upotrebljavaju u industrijskim postrojenjima koji služe u visoko profesionalne svrhe.

Ovdje je važno napomenuti da ispuštanjem kondenzata treba paziti da se bitno ne smanji podtlak jer isti treba opet dovesti brzo na željenu razinu kako bi se proces isparavanja odvijao pri što nižim unutarnjim temperaturama, a to je moguće jedino pri što većem podtlaku koji omogućuje nižu točku vrelišta vode. Po završenom ciklusu se otvaranjem ispušnih ventila za kondenzat vrati lagano izjednačavanje tlaka sa atmosferskim što će omogućiti i lagano otvaranje hermetički zatvorenog poklopca te tako bez oštećenja vršiti otvaranje komore i izmjenu sadržaja.



*Slika 9. Prikaz sušenja*

(izvor: vlastita fotografija)



*Slika 10. Proizvod nakon sušenja*

(izvor: vlastita fotografija)

## **2.1 OSNOVNI DIJELOVI SUŠARE**

Osnovni dijelovi sušare su:

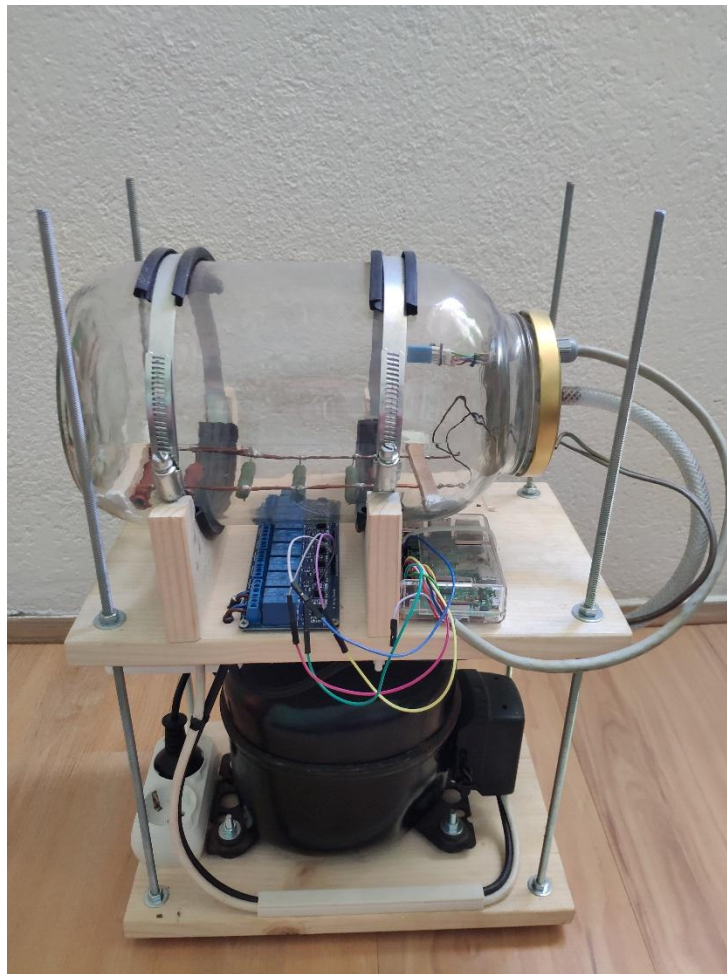
- konstrukcijski okvir- stalak;
- vakuum crpka tj. kompresor;
- vakuum komora (staklenka);
- razvodna kutija i upravljačko relejna ploča;
- grijači;
- senzori;
- sustav ispuštanja kondenzata i
- mikrokontroler s AD i DA pretvornikom.



## 2.5 Konstruktivski okvir- stalak

Za ovu priliku stalak je izgrađen na dva nivoa i to pomoću daščane podloge učvršćene sa željeznim dugi navojnim šipkama. Na gornjem dijelu učvršćeni su drveno oblikovani nosači s obujmicama za učvršćivanje vakuumske komore u ovom slučaju staklenke.

Na donjoj etaži postavljena je vakuum crpka u našem slučaju uljni kompresor iz kućanskog hladnjaka koji radi u inverznom modu tj. vrši isisavanje zraka iz vakuum komore tj. staklenke. Međusobna povezanost navedenih daščanih podloga izvedeno je pomoću beskonačnih vijčanih šipki što omogućuje željenu regulaciju razmaka, a i potpunu stabilnost i čvrstinu. Na staklu je učvršćena priključno razvodna kutija također pričvršćen je mikrokontroler i pričvršćena je upravljačko relejna pločica.



*Slika 11. Prikaz konstruktivskog okvira*

(izvor: vlastita fotografija)

## 2.6 Vakuum crpka – kompresor

Kompresor je hermetički klipni 240W/230V uljni korišten u kuhinjskom hladnjaku koji ovdje radi inverznom modu tako da vrši isisavanje zraka iz postojećeg prostora u atmosferu. Isisavanje vrši do mogućeg podtlaka od -900 milibara što je za naše prilike nepotrebno jer rad naše komore se zasniva na podtlaku od 150 do 300 milibara. Ovdje je potrebno objasniti da se spominjanjem navedenih podtlaka radi o relativno negativnim tlakovima jer se još uvijek nalaze iznad vakuuma ili totalnog bestlačno prostora što bi iznosilo apsolutno 0 bara što uopće nije jednostavno realizirati te se ovo smatra relativnim negativnim tlakom jer je navedeni tlak ispod razine atmosferskog tj u granici između 0 bar i 1 bar koji se podrazumijeva kao atmosferski tlak.



