



**ŠOLSKI CENTER CELJE**

**Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije**

# **NAPRAVA ZA PRIPRAVO KABELSKIH VODNIKOV**

Mehatronika

**Avtorji:**

Luka Daničič, S-2. i

Nik Gobec, S-2. i

Andraž Štor Sorec, S-2. i

**Mentorja:**

dr. Matej Veber, univ. dipl. inž.

Gregor Brežnik, inž.

Državno srečanje mladih raziskovalcev v Murski Soboti

April 2025

## IZJAVA

Mentorja MATEJ VEBER in GREGOR BREŽNIK v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavlja, da je v raziskovalni nalogi z naslovom NAPRAVA ZA PRIPRAVO KABELSKIH VODNIKOV, katere avtorji so Luka Daničič, Nik Gobec in Andraž Štor Sorec:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 13. 3. 2025

žig šole

Podpis mentorjev

Podpis odgovorne osebe

\*

### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

## ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali pri kakršnem koli vprašanju katerega smo potrebovali za izvedbo naše raziskovalne naloge. Še posebej se zahvaljujemo mentorjema Mateju Vebru ter Gregorju Brežniku za vse nasvete in pomoči pri izdelavi. Zahvaljujemo pa se tudi profesorici Tadeji Kolman katera je lektorirala našo raziskovalno nalogo, podjetju STILLES d.o.o. in Branku Najgerju, kateri so nam omogočili uporabo delavnice in strojev.

## **POVZETEK**

Avtomatska naprava za pripravo kablskih vodnikov omogoča samodejno pripravo vodnika za priključitev v sponke. Deluje tako, da vanjo preprosto potisnemo že odrezan kos vodnika, na katerega želimo pritrditi votlico. Prednost naprave je, da lahko obdeluje žice v razponu od 0,5 mm<sup>2</sup> do 6 mm<sup>2</sup>. Naprava samodejno odstrani izolacijo, pri tem pa ne poškoduje žice v notranjosti. V uvodu raziskovalne naloge smo predstavili njen potek, opredelili cilje in hipoteze. V jedru naloge smo izvedli raziskavo in pojasnili, zakaj je naša naprava boljša od drugih, ter izvedli primerjalni test med ročnim delom in delom z napravo. Podrobno smo opisali komponente naprave in izvedli finančno analizo. V zaključku smo vključili še anketo in analizo hipotez, ki smo jih na podlagi naših dognanj bodisi potrdili bodisi ovrgli. S tem smo pridobili dragocena spoznanja, ki nam bodo koristila tako na strokovnem področju kot pri naši osebni rasti.

**Ključne besede:** avtomatska priprava, izdelava, kablške votlice

## **ABSTRACT**

An automatic device for preparing cable conductors enables the automatic preparation of the conductor for connection to terminals. It works by simply inserting a pre-cut piece of conductor into the device, to which we want to attach a ferrule. The advantage of the device is that it can process wires ranging from 0.5 mm<sup>2</sup> to 6 mm<sup>2</sup>. The device automatically removes the insulation without damaging the wire inside. In the introduction of the research task, we presented its course, defined goals, and hypotheses. In the core of the task, we conducted research and explained why our device is better than others, as well as performed a comparative test between manual work and work with the device. We provided a detailed description of the device's components and conducted a financial analysis. In the conclusion, we included a survey and hypothesis analysis, which we either confirmed or disproved based on our findings. This provided valuable insights that will benefit us both professionally and in our personal growth.

**Keywords:** automatic preparation, manufacturing, cable ties

# KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
1.1	Opis problematike .....	2
1.1.1	Predstavitev problema .....	2
1.1.2	Uporaba kabelskih votlic .....	2
1.2	Hipoteze .....	3
1.3	Struktura raziskovalnega dela .....	4
1.4	Namen naloge .....	4
2	FUNKCIJA AVTOMATSKE NAPRAVE ZA PRIPRAVO KABELSKIH VODNIKOV .....	5
3	CAD model .....	6
4	ELEKTRIČNE KOMPONENTE .....	7
4.1	Vtični rele .....	7
4.2	Podnožje releja .....	7
4.3	Odmično grebenasto stikalo .....	8
4.4	Izklopna tipka .....	9
4.5	Din letev .....	9
4.6	CILINDRIČNA TIRNICA IEC/EN 60715 .....	10
4.7	Napajalnik .....	10
4.8	Krmilnik .....	11
4.9	Signalne luči .....	11
4.10	Varovalke .....	12
4.11	Vrstične sponke .....	13
4.12	Žice .....	14
4.13	Napajalnik krmilnika .....	15
4.14	Razširitvena enota krmilnika .....	16
4.15	Senzorji .....	16
5	PNEVMATIČNE KOMPONENTE .....	17
5.1	Pnevmatični ventil 5/3 .....	17
5.2	Mini pnevmatski cilinder CJPB 6x15 .....	18
5.3	Pnevmatski cilinder Compact CQ2 32x10 .....	19
5.4	Pnevmatski cilinder ZDM 16/50E .....	20

5.5	Pnevmatski cilindar PCU 20 60 A .....	21
5.6	Prijemalo HDZ-10 .....	22
6	ELEKTROPNEVMATSKI KRMILNI NAČRT.....	23
7	Elektirčni načrt naprave .....	23
8	RAZISKOVALNI DEL .....	24
8.1	Časovna primerjava ročnega in avtomatiziranega dela .....	24
8.2	Naprava je preprostejša za uporabo .....	24
8.3	Krmilni sistem .....	25
8.4	Kakovost izdelkov .....	26
9	EKONOMSKA ANALIZA.....	27
10	ANKETA .....	29
11	ANALIZA IN IZBOLJŠAVE.....	31
11.1	Analiza hipotez .....	31
11.2	Možnosti nadaljnjih raziskav in izboljšav .....	32
12	ZAKLJUČEK.....	33
13	VIRI IN LITERATURA .....	34
14	Priloge .....	36

## KAZALO SLIK

Slika 1: Skica idejne zasnove.....	1
Slika 2: Ročna namestitvev votlic .....	2
Slika 3: Ročna namestitvev votlic .....	5
Slika 4: CAD model naprave .....	6
Slika 5: Mere za podnožje releja .....	7
Slika 6: Vezalni diagram .....	8
Slika 7: Odmično grebenasto stikalo.....	8
Slika 8: Stikalo v sili .....	9
Slika 9: Din letev O .....	10
Slika 10: Napajalnik.....	10
Slika 11: SIEMENS LOGO.....	11
Slika 12: Varovalka C4 .....	12
Slika 13: Vrstična sponka.....	13
Slika 14: Žica.....	14
Slika 15:Napajalnik.....	15
Slika 16: SIEMENS razširitvena enota.....	16
Slika 17: Pnevmatični ventil 5/3.....	17
Slika 18: Cilinder CJPB 6x15LLL.....	18
Slika 19: Cilinder CQ2 32x10l.....	19
Slika 20: Pnevmatiski cilinder ZDM 16/50E .....	20
Slika 21: Pnevmatični cilinder PCU 20/60A .....	21
Slika 22: Prijemalo HDZ-10.....	22
Slika 23: Pnevmatiski načrt.....	23

