



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Orodjarstvo

AVTOMATIZACIJA ROČNE HIDRAVLICNE PREŠE ZA KABEL ČEVLJE

Mentor: mag. Viktor Jemec
Lektorica: Ana Horvat, prof. slov.

Kandidat: Alen Mejak

Ljubljana, februar 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, mag. znanosti Viktorju Jemcu, za strokovno usmerjanje pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala sodelavcem proizvodnje podjetja Robotina d.o.o. za strokovne nasvete pri praktičnem delu diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ani Horvat, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in pravopisno pregledala.

Predvsem pa se zahvaljujem svoji družini, ki mi je stala ob strani v času študija.

IZJAVA

»Študent Alen Mejak izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. znanosti Viktorja Jemca.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne 6. 1. 2018

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomskem delu je predstavljena avtomatizacija ročne hidravlične preše za kabel čevlje. Osnovni cilj naloge je izdelati projekt za napravo, ki bo zamenjala ročno prešo. Napravo bo poganjal pnevmatični cilinder. Delovanje naprave smo zasnovali tako, da namesto delavca pritiska kabel čevlje pnevmatični cilinder, ko delavec pritisne na gumb. Ker smo omejeni z velikostjo pnevmatičnega cilindra, smo dimenzionirali še ustrezno ročico vzvoda, preko katerega se bo prenesla sila pnevmatičnega cilindra na želeni kabel čevlj.

V prvem delu diplomskega dela smo predstavili teoretične osnove za izračune in dimenzioniranje. V drugem, praktičnem delu, smo konstruirali napravo. Najprej smo naredili vse izračune in dimenzioniranje. Nato smo izbrali potrebne komponente, narisali elektro-pnevmatsko vezalno shemo, PLC-besedilni program, 3D-model ter delavniške risbe naprave.

KLJUČNE BESEDE

- avtomatizacija
- pnevmatični cilinder
- vzvod
- kabel čevlj

ABSTRACT

The thesis presents the automation of manual hydraulic presses for cable shoe. The purpose of the thesis is to create a project for a device that will replace the manual press. The device will be powered by a pneumatic cylinder. We designed the operation of the device in such a way that instead of a production worker, press cable shoe pneumatic cylinder when a production worker presses a button. Because we are limited by the size of the pneumatic cylinder, we have also dimensioned a lever arm, through which the force of the pneumatic cylinder will be transferred to the desired shoe cable.

In the first part of the thesis we presented the theoretical bases for calculations and dimensioning. In the second practical part, we designed the device. First, we made all calculations and dimensioning. Then we selected the necessary components, draw electro-pneumatic scheme, write PLC-text program, draw 3D model and workshop drawings of the device.

KEYWORDS

- automation
- pneumatic cylinder
- lever
- cable shoe

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJI NALOGE	1
1.3	PREDSTAVITEV OKOLJA	1
1.4	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	2
1.5	METODE DELA	3
2	TEORETIČNE OSNOVE	3
2.1	OPREDELITEV POJMA AVTOMATIZACIJA	3
2.2	OSNOVE O PNEVMATIČNEM CILINDRU	4
2.2.1	Enosmerni cilinder	4
2.2.2	Dvosmerni cilinder	4
2.2.3	Izračun sile bata	5
2.3	VZVOD, DELO IN RAVNOVESJE MOMENTOV	6
3	OBSTOJEČE STANJE	7
3.1	POSNETEK STANJA	7
3.2	KRITIČNA ANALIZA	9
4	KONSTRUIRANJE NAPRAVE ZA PREŠANJE KABELSKIH ČEVLJEV	10
4.1	KONCEPT DELOVANJA	10
4.2	IZRAČUN IN DIMENZIONIRANJE	11
4.2.1	Izračun sile in premera valja	11
4.2.2	Izračun razmerja med ročicama vzvoda	12
4.2.3	Dimenzioniranje vzvoda in hoda pnevmatičnega cilindra	13
4.3	IZBIRA IN OPIS ELEKTRO IN PNEVMATIČNIH KOMPONENT	13
4.3.1	Dvosmerni pnevmatični valj z magnetno batnico in končnim dušenjem ..	14
4.3.2	Pnevmatično radialno prijemalo	16
4.3.3	Filter-regulator tlaka	18
4.3.4	Monostabilni potni ventil 5/2	19
4.3.5	Ročna tipka	21
4.3.6	Magnetni senzor-reedovo stikalo	22
4.3.7	PLC-programabilni krmilnik	24
4.3.8	Napajalnik 24 V	25
4.4	ELEKTRO PNEVMATIČNA VEZALNA SHEMA	27
4.5	PLC-BESEDILNI PROGRAM	31
4.6	3D-MODEL NAPRAVE	32
5	ZAKLJUČKI	37
5.1	OCENA UČINKOV	37
5.2	POGOJI ZA UVEDBO	37
5.3	MOŽNOSTI NADALJNEGA RAZVOJA	38
	LITERATURA IN VIRI	39
	PRILOGE	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer izdelka podjetja Robotina d.o.o. IOT-linker.....	2
Slika 2: Enosmerni cilinder.....	4
Slika 3: Dvosmerni cilinder.....	5
Slika 4: Površina bata za izračun sile.....	5
Slika 5: Prikaz delovanja vzvoda.....	7
Slika 6: Ročna hidravlična preša BM 182 z nastavki.....	7
Slika 7: Primer končanih kablov različnih presekov.....	8
Slika 8: Skica – koncept naprave.....	9
Slika 9: Skica – vpenjalno orodje.....	10
Slika 10: Ročici na vzvodu.....	14
Slika 11: Festov kompaktni cilinder.....	16
Slika 12: Nihajna prirobnica FESTO SNCB-125.....	16
Slika 13: Viličasta glava FESTO SG-M20x1.5.....	17
Slika 14: Princip delovanja radialnega prijemala.....	17
Slika 15: Radialno prijemalo FESTO DHRS.....	19
Slika 16: Filter-regulator tlaka.....	20
Slika 17: Monostabilni potni ventil 5/2 FESTO MFH 5-3/8-B-EX.....	22
Slika 18: Tipka EATON-Moeller M22-DRP-R z ohišjem M22-IY1-PG.....	23
Slika 19: Reedovo stikalo.....	23
Slika 20: Magnetni senzor FESTO MFH 5-3/8-B-EX.....	25
Slika 21: PLC-krmilnik Cybro-2.....	26
Slika 22: Napajalnik 24V PULS ML50.....	26
Slika 23: Pnevmatična vezalna shema.....	27
Slika 24: Elektro vezalna shema.....	28
Slika 25: 1. del PLC-besedilnega programa izdelanega v programu Cypro 2.7.4....	31
Slika 26: 2. del PLC-besedilnega programa izdelanega v programu Cypro 2.7.4....	31
Slika 27: Pnevmatični cilinder z vzvodom in njegovim vrtilščem.....	32
Slika 28: Pnevmatični cilinder in vzvod, vpeta v ogrodje naprave.....	32
Slika 29: Končni izgled naprave – pogled s strani.....	33
Slika 30: Končni izgled naprave – pogled od zadaj.....	34
Slika 31: Končni izgled naprave – pogled od spodaj.....	34
Slika 32: Detajl radialnega prijemala in orodja naprave.....	35

