

# HUP grelci za roke

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Dijaki 3. letnika programa tehnik mehatronike:

Jure Furlan Nerad,

Blaž Čepon,

Mark Lisjak,

Mentor:

Oliver Milinčič, dipl. inž. elektrotehnike

marec 2025, Ljubljana



Srednja šola tehniških strok Šiška

# **HUP grelci za roke**

Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

marec 2025

## Kazalo vsebine

<b>Kazalo vsebine</b> .....	<b>3</b>
<b>Seznam slik</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Povzetek</b> .....	<b>5</b>
1.1 Povzetek v slovenščini .....	5
1.2 Summary in English .....	5
<b>2. Uvod</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Teoretični del</b> .....	<b>9</b>
3.1 Uporovni grelci .....	9
3.2 Baterije .....	10
3.3 Stikalo .....	11
3.4 Senzor pregrevanja .....	12
<b>4. Praktični del</b> .....	<b>13</b>
4.1 Razvoj izdelka .....	13
4.1.1 Izzivi pri razvoju izdelka .....	15
4.2 Razvoj škatlice .....	21
4.3 Embalaža .....	22
4.4 Opis delovanja .....	23
4.5 Preizkus in meritve .....	24
4.6 Postopek izdelave izdelkov .....	26
4.7 Konkurenca in naše prednosti pred njo .....	26
4.8 Specifikacije izdelka .....	28
4.9 Mnenja .....	28
<b>5. Ekonomika</b> .....	<b>29</b>
5.1 Seznam materiala .....	29
5.2 Seznam orodja/strojev .....	32
5.3 Dijaško podjetje .....	33
<b>7. Razprava</b> .....	<b>37</b>
7.1 Možne izboljšave .....	37
<b>9. Literatura</b> .....	<b>39</b>

## Seznam slik

Slika 1: Vežje v vložkih za ogrevane rokavice.....	7
Slika 2: Vežje v vložku za ogrevane pancarje.....	7
Slika 3: Ožičenje ogrevanih oblačil.....	8
Slika 4: Grelna maska po snežnem metežu.....	8
Slika 5: Upor prekrit s termalno pasto - QRH.....	9
Slika 6: Upori z 0,1 $\Omega$ , 0,22 $\Omega$ , 0,33 $\Omega$ .....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Slika 7: Amazon Basics AA polnilne NiMH baterije.....	10
Slika 8: Stikalo z dimenzijami.....	11
Slika 9: Diagram preklopa stikala.....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Slika 10: KSD9700 temperaturno stikalo.....	12
Slika 11: Prvi prototip spredaj.....	13
Slika 12: Prvi prototip iz strani.....	13
Slika 13: Nedelujoč prototip 3D natisnjen v enem kosu.....	14
Slika 14: Prototip 3D natisnjen v več kosih, z novim mehanizmom za sestavljanje.....	15
Slika 15: Spojna linija na površini grelca.....	16
Slika 16: Prvi mehanizem za enostavno sestavljanje.....	17
Slika 17: Vežje enega izmed prototipov z 14 upori.....	18
Slika 18: Slika končnega vezja z 7 upori.....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Slika 19: Priprava na glajenje z MEK.....	20
Slika 20: Glajenje s hlapi MEK.....	20
Slika 21: Embalaža MEK.....	20
Slika 22: Škatlica prvega prototipa.....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Slika 23: Tretji model škatlice pred sestavljanjem.....	21
Slika 24: Izdelek v škatli.....	22
Slika 25: Končni izdelek v škatlici.....	23
Slika 26: Merjenje toka na najnižji stopnji.....	24
Slika 27: Test gretja drugega prototipa s termalno kamero.....	25
Slika 28: Test gretja končnega izdelka s termalno kamero.....	25
Slika 29: Kemični grelci konkurence.....	27
Slika 30: Električni grelci konkurence.....	27
Slika 31: HUP grelci za roke.....	28
Slika 32: Termalna pasta.....	31
Slika 33: 3D tiskalnik Bambu Lab A1.....	32
Slika 34: Sušilec za filament.....	33
Slika 35: Logotip HUP d.d.....	33
Slika 36: QR koda naše spletne strani.....	33
Slika 37: Graf cene proizvodnje posameznega izdelka.....	35

## 1. Povzetek

### 1.1 Povzetek v slovenščini

V hladnih mesecih, predvsem med zunanjimi športnimi aktivnostmi, nas pogosto zebe v roke, kar je zelo neprijetno. Nekatera podjetja so že izdelala grelce za roke, ki pa imajo slabosti, kot so velika velikost in prekratek čas gretja. Zato smo želeli te pomanjkljivosti izboljšati. Naša verzija grelcev za roke omogoča uporabo z rokavicami, saj so izdelki dovolj majhni, hkrati pa imajo dolgo življenjsko dobo baterije (2–5 ur), ki jo je mogoče podaljšati z enostavno menjavo baterij. To omogoča neprekinjeno gretje tudi pri celodnevni aktivnosti. Poleg tega smo raziskali uporabne grelce in razvili lastno tehnologijo, ki smo jo poimenovali QRH (Quick Resistor Heaters). Ustanovili smo dijaško podjetje HUP d.d., kjer izdelke tudi prodajamo. Naša prednost pred konkurenco je hitro segrevanje (do 50 °C v manj kot 60 sekundah) in dostopna cena izdelka, ki znaša 29,99 €, kar je konkurenčno glede na podobne izdelke na trgu.

**Ključne besede:** zimske aktivnosti, grelci za roke, uporovni grelci, baterije, dijaško podjetje, dostopna cena

### 1.2 Summary in English

During cold months, especially outdoor sports activities, our hands often get cold, which is very unpleasant. Some companies have already developed hand warmers, but these have drawbacks such as large size and short heating duration. We aimed to improve these deficiencies. Our version of hand warmers can be used with gloves due to their small size, while offering a long battery life (2–5 hours), extendable through an easy battery replacement mechanism, enabling continuous heating even during all-day activities. We researched resistive heaters and developed our own technology called QRH (Quick Resistor Heaters). We also established a student company, HUP d.d., where we sell these products. Our advantage over competitors is fast heating (up to 50 °C in under 60 seconds) and an affordable price of 29.99 €, competitive within the market.

**Key words:** winter activities, hand warmers, resistive heaters, batteries, student company, affordable price

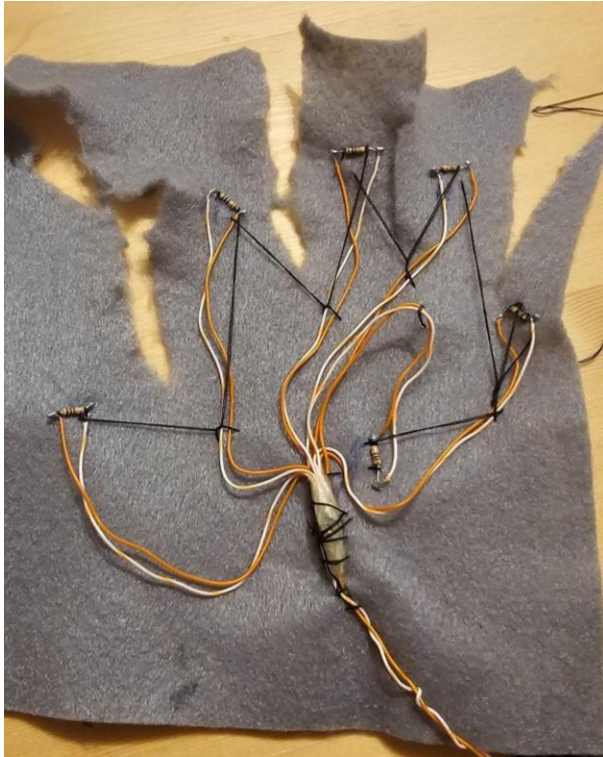
## 2. Uvod

V smučarski sezoni 2022/23 nas je na smučišču pri Kaprunu v Avstriji, ki leži na nadmorski višini do 3029 metrov nad morsk gladino, močno zeblo. Kljub debelim rokavicam in toplim oblačilom nismo bili kos izjemnemu mrazu, ki ga ponuja Kaprun, kjer so temperature padle krepko pod  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Glavni problem so bile roke, močno pa nas je zeblo tudi v prste na nogah in v obraz. Takrat smo začeli iskati ogrevana oblačila, a se je kmalu izkazalo, da nismo pripravljene seči dovolj globoko v žep za nakup, saj ogrevane rokavice stanejo okoli 150 €, ogrevane nogavice približno 80 €, ogrevana čelada pa lahko tudi več kot 500 €. Čeprav je mogoče ubrati bližnjico in namesto ogrevane čelade kupiti cenejšo ogrevano kapo, masko ali trak ter naročiti vse izdelke iz Kitajske, kjer so nekoliko cenejši, a lahko manj zanesljivi, smo se odločili, da bomo ogrevana oblačila izdelali sami.

