

Zveza za tehnično kulturo Slovenije

**58. srečanje mladih raziskovalcev SLOVENIJE 2024**

# **Termoformiranje plastike s pomočjo vakuma**

Raziskovalno področje ZOTKS: **elektrotehnika, elektronika in  
robotika**

**Avtor:** Emanuel Pintar  
**Mentor:** Branko Potisk  
**Somentor:** Mladen Pintar  
**Srednja šola:** Srednja elektro-računalniška šola Maribor

**Maribor, 2024**

## **VSEBINA**

Kazalo slik:	II
Povzetek:	i
Zahvala:	ii
1 Uvod:	1
1.1 Raziskovalno vprašanje	1
2 Metodologija dela:	2
3 Kaj je termoformiranje plastike?	3
4 Vakumiranje plastike	4
5 Izdelava ogrodja	5
6 Sestava stroja	6
7 Izdelava plastičnega pokrova za stenske led luči	8
7.1 Izdelava kalupa:	9
7.2 Prvi test našega stroja:	11
8 Primerjava cen	15
9 družbena odgovornost:	17
10 zaključek:	18
11 viri in literatura:	19
11.1 Spletni viri:	19

## KAZALO SLIK:

Slika 1: vakumirni stroj .....	3
Slika 2: zobni aparat invisa line .....	3
Slika 3: dentalni vakum-irni stroj.....	3
Slika 4: princip delovanja.....	4
Slika 5: industrijski vakum-irni stroj.....	4
Slika 6: 3D model ogrodja .....	5
Slika 7: grelca.....	6
Slika 8: izolacija grelcev .....	6
Slika 9: električni priključki.....	7
Slika 10: miza za vakumiranje .....	7
Slika 11: led luči.....	8
Slika 12: led luči.....	8
Slika 13: kalup spodaj .....	9
Slika 14: kalup zgoraj.....	9
Slika 15: kalup s strani .....	10
Slika 16: plastični kalup spodaj.....	11
Slika 17: plastični kalup zgoraj .....	11
Slika 18: plastični kalup s strani.....	11
Slika 19: vklopljeni grelci .....	12
Slika 20: termometer .....	12
Slika 21: plastika na kalupu .....	12
Slika 22: počen model na kalupu .....	13
Slika 23: počen model .....	13
Slika 24: počen model s strani.....	13
Slika 25 Izgled dobrega izdelka .....	14
Slika 26 Izgled končnega izdelka.....	14
Slika 27: desktop vacuum former.....	15
Slika 28: Vacuum Former Clarke 750FLB .....	15
Slika 29: cene in opis stroja Clarke 750FLB .....	16

## **POVZETEK:**

V tej raziskovalni nalogi bi radi raziskali področje preoblikovanja plastike s pomočjo temperaturne obdelave. Tega smo se lotili, ker je na področju elektrotehnike in elektronike vedno problem z ohišji, saj niso narejena po naših željah. V kolikor pa bi želeli ohišje po naših željah so cene orodij ogromne. Najprej bomo raziskali kaj sploh je termoformiranje plastike in kako deluje, nato si bomo pogledali že obstoječe stroje na tržišču, ki se uporabljajo za te namene. Na koncu pa bomo poizkusili sami izdelati stroj za termoformiranje plastike kateri se imenuje tudi stroj za vakumiranje plastike, saj deluje s pomočjo močnega vakuma.

**Ključne besede:** termoformiranje, vakumiranje plastike, plastika,

## **ZAHVALA:**

Zahvalil bi se mentorjema za opravljanje mentorskega dela in vse pomoči, ki sta jih nudila. Predvsem pri spodbujanju in usmerjanju pri zapisovanju oblikovanju raziskovalne naloge saj sem vedel kaj želim napraviti ne pa točno kako naj bi to zapisal in predstavil v raziskovalni nalogi. Zahvala tudi podjetju, ki je zagotovilo potrebni material.