*Slika 12. Vakuum crpka-kompresor, prednja strana*

(izvor: vlastita fotografija)



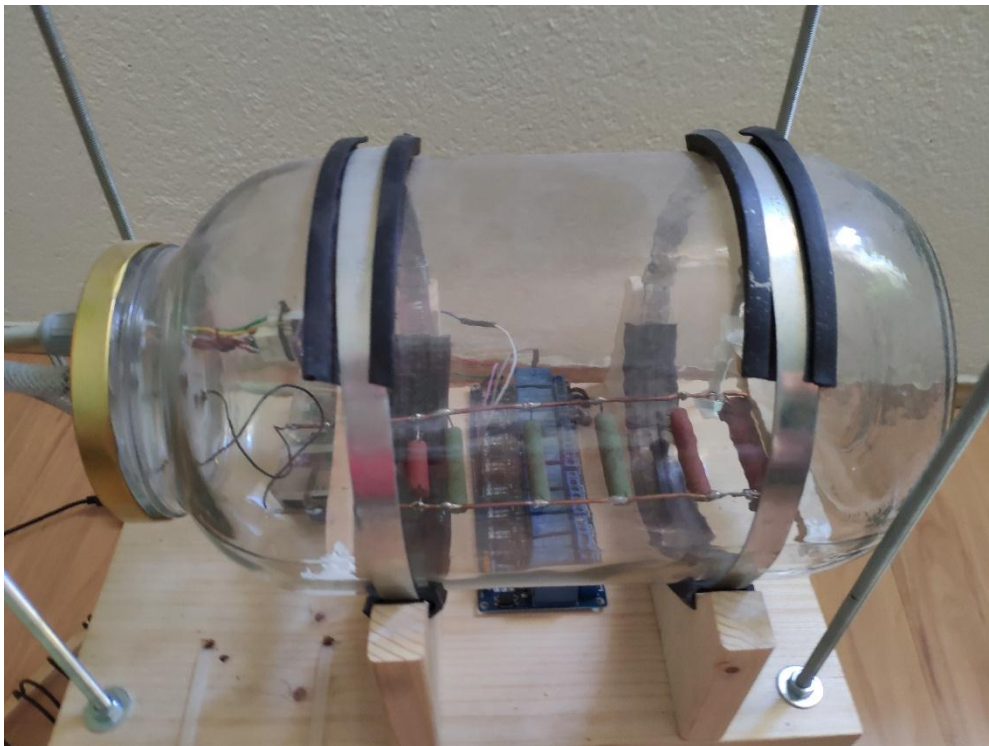
*Slika 13. Vakuum crpka-kompresor, zadnja strana*

(izvor: vlastita fotografija)

## 2.7 Vakuum komora (staklenka)

Vakuum komora je prostor koji je zrakonepropusno zatvoren tj. nije moguća izmjena tlaka zraka iz okruženja u prostor i obratno. U navedenom prostoru nalazi se sniženi tlak tj. tlak koji je za 500 do 700 milibara niži od atmosferskog tlaka zraka. Tako smanjeni tlak unutrašnjosti bitno utječe na mehaničku stabilnost stijenki komore te iste teže podnose pritisak atmosferskog tlaka izvana koje mu se sada ne suprotstavlja jednaki li viši unutarnji tlak nego je sada znatno niži pa se iste često deformiraju u skladu s procesom implozije tj. stlačivanja ili deformiranja prema unutra. Ova pojava se najčešće očituje na ravnim ploham pa se upravo iz toga razloga navedene obloge izvode cilindrično jer se djelovanje vanjskih sila raspoređuje i reflektira na drugi način koji umanjuje okomite pritiske i manje gura stijenku prema unutra tj. ublažava silu deformacije.

Ovdje je važno napomenuti da zatvaranje manipulativnog otvora (vrata) je obavezno ostvariti zrakonepropusno kako bi se osiguralo trajno djelovanje podtlaka što se također najčešće i reflektira na ravnu plohu vrata odnosno poklopca koji pokazuje lagane deformacije. Upravo navedena pojava djelovanja sila deformacije je ta koja sprječava postizanja još većeg negativnog tlaka u prostoru kojim bi se znatno pospješio proces isparavanja vode tj. spustila točka vrelišta i na 20-ak stupnjeva celzijevih, a to bi u velikom pridonijelo ekonomičnosti procesa sušenja.