Pred začetkom razvoja ogrevanih oblačil smo že imeli nekaj izkušenj z grelnimi elementi, saj smo leta 2021 izdelali lesen akumulatorski grelec za taborniški šotor. Največji izziv pri razvoju lastnih ogrevanih oblačil je bil izbor grelcev, saj klasična grelna žica ni najbolj primerna za vgradnjo v blago, ker se lahko pregreje in zažge. Na srečo smo dobili idejo, da bi raziskali, kako se grejejo upori, ko skozi njih teče dovolj velik tok, in bili prijetno presenečeni, da je segrevanje enostavno nadzorovati. Tako smo še pred začetkom naslednje smučarske sezone izdelali grelce za prste na nogah, rokavice, bundo, ušesa in obraz (Slika 1, 2, 3). Grelni so se napajali z navadnim 5 V, 20.000 mAh, 5 W powerbankom, baterija pa je zdržala približno 10 ur, kar je več kot dovolj za cel dan smučanja. Lastno izdelana ogrevana oblačila smo testirali na največjem smučišču na svetu, v Dolomitih v Italiji, kjer so preživela hud snežni metež (Slika 4) in dokazala, da je mogoče izdelati funkcionalne grelce iz uporov. Med testiranjem se je pokazalo nekaj slabosti, a smo jih lahko odpravili v apartmaju, saj smo imeli s seboj primerno orodje. Med slabostmi je bilo lepilo, ki smo ga uporabili namesto šivanja blaga, saj se je deformiralo in odlepilo; maska za obraz sprva ni bila dovolj velika in jo je bilo težko pritrditi; med snežnim metežem se je blago napojilo z vodo, zaradi česar je maska začasno prenehala delovati. Glavna problema sta bila, da so bila oblačila precej nepraktična, saj je bilo treba žice napeljati po celem telesu, in preveč kompleksna za serijsko proizvodnjo, ker je bilo potrebnega veliko šivanja. Če bi se ponovno lotili izdelave ogrevanih oblačil, bi izboljšali:

- zunanjo stran maske za obraz bi 3D natisnili,
- namesto centralne baterije in povezave žic z vsakim elementom bi ob vsakem grelcu dodali ohišje s polnilno AA baterijo,
- kjer bi bilo mogoče, bi upore vsili v že obstoječo tkanino, namesto da bi sami sešili cel grelni vložek.

Zaradi zgoraj omenjenih slabosti letos nismo mogli uporabiti ideje za ustanovitev dijaškega podjetja, saj sami ne bi mogli izdelati dovolj izdelkov. Zato smo začeli iskati lažjo rešitev za gretje rok, ki bi nam omogočila izdelavo večjega števila izdelkov v krajšem času. Čisto po naključju smo med poukom, pri predmetu, kjer ustvarjamo svoja dijaška podjetja, ob začetku oktobra dobili idejo za vroče palice. Ideja se je najprej razvijala v smeri, da bi bile palice namenjene kot igrača za pse, a se je kmalu preoblikovala v naš nov način gretja rok, ki ga je mogoče serijsko proizvajati.



Slika 1: Vezje v vložkih za ogrevane rokavice



Slika 2: Vezje v vložku za ogrevane pancarje



Slika 3: Ožičenje ogrevanih oblačil



Slika 4: Grelna maska po snežnem metežu

Hipoteze, ki smo si jih zastavili pred začetkom raziskovanja:

1. Ali lahko z uporavnimi grelci dosežemo dovolj visoko temperaturo, da bi lahko naše izdelke uporabljali brez rokavic?
2. Ali lahko z uporavnimi grelci dosežemo enakomerno gretje na celotni površini?
3. Ali lahko naredimo mehanizem za enostavno menjavo baterij?
4. Ali lahko kljub nizki napetosti dosežemo več stopenj gretja ter zaščito pred pregrevanjem?
5. Ali lahko preprečimo, da bi se AA baterija med delovanjem segrela nad 50 °C?

### 3. Teoretični del

#### 3.1 Uporovni grelci

Uporovni grelci so sestavljeni iz uporov, ki se segrejejo, ko skozenj teče električni tok. Njihov grelni učinek ni linearen s tokom, temveč se spreminja kvadratno. To je razvidno iz enačbe za moč:

$$P = I^2 \cdot R$$

kjer je:

- **P** moč (v vatih),
- **I** električni tok (v amperih),
- **R** upornost (v ohmih)

Iz enačbe sledi, da se ob podvojitvi toka moč in s tem segrevanje, poveča kar štirikrat. To omogoča hitro in učinkovito segrevanje pri višjih tokovih.

Grelci so enostavni za prilagajanje, saj je njihovo delovanje mogoče natančno nastaviti z izbiro ustrezne upornosti in toka. Naša tehnologija QRH (Quick Resistor Heaters) temelji na uporabi uporov z nizko upornostjo (0,1  $\Omega$ , 0,22  $\Omega$ , 0,33  $\Omega$ ), ki so vezani zaporedno. Termalna pasta izboljšuje prenos toplote na ohišje izdelka ter zmanjšuje izgube zaradi neposrednega prenosa toplote.



Slika 5: Upor prekrit s termalno pasto - QRH



Slika 6: Upori z 0,1  $\Omega$ , 0,22  $\Omega$ , 0,33  $\Omega$

## 3.2 Baterije

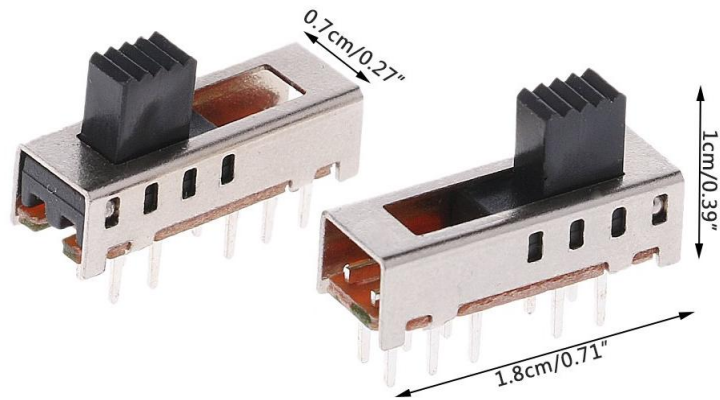
Za naš izdelek smo se odločili uporabiti polnilne AA NiMH baterije znamke Amazon Basics s kapaciteto 2400 mAh, saj smo si pred nakupom ogledali več videoposnetkov na YouTube, kjer so testirali različne baterije. Kljub nizki ceni so se Amazon Basics baterije v več kategorijah izkazale za boljše od dražjih NiMH baterij, kot je Duracell (Videoposnetek 1\*). Tehnologijo NiMH smo izbrali zaradi nizke cene, dostopnosti in visoke kapacitete, kljub temu da niso idealne – ne prenesejo visokih temperatur, ob večjih obremenitvah pa se jim kapaciteta zmanjša. Druge izbire nismo imeli, saj zaradi varnostnih omejitev Li-ionskih baterij iz drugih držav večinoma ne pošiljajo, ostale cenovno dostopne tehnologije pa nimajo zadostne kapacitete. Naš izdelek je združljiv tudi z drugimi AA baterijami z napetostjo 1,2–1,5 V, pri čemer nismo zaznali bistvene razlike v gretju. Razlika je le v času delovanja: polnilne Amazon Basics baterije (2400 mAh) zdržijo 2–5 ur gretja (pri sobni temperaturi 20 °C), odvisno od stopnje gretja; kakovostne alkalne baterije zdržijo nekoliko dlje (približno 0,5–1 uro), druge polnilne baterije pa krajši čas, saj imajo Amazon Basics baterije eno največjih dejanskih kapacitet med preizkušeni.



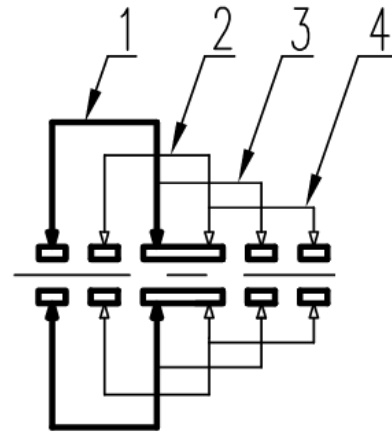
Slika 7: Amazon Basics AA polnilne NiMH baterije

### 3.3 Stikalo

Uporabili smo drsno stikalo s štirimi stanji in desetimi pini. Vsa stanja so povezana na srednja dva pina, stikalo pa ima dve ločeni strani, ki smo ju združili zaradi prevelikega toka. Skozi stikalo teče največ 1,2 A, čeprav ima nazivne specifikacije 50 V/0,5 A. Drugega stikala nismo mogli najti, saj imajo vsa stikala te velikosti podobne standardne specifikacije.



Slika 8: Stikalo z dimenzijami



Slika 9: Diagram preklopa stikala

### 3.4 Senzor pregrevanja

Kot senzor pregrevanja smo uporabili temperaturno stikalo KSD9700 s plastičnim ohišjem, z nazivno napetostjo in tokom 250 V/2 A, dimenzij 15 x 5,4 x 2,4 mm. Stikalo je tipa NC (mirovni kontakt), ki prekine tokokrog pri 60 °C in ga ponovno sklene pri 45 °C. Deluje tako, da se pri segrevanju zaradi raztezka materiala kontakti razklenijo, po ohladitvi pa se skrčijo in znova sklenejo.