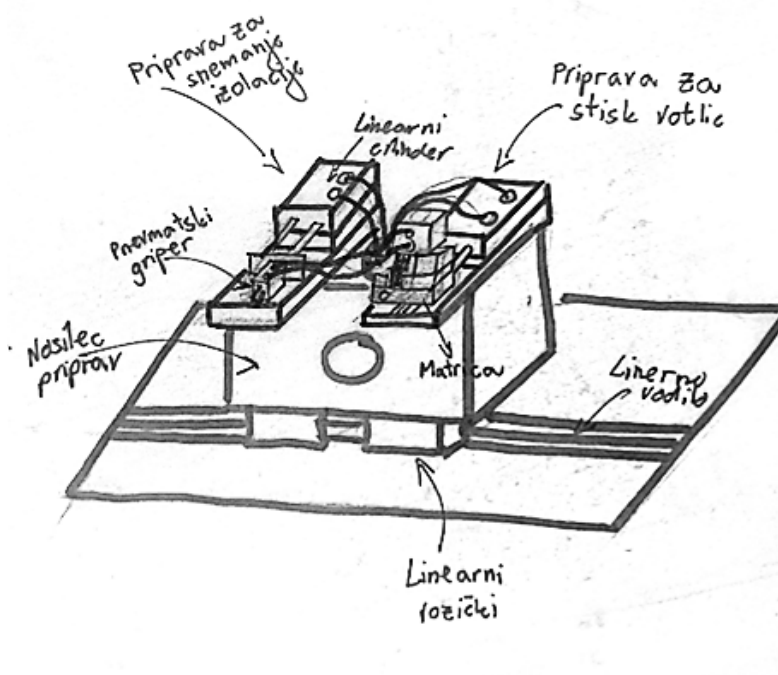
## KAZALO TABEL

Tabela 1: Časovna primerjava.....	24
Tabela 2: Kakovost ročne namestitve .....	26
Tabela 3: Kakovost namestitev z napravo .....	26
Tabela 4: Ekonomska analiza.....	27

# 1 UVOD

Naprava za pripravo kablskih vodnikov je namenjena vsem, ki se ukvarjajo z elektroinstalacijami. Omogoča hitrejše delo, pri čemer ni potrebno strokovno izobraženo osebje. Deluje tako, da kabel vstavimo skozi luknjo, kjer ga zazna senzor, nato pa naprava samodejno začne izvajati celoten proces.

Prva faza procesa vključuje odstranjevanje izolacije, pri čemer se izolacija odstrani na natančno določeno dolžino, kot to zahtevajo proizvajalci vodnikov. V drugi fazi se na žico namesti votlica, ki se nato stisne na vodnik. Naprava omogoča približno 50 % hitrejšo namestitev votlic na žico v primerjavi z ročnim delom. Na sliki 1 vidimo idejno skico zasnove avtomatizirane naprave za pripravo kablskih votlic.



Slika 1: Skica idejne zasnove

(Vir: osebni arhiv)

## 1.1 Opis problematike

Pri ročni namestitvi votlic na vodnike smo ugotovili, da je postopek zamuden, saj menjavanje orodij povzroča izgubo časa, ki bi ga lahko namenili drugim procesom. Poleg tega lahko pri ročnem delu pride do napak, ki lahko povzročijo poškodbe ljudi ali okvare strojev.

### 1.1.1 Predstavitev problema

V raziskovalni nalogi se bomo osredotočili na pripravo kabelskih vodnikov. Naš cilj je raziskati, kako zasnovati napravo, ki bo konkurenčna drugim podobnim napravam, in razviti napravo, ki bo lahko opravljala več funkcij. Iskali bomo rešitve, kako priti do takšne naprave, in izvedli analizo stroškov naprave. Na sliki 2 vidimo ročno namestitev votlic.



*Slika 2: Ročna namestitev votlic*

*(Vir: osebni arhiv)*

### 1.1.2 Uporaba kabelskih votlic

Obežek za električno žico (včasih električni končni priključek) je kovinska cev, navita čez vpleteno žico, da pritrdi pramene znotraj vijačnega priključka. Električna izolacija je lahko vključena za zaščito katerega koli izpostavljenega dela žice, ki ni popolnoma v stebru vijačne sponke. Prepletena mehka žica je prednostna za večino električnih aplikacij, ker je zanesljivejša od polne žice. Je bolj prilagodljiva in trpežna, ker se zaradi ponavljajočega upogibanja ne bo zlomila. Prepleteno mehko žico je težje prekiniti, ker se posamezne niti po

odstranitvi izolacije po navadi ločijo. Če konec vpletene žice položimo v obroček, prameni ostanejo skupaj. [11].

Problemi z žicami, ki nimajo votlic, se pojavljajo, v primeru ko je žica povezana na komponento, ki ni fiksno pritrjena. Ker trde žice zaradi gibljivosti ni mogoče uporabiti, se uporabi mehka žica, na katere na koncih namestimo končnik – v našem primeru votlico, ki je stisnjena na konec žice. To omogoči varno in zanesljivo pritrditev, poskrbimo pa tudi za boljši električni stik in prevodnost.

Probleme smo odpravili tako, da smo se osredotočili na hitro in kakovostno namestitev votlic. To smo rešili z napravo, ki bo samodejno izvedla odstranjevanje izolacije in namestitev votlic. Naprava bo delovala hitreje od ročnega dela, kar bo omogočilo večjo proizvodnjo in posledično povečalo produktivnost.

## 1.2 Hipoteze

Predpostavljamo, da bomo z raziskavo potrdili naslednje hipoteze.

**Hipoteza 1:** Naprava bo omogočila 50 % hitrejše delovanje v primerjavi z ročno namestitvijo votlic.

**Hipoteza 2:** Naprava bo enostavna za uporabo.

**Hipoteza 3:** Krmilni sistem naprave bo manj kompleksen od tistega, ki ga ponujajo konkurenti.

**Hipoteza 4:** Končni izdelki, izdelani z napravo, bodo imeli višjo kakovost v primerjavi z ročno izdelanimi.

**Hipoteza 5:** Naprava bo prilagodljiva in primerna za različne namene uporabe.

### **1.3 Struktura raziskovalnega dela**

V prvem delu raziskovalne naloge smo izdelali CAD model, v drugem pa smo izvedli realizacijo naloge. V tretjem delu smo izdelali izdelek, v četrtem pa smo podrobno opisali elektro- in pnevmatične komponente. V petem delu smo izvedli meritve kakovosti končnega izdelka, ki ga ustvari naša naprava, in primerjali rezultate s končnim izdelkom, izdelanim ročno. Na podlagi zbranih podatkov smo na koncu potrdili oziroma zavrgli zastavljene hipoteze.