*Slika 14. Vakuum komora*

(izvor: vlastita fotografija)



## 2.8 Razvodna kutija i upravljačko relejna ploča

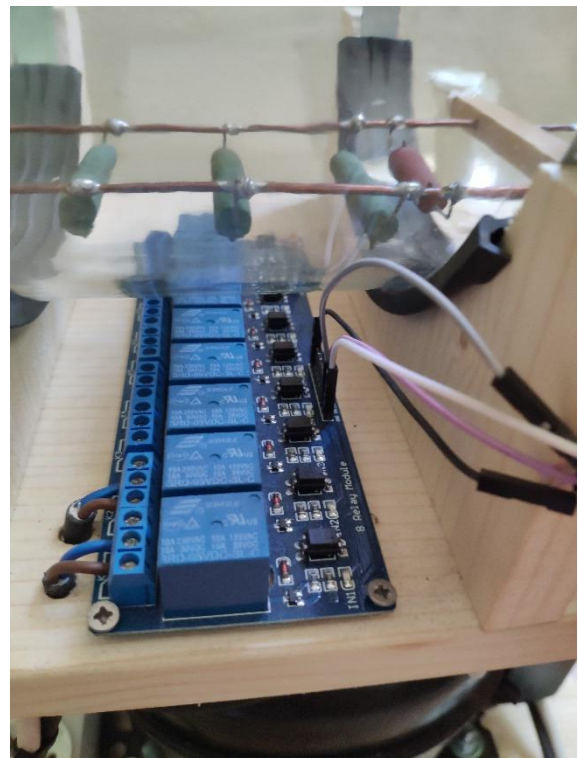
Priključni kabel je duljine cca 1.5m tipa PPL 3x1.5mm koji počinje sa šuko utikačem, a priključen je u PVC OG ( za vanjsku montažu) razvodnu kutiju na rednu stezaljku. Na istu rednu stezaljku priključen je ispravljач za napajanje elektroničkih sklopova, i kompresora.

Upravljačka relejna ploča je elektronička ploča koja od između ostalih elektroničkih komponenti ima za nas nekoliko važnih i presudnih elektroničkih elemenata kao što su optokapler ili optički galvansko razdvajanje dva različita strujna kruga, zener diode kao strujna zaštita i prenaponska zaštita i relej kao prekidački element. Ova ploča služi kako bi se putem njenih sklopova prenosila informacija iz mikroprocesora na izvršitelje tj. upravljanje kompresorom, grijačima, ventilima i sl.

Na navedenoj ploči imamo neovisnih 8 strujnih krugova sa 8 releja kao elektromagnetski prekidači koje omogućuje u potpunosti servisiranje servo izvršitelja na sušari.



*Slika 15. Razvojna kutija*  
(izvor: vlastita fotografija)



*Slika 16. Relejna ploča*  
(izvor: vlastita fotografija)

## 2.9 Grijači

Grijači su energetska elementa koji služe kao izvori toplinske energije. Mogu biti korisnici različitih energija, a mi ovdje koristimo električne grijače. Električni grijači najčešće rade na principu Ohmovog zakona i oslobađanjem Juleove topline. Tako smo i mi ovdje koristili navedeni princip pa smo s obzirom na sigurnost pri radu i manipulaciji navedene sušare koristili grijače izrađene od žičanih otpornika koji su 10 do 12W i spojeni u paralelu koje smo napojili nižim naponom u rasponu od 30V koji je ispod granice napona dodira (63V). Njihovim radom upravlja termometar koji uključuje i isključuje relej na upravljačkoj ploči.

Dobivena temperatura u našoj komori se može postići do 60°C što osigurava željeni režim rada.



*Slika 17. Grijači (žičani otpornici)*

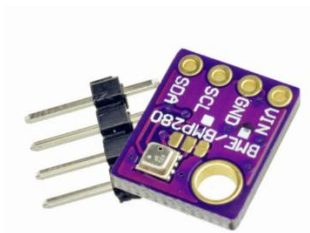
(izvor: vlastita fotografija)

## 2.10 Senzori

Senzori su osjetila koja su ugrađena u prostor sušare te reagiraju na djelovanje određenih parametara u njihovom okruženju tako da u sebi mijenjaju određene električne veličine koje šalju vanjskom upravljačkom elementu koji iste uspoređuje i obrađuje. Veličina očitanih parametara djeluje na rad servo izvršitelja koji mijenjaju uvijete koji djeluju u komori i tako rad sušare dovode u potreban režim.

Ovdje upotrebljavao senzore za mjerenje vlage (DHT11) tj. elektronički higrometar izveden u SMD tehnologiji, termometar (BME280) koji radi na principu termistora i senzor za mjerenja tlaka (BME280) koji može raditi na principu piezo elementa, kapacitivnog i mehaničkog (putem dijafragme ili oscilirajućih cilindara i sl.).

Ključna važnost senzora kao referalnih elemenata koji u kontinuiranom radu prate i izvještavaju o situaciji u komori.