Slika 10: KSD9700 temperaturno stikalo

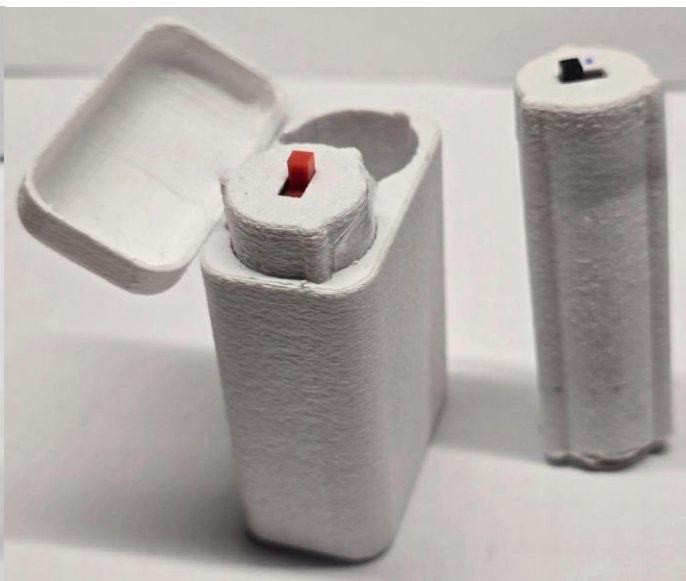
## 4. Praktični del

### 4.1 Razvoj izdelka

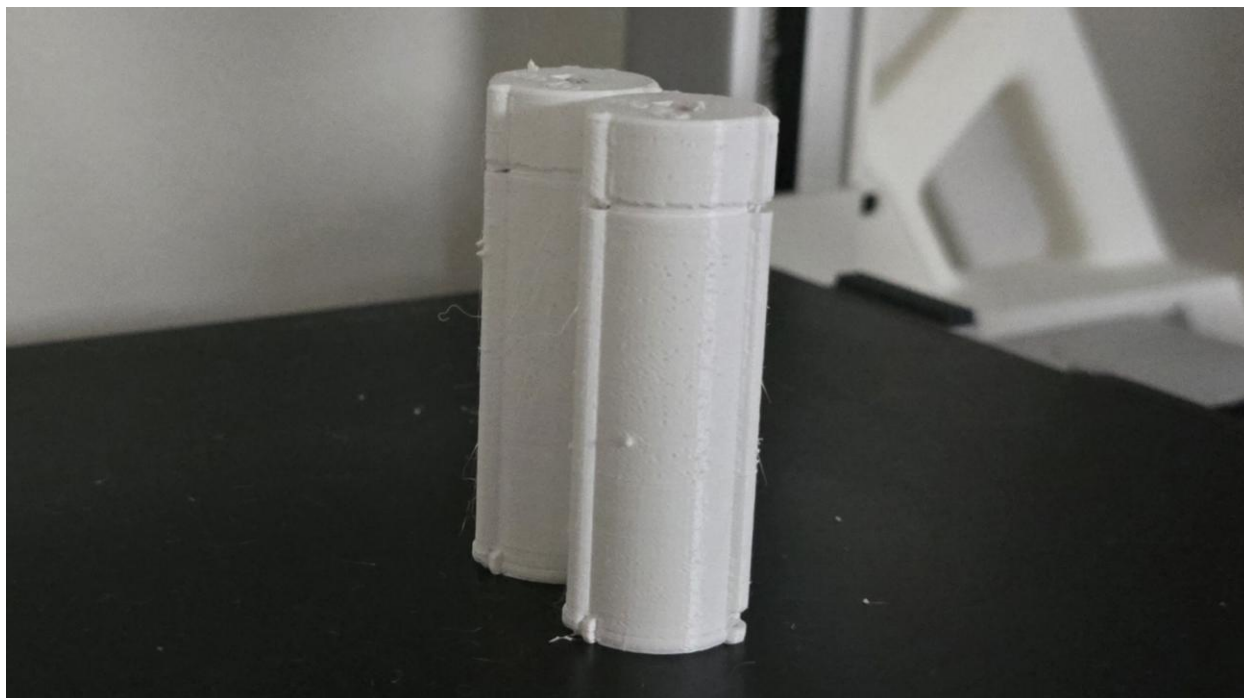
Z razvojem izdelka smo se začeli ukvarjati takoj, ko smo dobili idejo. V programu za 3D modeliranje Onshape smo izdelali vse 3D modele, skupno približno 20 prototipov, kar nam je vzelo vsaj 200 ur časa, saj smo za vsak 3D model porabili približno 10 ur. Prvi prototip je vseboval le 3 grelce, sestavljene iz 1-ohmskih uporov in aluminijaste folije, imel je le 1 stopnjo gretja, baterije pa ni bilo mogoče enostavno odstraniti. Najprej smo predvidevali, da bi imeli grelci najboljši izkoristek, če bi bili zamaknjeni izven ohišja, zato smo to testirali na prvem prototipu, a se je izkazalo, da tak pristop ni ustrezen, saj so bili izdelki precej grdi in neudobni, tudi zato, ker smo preizkušali možnost tiskanja s teksturo, ki je v našem primeru izgledala zelo slabo (Slika 11, 12). Vseeno smo prvi prototip dokončali 9. oktobra 2024 in ga predstavili profesorjem naše šole, ki so nam dali nekaj nasvetov za izboljšave. Skoraj vsi, ki smo jih vprašali, so menili, da tekstura na izdelku ni primerna, večini pa ni bilo všeč, da so bili grelci zamaknjeni izven ohišja. Kljub temu smo izdelali še nekaj modelov z grelci, zamaknjenimi izven ohišja, vendar brez texture, saj smo se soočali s prvim izzivom: kako narediti mehanizem za enostavno menjavo baterij. Naša prva ideja je bila, da bi mehanizem vgradili v zamaknjene grelce. Poleg tega smo želeli raziskati tudi možnost 3D tiskanja vseh sestavnih delov v enem kosu (Slika 13), saj bi s tem močno olajšali proizvodnjo, ker bi lahko naenkrat 3D tiskali več izdelkov. To bi nam omogočilo 3D tiskanje na daljavo, tako da nihče ne bi rabil biti prisoten ob 3D tiskalniku dalj časa (idealno 1 teden), in tako ne bi potrebovali tiskalnika doma, temveč v prostorih, kjer ne bi nikogar motil. Kljub trudu in vsaj petim 3D modelom, ki naj bi se natisnili v enem kosu, nam ni uspelo izdelati modela, ki bi bil dovolj dober, saj pri FDM tehnologiji 3D tiskanja gravitacija in ventilatorji pri šobi ne omogočajo tiskanja natančnih previsov, kljub uporabi podpor.



Slika 11: Prvi prototip spredaj



Slika 12: Prvi prototip iz strani



Slika 13: Nedelujoč prototip 3D natisnjen v enem kosu

Dne 20. oktobra lani smo iz Amazon.de naročili prvo pošiljko delov, ki smo jih prejeli že po štirih dneh. Kupili smo 3 različne nikromske grelne žice, saj smo želeli raziskati njihov grelni učinek, a smo že kmalu po prvih preizkusih in izdelanem prototipu ugotovili, da nikromska žica ni najbolj primerna za naš izdelek, saj je imela veliko slabosti:

- Zahtevnejši in daljši proces priprave delov; žico je bilo treba natančno razrezati na točno določeno dolžino, da bi dosegli želeno upornost.
- V primerjavi z upori veliko težje spajkanje, saj smo morali paziti na lokacijo spoja zaradi predpisane dolžine žice.
- Občutno slabše gretje kot z upori, predvsem pri nižjih tokovih.
- Zaradi majhnega preseka žice je bila montaža v ohišje bolj zahtevna; omogočala je manjše ohišje, v katerega pa nismo mogli vgraditi stikala in senzorja pregrevanja zaradi velikosti.

### 4.1.1 Izzivi pri razvoju izdelka

Po neuspehu z nikromsko žico smo se odločili, da bomo uporabili upore kot grelce, ki smo jih prav tako naročili iz Amazon.de, obenem pa smo opustili idejo o 3D tiskanju izdelkov v enem kosu in se usmerili v tiskanje vsakega sestavnega dela posebej.



Slika 14: Prototip 3D natisnjen v več kosih, z novim mehanizmom za sestavljanje

V tistem obdobju razvoja so nam največje izzive predstavljali:

**Kako narediti zanko za vrvico za zaščito pred padcem in izgubo?** Najprej smo želeli zanko vgraditi na ohišje, vendar ni bilo dovolj prostora, zato smo začeli raziskovati druge možnosti. Izdelovali smo snemljive zanke, ki niso bile dovolj trdne, za 3D tiskanje pa smo potrebovali podpore, ki jih je bilo težko odstraniti. K sreči smo zaradi slabe odpornosti proti padcem utrdili in prenovili spodnji del ohišja, kjer je nastal prostor za zanko, kamor se priveže vrvica.

**Kako zmanjšati spojne linije na površini 3D natisnjenih izdelkov?** Grelci so imeli zaradi tanke zunanje plasti, ki meri le 0,35 mm, slabo zunanjo površino, saj je bila ob vsakem grelcu vidna črta (Slika 15). Kljub pomoči strokovnjakov s forumov na Redditu in Facebooku nam najprej ni uspelo rešiti te pomanjkljivosti našega izdelka, zato smo se odločili, da bomo sami raziskali Bambu Slicer in odpravili napako. Na srečo imamo 3D tiskalnik, ki omogoča tiskanje z več barvami hkrati, zato smo predpostavili, da če bi zunanjo plast tiskali z drugo barvo, ne bi prišlo do spojnih linij pri vsakem grelcu, temveč bi nastala le ena, kot pri vsakem 3D natisnjenem kosu. Naš 3D model smo zato preuredili in ga natisnili iz več sestavnih delov, pri čemer smo za vse dele izbrali isto barvo in se tako izognili nepotrebnim menjavam materiala v šobi ter s tem preprečili dodatne odpadke.