### **1.4 Namen naloge**

Namen naloge je dokazati, da lahko razvijemo napravo, ki je cenovno ugodnejša in ponuja več funkcij kot obstoječe naprave na trgu. Z raziskovalno nalogo bomo pridobili tudi nova znanja s področja programiranja, modeliranja, skupinskega dela in reševanja problemov.

## 2 FUNKCIJA AVTOMATSKE NAPRAVE ZA PRIPRAVO KABELSKIH VODNIKOV

Funkcija naprave je, da olajša delo ljudem, ki se ukvarjajo s področjem, kjer je potrebno na žice namestiti kableske vodnike, in skrajša čas, ki je potreben za njihovo pripravo. Ena glavnih funkcij naprave je tudi preprečevanje napak, ki jih lahko nehote naredi človek pri montaži električnih vodnikov. Poleg tega poskrbimo tudi za boljši električni stik in prevodnost. Vplivamo pa tudi na izboljšanje zdravja in zmanjšamo tveganje za poškodbe, ki se lahko pojavijo pri ročnem delu, kot so težave s karpalnim kanalom, ureznine in uščiipi. Na sliki 3 vidimo ročno namestitev votlic.

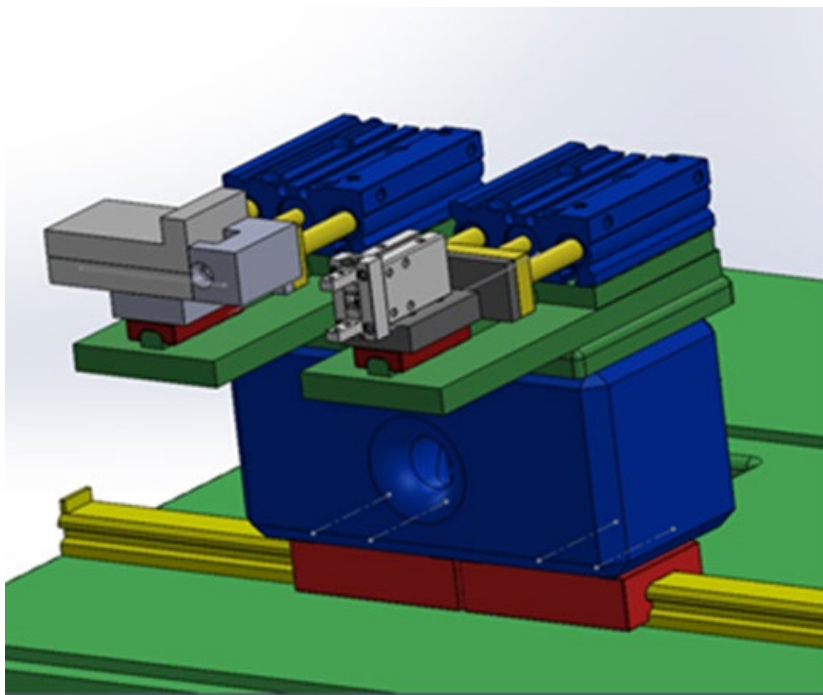


*Slika 3: Ročna namestitev votlic*

*(Vir: osebni arhiv)*

### 3 CAD model

Na sliki 2 je prikazana idejna zasnova naprave, ki je izdelana v programu Solidworks. Vsaka komponenta je bila sprva risana kot samostojni sklop (angl. Part), nato pa sestavljena v sestav (angl. assembly). Na sliki 4 vidimo CAD model naprave.



*Slika 4: CAD model naprave*

*(Vir: osebni arhiv)*

Naprava deluje tako, da ko vanjo potisnemo vodnik se celotna baza zaorodje premakne za 60 milimetrov v levo kar ga nastavi v položaj za snemanje izolacije, ko je baza na položaju se linearni cilindri 1 izvleče in sname izolacijo s pomočjo pnevmatskih klesč. Po snemanju izolacije sledi stisk votlic na linearnem cilindru 2 na katerem je pritrjena enota za stisk votlic.

## 4 ELEKTRIČNE KOMPONENTE

### 4.1 Vtični rele

Rele je električna naprava, ki povzroči v odvisnosti od spremenljive električne ali druge neelektrične veličine določeno spremembo v istem ali v drugih električnih tokokrogih. Sestavljata ga indikatorski merilni del, ki je lahko dinamični ali statični, in sprožilni-izvršilni del. [5]

Pri našem raziskovanju je uporabljen vtični rele ELCO, tipa MOD.ER-24D. Rele ima 24 V tuljavo, kar pomeni, da je to tudi njen krmili tok, na kontaktih pa lahko prenaša do 250 VAC.

### 4.2 Podnožje releja

Podnožje za vtični rele ECLR-24AD:

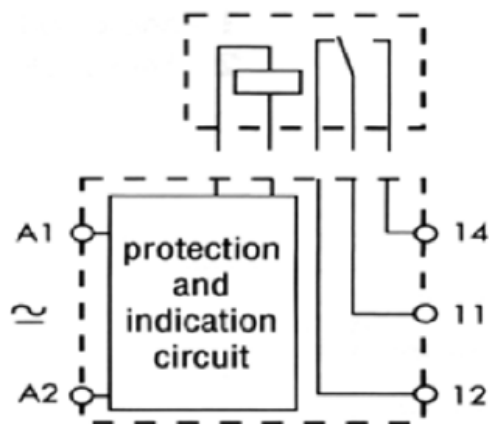
ECLR-24AD podnožje releja (včasih imenovano tudi »relejski nosilec«) pomeni, da gre za komponento, ki omogoča montažo in povezovanje releja v električnem omrežju.

Podnožje releja je zasnovano tako, da omogoča enostavno vstavitvev in odstranitev releja, ne da bi bilo treba izvajati povezave vsakič posebej. Podnožja so zelo uporabna v industrijskih in avtomatizacijskih sistemih, kjer je potrebno pogosto zamenjati releje. Na sliki 5 in 6 vidimo mere za podnožje in vezalni diagram.



Slika 5: Mere za podnožje releja

(Vir: <https://www.conrad>)



Slika 6: Vežalni diagram

(Vir: osebni arhiv)

### 4.3 Odmično grebenasto stikalo

Odmična stikala se uporabljajo predvsem v nizkonapetostnem območju. Na gredi so preklopni odmikači, izdelani iz prevodnega materiala, odpornega proti obrabi. Z vrtenjem gredi se kontakti odprejo ali zaprejo z odmikači. Pogosto je na gredi nameščenih več odmikov, ki hkrati preklaplajo ali preklaplajo več parov kontaktov na enkrat. Na sliki 7 vidimo odmično grebenasto stikalo.



Slika 7: Odmično grebenasto stikalo

(Vir: <https://www.conrad>)

## 4.4 Izklopna tipka

Stikalo za izklop v sili je stikalo, ki se uporablja kot varnostni ukrep za izklop električne naprave v izrednih razmerah (poškodba pri delu) in v primerih, pri katerih ni mogoče električne naprave izklopiti na običajen način. Za razliko od običajnih stikal stikalo za izklop v sili izklopi električno napravo v celoti. Na sliki 8 vidimo stikalo v sili.