# **1 UVOD:**

Cilj raziskovalne naloge je spoznati področje temperaturnega preoblikovanja plastike in nato izdelati svoj stroj za vakumiranje plastike. Najprej bomo začeli z raziskovanjem že obstoječih metod temperaturnega preoblikovanja plastike in že obstoječih strojev za termoformiranje. Nato bomo narisali ogrodje našega stroja v Corel-CAD-u, ki je program za 3D strojno modeliranje. Nato bomo dali izdelati aluminijaste profile slovenskemu podjetju kjer nam bodo izdelali in na mero odrezali aluminijaste profile za ogrodje našega stroja. Nato bomo s pomočjo kotnikov in vijakov stroj samo še pri vijačili skupaj in nanj namestili grelec z izolacijo, dodali enostavna stikala za vklop obeh grelcev ter vklop vakuma, ki je v našem primeru le malo bolj močan industrijski sesalec, ki ko se plastika segreje povleče plastiko čez naš kalup, kjer se nato ta ohladi in prevzame obliko našega kalupa. Na koncu pa samo odrežemo odvečno plastiko in dobimo naš model. To je zelo uporabno za izdelavo različnih plastičnih ohišij, kot smo jih naredili mi in različnih drugih plastičnih modelov manj zahtevnih oblik.

## **1.1 Raziskovalno vprašanje**

Ali lahko sami doma izdelamo zadovoljiv stroj za vakumiranje plastike, ki bo uporaben in cenovno primerljiv komercialnim.

## **2 METODOLOGIJA DELA:**

V tem poglavju raziskovalne naloge bomo predstavili potek dela. Najprej bomo začeli z raziskovanjem že obstoječih strojev in načinov za termoformiranje, nato bomo poizkušali izdelati svoj stroj za termoformiranje, ki bo prav tako dober, vendar cenovno ugodnejši od že obstoječih. Za konec pa bomo poizkusili izdelati še plastični model ohišja za led luči.

### 3 KAJ JE TERMOFORMIRANJE PLASTIKE?

Termoformiranje plastike je postopek, ko plastiko toplotno obdelamo, da ji spremenimo obliko in naredimo iz nje različne plastične izdelke. Eden najenostavnnejših oblik termoformiranja je vakumiranje plastike katerega bomo raziskali in poizkusili tudi izdelati svoj stroj za vakumiranje plastike. Vakumiranje plastike se uporablja za izdelavo različnih plastičnih ohišij in z večjimi stroji. Na tak način izdelujejo tudi plastične dele za avtomobile pa tudi različne plastične kadi in podobno. Mi se bomo osredotočili na izdelavo manjšega stroja, saj želimo izdelati pokrov za stenske led luči v velikosti približno 20cm x 10cm.



Slika 1: vakumirni stroj

Na sliki vidimo manjši stroj za vakumiranje plastike, ki se uporablja za izdelavo manjših plastičnih modelov. Sestava je zelo enostavna na vrhu ima grelec kamor namestimo plastiko, da se ta segreje na dovolj visoko temperaturo, nato pa ima na spodnji mizici vakum. Takšni manjši stroji in podobni se uporabljajo tudi v zdravstvu, kjer s pomočjo njih izdelujejo invisa line zobne aparate in ščitnike za zobe za različne športnike.