Slika 15: Spojna linija na površini grelca

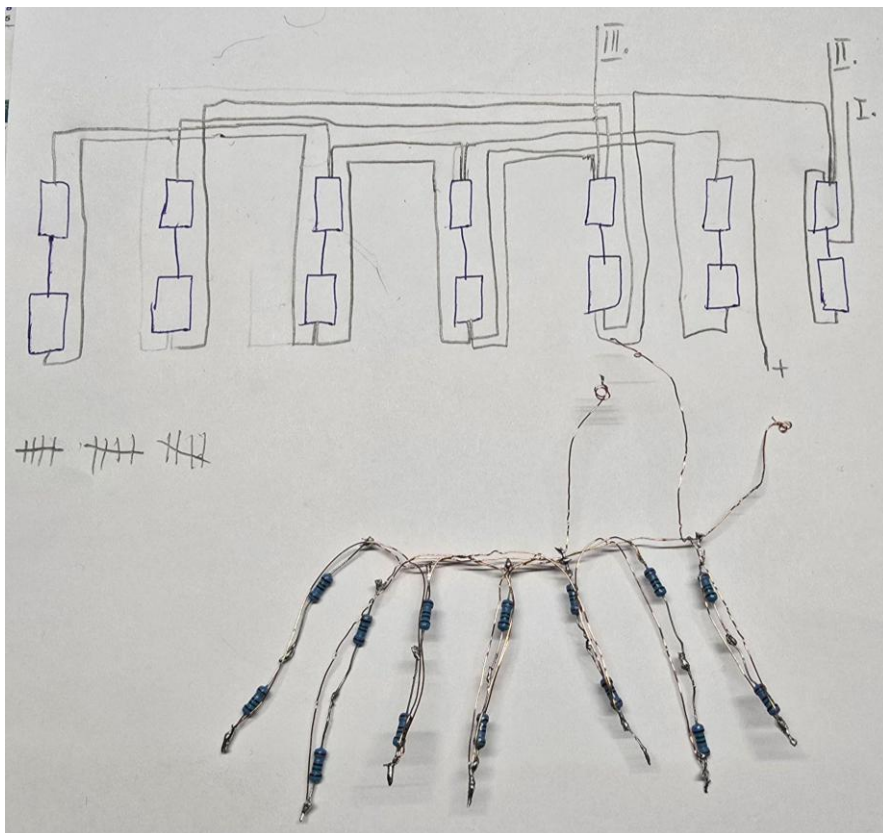
**Kako narediti mehanizem za enostavno sestavljanje izdelka?** Prvi delujoč prototip ni imel posebnega mehanizma, temveč je bil le zlepljen, zato je bil zelo občutljiv na udarce, saj je bilo lepilo zaradi pritiska vzmeti pod obremenitvijo. To smo rešili tako, da smo najprej naredili mehanizem, kjer je notranji kos le pritrjen, zgornji del ohišja pa se je z vrtljivimi zobmi zataknil. Ta mehanizem ni bil ustrezen, saj so se žice ob vrtenju zategnile, izdelek pa je bilo enostavno razdreti (Slika 16). Ker smo vedeli, da lahko izdelek izboljšamo, smo nadaljevali z raziskovanjem in razvili drug mehanizem, kjer se notranji del zatakne z vrtljivimi zobmi, zgornji del ohišja pa se samo natakne in zalepi. S tem smo dosegli trdnost izdelka ter hitro in enostavno montažo (Slika 14).



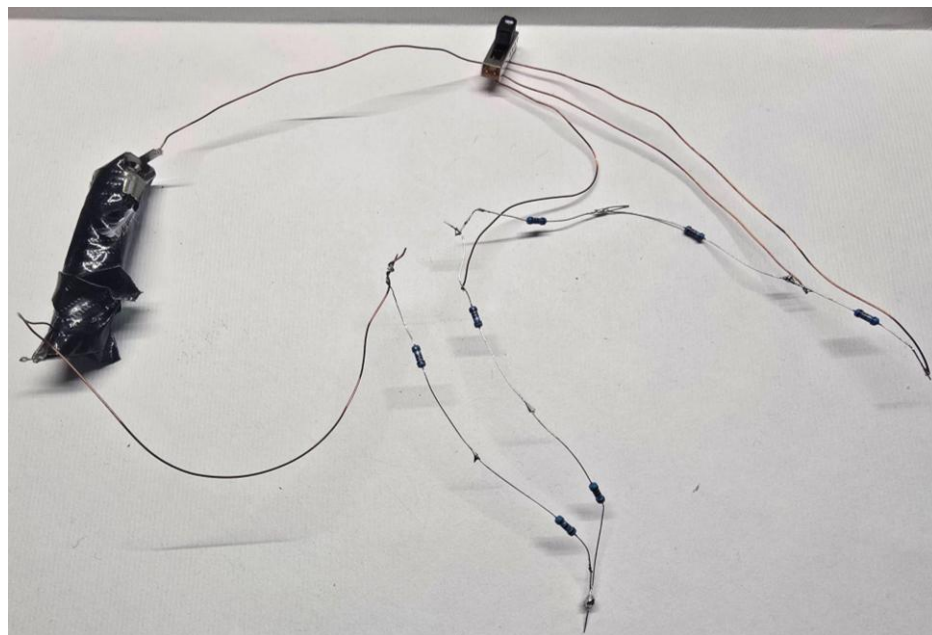
Slika 16: Prvi mehanizem za enostavno sestavljanje

**Kako narediti mehanizem za enostavno menjavo baterij?** Kljub temu da smo že od začetka želeli imeti takšen mehanizem na naših izdelkih, prvi prototipi te možnosti niso imeli. Šele po več kot petih poskusih nam je uspelo izdelati delujoč mehanizem, saj smo sprva želeli narediti mehanizem po zgledu vrat, ki ga ni mogoče izdelati v tako majhni velikosti. Nato smo spremenili dizajn po zgledu zamaška na plastenkah, ki je deloval, ko smo po nekaj poskusih prilagodili tolerance.

**Izbira števila uporovnih grelcev in vrednosti uporov:** Najprej smo uporabili le 3 upore (v modelu z eno stopnjo gretja), kar se je izkazalo kot premalo, saj toplota ni bila dovolj enakomerno razporejena. Zato smo kasneje uporabili več uporov, a smo bili zaradi velikih uporov in majhne napetosti primorani uporabiti večje število uporov, kot bi bilo idealno, ki so bili vzporedno vezani. Tako smo naredili veliko prototipov z 8, 13, 14 in 15 upori z vrednostjo 0,5 ohma in 1 ohm, kar se je izkazalo za neučinkovito, saj so skoraj vsi prototipi premalo grelji, obenem pa so omogočali prevelik tok, zato se je pregrevalo stikalo, ki ni zdržalo približno 1,4 A. Na začetku letošnjega leta smo iz Kitajske naročili nove dele, med katerimi so bili veliko manjši upori z upornostjo 0,1 ohma, 0,22 ohma in 0,33 ohma, ki smo jih lahko vezali zaporedno. S tem smo zmanjšali dolžino žice, s tem zmanjšali izgube in olajšali postopek izdelave. Zaradi zaporedne vezave smo lahko vezali le omejeno število uporov, najbolj optimalne rezultate pa smo kljub ne tako dobri razporeditvi toplote dosegli s sedmimi upori.



Slika 17: Vezje enega izmed prototipov z 14 upori



Slika 18: Slika končnega vezja z 7 upori

**Glajenje površine 3D natisnjenih izdelkov:** Želeli smo doseči površino 3D natisnjenih izdelkov, ki bi bila podobna brizganim izdelkom. Izbrali smo PETG filament zaradi enostavnega tiska, dobre odpornosti na vremenske vplive in ker v nasprotju z ABS filamentom med 3D tiskanjem ne oddaja strupenih hlapov, kar je primerno za tiskanje v bivalnih prostorih z odprtim 3D tiskalnikom. Raziskali smo več metod glajenja površine PETG izdelkov in se odločili za glajenje s hlapi topila. Načini glajenja:

- **Brušenje z brusnim papirjem:** Ta metoda zahteva veliko časa in truda, da bi dosegli zadovoljive rezultate, kar je za naš projekt preveč zamudno in neučinkovito, zato je nismo uporabili.
- **Segrevanje z vročim zrakom:** Čeprav je hitra in učinkovita, zahteva izjemno natančnost, saj lahko previsoka temperatura hitro deformira ali uniči izdelek. Zaradi tveganja in pomanjkanja ustrezne opreme je nismo preizkusili.
- **Premaz z epoksi smolo ali drugim premazom:** Premaz je razmeroma enostaven in daje dobre rezultate, vendar je dolgotrajen, obenem pa bi zahteval prilagoditev toleranc 3D modelov zaradi dodane plasti premaza, zato tudi te metode nismo uporabili.
- **Topljenje površine s topilom (z MEK):** Ta metoda je pogosto uporabljena za ABS filament, ki se enostavno in učinkovito zgladi s hlapi acetona. Pri PETG je drugače, saj je bolj obstojen na kemikalije in zato potrebuje močnejša topila. Za to metodo smo se odločili, ker je hitra, v nekaterih primerih omogoča dobre rezultate in je enostavnejša od nekaterih drugih metod. Za glajenje smo izbrali MEK (Methyl Ethyl Ketone), ki je eno izmed najmanj nevarnih, a tudi manj učinkovitih topil za glajenje PETG. Vseeno smo morali uporabljati zaščitna očala, rokavice in masko, teste pa smo izvajali zunaj, kar je bil eden izmed glavnih razlogov, zakaj nam še ni uspelo zgladiti površine, saj je bilo zunaj zelo mrzlo in MEK ni dovolj hitro izhlapeval, da bi hlapi povzročili zadostne spremembe na materialu. Zato bomo morali raziskati možnosti segrevanja MEK, kar zaradi visoke vnetljivosti ni enostavno, saj zaradi varnosti ne smemo uporabljati ognja ali električnih grelcev v bližini zaradi nevarnosti vžiga, lahko pa uporabimo vročo vodno kopel.