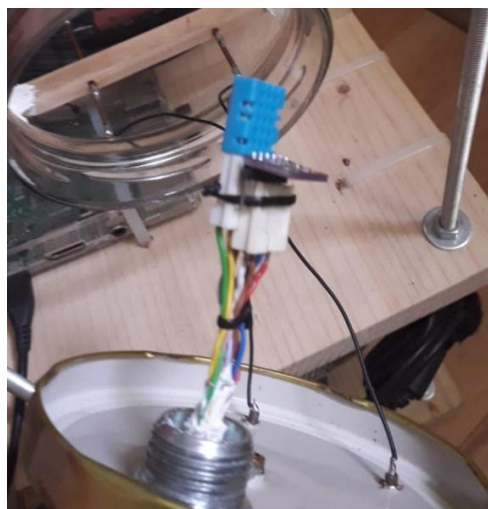


Slika 18. BME280 senzor



Slika 19. DHT11 senzor

(izvor: <https://e-radionica.com/hr/dht11-senzor-temperature-i-vlage.html>)



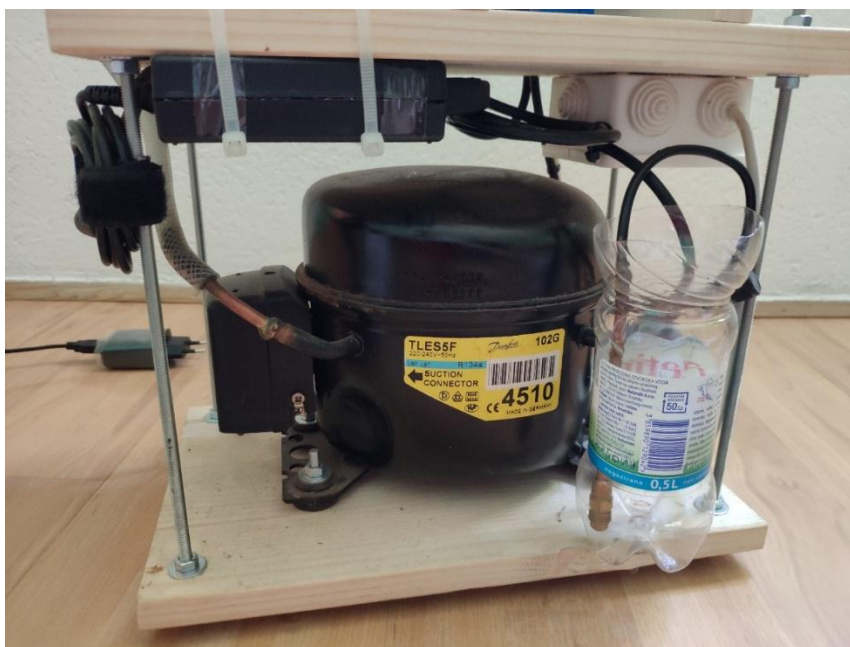
Slika 20. Spoj senzora u komori

(izvor: vlastita fotografija)

## 2.11 Sustav ispuštanja kondenzata

Sustav za ispuštanje kondenzata je važan dio na vakuum komori. Dva osnovna razloga za ispuštanje kondenzata su: 1. odvođenje vlage iz prostora kako se ne bi odvijao reverzibilni proces vlaženja i 2. kako bi se smanjila vlažnost zraka kojeg isisava kompresor te tako izbjegao hidraulički udar kapljice na klip kompresora te ošteti kompresor. Kod vakuum komore ovaj sustav treba pažljivo izvesti i to tako da između kaskadno postavljenih dva ili tri ventila postoje potopljeni međuspremnici u koje ćemo privremeno ispustiti kondenzat, a po osiguranju stalnog tlaka u komori isti ispustiti iz sustava za ispuštanje kondenzata.

Kada bi se na primjer jednostavno otvorila slavina i pustila da kondenzat teče slobodno u atmosferu došlo bi do naglog smanjenja podtlaka time i do naglog izjednačavanja tlakova iz atmosfere i u komori, a time bi se ponovo u komoru pustio atmosferski tlak visoke vlage, uveo pothlađeni tlak i opet ponavljao cijeli proces vakuumiranja tj. iscrpljivanja unutarnjeg zraka s kompresorom što u krajnosti čini gubitak energije i vremena.

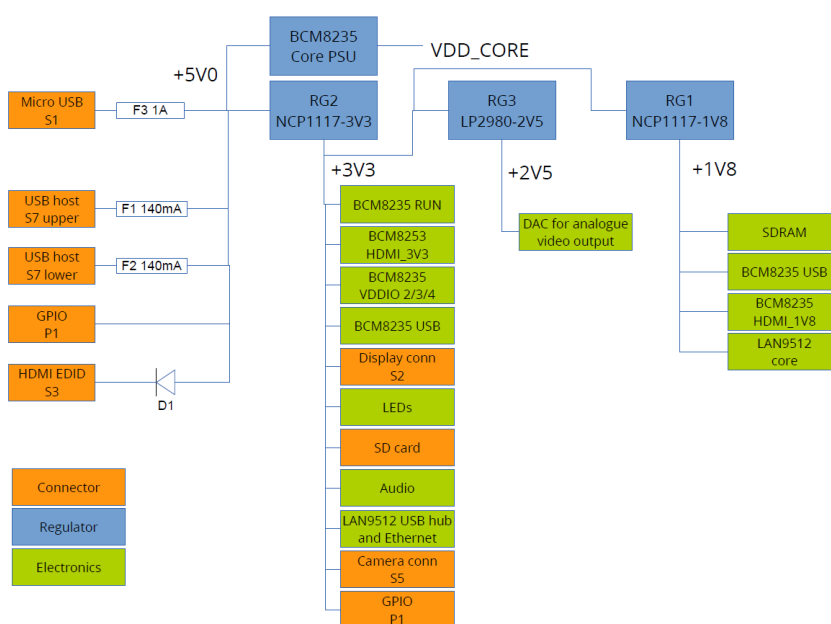


*Slika 21. Ispuštanje kondenzata*

(izvor: vlastita fotografija)