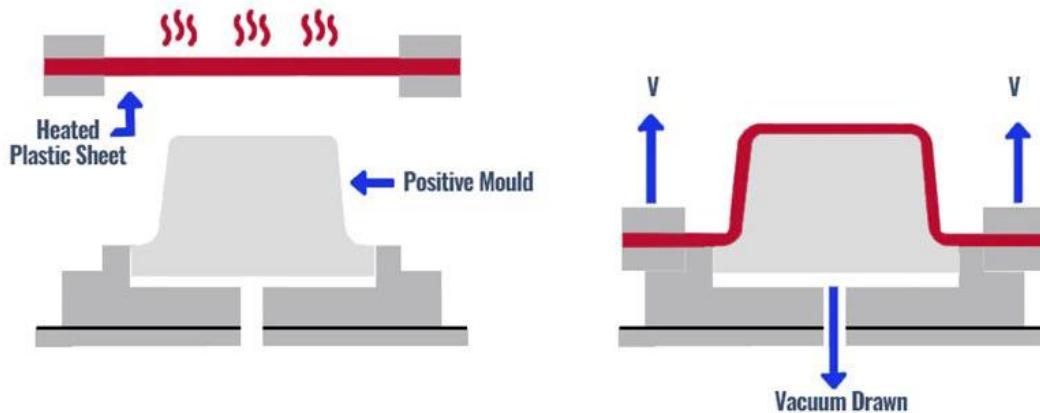


Slika 2: zobni aparat invisa line

Slika 3: dentalni vakum-irni stroj

## 4 VAKUMIRANJE PLASTIKE

Gre za postopek, kjer plastiko najprej segrejemo na dovolj visoko temperaturo, da postane prožna in raztegljiva, nato pa jo poveznemo na model, kjer vakum pomaga pri držanju plastike na model, dokler se ne ohladi in tudi čim tesnejši stik med plastiko in kalupom, da plastika prevzame obliko kalupa, ko se strdi.



Slika 4: princip delovanja

Na sliki 4 lahko vidimo kako to deluje v praksi. Najprej se plastika segreje, nato jo poveznemo čez kalup in vklopimo vakum, ki drži plastiko na kalupu dokler se le ta ne strdi.

Teda področja ni bilo težko raziskati in najti ideje, kako narediti svoj stroj za vakumiranje plastike, saj je na spletu veliko različni primerov doma narejenih strojev za vakumiranje plastike, pa tudi veliko profesionalnih strojev za te namene.

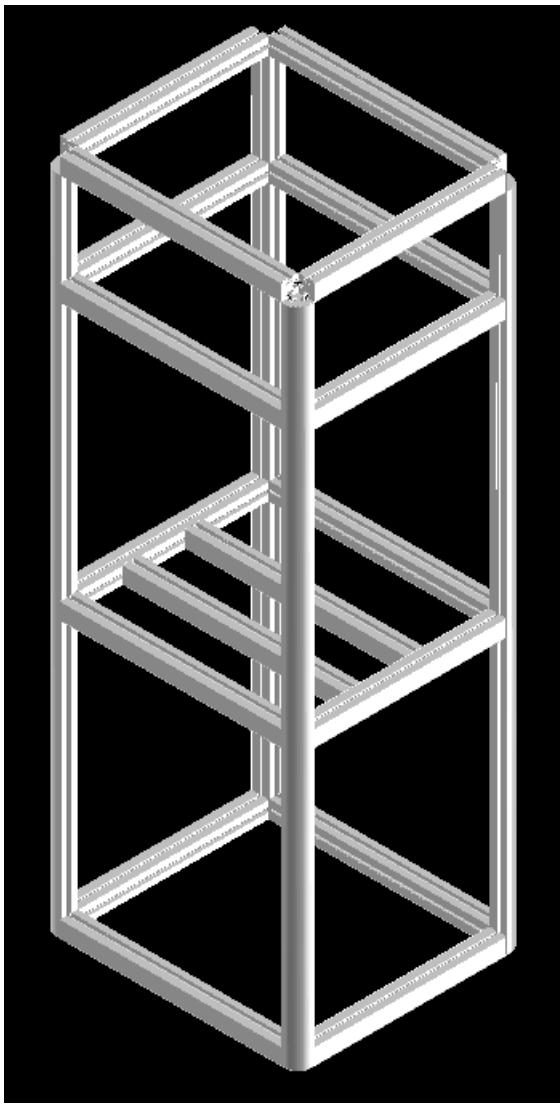


Slika 5: industrijski vakum-irni stroj

Na sliki 5 lahko vidimo večji stroj za vakumiranje plastike, ki se uporablja za izdelavo večjih plastičnih modelov. Tukaj lahko vidimo, da izdelujejo ohišje za otroške avtomobile.