*Slika 8: Stikalo v sili*

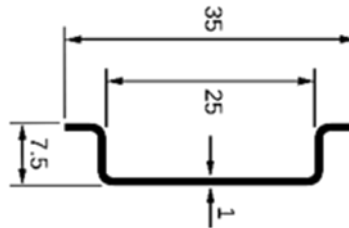
*(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)*

## 4.5 Din letev

DIN tirnica je kovinska tirnica standardnega tipa, ki se široko uporablja za montažo odklopnikov in industrijske krmilne opreme znotraj stojal za opremo. Ti izdelki so običajno izdelani iz hladno valjane pločevine iz ogljikovega jekla s pocinkano ali kromirano svetlo površino.

## 4.6 CILINDRIČNA TIRNICA IEC/EN 60715

Ta 35 mm široka tirnica se široko uporablja za montažo odklopnikov, relejev, programabilnih logičnih krmilnikov, krmilnikov motorjev in druge električne opreme. Standard EN 60715 določa 7,5 mm (prikazano zgoraj) in 15 mm globoko različico, ki sta uradno označeni. Na sliki 9 vidimo din letev O.



Slika 9: Din letev O

(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)

## 4.7 Napajalnik

Napajalnik je električna naprava, ki dovaja električno energijo električnemu bremenu. Glavni namen napajalnika je pretvorba električnega toka iz vira v pravilno napetost, tok in frekvenco za napajanje bremena. Napajalniki se zato včasih imenujejo pretvorniki električne energije. Nekateri napajalniki so ločeni samostojni kosi opreme, medtem ko so drugi vgrajeni v obremenitvene naprave, ki jih napajajo. Na sliki vidimo napajalnik.



Slika 10: Napajalnik

(Vir: <https://www.conrad>)

## 4.8 Krmilnik

V raziskovalni nalogi je uporabljen krmilnik Siemens LOGO.

Programirljivi logični krmilnik je digitalno delujoča elektronska naprava, ki na podlagi ukazov, shranjenih v programirljivem pomnilniku, izvaja logične, sekvenčne, časovne in aritmetične operacije, in s tem vodi različne naprave ter procese preko binarnih in analognih vhodov in izhodov. [5] Na sliki 11 vidimo LOGO krmilnik.



Slika 11: SIEMENS LOGO

(Vir: <https://www.siemens.com/global/en.html>)

## 4.9 Signalne luči

V raziskovalni nalogi so bile uporabljene signalne konstrukcijske LED-signalne lučke 24 V/DC.

Proizvodna skupina signalnih svetilk razpolaga z LED svetlobnim virom, katerega velika prednost v primerjavi z žarnicami je ta, da je z njene strani žarnica enakomerno intenzivno osvetljena na celotni zunanji površini. Labilnost pogonske napetosti pa praktično ne ovira in je zelo dobro vidna tudi med razmerami standardno merske osvetlitve okolja. [1]

## 4.10 Varovalke

V elektroniki in elektrotehniki je varovalka električna varnostna naprava, ki deluje kot nadtokovna zaščita električnega tokokroga. Njen bistveni sestavni del je kovinska žica ali trak, ki se stopi, ko skozi njega teče prevelik tok, in tako ustavi ali prekine tok. Gre za žrtevno napravo; ko varovalka deluje, je tokokrog odprt in ga je treba zamenjati ali na novo napeljati, odvisno od vrste varovalke. [2]

Varovalke se kot bistvene varnostne naprave uporabljajo že od začetka elektrotehnike. Na sliki 12 vidimo varovalko C4.

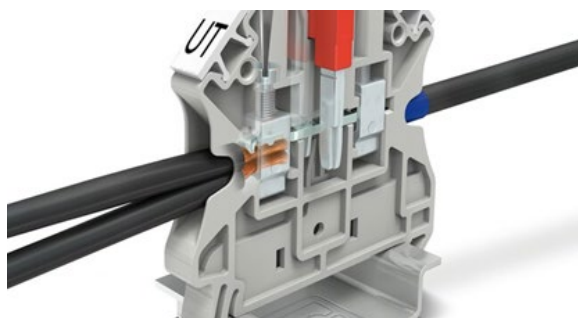


*Slika 12: Varovalka C4*

*(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)*

## 4.11 Vrstične sponke

Žica je lahko ovita neposredno pod glavo vijaka, lahko jo drži kovinska plošča, ki jo vijak pritiska na žico, ali pa jo drži nekaj, kar je v bistvu nastavitveni vijak na strani kovinske cevi. Žica je lahko neposredno očiščena izolacije in vstavljena pod glavo vijaka ali v sponko. V nasprotnem primeru se lahko najprej vstavi v okovje, ki se nato vstavi v terminal, ali pa se pritrdi na priključno ušesce, ki se nato pritrdi pod glavo vijaka. [5] Na sliki 13 vidimo vrstično sponko.

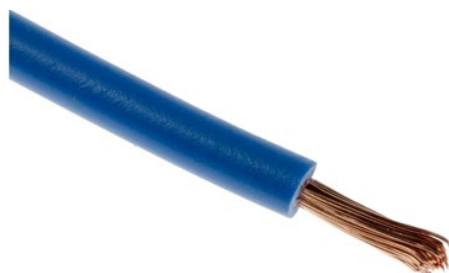


*Slika 13: Vrstična sponka*

*(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)*

## 4.12 Žice

Žica je upogljiva kovinska vrvica. Običajno se oblikuje z vlečenjem kovine skozi luknjo v matrici ali vlečni plošči. Merilniki žice so na voljo v različnih standardnih velikostih, kot je izraženo s številko merilnika. Žice se uporabljajo za prenašanje mehanskih obremenitev, pogosto v obliki žične vrvi. V električnih in telekomunikacijskih signalih se »žica« lahko nanaša na električni kabel, ki lahko vsebuje »trdno jedro« ene same žice ali ločenih pramenov v vpletenih ali pletenih oblikah. [11] Na sliki 14 vidimo predeno žico.



*Slika 14: Žica*

*(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)*

### 4.13 Napajalnik krmilnika

V raziskovalni nalogi je uporabljen industrijski napajalnik 24V/4.5A Mean Well LRS-100-24. Na sliki 15 vidimo napajalnik.



*Slika 15: Napajalnik*  
(Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki>)

## 4.14 Razširitvena enota krmilnika

V raziskovalni nalogi je uporabljen Siemens LOGO! DM8 12/24R 0BA2.

Z uporabo digitalnega vhodno/izhodnega modula podjetja Siemens DM8 12/24R 0BA2 lahko krmilnik LOGO! 8 razširimo s 4 digitalnimi vhodi in izhodi. Digitalni modul DM8 12/24R 0BA obdeluje vhodne signale s 24 VDC in ima relejne izhode z izhodnim tokom 5 A pri 24 VDC. Na sliki 16 vidimo siemens razširitveno enoto.