KAZALO TABEL

Tabela 1 : Tehnični podatki FESTO ADVU-125-150-A-P-A.....	15
Tabela 2 : Tehnični podatki FESTO DHRS-16-A.....	18
Tabela 3 : Tehnični podatki TIO Pnevmatika FR G1/2.....	20
Tabela 4 : Tehnični podatki FESTO MFH 5-3/8-B-EX.....	22
Tabela 5 : Tehnični podatki FESTO MFH 5-3/8-B-EX.....	25
Tabela 6 : Simboli v vezalnih shemah.....	30

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V proizvodnem oddelku podjetja Robotina d.o.o, kjer sem zaposlen, izdelujemo najrazličnejše tipe elektroomar in proizvodov, ki vsebujejo veliko število kablov in žic. To so lahko elektroomare velikih dimenzij, s krmiljem za avtomatizacijo v industriji, ali komunalni infrastrukturi, baterijski sistemi za shrambo in upravljanje električne energije ali elektroomare in ohišja zelo majhnih dimenzij, s krmiljem za avtomatizacijo manjših objektov in hiš. Tako je potrebno na dnevni ravni izdelati in montirati številne kable in žice. Vsak kabel se začne in konča s končnikom. Nekaj le-teh stiskamo na kable ali žice strojno, večino pa ročno, ob pomoči namenskih klešč ali preš. Ko imamo večja naročila, tudi po mesec ali dva pripravljamo samo kable. Po nekaj urah stiskanja končnikov se pojavi utrujenost in bolečine v zapestju.

V proizvodnem oddelku podjetja sem zaposlen 5 let. Na področju proizvodnje in izdelave kablov ali žic imam veliko praktičnih izkušenj, zato sem se odločil, da za diplomsko nalogo eno od mnogih ročnih preš avtomatiziram. Namesto delavca, ki sedaj ročno preša kabel čevlje, bo to delal pnevmatični valj preko vzvoda, ko bo delavec stisnil na gumb naprave. V diplomskem delu bom pridobljene praktične izkušnje nadgradil s teoretičnim znanjem, pridobljenim tokom študija. Z avtomatizacijo izbrane ročne hidravlične preše želim v proizvodnji izboljšati delovne pogoje, kvaliteto izdelanih kablov in produktivnost.

1.2 CILJI NALOGE

Osnovni cilj naloge je izdelati projekt za napravo, ki bo zamenjala ročno prešo. Tako bomo potrebne kable izdelali hitreje in bolj kvalitetno, sam postopek izdelave pa bo za zaposlene bistveno lažji. S tem bo naloga prispevala tudi k zmanjšanju stroškov izdelave kablov.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Podjetje Robotina d.o.o. je bilo ustanovljeno leta 1990. Najbolj prepoznavno je po svojih izdelkih in rešitvah na področju krmiljenja in avtomatizacije. Sedež podjetja je v Obrtno-industrijski coni Hrpelje, v občini Hrpelje-Kozina. Trenutno je v podjetju zaposlenih 35 ljudi.

Področja dela so avtomatizacija zgradb, industrije in infrastrukture, energetske učinkovite zgradbe, fotovoltaične elektrarne in vseh njihovih nadzornih sistemov, IOT rešitve, pametne zgradbe, pametna mesta ter upravljanje in hranjenje energije. Eden glavnih proizvodov je PLC-programabilni kompaktni krmilnik Cybro.

Podjetje je prijavljeno kot razvojno raziskovalna organizacija v Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije z dvema razvojnima skupinama. Član ene skupine sem tudi sam. Razvojno-raziskovalni projekti v obdobju med letoma 2016 in 2019 so:

- GOFLEX – Generalized operational flexibility for integrating renewables in the distribution grid
- ECO SMART – Integracijska platforma pametnega mesta
- HIQ Dom – Inteligentni dom nove generacije, zasnovan na pametnih napravah in lesu
- HCS – Home Control System – multilayer home intelligence



Slika 1: Primer izdelka podjetja Robotina d.o.o. IOT-linker
(Lastni vir)

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Glavna omejitev je prav gotovo ta, da s pnevmatičnimi valji dosegamo bistveno manjše sile delovnega giba kot s hidravličnimi valji. Ročna preša, ki jo želimo avtomatizirati, je hidravlična in ima deklarirano silo prešanja (stiskanja) 50 kN. Ta podatek je osnova za vse izračune in dimenzioniranja. Napravo, ki jo želimo izdelati, bo poganjal pnevmatični valj. Proizvajalci pnevmatičnih valjev ne proizvajajo valjev poljubnih dimenzij, ampak imajo standardizirane dimenzije. Ker smo zaradi tega omejeni z velikostjo pnevmatičnega valja, bomo morali dimenzionirati še ustrezno

ročico vzvoda, preko katere se bo prenašala sila pnevmatičnega valja na želeni kabel čevelj.

Ker bodo vsi nestandardni mehanski sestavni deli naprave izdelani v delavnici podjetja Robotina d.o.o., bomo omejeni tudi s tehnologijo, ki je na voljo za izdelavo naprave. To bo potrebno upoštevati pri samem dimenzioniranju, snovanju in konstruiranju.

1.5 METODE DELA

V prvem delu diplomske naloge bomo uporabili opisno metodo. Opisali bomo vse teoretične osnove za avtomatizacijo izbrane hidravlične preše ter obstoječe stanje.

V drugem delu bomo uporabili sintetično metodo. Posamezne komponente in sestavne dele bomo združili v celoto oziroma končni izdelek.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 OPREDELITEV POJMA AVTOMATIZACIJA

Če je nekaj avtomatično pomeni, da se odvija samodejno. V strojništvu to pomeni, da se nek proces odvija in deluje samodejno, brez prisotnosti človeka. Njegovo nalogo opravi stroj. Avtomatizacija je lahko na različnih nivojih, najvišja raven avtomatizacije delovnega procesa je robotizacija.