## 5 IZDELAVA OGRODJA

Najprej smo narisali ogrodje za naš stroj v programu CorelCAD, ki je program, ki se uporablja za strojno modeliranje. Najprej smo si na papir narisali kako naj bi stroj izgledal, nato pa smo ta načrt narisali v pravilnih merah v našem programu.

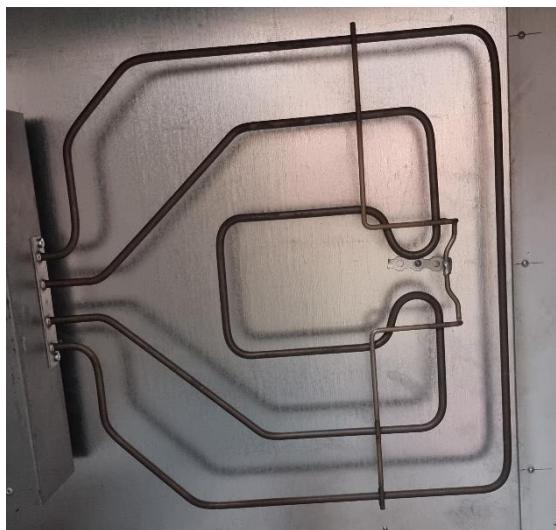


Slika 6: 3D model ogrodja

Tukaj na sliki lahko vidimo naš stroj brez električne napeljave, grelcev in vakuma (v našem primeru industrijski sesalec). Ko smo ogrodje narisali in bili z dizajnom zadovoljni smo dali izdelati aluminijaste profile v slovensko podjetje, kjer so nam po našem načrtu odrezali vse profile na mero. Priskrbeli so nam tudi vijke in kotnike, da smo potem stroj samo sestavili in pri vijačili skupaj.

## 6 SESTAVA STROJA

Ko smo sestavili ogrodje smo nato dodali še grelec, ki je v našem primeru grelec, ki se uporablja v kuhinjskih pečicah in je dvo stopenjski, sestavljen je iz dveh grelnih površin ene manjše in ene večje.



Slika 7: grelca

V našem primeru uporabljamo oba grelca saj smo ugotovili, da je eden premalo in nam ne segreje plastike do dovolj visoke temperature.

Nato smo dodali še aluminijasto ohišje in izolacijo okoli grelcev, da se stroj ne pregrevanje.



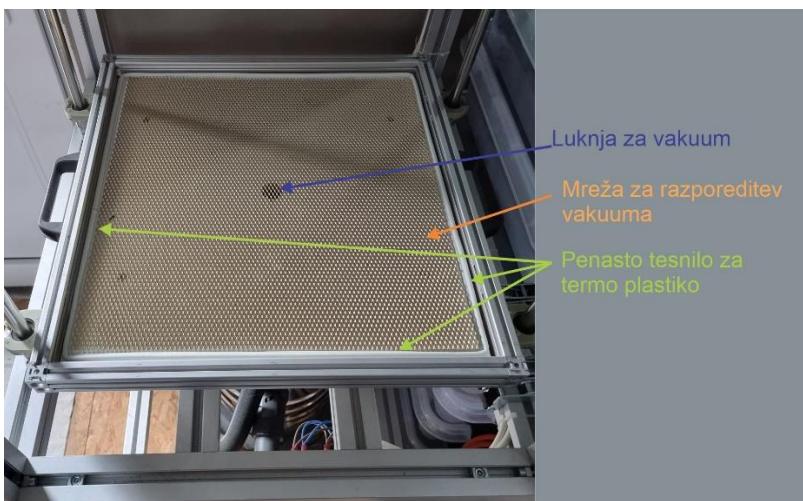
Slika 8: izolacija grelcev

Nato smo se lotili električne napeljave. Povezali smo oba grelca vsakega na svoje stikalo, dodali smo še vtičnico, kamor priključimo naš sesalce in še stikalo, s katerim vklopimo in izklopimo naš vakum ter napajali kabel.