Slika 19: Priprava na glajenje z MEK



Slika 20: Glajenje s hlapi MEK



Slika 21: Embalaža MEK

## 4.2 Razvoj škatlice

Poleg grelcev za roke smo morali izdelati tudi škatlico, v katero je mogoče grelce shraniti. Ob prvem prototipu grelcev smo izdelali tudi prvi 3D model škatlice, ki smo jo nato 3D natisnili, vendar mehanizem za zapiranje pokrova ni deloval. Prav tako mehanizem ni deloval pri drugem modelu, ki je vseboval prostor za rezervni bateriji. Pri tretjem modelu pa nam je končno uspelo izdelati delujoč mehanizem za zapiranje pokrova, tako da smo v tečaj namesto plastike vstavili kovinsko palčko.

Pri četrtem modelu smo se soočili z izzivom, kako v škatlico hkrati vstaviti tako rezervni bateriji kot grelce z vrvicami za zaščito pred padcem in izgubo, kar nam je uspelo že v prvem poskusu. V zadnjem, končnem prototipu smo izboljšali tudi zatič, zato se pokrov ne more samodejno odpreti. Na pokrov smo dodali tudi logotip našega podjetja.



Slika 22: Škatlica prvega prototipa



Slika 23: Tretji model škatlice pred sestavljanjem

### 4.3 Embalaža

Iz Kitajske smo naročili črne škatle dimenzij  $9 \times 9 \times 4$  cm, ki so izdelane iz tršega papirja. Na vsako škatlo nalepimo etiketo, v notranjosti pa se nahajajo dvo-stranska navodila za uporabo. Škatla je nekoliko prevelika za izdelek, saj ni bila izdelana po meri.



Slika 24: Izdelek v škatli

## 4.4 Opis delovanja

Naši grelci za roke delujejo s pomočjo ene AA baterije na posamezen grelec; priporočljiva je uporaba polnilnih baterij, možna pa je tudi uporaba baterij za enkratno uporabo (alkalnih baterij), torej vseh baterij velikosti AA z napetostjo 1,2–1,5 V (bistvene razlike v gretju med baterijami z 1,2 V in 1,5 V nismo zaznali). Na baterijo so zaporedno vezani:

- Senzor temperature, ki prekine tokokrog ob temperaturi 60 °C,
- Drсно stikalo s štirimi pozicijami (izklop + 3 stopnje gretja),
- 7 zaporedno vezanih grelcev.

Ko preklopimo stikalo na prvo stopnjo gretja, se greje vseh 7 grelcev, a zaradi večje skupne upornosti teče manjši tok, zato se grelci manj grejejo kot na drugi stopnji, kjer je aktivnih 6 grelcev. Na tretji stopnji gretja se grejejo le 4 grelci z najmanjšo upornostjo, zato teče skozi njih največji tok, ki omogoča hitro segrevanje. Ker učinek segrevanja ni linearen s tokom – saj se ob dvakratnem dvigu toka upori segrejejo vsaj štirikrat bolj – dosegajo naši grelci največjo učinkovitost pri najvišji, tretji stopnji gretja. Če se grelec v notranjosti segreje nad 60 °C, je pod drsnim stikalom za izbiro stopnje gretja vgrajeno temperaturno stikalo, ki prekine tokokrog; ko se grelec ohladi nazaj na 45 °C, se temperaturno stikalo ponovno sklene in grelec se spet začne greti. Glede na polariteto baterije je vseeno, kako baterijo vstavimo v grelec, čeprav ima pravilno vstavljena baterija na zunanji strani, kjer se privije pokrovček, pozitivno polariteto (+). Baterijo je enostavno zamenjati, saj je treba le odviti spodnji pokrovček, odstraniti staro baterijo, vstaviti novo in pokrovček nazaj priviti.



Slika 25: Končni izdelek v škatlici

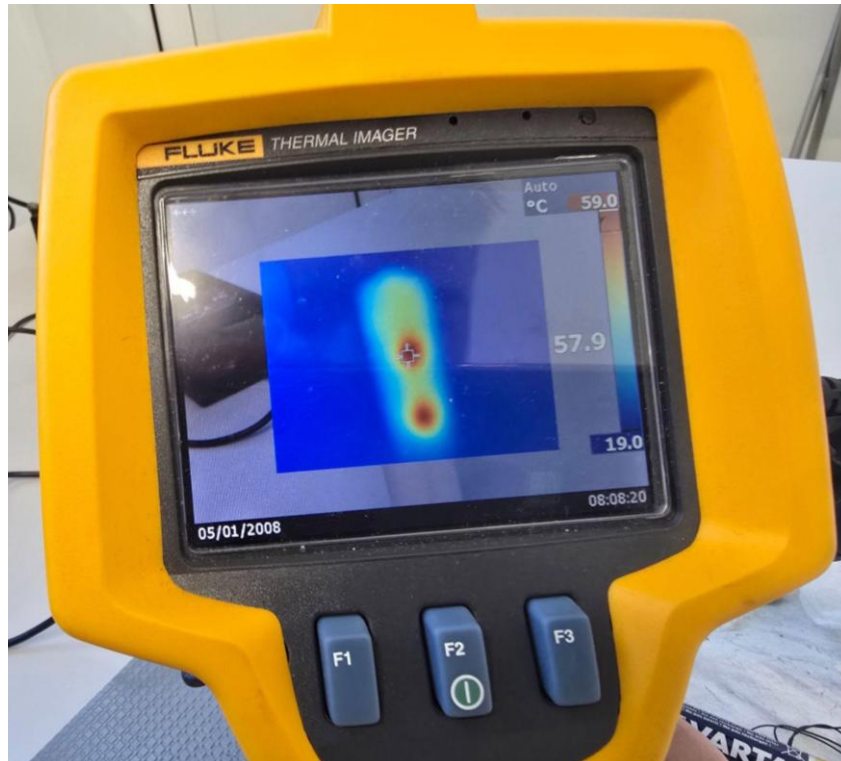
## 4.5 Preizkus in meritve

Tako končni izdelek kot vmesne prototipe smo večkrat preizkušali s termalnimi kamerami. Pri začetnih prototipih smo opazili, da toplota ni dovolj enakomerno razporejena, zato smo v naslednjih modelih povečali število grelcev. Vendar smo zaradi večjega toka, ki ga ostale komponente (stikalo) niso prenesle, morali število grelcev ponovno zmanjšati in jih bolje razporediti, da smo dosegli sicer ne idealno, a zadostno razporeditev toplote. Izmerili smo tudi, koliko se ob uporabi segreje baterija, vendar se tudi po daljši uporabi pri sobni temperaturi ni segrela nad 45 °C. Poleg toplote smo merili tudi porabo in avtonomijo baterije. Izmerili smo, da grelci na tretji stopnji porabljajo približno 1,2 A, na drugi stopnji približno 0,8 A, na najnižji, prvi stopnji pa približno 0,5 A. Vse vrednosti se seveda spreminjajo glede na praznjenje oziroma stanje baterije.

Vse delujoče prototipe in končni izdelek smo preizkusili zunaj, v rokavicah in brez njih, ter pri prvih prototipih ugotovili, da niso dovolj trdno zgrajeni in se lahko med uporabo razdrejo; grelci pa so dovolj, le da toplota ni bila dovolj enakomerno razporejena. Pri kasnejših prototipih, ki so se večinoma premalo grela, smo naredili tudi drop test, kjer smo iz višine 1,5 metra spustili izdelek, ki se je razbil kot steklo. Zato smo naredili nekaj sprememb, ki pa niso zadostovale, saj se je izdelek ponovno razbil pri drugem drop testu. Pri izdelavi četrte generacije prototipov smo zato posebno pozornost namenili trdnosti, saj smo dodali precej materiala na najbolj šibko točko – pokrovček za zamenjavo baterij, ki se je na prvih dveh testih razbil, tretjega pa je preстал brez poškodb. Naš izdelek je torej preстал padec iz 1,5 metra na ravno površino, vseeno pa obstaja tveganje, da se ob padcu razbije.



Slika 26: Merjenje toka na najnižji stopnji



Slika 27: Test gretja drugega prototipa s termalno kamero



Slika 28: Test gretja končnega izdelka s termalno kamero

## 4.6 Postopek izdelave izdelkov

1. Najprej 3D natisnemo vseh 12 kosov iz PETG, kar traja približno 5 ur.
2. Obdelamo in zgladimo površino 3D natisnjenih kosov.
3. Kontakte za baterije prilepimo na ohišje.
4. Razrežemo kovinsko sponko, jo oblikujemo in en del vstavimo v škatlico, druga dva dela pa spajkamo z žico ter ju pritrdimo na ohišje.
5. Izdelamo vezje ter upore in žice spajkamo po shemi.
6. V luknje v ohišju naneseemo termalno pasto in vanje vstavimo vezje.
7. Žice poravnamo v zato namenjeno režo in jih spajkamo na stikalo.
8. Senzorju za toploto skrajšamo žice ter ga na eni strani spajkamo na negativni kontakt za baterijo, na drugi strani pa na stikalo. Senzor nato zatakujemo v za to določeno pozicijo.
9. Kos, ki nosi stikalo, zatakujemo z vrtljivimi zobmi, ga namažemo z lepilom in nanj pritrdimo zgornji del ohišja.
10. Na stikalo natakujemo plastično tipko, ki prikazuje stopnjo gretja.
11. V grelca vstavimo baterije in privijemo pokrovčka.
12. V za to namenjeno zanko privežemo vrvico za zaščito pred padcem in izgubo.
13. Greleca testiramo in ju pospravimo v škatlico.
14. Natisnemo navodila in etiketo ter sestavimo črno papirnato škatlo.
15. Etiketo nalepimo na škatlo ter vanjo vstavimo navodila in izdelek.
16. Izdelek je končan.