V industriji mora biti avtomatizacija delovnega procesa ekonomsko upravičena, vendar to ne sme biti preprosto nadomeščanje človeka v proizvodnji, npr. zaradi pomankanja delovnega kadra ali zaradi osvobajanja človeka od dela. Pred vsako avtomatizacijo se v industriji naredijo številne ekonomske analize. V primerih, ko se želi avtomatizirati težka in nevarna dela, se to naredi, čeprav to ni ekonomsko upravičeno, saj je človeško zdravje in življenje neprecenljivo.

Če dobro poznamo proces, ki ga želimo avtomatizirati, se stroški avtomatizacije hitro povrnejo. Pomembno je, da imamo dobro predstavo o delovanju procesa in da poznamo vse njegove funkcije, saj le tako lahko za avtomatizacijo procesov izberemo najustreznejšo tehniko in tehnologijo.

Avtomatizirana naprava ali stroj deluje veliko hitreje kot človek, se ne utruje, nanjo ne vplivajo psihični dejavniki, razpoloženje, čustva. Zaradi tega deluje bolj kvalitetno in konstantno. Posledično so tudi izdelki oziroma proizvodi cenejši in kakovostnejši. S tem podjetje dosega večjo konkurenčnost na mednarodnem tržišču (Pintarič in drugi, 2011).

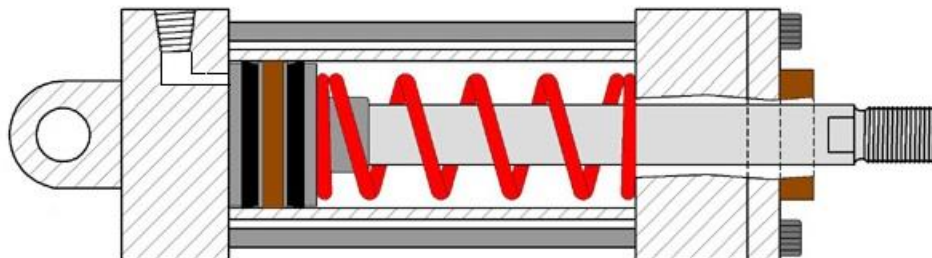
2.2 OSNOVE O PNEVMATIČNEM CILINDRU

Pnevmatični cilindri ali valji je naprava, ki energijo komprimiranega zraka pretvori v premočrtno gibanje. Ker ima velika večina proizvodnih obratov inštalacijo komprimiranega zraka, so pnevmatični cilindri zelo razširjene rešitve, ko potrebujemo premočrtno gibanje. Gib v cilindru opravi batnica. Gib naprej imenujemo delovni gib, gib nazaj pa povratni gib. Valje delimo na enosmerne in dvosmerne. Pri enosmernih valjih delovni gib opravi komprimiran zrak, povratni gib pa vzmet. Pri dvosmernih valjih pa oba giba opravi komprimiran zrak (Pintarič in drugi, 2011).

2.2.1 Enosmerni cilindri

Enosmerni cilindri lahko opravijo delo samo v eni smeri. Batnico v prvotni položaj vrne vzmet v notranjosti cilindra. Komprimiran zrak dovajamo samo iz ene strani. Zaradi konstrukcijskih omejitev, ki so posledica vgrajene povratne vzmeti, se izdeluje samo enosmerne cilindre in sicer z gibom največ 100 mm. Uporabljamo jih za podajanje, razdeljevanje, vpenjanje in oddajanje. V praksi se je izkazalo, da se s časoma material vzmeti nekoliko utruji in ne nudi več tako učinkovitega povratnega giba (Pintarič in drugi, 2011).

Na spodnji sliki je prikazan prerez enosmernega valja.

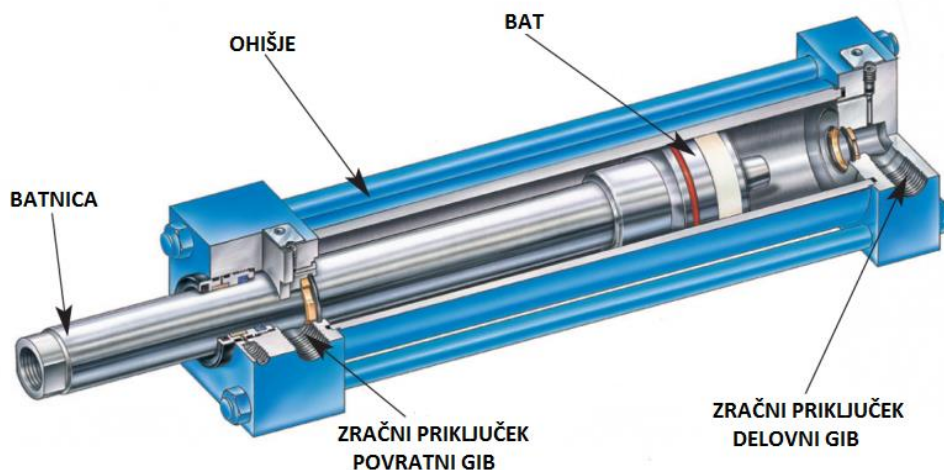


Slika 2: Enosmerni cilindri
(Vir: Peninsular Cylinder Co., 2008)

2.2.2. Dvosmerni cilindri

Dvosmerni cilindri lahko opravljajo delo v obeh smereh. Ima dva priključka za komprimiran zrak, skozi katera lahko deluje tlak izmenično na eno ali drugo stran bata. Dvosmerni cilindri so mnogo bolj uporabni kot enosmerni. Pri delovnem gibu je sila, s katero se batnica giblje, nekoliko večja kot pri povratnem gibu, saj je zaradi batnice površina bata v povratnem gibu manjša. Poznamo izvedbe s končnim dušenjem in magnetom na batni. Končno dušenje preprečuje, da bi bat v končni legi udarjal po aluminijastem pokrovu, in s tem poškodoval valj. Magnet na batni služi temu, da s pomočjo zunanega magnetnega senzorja (Reedovo stikalo), ki ga

pritrdimo na ohišje cilindra, poznamo položaj bata. Ohišje oziroma cev valja je običajno iz vlečene brezšivne jeklene cevi. Notranjost te cevi je fino obdelana, honana ali celo trdo kromirana. Tako bistveno povečamo življensko dobo batnega tesnila. Zadnji in ležajni pokrov sta iz aluminijeve litine. Batnica je izdelana iz poboljšane jekla (Pintarič in drugi, 2011). Prerez in sestavne dele dvosmerne cilindra prikazuje spodnja slika.