Slika 9: električni priključki

Nato smo na našo površino, ki je namenjena vakumiraju in kamor damo naš model dodali še mrežo, ki služi, da vakum lepše in bolj močno povleče plastiko čez kalup, da se ta čim boljše prilega našemu kalupu. Okoli mreže je penasto tesnilo, ki zatesni naš material, da ga lahko vakuumsko preoblikujemo.



Slika 10: miza za vakumiranje

## 7 IZDELAVA PLASTIČNEGA POKROVA ZA STENSKE LED LUČI

Odločili smo se, da bi radi izdelali plastični pokrov za stenske led luči, saj bi jih s tem naredili vodotesne in bi jih nato lahko uporabljali še zunaj, pa tudi zato, ker je pokrov enostavne oblike in je primeren za prvi preizkus našega stroj.



Slika 11: led luči



Slika 12: led luči

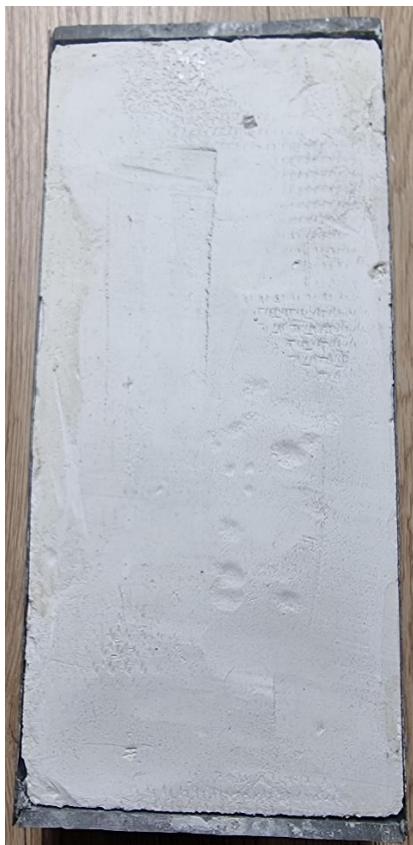
Kot lahko vidimo na slikah so naše luči izdelane iz paus-papirja, in niso vodotesne. Zato smo se odločili izdelati pokrov, ki se bo lučem prilegal in bo zaprl odprtino od zgoraj in spodaj, da bodo naše luči primerne za zunanjouporabo.

## **7.1 Izdelava kalupa:**

Kalup smo izdelali po merah naših luči. Najprej smo odrezali kos plošče iz nerjaveče kovine in ga na posebnem stroju zvili v pol krog, nato smo na obe strani prilepili dva kosa visokotemperaturne plastike polkrožne oblike in kalup napolnili z mavcem, da se ne poškoduje pri uporabi.



*Slika 13: kalup spodaj*



*Slika 14: kalup zgoraj*



Slika 15: kalup s strani

Ko smo izdelali kalup in se je mavec strdil smo preizkusili naš stroj. Prvi poizkus je deloval dobro, dokler nismo videli, da je pokrov počil, kar se nam je večkrat zgodilo in smo na koncu ugotovili, da ni problem v plastiki ampak v kalupu, ker je železen in se plastika na njem prehitro ohladi in zaradi tega poči. Zato smo se odločili, da bomo izdelali kalup, ki bo narejen popolnoma iz visokotemperатурne plastike in se naša plastika ne bo tako hitro ohladila na njem, kar pomeni, da nam naši izdelki ne bodo več pokali.