## 2.12 Mikrokontroler sa AD i DA pretvornikom

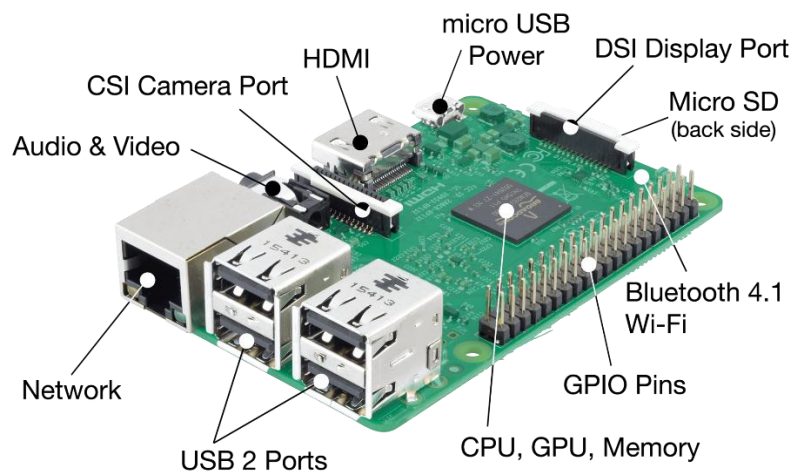
Mikrokontroler tipa Raspberry Pi 3 je mikroprocesorsko upravljačka ploča koja na sebi sadrži CPU, EPROM, AD i DA konverter, priključno ulazne sklopove za prihvaćanje i slanje električnih parametara te prihvaćanje stabiliziranog napona napajanja kao i oscilator vremenske baze te interfejs za LAN i WiFi mrežu. Procesori su najčešće 32 ili 64 bitni programirani u pseudo kodovima. Kod je pisan u pythonu.



Slika 22. Raspberry pi 3 arhitektura

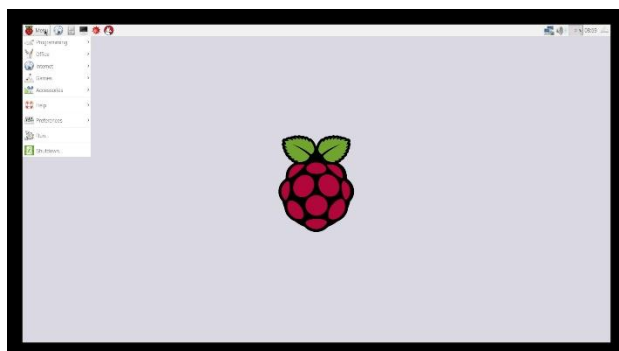
(izvor: vlastita fotografija)



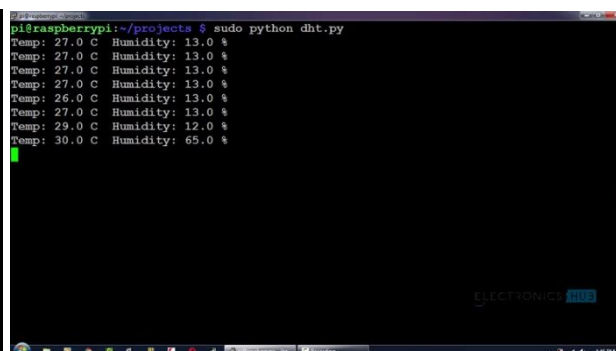


*Slika 23. Raspberry pi3*

(izvor: vlastita fotografija)



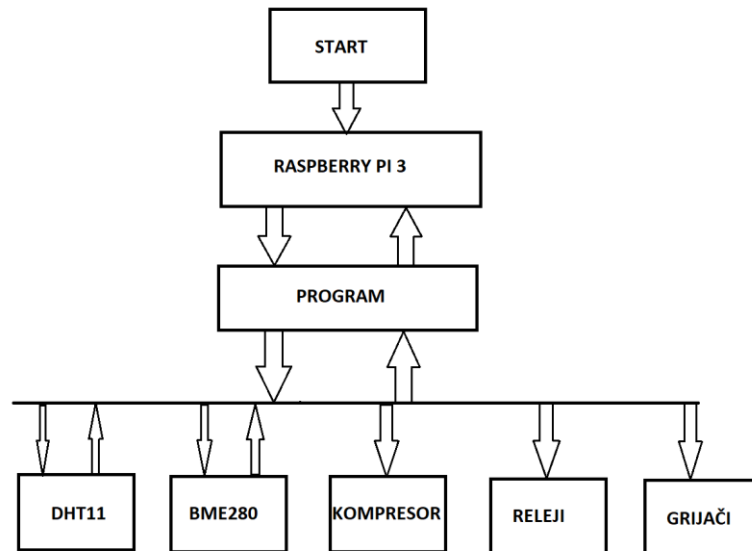
*Slika 24. Izgled raspberry pi 3 softvera*