## 4.7 Konkurenca in naše prednosti pred njo

Naš izdelek, HUP grelci za roke, ima precej raznoliko konkurenco. Obstajajo veliko cenejši kemični grelci za roke, ki jih je mogoče kupiti za 5–10 €; poleg cene je njihova prednost tudi, da se segrejejo v le nekaj sekundah in ostanejo topli več ur. Vendar imajo tudi nekaj slabosti, saj so navadno precej veliki in jih ni mogoče vstaviti v rokavico; narejeni so iz tanke plastične folije, v kateri je tekočina, ki sicer ni strupena, a je vseeno nadležna, če grelec počí in se razlije v nahrbtniku ter lahko poškoduje osebno lastnino; grelcev ni mogoče izklopiti, ko so enkrat prižgani, in ni mogoče izbirati stopnje gretja. Pri nakupu kemičnih grelcev, ki jih je mogoče večkrat uporabiti, je treba upoštevati tudi, da se ponovno napolnijo tako, da jih za nekaj časa namočimo v vrelo vodo, ki pa ni vedno na voljo, zato je uporaba takšnih grelcev težja.

Poleg kemičnih grelcev obstajajo tudi baterijski grelci za roke, ki jih je mogoče kupiti za 15–40 €, odvisno od kakovosti in izvedbe. Prednosti takšnih grelcev so enostavna ponovna uporaba, saj je mogoče baterije enostavno napolniti; za razliko od kemičnih grelcev je mogoče nastaviti stopnjo gretja in grelec po želji izklopiti (npr. med kosilom), s čimer se podaljša življenjska doba baterije. V primerjavi z kemičnimi grelci imajo električni grelci ponavadi podobno življenjsko dobo baterije, nimajo pa možnosti, da bi počili in se razlili, zato so varnejša izbira. Seveda imajo električni grelci tudi slabosti, kot so višja cena, dolg čas polnjenja baterij in omejena uporaba pri daljših dejavnostih, kot je celodnevno smučanje, kjer ena baterija ne zdrži dovolj dolgo, ter daljši začetni čas segrevanja.

Naš izdelek sodi med baterijske grelce za roke in ima poleg prednosti, ki jih ponujajo ostali baterijski grelci, tudi druge prednosti, zaradi katerih izstopa. Prednosti naših grelcev pred konkurenco so:

- Enostavna zamenjava baterij, kar pomeni, da lahko pri daljših dejavnostih s seboj vzamemo rezervne baterije in jih zamenjamo, s čimer močno podaljšamo čas gretja naših grelcev. Zato so, za razliko od drugih, naši grelci za roke primerni za uporabo pri celodnevnikih aktivnostih.
- Zaradi možnosti enostavne menjave baterij je v primeru okvare ali degradacije baterije menjava zelo poceni, pri konkurenci pa je menjava baterije zahtevna, zato večina raje kupi nov izdelek. Poleg tega bi bilo naš izdelek v večjih količinah mogoče proizvajati po nižji ceni od konkurence, zato je bolj trajnosten in na dolgi rok celo cenovno ugodnejši kot nekateri kemični grelci, ki jih je treba menjati približno vsako eno do dve leti.
- Zaradi lastno razvite tehnologije grelcev, ki smo jo poimenovali QRH (Quick Resistor Heaters), saj so sestavljeni iz kovinskih uporov, termalne paste za hiter prenos toplote in ohišja iz PETG materiala debeline le 0,35 milimetra, se naši grelci segrejejo do 50 °C v manj kot 60 sekundah, kar je hitreje od konkurence.
- V primerjavi z ostalimi baterijskimi grelci ima naš tudi eno slabost, in sicer je baterije treba polniti izven grelcev na polnilcu za polnilne baterije, ki ni priložen ob izdelku, a ga ima veliko gospodinjstev že doma. Zaradi tega je naš izdelek bolj zahteven za uporabo, saj je poleg grelcev potreben tudi polnilec.



Slika 29: Kemični grelci konkurence



Slika 30: Električni grelci konkurence

## 4.8 Specifikacije izdelka

- 3 stopnje gretja
- najvišja temperatura: 60°C
- Zaščita pred pregrevanjem,
- čas segrevanja do 50°C je do 60 sekund (merjeno pri sobni temperaturi 20°C)
- QRH (Quick Resistor Heaters) tehnologija gretja s sedmimi grelci
- Avtonomija baterije: 2-5 ur (odvisno od stopnje gretja in zunanjih pogojev)
- Kapaciteta baterije: 2400 mAh (kakovostna polnilna AA Amazon Basics NiMH baterija)
- Možna uporaba z katerokoli AA baterijo z napetostjo 1,2 ali 1,5V
- Material ohišja: PETG, Material grelcev: Kovina
- V vsakem pakiranju je: HUP škatlica, 2 HUP grelca za roke, 2 bateriji, 2 vrvici za zaščito pred padcem in izgubo



Slika 31: HUP grelci za roke

## 4.9 Mnenja

Pred začetkom prodaje smo izdelek predstavili študentom in bivšim dijakom naše šole, ki so prišli predstaviti fakultete, ti pa so nam podali nekaj mnenj in predlogov o naših izdelkih. Predlagali so, da bi lahko v svoje grelce vključili elemente, ki bi dvignili napetost baterije ter s tem povečali učinkovitost delovanja in zmanjšali pregrevanje stikala; vseh pa jim je bil dizajn, ki spominja na brezžične slušalke.

## 5. Ekonomika

### 5.1 Seznam materiala

Material smo naročali iz Nemčije in Kitajske, dobavitelji: Amazon.de, Conrad, AliExpress. Nekaj stvari smo kupili tudi v Sloveniji, filament pa pri Bambu Lab EU. Za izdelavo enega izdelka potrebujemo:

(odebeljene cene v oklepaju so cene artikla, uporabljenega za en izdelek)

#### Za plastične kose (ohišje):

- ~60 gramov PETG filamenta za 3D tiskanje (~3 g ene barve, preostalo druge barve); za izdelavo smo uporabili Bambu Lab in Sunlu filament, a smo žal prejeli deformiran Bambu Lab filament, kar smo ugotovili prepozno, ko smo z njim že izdelali več kot 10 prototipov in nekaj končnih izdelkov. Z Sunlu filamentom smo zadovoljni, saj so izdelki lepi, svetleče črne barve. Cena: 17 €/kg (**1,02 €**)
- Sprej 3DLAC za Bambu Lab Smooth Plate ploščo za 3D tiskanje, ki omogoča, da se med 3D tiskanjem PETG kosi dobro oprimejo plošče (potrebni je nekaj ml, ~2 ml). Cena: 11 €/400 ml (**0,06 €**)
- 70 % alkohol (etanol); pred vsakim 3D tiskanjem je treba ploščo za 3D tiskanje sprati, saj na njej ostanejo madeži 3DLAC spreja, ki jih je najlažje odstraniti z alkoholom (potrebni je nekaj ml, ~2 ml). Cena: 7,26 €/100 ml (**0,15 €**)
- V primeru glajenja površine PETG s hlapi MEK (Methyl Ethyl Ketone) je potrebnih nekaj ml MEK, ~5 ml. Cena: na [revivo.si](http://revivo.si) 13,69 €/1 liter (**0,07 €**)

#### Deli električnega vezja:

- Z lakom izolirana transformatorska žica (0,3/0,4 mm). Najprej smo uporabili 0,3 mm žico, vendar smo zaradi spremembe vezja na koncu lahko uporabili 0,4 mm žico. V vsakem grelcu je približno 40 cm žice, torej v celotnem izdelku približno 80 cm. Cena: 14 €/100 m (**0,11 €**)

- Dršno stikalo s štirimi pozicijami, 10 pini. V vsakem grelcu je eno stikalo, torej v celotnem izdelku sta 2 stikali. Cena: v Nemčiji 0,55 €/kos, na Kitajskem 0,32 €/kos (**0,64 €–1,10 €**)
- KSD9700 temperaturno stikalo (termostatsko stikalo). V vsakem grelcu je eno temperaturno stikalo, torej v celotnem izdelku sta 2 temperaturni stikali. Cena: v Nemčiji 1,86 €/kos (za 14 kosov), na Kitajskem 0,56 €/kos (**1,12 €–3,72 €**)
- Kovinski upori z nazivno močjo 1/4 W, vrednosti 0,1 ohm, 0,22 ohm, 0,33 ohm. V vsakem grelcu je 7 uporov: 4x 0,1 R, 2x 0,22 R, 1x 0,33 R; torej v celotnem izdelku je 14 uporov. Cena: na Kitajskem 0,02 €/kos (**0,28 €**)
- Kontakti za baterije, velikosti 13 x 12 x 1,2 mm, z vzmetjo, dolgo 11 mm. V vsakem grelcu je en par kontaktov, torej v celotnem izdelku sta 2 para. Cena: v Nemčiji 0,44 €/par, na Kitajskem 0,08 €/par (**0,16 €–0,88 €**)
- Polnilne AA baterije znamke Amazon Basics s kapaciteto 2400 mAh. V vsakem izdelku sta dve bateriji. Cena: v Nemčiji 1,32–1,48 €/kos (za 24 kosov) (**2,64 €–2,96 €**)
- Pisarniške sponke za papir, 26 mm. Uporabljene so kot povezava med kontaktom za baterijo in ohišjem ter v škatlici za grelce v mehanizmu za zapiranje pokrova. V vsakem izdelku je uporabljena ena sponka. Cena: v Müllerju 2,8 €/1000 kosov (**0 €**)
- Cin za spajkanje. Za vsak izdelek sta potrebna približno 2 g. Cena: 80,30 €/kg (**0,16 €**)
- Termalna pasta nižje kakovosti; v vsakem izdelku je približno 4 g paste. Zaradi izredno visoke cene kakovostnih termalnih past (10 € za 4 g) smo morali uporabiti cenejšo alternativo. Cena: v Nemčiji 8,15 € za 100 g (**0,33 €**)