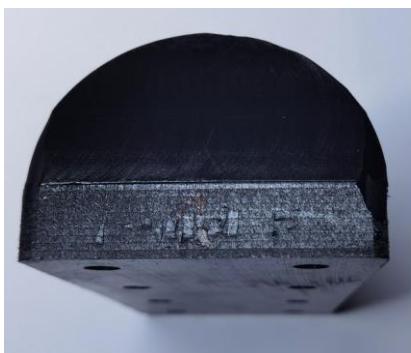
Tukaj pa je še kalup iz visokotemperатурne plastike, ki so na slikah 16, 17 in 18.



Slika 16: plastični kalup spodaj



Slika 17: plastični kalup zgoraj



Slika 18: plastični kalup s strani



## 7.2 Prvi test našega stroja:

Na prvem testu smo ugotovili, da stroj zelo dobro deluje. Grelci so nam lepo segreli plastiko in vakum jo je lepo pritrdil na kalup. Plastiko smo segreli na 150°C, kar je optimalna temperatura za obdelovanje. Zato smo jo previdno spremljali z termometrom in ko je bila segreta smo jo poveznili čez kalup in vklopili vakum.



Slika 19: vklopljeni grelci



Slika 20: termometer

Tukaj na sliki lahko vidimo kako se plastika prileže modelu, ko je še v našem stroju.



Slika 21: plastika na kalupu

Tukaj pa nastane problem, ki smo ga že prej omenili in sicer, ko je bila plastika na kalupu in se je začela ohlajati je počila zaradi prehitre ohladitve. Ko smo kalup odstranili pa je razpoka postala samo še večja in je naš plastični model postal neuporaben, kar je razvidno iz slik 22, 23 in 24.



*Slika 22: počen model na kalupu*



*Slika 23: počen model*



*Slika 24: počen model s strani*

Kot smo že prej omenili smo se zaradi pokanja termo plastike odločili za kalup iz plastike (plastika koterm). Pri tem smo kalup tudi dodelali saj smo mu dodali še poševne stranice za lažje snemajo s kalupa ter ostre robove spremenili v polkrožne. V polkrožne zato, da je manj napetosti materiala pri termo formirjanju in ohlajanju. Sedaj smo dobili čudovit izdelek, ki ni počil. Poizkusili smo z prozorno plastiko debeline 2mm, 3mm in 4mm in nobena ni počila. Na sliki 25 je izgled izdelka iz prozorne plastike ali bolje poznano pod imenom: «Plexi». Na sliki 26 je končni izdelek. Naš pokrov smo polepili ter ga poveznili preko elektronike z Led diodami.



Slika 25 Izgled dobrega izdelka



Slika 26 Izgled končnega izdelka

## 8 PRIMERJAVA CEN

Ugotovili smo, da je naš stroj bistveno cenejši od že obstoječih na tržišču. Videli smo, da je stroj za vakumiranje plastike dosti dražji od našega, čeprav je približno 4x manjši po površini na kateri lahko vakumiramo in izdelujemo svoje plastične kalupe.

Majhen stroj za vakumiranje, kjer lahko izdelamo model v velikosti 20cm x 20cm stane 1000€.

**FormBox Desktop Vacuum Former**



**FormBox Desktop Vacuum Former**

**Prices** (excluding VAT)

Products	Price	Buy
TechSoft FormBox Education Bundle. Includes 50 form sheets, 50 clear sheets, mini vacuum cleaner, 1kg of casting material, 3 starter templates, universal vacuum adaptor, Mayku Teach Online Curriculum.	£1,020.00	<a href="#">Buy</a>

Order Code: MM-VACFORM14P

**Complete Package**

**Machine Only**

Products	Price	Buy
Formbox vacuum former. Includes 40 free sheets, 1kg of casting material, 3 starter templates, universal vacuum adaptor. N.B. Requires separate vacuum cleaner.	£865.00	<a href="#">Buy</a>

Order Code: MM-VACFORM14

**Consumables**

[See Consumables](#)

Slika 27: desktop vacuum former

Stroj s katerim pa lahko izdelamo enako velike plastične modele kot z našim stane nad 8500€ in je zelo drag v primerjavi z našim. Naš stroj pa je bistveno cenejši saj bi bila tržna cena našega stroja okoli 3000€ in z njim lahko termo formiramo termo plastiko do velikosti 50cm x 50cm.