Slika 16: SIEMENS razširitvena enota

(Vir: <https://www.siemens.com/global/en.html>)

## 4.15 Senzorji

V raziskovalni nalogi smo uporabljali tudi senzorje, ki so namenjeni pozicioniranju cilindrov in zaznavanju žice. Uporabili smo induktivne, kapacitivne in magnetne senzorje.

Razdelitev senzorjev glede na pozicijo v raziskovalni nalogi:

- Magnetne senzorje smo uporabljali pri zaznavanju pozicije cilindrov.
- Kapacitivne senzorje smo uporabljali pri zaznavi položaja žice.

## 5 PNEVMATIČNE KOMPONENTE

### 5.1 Pnevmatični ventil 5/3

Pnevmatični ventil 5/3 je vrsta ventila, ki se uporablja v pnevmatičnih sistemih za usmerjanje toka zraka in s tem nadzorovanja gibanja pnevmatskih aktuatorjev. Število »5/3« pomeni, da ima ventil 5 priključkov in 3 položaje. Na sliki 17 vidimo 5/3 ventil.

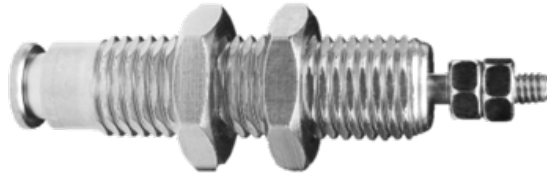


*Slika 17: Pnevmatični ventil 5/3*

*(Vir: <https://hpcontrol.si>)*

## 5.2 Mini pnevmatski cilinder CJPB 6x15

Mini pnevmatski cilinder je enostransko delujoč linearni aktuator, zasnovan za uporabo v omejenih prostorih. Batnica ima premer 6 mm in 15 mm hoda. Batnica se konča z zunanjim navojem M6. Na sliki 18 vidimo pnevmatični cilinder.



*Slika 18: Cilinder CJPB 6x15LLL*

*(Vir: <https://hpcontrol.si>)*

### 5.3 Pnevmatški cilinder Compact CQ2 32x10

Pnevmatški cilinder Compact CQ2 32x10 je kompaktni dvosmerno delujoč aktuator, zasnovan za uporabo v omejenih oziroma stisnjenih prostorih. Batnica ima 10 mm hoda in 32 mm premera. [11] Na sliki 18 vidimo pnevmatični cilinder.



*Slika 19: Cilinder CQ2 32x10l*

*(Vir: <https://hpcontrol.si>)*

## 5.4 Pnevmatški cilinder ZDM 16/50E

Pnevmatški cilinder ZDM 16/50E je okrogli cilinder, ki je narejen po standardu ISO 6432. Premer batnice ima 16 mm in hoda 50 mm. Na sliki 18 vidimo pnevmatični cilinder.



*Slika 20: Pnevmatški cilinder ZDM 16/50E*

*(Vir: <https://hpcontrol.si>)*

## 5.5 Pnevmatški cilinder PCU 20 60 A

Pnevmatški cilinder PCU 20 60 A je okrogli cilinder, ki je narejen po standardu ISO 6432. Premer batnice ima 20 mm, hoda pa 60 mm. Deluje po principu dvojnega delovanja, kar omogoča gibanje batnice v obe smeri s pomočjo stisnjenega zraka. Na sliki 18 vidimo pnevmatični cilinder.



*Slika 21: Pnevmatični cilinder PCU 20/60A*

*(Vir: <https://hpcontrol.si>)*

## 5.6 Prijemalo HDZ-10

Pnevmatsko kotno prijemalo HDZ-10 je zasnovano za natančno in zanesljivo prijemanje predmetov v industrijskih storitvah. Vilice na prijemalu imajo 7 mm hoda, zasnovane so tako, da lahko nanje privijačimo svoje lastne vilice po meri, ki nadomestijo stare oziroma tovarniške. Na sliki 18 vidimo pnevmatični cilinder.

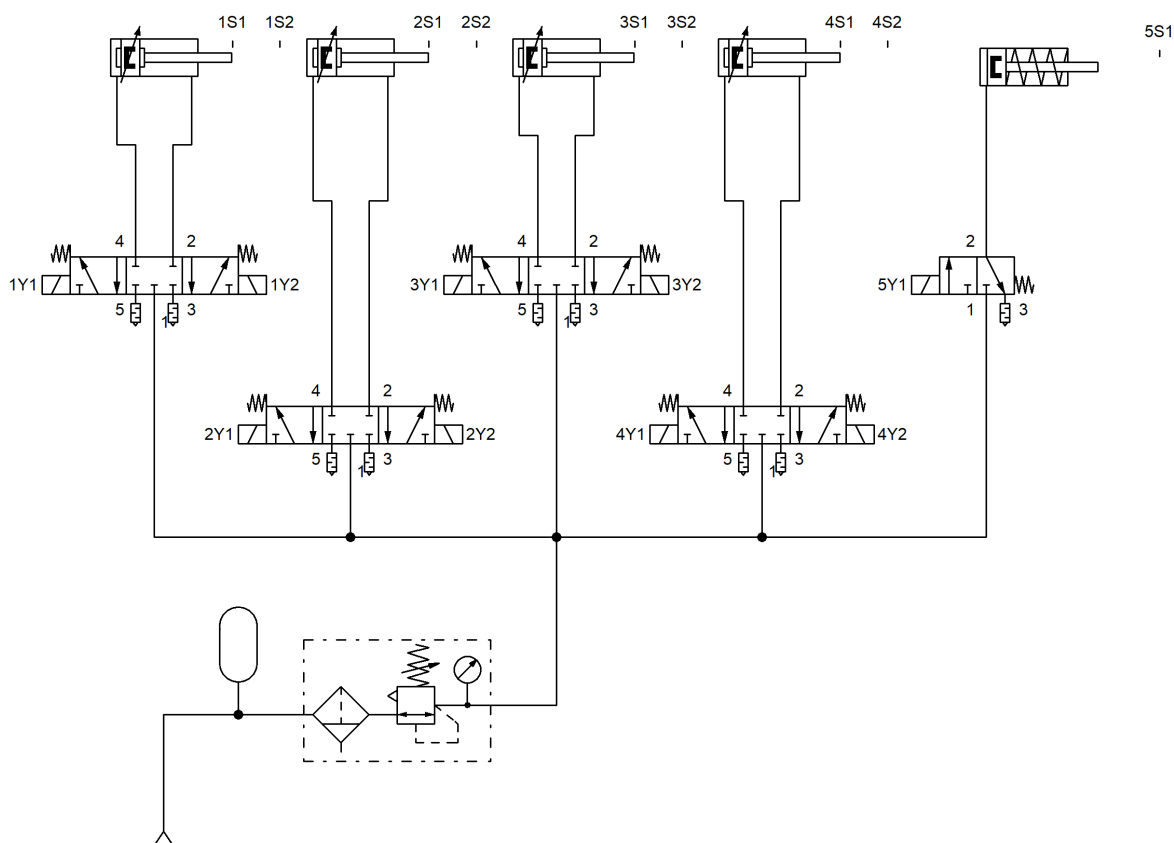


Slika 22: Prijemalo HDZ-10

(Vir: <https://hpcontrol.si>)

## 6 ELEKTROPNEVMATSKI KRMILNI NAČRT

Na sliki 23 vidimo elektropnevmatsko krmilno shemo. Prvi in drugi cilinder sta linearna, tretji je cilinder za premik baze z orodij, četrti je za stisk votlic v pripravi ter zadnji služi varnostnem delu kjer preprečuje izvlek vodnika iz naprave med obratovanjem.