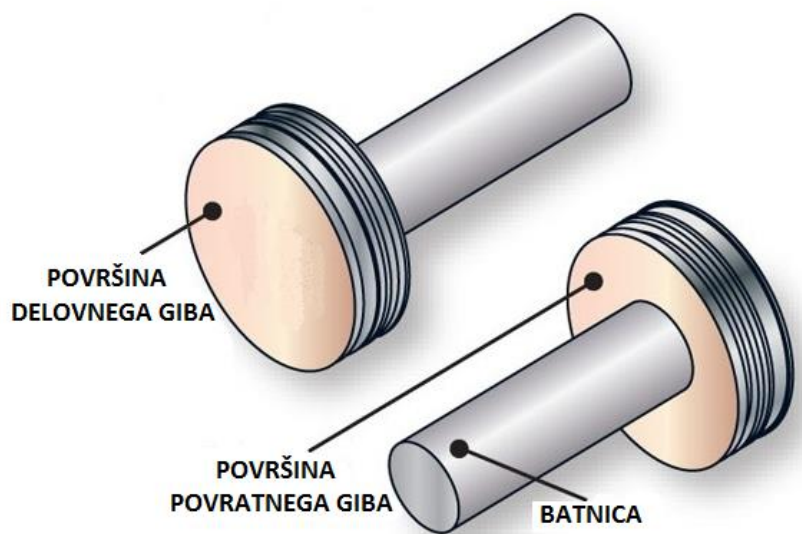


Slika 3: Dvosmerni cilinder
(Vir: Hydraulics&Pneumatics, 2012)

2.2.3 Izračun sile bata

Sila, ki jo bat ustvari med gibanjem, je odvisna od premera cilindra, delovnega tlaka in trenja med batom in cilindrom. Sila trenja, ki se ustvari med tesnilnimi elementi bata in cilindrom je velika tudi do 20 % teoretične sile. Pri enosmernih cilindrih moramo teoretični sili odšteti še silo povratne vzmeti.

Dvosmerni cilindri nimajo v obe smeri enake sile. Pri povratnem gibu je sila manjša, zaradi batnice. Tako je potrebno od premera cilindra odšteti premer batnice. Dejanska površina na katero deluje tlak je kolobar. (Pintarič, in drugi 2011)



Slika 4: Površina bata za izračun sile
(Vir: Hydraulics&Pneumatics, 2013)

Teoretična sila bata: $F_{\text{teor}} = A \cdot p$

Dejanska sila pri delovnem gibu bata: $F_d = A \cdot p - F_{\text{tr}}$

Dejanska sila pri povratnem gibu bata: $F_p = A_1 \cdot p - F_{\text{tr}}$

Površina bata pri delovnem gibu: $A = D^2 \cdot \pi / 4$

Površina bata pri povratnem gibu: $A_1 = (D^2 - d^2) \cdot \pi / 4$

Legenda:

F_{teor}	teoretična sila bata	[N]
F_d	dejanska sila bata – delovni gib	[N]
F_p	dejanska sila bata – povratni gib	[N]
F_{tr}	sila trenja	[N]
A	površina bata	[m ²]
A_1	površina kolobarja	[m ²]
D	premer valja	[m]
d	premer batnice	[m]
p	delovni tlak	[Pa, N/m ²]

2.3 VZVOD, DELO IN RAVNOVESJE MOMENTOV

Vzvod je preprosto orodje, sestavljeno iz droga in podpore oziroma vrtišča, okoli katerega se drog vrti. Kraka droga na obeh straneh vrtišča se imenujeta ročici. V vsakdanjem življenju se srečujemo z vzvodom na vsakem koraku, čeprav se

velikokrat tega niti ne zavedamo. Lopata, škarje, kljuka vrat, prestavna ročica, zavora na kolesu, pipa v kopalnici, ročica ročne zavore avtomobila itd – vse to so vzvodi (Špende, 2016).

Vzvod je v statičnem ravnovesju, ko je seštevek vseh navorov (momentov) sil, ki delujejo nanj, enak 0.

$$\sum M_i = 0$$

$$F_1 \cdot L_1 + F_2 \cdot L_2 = 0$$

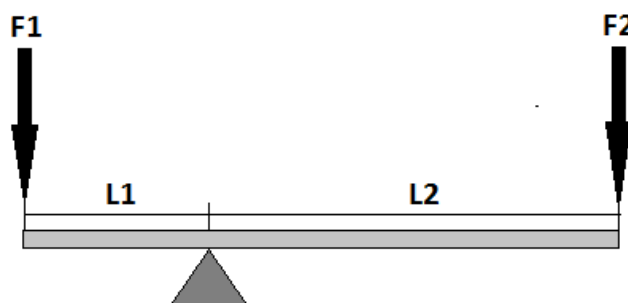
$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$

M....navor ali moment [Nm]

F....sila [N]

L....ročica [m]

Torej, koliko krat je ročica L_2 večja od ročice L_1 , toliko krat manjšo silo F_2 potrebujemo, da smo v ravnovesju s silo F_1 .



Slika 5: Prikaz delovanja vzvoda
(Lastni vir)

Daljša kot je ročica L_2 , manjša sila F_2 je potrebna, da premaknemo silo F_1 .

Delo je enako zmnožku sile in poti, ki jo sila opravi. Delo na obeh krakih vzvoda je isto, pri tem pa sila F_2 opravi sorazmerno večjo pot kot sila F_1 .

$$A_1 = A_2$$

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

A....delo [J]

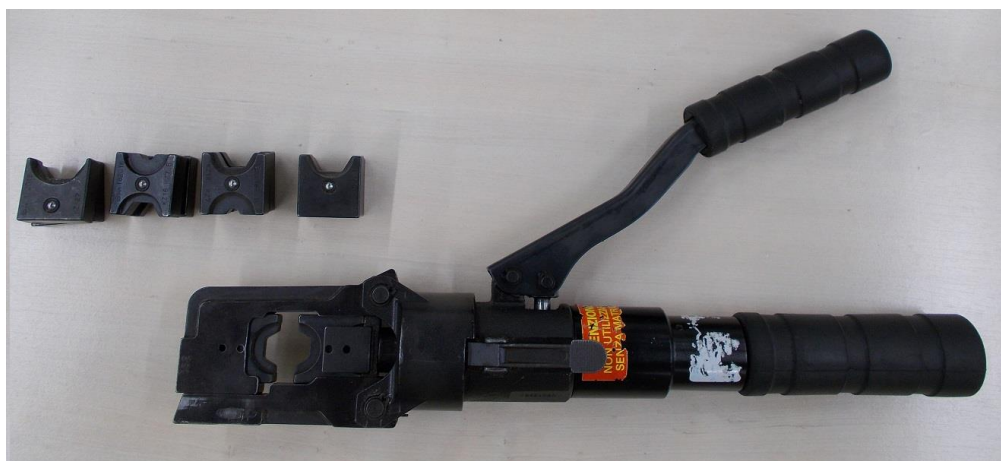
F.....sila [N]

l.....pot [m]