*Slika 25. Pokretanje python koda za DHT11*

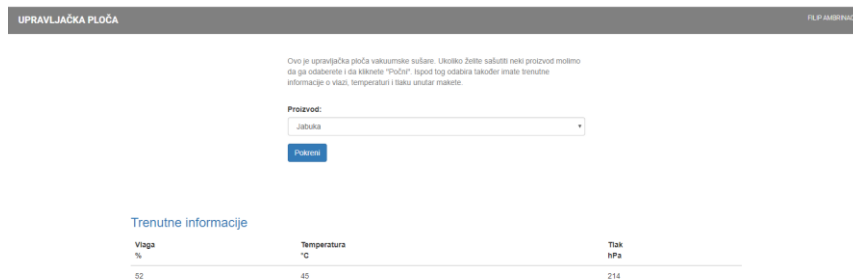
(izvor: vlastite fotografije)

Programski kod izveden je tako da upravlja radom kompresora i grijača preko releja. Program vrši regulaciju zadanih parametara, te održava vakuumsku sušaru u zadanom režimu rada, odnosno zadanim parametrima optimalnim za sušenje voća. Komunikacija s raspberry pi-om 3 i pokretanje programa se izvodi preko web stranice bežičnim putem.



Slika 26. Struktura pokretnosti i komunikacije

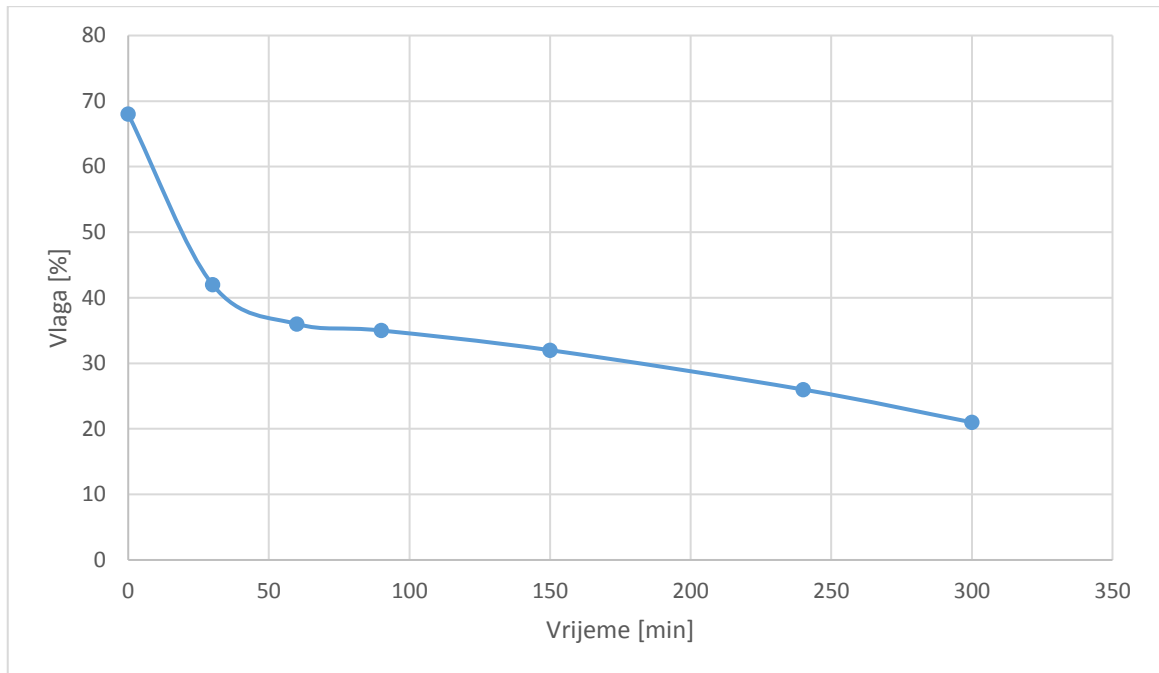
(izvor: vlastita fotografija)