Slika 28: Vacuum Former Clarke 750FLB

750 FLB		
Products	Price	Buy
Clarke 750 FLB Vacuum Former <i>(Including Stand with Castors)</i> Order Code: MM-VACFORM3	£7,390.00	Buy
1/2 Sheet Reducing Plate for Clarke 750FLB Vacuum Former <i>(Aperture 432 x 228mm, Sheet Size 458 x 254mm)</i> Order Code: MM-VACFORM3B	£285.00	Buy
1/4 Sheet Reducing Plate for Clarke 750FLB Vacuum Former <i>(Aperture 229 x 203mm, Sheet Size 254 x 229mm)</i> Order Code: MM-VACFORM3C	£285.00	Buy

Specifications		
Model:	725 FLB	750 FLB
Material Sheet Size:	458 x 254mm	508 x 458mm
Aperture Size:	432 x 228mm	482 x 432mm
Max. Mould Height:	140mm	140mm
Max. Material Thickness:	6mm	6mm
Weight:	68kg	91kg
Dimensions:	710(W) x 940(D) x 640(H)mm	760(W) x 1350(D) x 640(H)mm
Power Requirements:	240V 9A, 13A Socket	240V 12A, 13A Socket
Warranty:	UK Mainland: 1 Year On-Site Elsewhere: 1 Year Return and Collect	UK Mainland: 1 Year On-Site Elsewhere: 1 Year Return and Collect

Slika 29: cene in opis stroja Clarke 750FLB

## **9 DRUŽBENA ODGOVORNOST:**

Izdelava stroja je pripomogla k spoznanju novih znanj prav tako pa je stroj zelo uporaben za domačo uporabo in izdelavo manjših serij izdelkov saj ga ni bilo težko izdelati. Pripomogli pa smo k dostopnosti tehnologije termoformiranja tudi drugim, ki si ne morajo privoščiti takšnih dragih strojev. Plastika je zelo dober material, ki se, da dobro topotno obdelati. Druga prednost plastike pa je, da se z lahkoto lahko večkrat reciklira.

## **10 ZAKLJUČEK:**

V zaključku bi povedal da smo z nalogo zadovoljni saj nam je uspelo izdelati stroj za termoformiranje plastike kot smo si zadali. Naš stroj ne le, da je enako dober in deluje tako kot ostali na tržišču je tudi dosti cenejši od ostalih kot smo lahko videli. To pripomore k širši uporabi te tehnologije tudi drugim ljudem, ki si ne morajo privoščiti stroj za tako veliko denarja in želijo stroj uporabljati za izdelavo manjših serij izdelkov za domačo uporabo.

## **11 VIRI IN LITERATURA:**

### **11.1 Spletni viri:**

- Manjši vakumirni stroj 2023.(3.9.2023). Dostopno na:  
<https://www.techsoft.co.uk/workshop-equipment/thermoforming-equipment/mayku-formbox-desktop-vacuum-former>
- Industrijski vakumirni stroj 2023.(4.9.2023). Dostopno na:  
<https://www.techsoft.co.uk/workshop-equipment/thermoforming-equipment/vacuum-formers>
- Doma narejen vakumirni stroj 2023.(6.9.2023). Dostopno na:  
<https://the3dhandyman.com/diy-vacuum-forming/>
- Vakumirni stroj 2023.(6.9.2023). Dostopno na:  
<https://waykenrm.com/blogs/vacuum-forming/>