3 OBSTOJEČE STANJE

3.1 POSNETEK STANJA

Za prešanje kabl čevljev od 10 mm² do 120 mm² uporabljamo ročno hidravlično prešo znamke BM z oznako BM 182. Za vsak presek kabla imamo ustrezen nastavek, ki je zamenljiv. Nastevke smo dobili zraven preše. Delavec menja nastavek glede na presek kabla, na katerega bo prešal kabel čevlj.



Slika 6: Ročna hidravlična preša BM 182 z nastavki
(Lastni vir)

Postopek dela je sledeč:

Najprej delavec nareže vse potrebne kable na želene dolžine. Nato skladno z delovnimi navodili abizolira kable na obeh koncih. Sledi priprava kabel čevljev, ki jih bo potreboval. V ročno prešo vstavi ustrezen nastavek. Običajno se dela serije enakega kabla, in sicer od 10 do 100 komadov, odvisno od naročila in izvedbenega roka. Ko ima delavec pripravljene vse kable, kabel čevlje in hidravlično prešo, prične z ročnim prešanjem oziroma stiskanjem kabel čevljev. To naredi tako, da z roko pritiska na ročico hidravlične preše. S tem bat, ki ga poganja hidravlično olje v preši, potuje proti kabel čevlju in ga stisne. Ko doseže zadosten tlak (takrat je kabel čevljev optimalno prešan na kablu), se bat preše vrne v prvoten položaj. Običajno je potrebno od 20- do 30-krat pritisniti na ročico, da stisnemo en kabel čevljev. Postopek delavec ponavlja dokler ne konča celotne serije enakih kablov. Sledi zamenjava nastavka ročne preše in postopek se ponovi s kablji drugih presekov.



Slika 7: Primer končanih kablov različnih presekov
(Lastni vir)

3.2 KRITIČNA ANALIZA

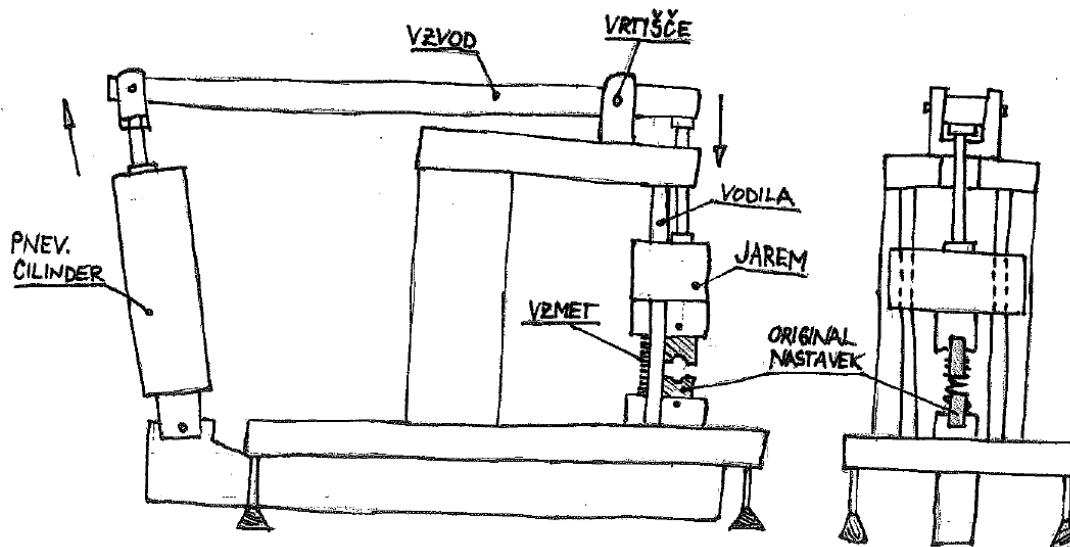
V prejšnjem odstavku opisan postopek ima možnosti za izboljšave. Največja pomankljivost opisanega postopka je, da mora delavec ročno prešati kabel čevlje oziroma končnike. To zahteva precejšnjo fizično moč delavca in stalno ponavljanje istega postopka (potrebno je od 20- do 30-krat pritisniti na ročico, da je končnik prešan optimalno). Po nekaj narejenih kablji se pojavi bolečina v zapestju in utrujenost celotne roke, kar je opazno predvsem pri starejših delavcih. Zaradi tega se lahko pojavijo napake pri izvedbi dela ter nekvalitetna izdelava kablov. Poleg tega je ročni način dela časovno zamuden.

Zaradi ugotovljenih pomankljivosti uporabe ročne hidravlične preše v serijski proizvodnji smo se odločili za njeno avtomatizacijo. Tako bomo potrebne kable izdelali hitreje, kvalitetneje in delavec bo delo opravil bistveno lažje.

4 KONSTRUIRANJE NAPRAVE ZA PREŠANJE KABELSKIH ČEVLJEV

4.1 KONCEPT DELOVANJA

Kot vsak projekt smo tudi tega začeli s prostoročno skico na papirju. Na podlagi skice lažje ocenimo približne stroške, potrebne komponente, koncept delovanja in tehnologijo izdelave.