Slika 27. Prikaz web stranice

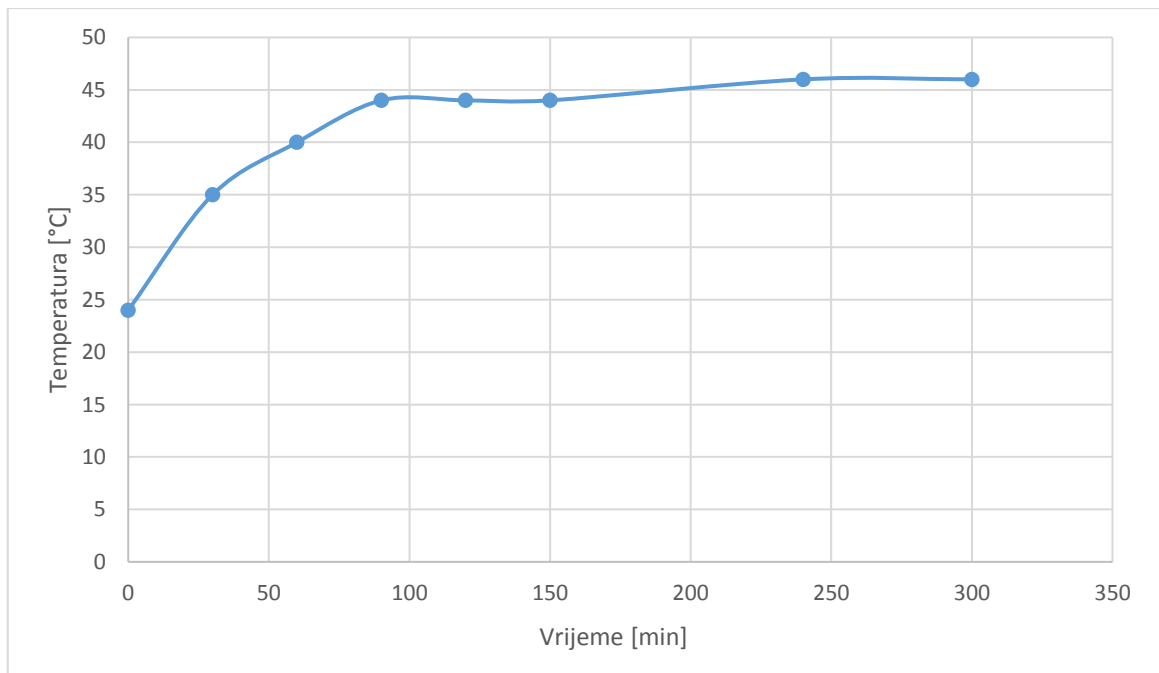
(izvor: vlastita fotografija)

### 3. REZULTATI I RASPRAVA



*Slika 28. Graf vlaga-vrijeme*

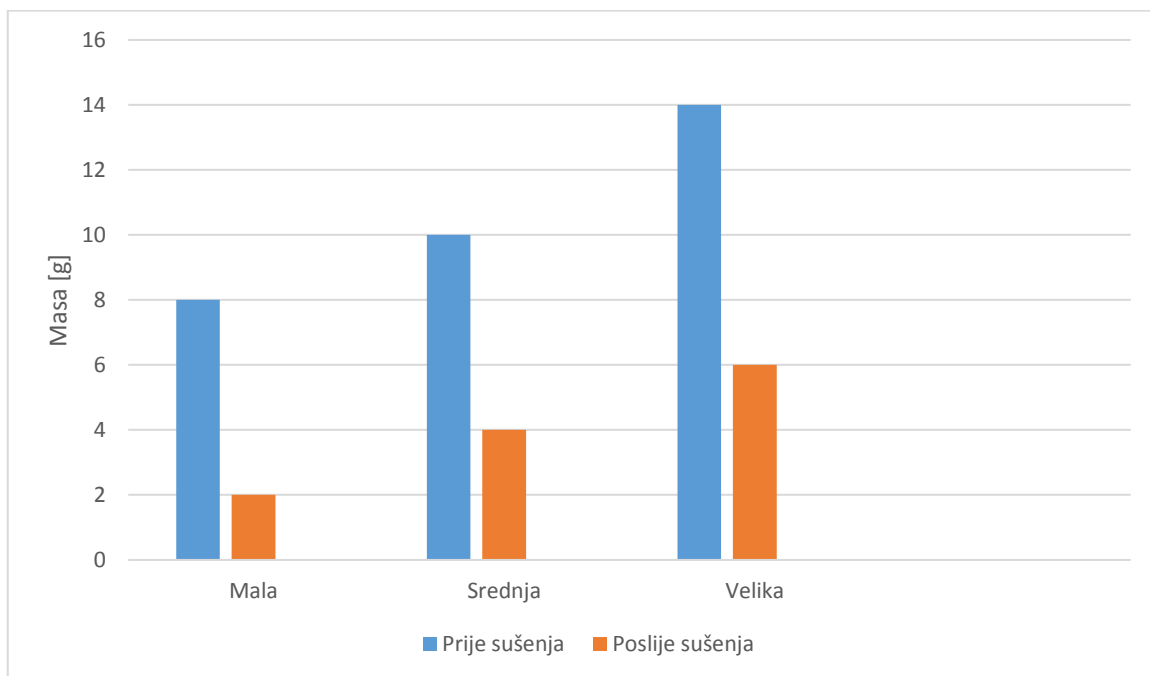
(izvor: vlastita fotografija)



*Slika 29. Graf temperatura-vrijeme*

(izvor: vlastita fotografija)