### Dodatne komponente za sestavljanje izdelka:

- Lepilo, ki omogoča hitro sušenje. Uporabljeno je za pritrditev kontaktov za baterijo in za lepljenje ohišja. Za vsak izdelek je potrebnih približno 0,7 g lepila. Cena: 3,6 € za 7 g (**0,36 €**)
- Vrvica za zaščito pred padcem in izgubo izdelka. Na vsak grelec je mogoče opsijsko pritrditi vrvico, zato ob vsakem izdelku prideta dve vrvici z dolžino ročaja 12 cm. Cena: na Kitajskem 0,05 €/kos (**0,10 €**)

### Embalaža:

- Škatla, dimenzij 9 x 9 x 4 cm, črne barve iz debelega papirja. Cena: na Kitajskem 0,66 €/kos (**0,66 €**)
- Navodila za uporabo in etiketa, natisnjeni na navadnem tiskalniku v velikosti A4. Dva A4 lista na izdelek. Cena: 0,08 €/list (**0,18 €**)



Slika 32: Termalna pasta

## 5.2 Seznam orodja/strojev

Za izdelavo plastičnih delov ohišja potrebujemo kakovosten 3D tiskalnik znamke Bambu Lab z AMS oziroma AMS Lite, saj so nekateri deli dvobarvni, poleg tega smo gladko zunanjo površino dosegli s posebnimi nastavitvami, dostopnimi samo za tiskalnike, ki omogočajo večbarvno tiskanje. (Uporabe 3D tiskalnikov drugih znamk nismo testirali, zato ne vemo, ali je naš 3D model, ki je bil posebej modeliran za Bambu Lab A1 Combo, združljiv z drugimi 3D tiskalniki.)

- Vse dele smo natisnili z Bambu Lab A1 z AMS Lite 3D tiskalnikom; pred 3D tiskanjem je treba PETG filament posušiti, za to smo uporabili predelan sušilec hrane Gorenje.
- Za spajkanje električnih komponent je potreben spajkalnik.
- Za rezanje žice so potrebne klešče ali škarje.
- Za odstranjevanje laka z žice ter vstavljanje kontaktov za baterije je potreben majhen ploščat izvijač.
- Za merjenje dolžin žice je potrebno digitalno kljunasto merilo.
- Za glajenje površine PETG s hlapi MEK (Methyl Ethyl Ketone) je potrebna zaščitna varovalna oprema (rokavice, maska, očala) ter steklene ali kovinske posode s pokrovom.



Slika 33: 3D tiskalnik Bambu Lab A1



Slika 34: Sušilec za filament

### 5.3 Dijaško podjetje

Ob koncu lanskega leta smo v okviru Junior Achievement Slovenija odprli dijaško podjetje HUP d.d., kjer se ukvarjamo z izdelavo HUP grelcev za roke. V začetku decembra smo na šoli organizirali prodajo delnic, kjer smo večinoma profesorjem naše šole prodali 15 delnic v skupni vrednosti 150 €, kar je prispevalo k našemu začetnemu kapitalu in omogočilo razvoj izdelka. Naše izdelke smo predstavili na informativnih dneh na naši šoli, ki so potekali 14. in 15. februarja letos, kjer si je naše izdelke v treh terminih v 19 skupinah ogledalo med 500 in 600 ljudi. Veliko ljudi je izkazalo zanimanje za naš izdelek, vendar žal nismo imeli izdelkov, ki bi jih lahko takoj kupili, zato nismo ničesar prodali, razdelili pa smo veliko vizitk in letakov. Prvič smo izdelke prodajali 11. marca letos v Supernovi na Rudniku v Ljubljani, kjer smo prejeli prvo naročilo. Naredili smo tudi spletno stran, kjer je naše izdelke možno naročiti. Naš končni cilj je prodati 20 izdelkov in povrniti vse stroške. Ob koncu letošnjega leta se bo naše dijaško podjetje zaprlo.



Slika 35: Logotip HUP d.d.



Slika 36: QR koda naše spletne strani

## 5.4 Stroški in cena izdelka

Za posamezen izdelek so:

- **Stroški materiala:** med 8,04 € in 12,14 €, odvisno predvsem od dobavitelja.
- **Stroški obrabe orodja:** ocenjeni na 1,97 €; 3D tiskanje nas stane 0,25 €/uro, električna 0,30 €, ostalo je obraba preostalega orodja in spajkalnika (upoštevana je življenjska doba orodja 3000 ur, uporaba orodja 5 ur, poraba elektrike pa ~1,2 kWh).
- **Stroški razvoja izdelka in material, ki se ni porabil do konca:** trenutna ocena je 260 €; nekatere dele je mogoče kupiti le v velikih količinah, zato je veliko delov ostalo neuporabljenih, prav tako smo kupili veliko napačnih delov, ki smo jih nadomestili z drugimi v procesu razvoja. Stroški razvoja tako močno vplivajo na stroške posameznega izdelka, saj bomo izdelali manj od začetno predvidenih izdelkov. V začetnem načrtu smo imeli cilj prodati 100 izdelkov, vendar smo morali načrt spremeniti, tako da imamo sedaj cilj prodati vsaj 20 izdelkov. V primeru prodaje 20 izdelkov so stroški razvoja na posamezen izdelek ~13 €.

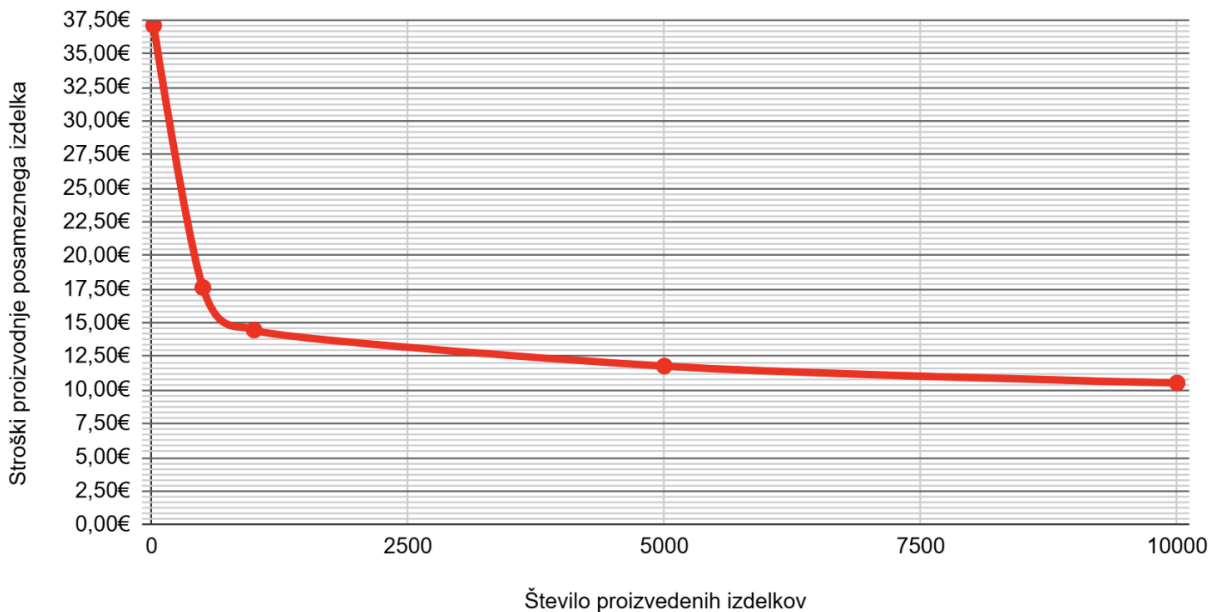
Za izdelavo enega izdelka se stroški gibljejo med 23,01 € in **27,11 €**, ob upoštevanju plačanega dela za proizvodnjo, ki traja 1 uro za posamezen izdelek pa še 10 € več (33,01€ do 37,11 €). Med stroške nismo šteli našega dela za razvoj, torej približno 400 ur. Ob upoštevanju našega dela, če bi bilo plačano le 10 €/uro, bi bilo naše podjetje močno v minusu, saj bi bilo ob ohranitvi cene izdelka približno med 4060 € in 4140 € v minusu; če pa bi se želeli izogniti dolgu podjetja, bi morali ceno izdelkov dvigniti na med 233 € in 237 €, posledično pa nihče ne bi kupil naših izdelkov. Ob upoštevanju trenutne cene našega izdelka bomo ob neupoštevanju plačanega dela zaslužili med 57,80 € in 139,80 €, za naše delo pa bomo plačani približno med 0,14 € in 0,33 €/uro, kar je zelo malo.