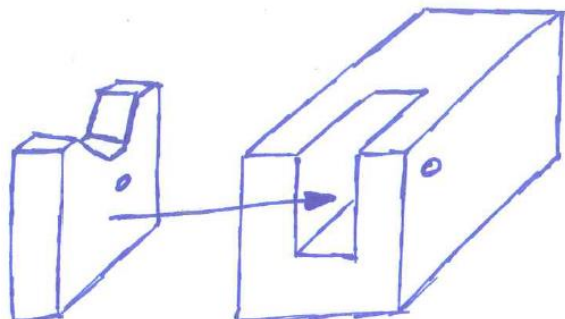
Slika 8: Skica – koncept naprave
(Lastni vir)

Delovanje naprave smo si zamislili tako, da namesto delavca pritiska kabel čevlje pnevmatični cilinder, ko delavec pritisne na gumb naprave. Zaradi varnosti bo naprava imela dvoročni vklop, kar pomeni, da bo moral pritisniti na dva gumba istočasno. Oddaljenost gumbov je opredeljena s pravilnikom. Delavec bo imel obe roki zasedeni, zato bo naprava imela še klešče, ki bodo vpele kabel. Klešče za vpetje kabla bodo pnevmatično radialno prijemalo z ustreznim nastavkom. Postopek dela bo sledeč: Najprej bo delavec postavil kabel in ustavil kabel čevlj v ustreznem položaj, nato bo pritisnil na gumb, ki bo sprožil pnevmatično radialno prijemalo. S tem bo kabel vpet. Ko bo kabel vpet, ga bo delavec lahko izpustil in s pritiskom na gumba dvoročnega vklopa bo sprožil napravo. Ko bo kabel čevlj pravilno prešan na kabl, se bo po določenem času naprava vrnila v prvoten položaj.

Ker je pri pnevmatičnih cilindrih delovna sila bistveno manjša kot pri hidravličnih cilindrih, si bomo pomagali z vzvodom. Cilinder bo preko vzvoda dosegel ustrezno silo prešanja.

Naprava bo narejena na osnovi ročne hidravlične preše. Za vsak presek kabla bomo uporabili ustrezen nastavek (originalni tovarniški nastavki hidravlične preše). Vpenjalno orodje naprave mora biti te vrste, da enostavno vpenemo ali zamenjamo

nastavek. Pri dimenzioniranju moramo upoštevati tehnologijo izdelave, ki je na voljo v delavnici Robotine d.o.o.



Slika 9: Skica – vpenjalno orodje
(Lastni vir)

4.2 IZRAČUN IN DIMENZIONIRANJE

4.2.1 Izračun sile in premera valja

Ročna preša, ki jo želimo avtomatizirati, ima iz strani proizvajalca deklarirano silo pešanja 50 kN. Ta podatek je osnova za vse izračune in dimenzioniranje. Napravo bo poganjal pnevmatični cilindri, torej moramo upoštevati še izgube zaradi trenja med batom in cilindrom. Sila trenja je lahko velika tudi do 20 % teoretične sile valja. Da bi dobili učinkovito delovno silo 50 kN, moramo teoretični sili cilindra odšteti 20 % njene vrednosti.

$$F_d = F_{\text{teor}} - F_{\text{tr}}$$

$$F_d = F_{\text{teor}} - 0,20 \cdot F_{\text{teor}}$$

$$F_d = 0,8 \cdot F_{\text{teor}}$$

$$F_{\text{teor}} = 50\text{kN} / 0,8 = \underline{62,5\text{kN}}$$

$$F_{\text{tr}} = 0,20 \cdot F_{\text{teor}}$$

Zdaj, ko imamo teoretično silo, lahko izračunamo potrebni premer cilindra. Delovni tlak na inštalaciji zraka v podjetju Robotina d.o.o. je 6 bar = 600000 Pa.

$$F_{\text{teor}} = A \cdot p = (D^2 \cdot \pi / 4) \cdot p$$

$$D = (4 \cdot F / (p \cdot \pi))^{1/2}$$

$$D = (4 \cdot 62500 \text{ N} / 600000 \text{ Pa} \cdot \pi)^{1/2} = 0,362 \text{ m} = \underline{362 \text{ mm}}$$

Vidimo, da glede na naše podatke potrebujemo cilinder s premerom 362 mm. To je izredno velik cilinder. Na tržišču proizvajalci ponujajo standardne cilindre, in sicer do premera 320 mm.

Za naše potrebe je to še vedno prevelik cilinder. Zaradi velikosti, ergonomije, zunanjšega izgleda, porabe zraka, cene in hrupa smo se odločili, da bomo uporabili cilinder s premerom **125 mm**. Silo bomo tako povečali preko vzvoda na 50 kN.

Sedaj moramo izračunati teoretično in dejansko silo valja s premerom 125 mm. Na podlagi teh dveh izračunov in končne sile bomo dimenzionirali vzvod.

$$F_{\text{teor}} = A \cdot p = (D^2 \cdot \pi / 4) \cdot p$$
$$F_{\text{teor}} = (0,125 \text{ m})^2 \cdot \pi / 4 \cdot 600000 \text{ Pa}$$
$$F_{\text{teor}} = 7363 \text{ N}$$

$$F_{\text{tr}} = 0,20 \cdot F_{\text{teor}}$$
$$F_{\text{tr}} = 0,20 \cdot 7363 \text{ N} = 1772,6 \text{ N}$$

$$F_{\text{d}} = F_{\text{teor}} - F_{\text{tr}}$$
$$F_{\text{d}} = 7363 \text{ N} - 1772,6 \text{ N} = 5890,4 \text{ N}$$

4.2.2 Izračun razmerja med ročicama vzvoda

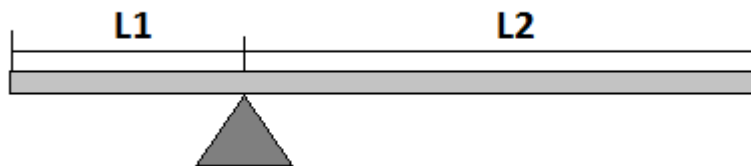
Vzvod je v statičnem ravnovesju, ko je seštevek vseh navorov (momentov) sil, ki delujejo nanj, enak 0. Poznamo obe sili, ki delujeta na vzvod. Na podlagi tega lahko izračunamo razmerje med obema ročicama (na levi in desni strani vrtilišča).

$$\sum M_i = 0$$
$$F_1 \cdot L_1 + F_2 \cdot L_2 = 0$$
$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$
$$5,89 \text{ kN} \cdot L_1 = 50 \text{ kN} \cdot L_2$$
$$L_1 = 8,48 \cdot L_2$$

Da bi lahko z izbranim pnevmatičnim cilindrom dosegli silo 50 kN, mora biti ročica vzvoda na strani cilindra 8,48-krat večja kot na strani orodja, ki bo prešala kabel čevljev. To je teoretična vrednost. V praksi se pojavijo številne izgube, zato bomo izbrali razmerje med ročicama 1:10.

4.2.3 Dimenzioniranje vzvoda in hoda pnevmatičnega cilindra

Izbrano razmerje med ročicama je $L_1 : L_2 = 1 : 10$



Slika 10: Ročici na vzvodu
(Lastni vir)

Da bo naprava dovolj toga, da bo zdržala obremenitve in da hkrati ne bo prevelika in pretežka, smo določili ročico $L_1 = 48 \text{ mm}$ in ročico na drugi strani vrtišča $L_2 = 480 \text{ mm}$.