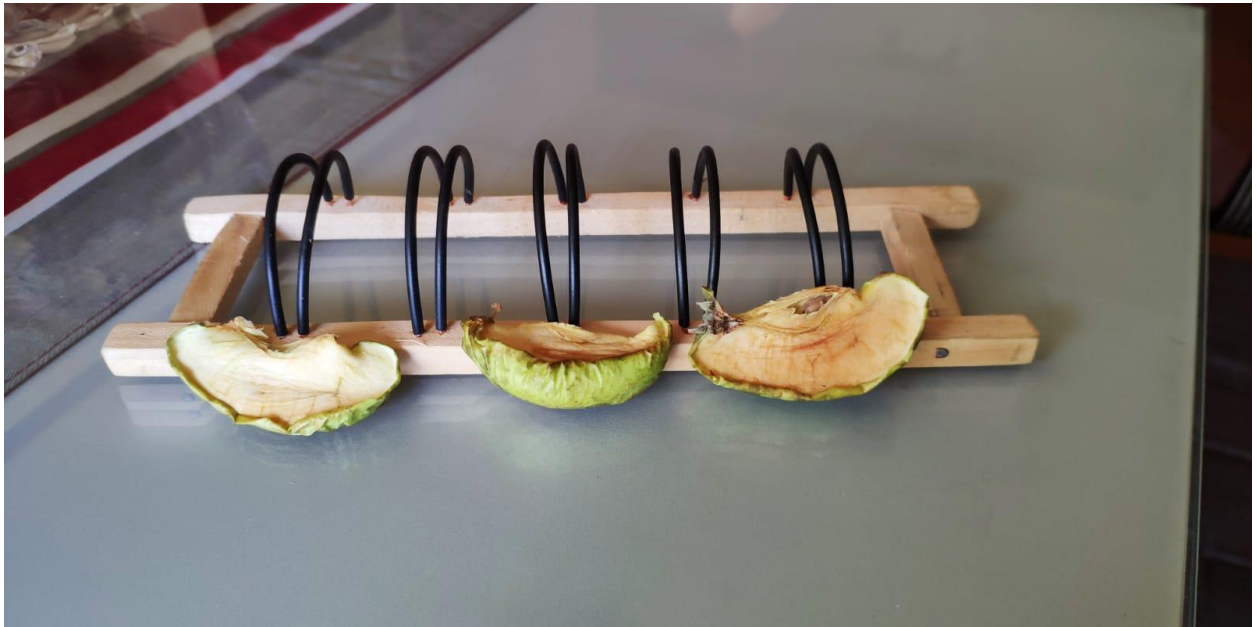




*Slika 30. Graf razlike u masi nakon sušenja*

(izvor: vlastita fotografija)

Realiziranom sušarom postigli smo rezultate vidljive u gornjim grafovima. Postigli smo vlagu 21%, što je malo iznad očekivanih 17%. Temperatura je u zadanim parametrima i dosegne 46°C, dok tlak vrlo brzo postigne konstantnih  $200 \pm 5$  hPa. Zadnji graf (slika 30) nam pokazuje izgubljenu masu kriške jabuke koju smo sušili. Najviše izgubljene mase ima najmanja kriška za naš period sušenja, čak 75% manju masu. Rezultati bi mogli biti još i bolji da nemamo probleme koje ćemo opisati.



*Slika 31. Gotovi proizvod*

(izvor: vlastita fotografija)

Sušara je rađena u kućnom izdanju od starih dijelova i uređaja kao što su kompresor i grijači. To je ujedno i najveći nedostatak ove sušare. Kompresor je star, vrlo brzo se ugrija i ne može postići podtlak koji bismo željeli. Grijači su žičani otpornici koji relativno dobro griju, al im treba malo više vremena da postignu odgovarajuću temperaturu. Još jedan od problema su senzori kupljeni preko interneta za vrlo malo novca i njihovi vodiči koji su vrlo tanki i povremeno gube kontakt

#### **4. ZAKLJUČAK**

Iz svega navedenog u ovom radu možemo zaključiti da je i ova sušara jedan od tehnološko naprednijih elektroničkih upravljanih i kontroliranih uređaja koji su u širokoj upotrebi današnje suvremene tehnologije prerade i čuvanja voća i povrća kao i mogućnosti korištenja istog principa i u drugim tehnologijama sušenja kao što su : sušenje drveta, kože i drugih sirovinskih materijala. Vidimo da je proces sušenja u potpunosti moguće automatizirati i podići na vrlo sofisticiranu razinu kontrole što omogućuje komforan i siguran te u krajnosti jeftiniji rad uređaja.

Ovako objašnjenu konstrukciju i principi rada u elementarnom razmatranju i opisu moguće je dograđivati u svim smjerovima kako tehničkim, tehnološkim i znanstvenim, a što ovisi o svrhovitosti zadatka.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Hajro Vahif, Jakob Danon, Električne mašine, Tehnička knjiga, Beograd 1972.
2. Otto Limann, Horst Pelka, Elektronika na lak način, Tehnička knjiga, 1987.
3. Babić Lj., Babić M., Pavkov I., Osmotsko i konvektivno sušenje voća. Suvremena poljoprivreda. 2007.

### **Internetski izvori:**

1. Primjena nove tehnike sušenja za proizvodnju čipsa od jabuke (PDF izvor: <https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwikiKiv2MLdAhUNCuwKHciCDeQQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fhrcak.srce.hr%2Ffile%2F239919&psig=AOvVaw21LcRuZZf-lu67aeqwR5Hi&ust=1537296079619736>)