Slika 23: Pnevmatški načrt

(Vir: osebni arhiv)

## 7 Elektirčni načrt naprave

Načrt naprave je viden v prilogah.

## 8 RAZISKOVALNI DEL

### 8.1 Časovna primerjava ročnega in avtomatiziranega dela

Pri merjenju obdelav smo spremljali čas, potreben za izdelavo šestih spojev, pri čemer smo primerjali čas ročne izdelave in izdelave s pomočjo naše naprave. Ugotovili smo, da z napravo prihranimo veliko časa, kar pripomore k hitrejši proizvodnji serijskih izdelkov. V tabeli 1 vidimo časovno primerjavo med avtomatskim in ročnim delom.

*Tabela 1: Časovna primerjava*

*(Vir: osebni arhiv)*

ŠTEVILO PREIZKUSOV	ČAS – ROČNO (SEC)	ČAS – Z NAPRAVO (SEC)
1.	23	5
2.	34	5
3.	38	5
4.	29	5
5.	31	5

### 8.2 Naprava je preprostejša za uporabo

Za potrebe raziskovalne naloge smo preučili trg in analizirali delovanje že obstoječih naprav. Ugotovili smo, da so te naprave pogosto prekompleksne za uporabo, saj vsebujejo preveč gumbov, ki sprožijo različne procese. Naša naprava pa deluje po enostavnejšem principu: kabel preprosto potisnemo v napravo in ga držimo, dokler signalna lučka ne signalizira, da ga lahko varno odstranimo.

### **8.3 Krmilni sistem**

Krmilni sistem naše naprave je manj zapleten kot pri konkurenci. Ugotovili smo, da je konkurenčna naprava zasnovana tako, da so vse komponente združene na eni kontrolni plošči, ki jo posameznik brez izkušenj težko popravi. Naša naprava pa je zasnovana tako, da omogoča enostavno popravilo in prilagajanje parametrov obdelave. Ena izmed prednosti našega krmilnega sistema so tudi komponente, ki so večinoma integrirane posamezno, kar omogoča hitro zamenjavo.

## 8.4 Kakovost izdelkov

S testiranjem vodnikov smo dokazali, da so končni izdelki, izdelani z napravo, kakovostnejši od ročno izdelanih.

Pri prvem poizkusu smo vodnik naredili z našo napravo, v drugem pa ročno. Za preizkus smo vzeli žico debeline 0,75 mm<sup>2</sup> in opravili 6 zaporednih poizkusov. Preizkus moči na sami votlici katerega smo izvedli z prijematlom ter obešalno tehtnico na katero smo počasi dodajali vsak kilogram posebej. Izvedli smo tudi vizualni pregled kjer smo lahko videli kako je votlica stisnjena. V tabeli 2 in 3 vidimo kakovost ročne in avtomatske namestitve votlic.

*Tabela 2: Kakovost ročne namestitve*

*(Vir: osebni arhiv)*

ŠTEVILO POIZKUSOV	DEBELINA ŽICE	TOVARNIŠKO NASTAVLJENE KLEŠČE	DRŽALNA MOČ VEZAVE (KG)	VIZUALNI PREGLED (OK/NOK)
1.	0,75	/	23	OK
2.	0,75	/	8	NOK
3.	0,75	/	33	OK
4.	0,75	/	22	OK
5.	0,75	/	11	NOK

*Tabela 3: Kakovost namestitev z napravo*

*(Vir: osebni arhiv)*

ŠTEVILO POIZKUSOV	DEBELINA ŽICE	PRITISK NA VOTLICO (BAR)	DRŽALNA MOČ VEZAVE (KG)	VIZUALNI PREGLED (OK/NOK)
1.	0,75	3	13	OK
2.	0,75	4	22	OK
3.	0,75	5	28	OK
4.	0,75	7	45	OK
5.	0,75	8	52	OK

## 9 EKONOMSKA ANALIZA

Na tabeli 4 vidimo ekonomsko analizo naprave.

*Tabela 4: Ekonomska analiza*

*(Vir: osebni arhiv)*

KOMPONENTA	ŠTEVILO (KOS)	CENA
CILINDER LINEARNI	2 KOS	150,99
CILINDER PNEVMATIČNI	1 KOS	35,99
CILINDER PNEVMATIČNI	1 KOS	24,99
CILINDER PNEVMATIČNI	1 KOS	14,59
CILINDER PNEVMATIČNI	1 KOS	7,45
SENZOR 1	4 KOSI	20,00
SENZOR 2	2 KOSA	8,00
SENZOR 3	4 KOSI	20,00
SENZOR 4	2 KOSA	6,5
VODILO 1	1 KOS	40,99
VODILO 2	1 KOS	14,50
VOZIČEK ZA VODILO 1	2 KOSA	50,50
VOZIČEK ZA VODILO 2	2 KOSA	14,90
PLASTIKA (OHIŠJE)	1,5 m <sup>2</sup>	15,00
PLASTIKA (KOMPONENTE)	0,3 m <sup>3</sup>	45,00
VIJAK M2	4 KOSI	2,30
VIJAK M3	10 KOSOV	1,60
VIJAK M5	8 KOSOV	1,68
VIJAK M6	6 KOSOV	1,76
VIJAK M8	4 KOSI	0,84
VIJAK M 2.5	4 KOSI	0,08
MATICE M2	4 KOSI	0,10
MATICE M 2.5	4 KOSI	0,12
MATICE M3	6 KOSOV	0,12
MATICE M5	6 KOSOV	0,24
MATICE M6	5 KOSOV	0,36
MATICE M8	4 KOSI	0,40
KONSTRUIRANJE (CAD)	15 ur	300,00
PNEVMATIČNI NAČRT	3 ure	90,00
ELEKTRO NAČRT	4 ure	80,00
IZDELAVA DELOV	20 ur	110,00
SESTAVA NAPRAVE	2 uri	40,00

PROGRAMIRANJE	5 ur	150,00
<b>SKUPAJ</b>		<b>1249,04 €</b>

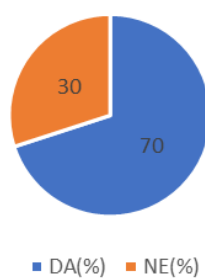
Ekonomska analiza je pokazala, da je končna cena naše naprave približno 1800 €. To pomeni, da je za 450 € cenejša od naprave konkurence, ki je najbolj primerljiva z našo. Poleg tega je naša naprava za 250 € cenejša od konkurence, ki proizvaja masovno in prodaja na svetovnem trgu.