Razmerje med ročicama je $L_1 : L_2 = 1 : 10$. Sili na obeh straneh vrtišča opravita isto delo A . Ker je delo A zmnožek sile F in njene poti l , pomeni, da ena ročica opravi 10-krat večjo pot. Ta podatek moramo upoštevati pri izbiri hoda pnevmatičnega cilindra.

Želen hod orodja je enak hodu, ki ga ima ročna hidravlična preša. Preša ima hod **13 mm**. Ker je razmerje $L_1 : L_2 = 1 : 10$, in da bo orodje imelo hod 13 mm, mora imeti pnevmatični cilinder hod **130 mm**. Da bomo imeli nekoliko manevrskega prostora in da bodo kabel čevelji zanesljivo sprešani, določimo, da bo imel pnevmatični valj hod **150 mm**.

4.3 IZBIRA IN OPIS ELEKTRO IN PNEVMATIČNIH KOMPONENT

Eden ključnih korakov projektiranja je izbira komponent. Pri njihovi izbiri smo dali poudarek na kvaliteto, zanesljivost in ceno. Za izdelavo naprave tako potrebujemo:

- Dvosmerni pnevmatični valj z magnetno batnico in končnim dušenjem
- Pnevmatično radialno prijemalo
- Filter-regulator tlaka
- Dva monostabilna potna ventila 5/2
- Dve ročni tipki »gobici«
- Tri magnetne senzorje
- PLC–programabilni krmilnik
- Napajalnik 24 V

4.3.1 Dvosmerni pnevmatični valj z magnetno batnico in končnim dušenjem

Opis in delovanje pnevmatičnih valjev smo opredelili že v 2. poglavju. Iz konstrukcijskih razlogov smo se odločili za dvosmerni cilindar. S tem bo povratni gib cilindra tako učinkovit kot delovni gib. S pomočjo magneta na batu bomo poznali njegov položaj. Zanimata nas predvsem začetni in končni položaj, saj sta ključnega pomena za krmiljenje delovanja cilindra. Izbran pnevmatični cilindar oziroma valj je velikega preseka, zato smo izbrali končno dušenje, s katerim bomo preprečili morebitne poškodbe v cilindru. V delovnem gibu bomo dušilko odprli do konca, saj potrebujemo čim bolj suknovito silo z nekoliko »zaleta«, da se kabel čevljev spreša učinkovito. V povratnem gibu pa bo dušilka nekoliko zaprta, da bo povratni gib ublažen in bomo s tem preprečili morebitne poškodbe.

Pnevmatični cilindar, ki ga potrebujemo, ima premer 125 mm in hod 150 mm. Zaradi omejitev s prostorom in želje po čim manjšem cilindru bomo izbrali kompaktni cilindar, in sicer **FESTO kompaktni cilindar ADVU-125-150-A-P-A**.

TEHNIČNI PODATKI

Gib	150 mm
Premer bata	125 mm
Dušenje	P: elastični dušilni obroči/-plošče na obeh straneh
Način delovanja	dvosmerni
Konec batnice	zunanj navoj
Konstrukcijska zgradba	bat - batnica
Zaznavanje položaja	magnet na batu
Variante	batnica na eni strani
Obratovalni tlak	0,5 ... 10 bar
Delovni medij	stisnjen zrak po ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Opozorilo za obratovalni in krmilni medij	možno obratovanje z naoljevanjem (potrebno za nadaljnje operacije)
Razred odpornosti proti koroziji KBK	2 – zmerna korozijska obremenitev
Temperatura okolice	-20 ... 80° C
Udarna energija v končnih legah	3,3 J
Teoretična sila pri 6 bar, povratni gib	6.881 N
Teoretična sila pri 6 bar, delovni gib	7.363 N
Pnevmatični priključek	G1/4
Informacije o materialu veznega vijaka	jeklo, cinkano
Informacije o materialu pokrova	aluminijeva litina za kovanje
Informacije o materialu dinamičnih tesnil	NBR TPE-U(PU)

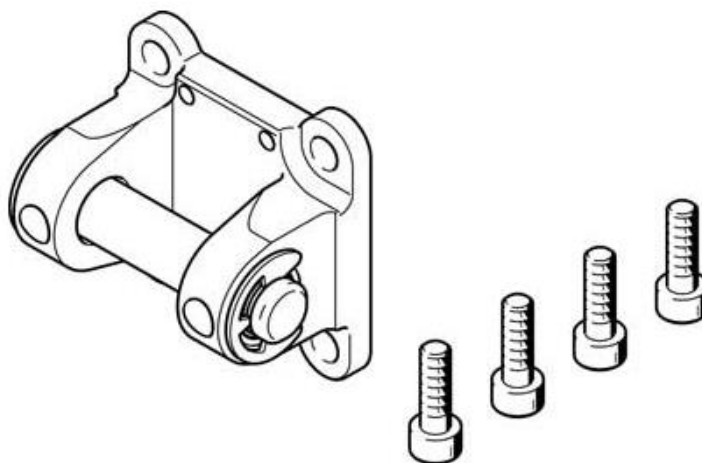
Informacije o materialu batnice	visokolegirano jeklo
Informacije o materialu cevi valja	aluminijeva litina za kovanje

Tabela 1 : Tehnični podatki FESTO ADVU-125-150-A-P-A
(Vir: Festo, 2017)



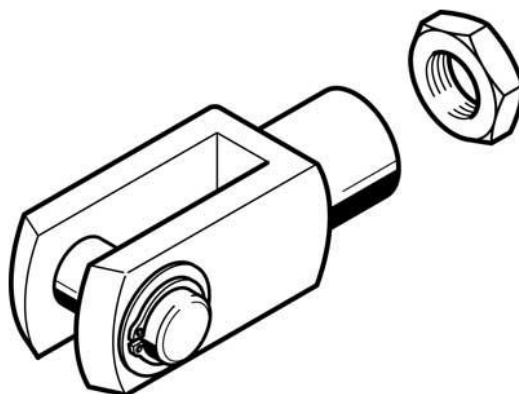
Slika 11: Festov kompaktni cilinder
(Vir: <https://2.imimg.com>, 2017)

Valj bo na spodnjem koncu vpet v napravo z nihajno prirobnico. Izbrali smo nihajno prirobnico iz Festovega kataloga z oznako **SNCB-125**.