**Cena našega izdelka je 29,99 €.**

V primerjavi s konkurenco je cena naših izdelkov trenutno primerljiva. Kemični grelci za večkratno uporabo povprečno stanejo med 5 € in 10 €, nekateri bolj kakovostni pa celo okoli 15 €; ob upoštevanju, da je take grelce treba menjati pogosteje (ponavadi vsako leto), so naši grelci, ki so bolj obstojni in lahko zdržijo več kot 3 leta, dolgoročno cenejši. Tudi v primerjavi z ostalimi baterijskimi grelci, ki stanejo povprečno med 20 € in 30 €, kakovostnejši pa tudi preko 40 €, bi lahko bili cenejši, saj je možna menjava baterije in tako tudi v primerjavi z ostalimi električnimi grelci daljša življenjska doba.

Poleg tega bi lahko v primeru večje serije izdelkov močno znižali ceno naših izdelkov. Če bi izdelali 500 izdelkov bi bila cena proizvodnje posameznega izdelka **17,63 €**, ob upoštevanju 5 % popusta in časom sestavljanja 45 minut. V primeru, da bi izdelali 1000 izdelkov, bi bili stroški materialov nekoliko nižji zaradi količinskega popusta (ocenjeno na 10 %), torej 7,24 €; stroški obrabe orodja bi ostali enaki, torej 1,97 €; stroški razvoja bi se močno zmanjšali na le 0,26 € na izdelek; v primeru plačanega sestavljanja izdelka, ki bi trajalo le 0,5 ure, bi porabili 5 € na izdelek (ob plačilu 10 € bruto), kar bi skupaj znašalo **14,47 €**. Ob upoštevanju tudi plačanih 400 ur za razvoj izdelka po ceni 10 € bruto bi bila končna cena proizvodnje 18,47 €. Če bi izdelali 5000 izdelkov bi proizvodnja stala **11,79 €** za posamezen izdelek ob upoštevanju 20 % popusta in časom sestavljanja 20 minut. V primeru, da pa bi izdelali 10.000 izdelkov in dobili 25 % količinski popust, sestavljanje izdelkov pa še bolj optimizirali na 15 minut, bi se končna cena proizvodnje znižala na le **10,53 €**; s tem bi lahko dosegli nižjo ceno od večine konkurenčnih izdelkov, saj bi jih lahko prodajali za manj kot 20 € in imeli vseeno zadostno maržo.

Graf cene proizvodnje posameznega izdelka, glede na število proizvedenih izdelkov



Slika 37: Graf cene proizvodnje posameznega izdelka

## 6. Rezultati

Ugotovili smo, da je razvoj izdelka zelo kompleksen in bolj dolgotrajen proces, kot smo pričakovali. Kljub številnim izzivom, s katerimi smo se soočali, veliko vloženi urami dela in porabljenimi več sto evri smo se veliko naučili in dobili odgovore na naše hipoteze:

1.	Ali lahko z uporovnimi grelci dosežemo dovolj visoko temperaturo, da bi lahko naše izdelke uporabljali brez rokavic?	DA
2.	Ali lahko z uporovnimi grelci dosežemo enakomerno gretje na celotni površini?	NE
3.	Ali lahko naredimo mehanizem za enostavno menjavo baterij?	DA
4.	Ali lahko kljub nizki napetosti dosežemo več stopenj gretja ter zaščito pred pregrevanjem?	DA
5.	Ali lahko preprečimo, da bi se AA baterija med delovanjem segrela nad 50 °C?	DA

H1: Z uporovnimi grelci lahko zelo enostavno dosežemo visoke temperature, s katerimi je možna uporaba brez rokavic.

H2: Enakomerno gretje uporovnih grelcev na celotni površini ni dosegljivo, saj smo morali upoštevati najvišjo temperaturo gretja in hitrost segrevanja ter najti pravo ravnovesje.

H3: Po številnih poskusih nam je uspelo narediti mehanizem za enostavno menjavo baterij.

H4: Kljub izzivom z visokim tokom nam je uspelo izdelati grelce s tremi stopnjami gretja in temperaturnim stikalom, ki služi kot zaščita pred pregrevanjem.

H5: Med baterijo in ohišjem smo izdelali zračni prostor, ki meri 0,4 mm in omogoča izolacijo med grelci ter baterijo; baterija se ob normalni uporabi ne segreje nad 45 °C.

## 7. Razprava

### 7.1 Možne izboljšave

Kljub temu, da smo veliko časa vložili v razvoj izdelka, bi lahko vseeno izboljšali nekaj stvari:

- Namesto izdelave vezja s transformatorsko žico bi lahko izdelali PCB-vezje in s tem dosegli bistveno lažje in hitrejše sestavljanje izdelkov ter večjo učinkovitost vezja zaradi manjšega gretja vodnikov.
- Uporaba DC-DC step-up napetostnega pretvornika, ki bi omogočal manjši tok v vezju in s tem povečal učinkovitost vezja ter omogočil uporabo lažje dostopnih uporov.
- Boljša izdelava plastičnih elementov ohišja, kot je 3D-tiskanje z resin 3D-tiskalniki, ki omogočajo večjo natančnost, ali izdelava kalupa iz aluminija in vlivanje plastičnih delov; vendar zaradi zahtevnosti in cene takšnih postopkov ne bi bilo smiselno vložiti v omenjene tehnologije, temveč bi bilo bolj smiselno bolj raziskati možnosti glajenja ali lakiranja površin, natisnjenih z FDM-tehnologijo 3D-tiskanja.
- V škatlico za grelce bi lahko vgradili polnilec za polnilne baterije, s katerim bi jih lahko polnili neposredno prek USB-C, na grelce pa dodali kontakte, da bi se baterije polnile, medtem ko so grelci pospravljeni; a to bi lahko vodilo do določenih težav pri uporabi alkalnih baterij, obenem pa smo ocenili, da bi se stroški proizvodnje zvišali za 10–15 €, bistveno pa bi se povečala tudi škatlica za shranjevanje grelcev.
- Izdelek bi lahko naredili bolj vodoodporen. Trenutno naš izdelek ni vodoodporen in v primeru, da kapljica pride do drsnega stikala, izdelek preneha normalno delovati in ga ni več mogoče izklopiti, zato je treba iz izdelka odstraniti baterijo. To bi lahko izboljšali, saj smo iz Kitajske prejeli napačna stikala, ki so manjša od prvotno uporabljenih stikal in omogočajo vgraditev dodatne zaščite pred kapljicami, kar smo poskušali vgraditi že v obstoječ model, vendar nam zaradi pomanjkanja prostora ni uspelo. Dodatna zaščita pred kapljicami bi omogočala uporabo v dežju, izdelek pa bi brez posledic preživel padec v sneg. Poleg tega bi izdelek lepše izgledal, saj notranjost stikala ne bi bila vidna.

- Optimizirali bi lahko proces sestavljanja izdelka in skrajšali proces iz ene ure na 30 minut, v primeru avtomatizacije pa na 15–20 minut.

Nekatere izmed zgoraj omenjenih izboljšav je mogoče enostavno vpeljati v naš drug, izboljšan model HUP grelcev za roke, spet druge pa so preveč zahtevne in finančno nesmiselne za naše potrebe.

## **8. Zaključek**

Kljub temu, da z izdelkom nismo rešili vseh težav smučarjev v mrazu, smo ustvarili vsestranski izdelek, ki je v mnogih pogledih boljši od konkurence, zlasti zaradi enostavne menjave baterij. Dosegli smo cilj izdelave funkcionalnih grelcev za roke z dolgo življenjsko dobo in hitrim segrevanjem, kar smo izboljšali skozi več prototipov. Pri raziskovanju in razvoju smo pridobili tehnično in poslovno znanje in smo kljub majhnemu zaslužku našega dijaškega podjetja zadovoljni z izidom. V prihodnosti želimo izdelek še izboljšati, ga uporabiti kot zaključno nalogo, ter se z njim greti v prostem času, upamo pa, da ga bodo uporabljali tudi kupci. Težave, kot je glajenje z MEK, nismo rešili zaradi mraza in varnostnih omejitev, kar zahteva nadaljnje raziskovanje, a trenutni izdelek že izpolnjuje osnovne cilje.

## 9. Literatura

Videoposnetek 1\*: Videoposnetek o polnilnih baterijah:

[https://youtu.be/X0n0X\\_B61zU?si=pCSQusqN1SKXm4AP](https://youtu.be/X0n0X_B61zU?si=pCSQusqN1SKXm4AP), Ogledano dne 17.10.2024

Drugi videoposnetek o polnilnih baterijah:

[https://youtu.be/-jXQNY6rve8?si=tV6Tb\\_dp0SpBSq6x](https://youtu.be/-jXQNY6rve8?si=tV6Tb_dp0SpBSq6x), Ogledano dne 17.10.2024

Videoposnetek 3D tiskanju s teksturo:

[https://youtu.be/4i\\_0ZYxsSZU?si=nqR71IoAsEKGFMqu](https://youtu.be/4i_0ZYxsSZU?si=nqR71IoAsEKGFMqu), Ogledano dne 7.10.2024

Forum o delovanju stikala s shemo:

<https://electronics.stackexchange.com/questions/552212/does-anyone-know-of-a-way-to-control-two-sets-of-switches-at-once>, Pridobljeno 20.10.2024