## 10 ANKETA

V okviru raziskovalne naloge smo izvedli anketo, v kateri smo strokovnjake s tega področja povprašali o njihovem mnenju glede tega, ali je priprava kabelskih vodnikov zamudna.

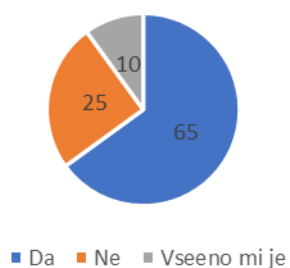
1. Ali je v proizvodnji pomembno, koliko časa je potrebno za izdelavo ene elektro omare?

Mnenje vprašanih

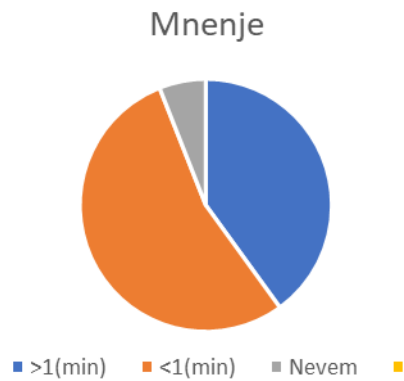


2. Se strinjate, da bi naprava, ki to opravi samostojno, pripomogla k skrajšanju časa?

Mnenje vprašanih



3. Koliko časa potrebujete za pripravo 30-centimetrskega vodnika?



Na podlagi preizkusa in ankete smo ugotovili, da je naprava ključnega pomena, saj bi pripomogla k skoraj 70-odstotnemu skrajšanju časa priprave enega vodnika, če delavec za enako nalogo porabi skoraj celo minuto. Prav tako smo izvedeli, da ponavljajoče se naloge negativno vplivajo na zdravje delavcev, saj so se nekateri pritoževali zaradi bolečin v zapestju, za katere sumijo, da so povezane s karpalnim kanalom.


# 11 ANALIZA IN IZBOLJŠAVE

## 11.1 Analiza hipotez


Najprej smo se osredotočili na to, da bi bila naprava cenejša od tistih, ki jih ponujajo drugi dobavitelji. Izdelali smo osnutek naprave, pred končno izdelavo pa smo uporabili simulacije in vezavo na preizkusni plosčici. Ko smo napravo sestavili, smo jo preizkusili in dodali nosilec orodja, ki omogoča hitro menjavo za različne debeline žic. Na koncu smo napravo estetsko dovršili z akrilnim steklom in estetskimi linijami. S tem smo zaključili naš projekt in lahko potrdili ali zavrgli naše hipoteze.

Potrjene hipoteze:


Hipoteza 1: Naprava deluje veliko hitreje kot ročna.

- Naprava je hitrejša od ročnega dela, saj je povprečen čas za ročno izvedbo 37 sekund na kos, medtem ko pri uporabi naprave traja le 5 sekund. 


Hipoteza 2: Naprava je enostavna za uporabo.

- Naprava je enostavna za uporabo, saj ne zahteva posebnega znanja za upravljanje. Zasnovana je tako, da je večina procesov avtomatiziranih. 

Hipoteza 3: Vezava krmilnega sistema je preprostejša kot pri ostalih ponudnikih.


- Vezava krmilnega sistema je enostavnejša, saj ne vključuje komponent, ki bi jih bilo treba naročiti vnaprej, prav tako ni potrebno plačevati servisa za morebitna popravila. 

Hipoteza 4: Končni izdelki, izdelani z napravo, imajo višjo kakovost v primerjavi z ročno izdelanimi.

- Kakovost je bistveno boljša, saj je vsak vodnik izdelan po enakem standardu, spoj pa je tako močnejši kot tudi vizualno lepši. 

Ovržena hipoteza:

Hipoteza 5: Možnost uporabe za več različnih primerov izvajanja ne le samo enega.

- Za razvoj takšne naprave je potrebnega precej več konstruiranja in kompleksnih obdelav, za katere trenutno še nimamo dovolj znanja. 

## **11.2 Možnosti nadaljnjih raziskav in izboljšav**

Obstaja še veliko možnosti za nadaljnje raziskave in izboljšave. Cena končnega izdelka je že nizka, vendar bi še lahko raziskali možnosti za dodatno znižanje stroškov. Ena možnost je, da dodamo sistem zalogovnikov, v katerem so različne votlice izbere tisto, ki ustreza debelini kabla, katero pa strojni vid. Lahko bi še tudi raziskovali, kako razviti orodja, ki bi omogočila avtomatsko rezanje kabla, uporabe umetne inteligence ter avtomatsko etikiranje označbe sponk gledena elektro načrt.

## 12 ZAKLJUČEK

Ob zaključku raziskovalne naloge smo ugotovili, da je naša naprava kakovostnejša, cenejša in zasnovana tako, da uporabniku čim bolj olajša življenje. Med izdelavo smo se srečali z različnimi težavami. Nekatere smo uspešno rešili sproti, druge pa so morale ostati nerešene, saj bi njihovo odpravljanje zahtevalo večje posege v projekt. Raziskovalna naloga nas je naučila tudi timskega dela in pomembnosti sodelovanja z drugimi člani skupine.

Naša naprava je sestavljena iz različnih materialov. Za ohišje smo izbrali akril in kompaktno ploščo, saj so lažje, cenejše od aluminija in omogočajo lažje oblikovanje. Dimenzije naprave so 450 x 450 mm, teža pa približno 15 kg. Naprava je krmiljena preko krmilnika Siemens LOGO, ki je priključen na 24 V, za izvedbo gibov pa se uporablja stisnjen zrak.

## 13 VIRI IN LITERATURA

- [1] CONRAD.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.conrad.si/p/signal-construct-sked12014-led-signalna-lucka-rdeca-24-vdc-sked12014-779445>.
- [2] Elektrotrgovina.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.elektrotrgovina.si/vrstna-sponka-vs-0-2-4-mm2-41-a>.
- [3] ETI.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.eti.si/produkti-storitve/elektricni-razdelilniki-omare-in-pribor/din-letev-th/002911025-nosilna-letev-th35x7-5-a>.
- [4] ETI.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.eti.si/produkti-storitve/instalacijski-odklopniki-mcb-in-pribor/instalacijski-odklopniki-mcb/260400103>.
- [5] Farnell.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: [https://si.farnell.com/siemens/6es7223-1b132-0xb0/digital-i-o-mod-simatic-s7-24v/dp/2526181?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylG0ovgrDsy1s\\_cGb8zIfPenIVsPypAoWXC\\_vp4r\\_tQX9AKLmqu\\_IAhoCMdkQAvD\\_BwE&mckv=s\\_dc|pcrid|531351112278|keyword|6es7223%201b132%200xb0|match|p|plid|slid|product|pgrid|129642117972|ptaid|kwd-360886231875|&CMP=KNC-GSI-GEN-SKU-MDC-Other-Categories](https://si.farnell.com/siemens/6es7223-1b132-0xb0/digital-i-o-mod-simatic-s7-24v/dp/2526181?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylG0ovgrDsy1s_cGb8zIfPenIVsPypAoWXC_vp4r_tQX9AKLmqu_IAhoCMdkQAvD_BwE&mckv=s_dc|pcrid|531351112278|keyword|6es7223%201b132%200xb0|match|p|plid|slid|product|pgrid|129642117972|ptaid|kwd-360886231875|&CMP=KNC-GSI-GEN-SKU-MDC-Other-Categories).
- [6] Farnell.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: [https://si.farnell.com/schneider-electric/rxze2m114/socket-4co-screw-term-for-rxm2/dp/2056441?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylNjqlAgxsXAynUwmVmoXAcI0yE2pyOutMqg-ws3Scj7PsfyQwAUxjxoCgy4QAvD\\_BwE&mckv=s\\_dc|pcrid|531469919033|keyword|rxze2m114|match|p|plid|slid|product|pgrid|125105416715|ptaid|kwd-10768444767|&CMP=KNC-GSI-GEN-SKU-MDC-Other-Categories](https://si.farnell.com/schneider-electric/rxze2m114/socket-4co-screw-term-for-rxm2/dp/2056441?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylNjqlAgxsXAynUwmVmoXAcI0yE2pyOutMqg-ws3Scj7PsfyQwAUxjxoCgy4QAvD_BwE&mckv=s_dc|pcrid|531469919033|keyword|rxze2m114|match|p|plid|slid|product|pgrid|125105416715|ptaid|kwd-10768444767|&CMP=KNC-GSI-GEN-SKU-MDC-Other-Categories).
- [7] Farnell.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: [https://si.farnell.com/siemens/6ep1332-1sh71/power-supply-ac-dc-24v-2-5a/dp/2530161?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylDq8VQISV8mAXIt2HKtq6aFnHYA44F2SCawpJ3gVkuXTvfs1p7mPMRoCBOAQAvD\\_BwE&mckv=sjGdauf2s\\_dc|pcrid|289561892538|keyword|6ep1332-](https://si.farnell.com/siemens/6ep1332-1sh71/power-supply-ac-dc-24v-2-5a/dp/2530161?gclid=CjwKCAiAwc-dBhA7EiwAxPRylDq8VQISV8mAXIt2HKtq6aFnHYA44F2SCawpJ3gVkuXTvfs1p7mPMRoCBOAQAvD_BwE&mckv=sjGdauf2s_dc|pcrid|289561892538|keyword|6ep1332-)

[1sh71|match|p|plid|slid|product|pgrid|34372717334|ptaid|kwd-32838260379|&CMP=KNC-GSI-GEN-SKU-SIEMENS-0316.](https://www.schrack.si/trgovina/krmilna-in-merilna-oprema/releji-vticni-casovni-merilni-nadzorni/vticni-releji/vticni-releji-serija-pt/vticni-rele-4-preklopni-kontakti-6a-24v-dc-serija-pt-pt570024.html?q=PT570024)

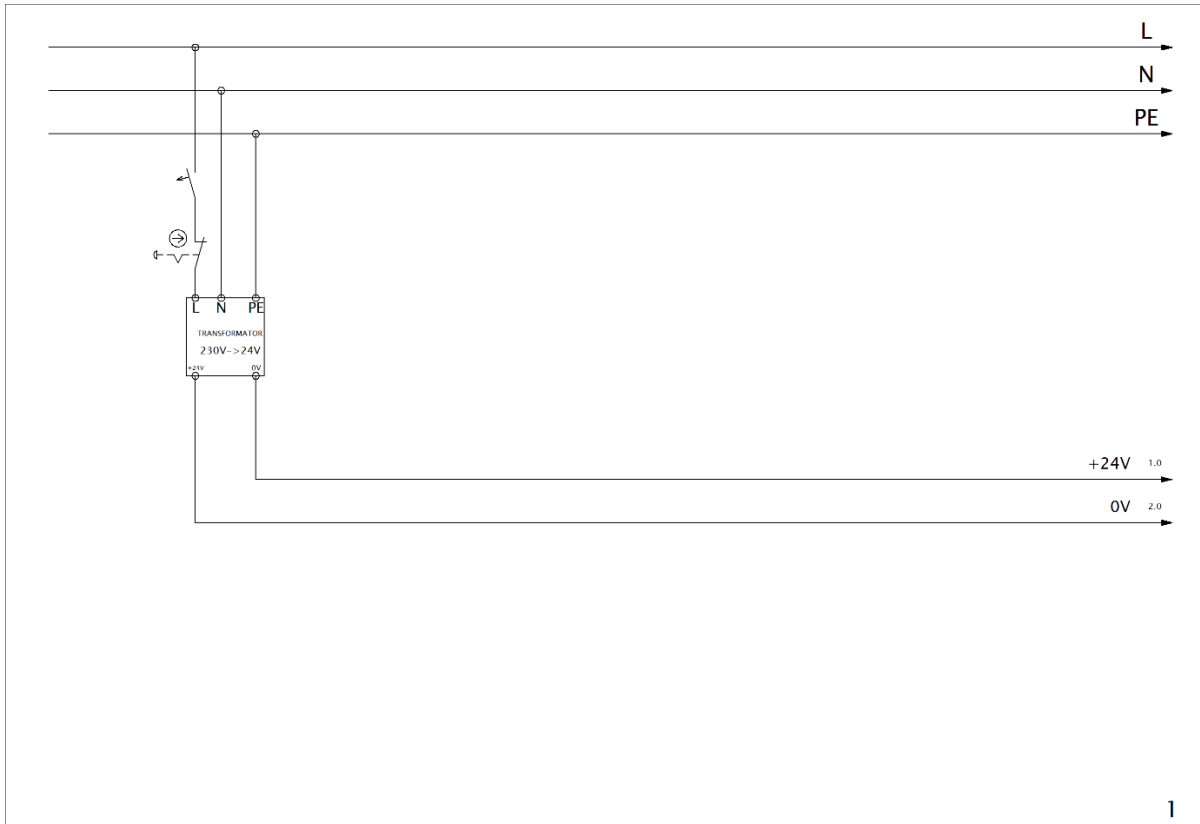
[8] Schrack.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.schrack.si/trgovina/krmilna-in-merilna-oprema/releji-vticni-casovni-merilni-nadzorni/vticni-releji/vticni-releji-serija-pt/vticni-rele-4-preklopni-kontakti-6a-24v-dc-serija-pt-pt570024.html?q=PT570024>.

[9] Schrack.si (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://www.schrack.si/trgovina/tipkalo-za-izklop-v-sili-mm216876.html>.

[10] Sondermann, T. Okovja preprečujejo napake pri povezovanju. Montaža. sv: BNP Media. 2017.

[11] Wikipedia (online). 2023. (citirano 19. 1. 2023). Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wire>.

# 14 Priloge



1