Slika 12: Nihajna prirobnica FESTO SNCB-125
(Vir: Festo, 2017)

V batnico pnevmatičnega valja bo vpet vzvod za prenos sile in premočrnega gibanja. Batnico in vzvod bo povezovala viličasta glava. Vilico smo izbrali v Festovem katalogu. Njena oznaka je **SG-M20x1.5**.

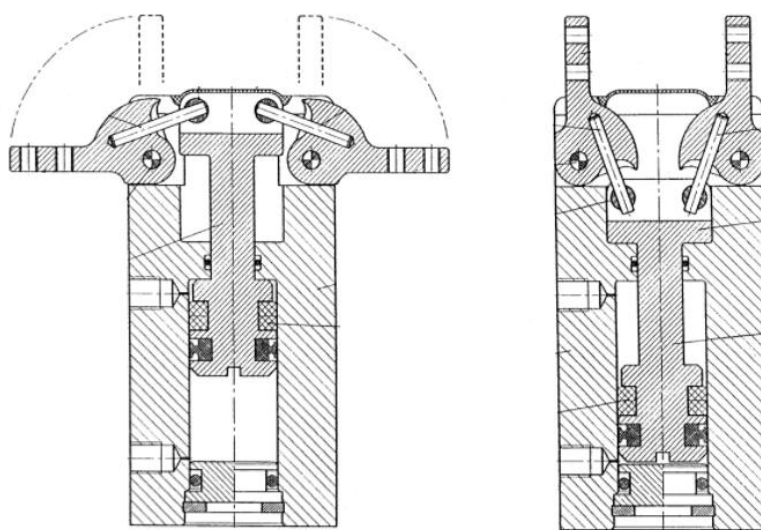


Slika 13: Viličasta glava FESTO SG-M20x1.5

(Vir: Festo, 2017)

4.3.2 Pnevmatično radialno prijemalo

Pnevmatično radialno prijemalo je naprava, ki energijo komprimiranega zraka pretvori v radialno gibanje. V notranjosti je bat z batnico, ki se, tako kot v običajnem cilindru, premika premočrno. Preko posebnega mehanizma je batnica povezana z dvema vrtečima deloma, ki sta na levi in desni strani batnice. Vrtita se v nasprotni smeri in skupaj tvorita čeljust oziroma prijemalo (Google Patents, 2007). Princip delovanja je prikazan na spodnji sliki.



Slika 14: Princip delovanja radialnega prijemala

(Vir: Google patents, 2007)

Pri izbiri radialnega prijemala smo imeli kot referenco presek kablov, na katere bomo prešali kabel čevlje. Upoštevali smo presek skupaj z izolacijo, kajti prijemalo bo vpelo kabel na izoliranem delu kabla. Izbrali smo radialno prijemalo znamke **FESTO DHRS-16-A**.

TEHNIČNI PODATKI

Maks. kot odprtja	180 deg
Krožna simetrija	$\leq 0,2$ mm
Ponovljivost prijemala	$\leq 0,1$ mm
Število prijemalnih prstov	2
Položaj vgradnje	poljuben
Način delovanja	dvosmerni
Prijemalna funkcija	radialen
Konstruktivska zgradba	prisilno voden potek gibanja
Zaznavanje položaja	za približevalna stikala
Obratovalni tlak	2 ... 8 bar
Maks. delovna frekvenca prijemala	≤ 4 Hz
Min. čas odpiranja pri 6 bar	61 ms
Min. čas zapiranja pri 6 bar	63 ms
Delovni medij	stisnjen zrak po ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Razred odpornosti proti koroziji KBK	1 – nizka korozijska obremenitev
Temperatura okolice	5 ... 60° C
Celotni prijemalni moment pri 6 bar, odpiranje	62 Ncm
Celotni prijemalni moment pri 6 bar, zapiranje	55 Ncm
Masni vztrajnostni moment	0,14 kgcm ²
Maks. sila na prijemalno čeljust Fz, statična	40 N
Maks. moment na prijemalno čeljust Mx, statičen	1,3 Nm
Maks. moment na prijemalno čeljust My, statičen	1,3 Nm
Maks. moment na prijemalno čeljust Mz, statičen	1,3 Nm
Masa izdelka	114 g
Način pritrditve	po zbiru: notranji navoj in centriralna puša/ s skožnjo izvrtino in centrirno pušo
Pnevmatični priključek	M3
Opomba o materialu	ustreza RoHS
Informacije o materialu pokrivne kape	PA
Informacije o materialu ohišja	aluminijeva litina za kovanje trdo eloksiran
Informacije o materialu prijemalne čeljusti	visokolegirano jeklo

Tabela 2: Tehnični podatki FESTO DHRS-16-A
(Vir: Festo, 2017)



Slika 15: Radialno prijemalo FESTO DHRS
(Vir: Eriks shop, 2017)

4.3.3 Filter-regulator tlaka

Stisnjen zrak pripravimo za uporabo s pripravno skupino. Pripravna skupina ali pripravna grupa je sestavljena iz zračnega filtra, regulatorja tlaka in naoljevalnika. Uporabili bomo samo filter in regulator tlaka z manometrom. Običajno proizvajalci pripravnih skupin ponujajo filter in regulator tlaka v eni napravi. Zaradi pomankanja prostora smo se odločili za tako izvedbo. Naoljevalnika ne potrebujemo, saj sta pnevmatični cilinder in radialno prijemalo tovarniško premazana z namensko specialno mastjo. Če bi dovajali naoljen zrak, bi tovarniško mast izprali, kar bi lahko povzročilo trajne poškodbe. V inštalaciji komprimiranega zraka so lahko smeti, delci rje in kondenz. S filtrom odstranimo delce in izločimo kondenz. Z regulatorjem tlaka z vrtenjem na ročico nastavimo želen tlak na napravi. Tako zagotovimo konstanten tlak na napravi ne glede na tlak v omrežju. Vrednost tlaka odčitamo na manometru regulatorja. Filter-regulator tlaka mora biti čim bližje pnevmatičnim delovnim komponentam (TIO-pnevmatika, 2017).

Odločili smo se za filter-regulator slovenskega proizvajalca TIO-Pnevmatika, ki ponuja odličen izdelek po ugodni ceni. Oznaka filtra-regulatorja je **FR G 1/2**.



Slika 16: Filter-regulator tlaka
(Vir: TIO Pnevmatika, 2017)

TEHNIČNI PODATKI

Max. delovni tlak [bar]	13
Max. temperatura okolice	50° C
Priključni navoj za manometer	G 1/8
Masa [kg]	0.645
Območje nastavitve tlaka [bar]	0-12
Velikost filtra [mikron]	20
Max. volumen kondenzata [ml]	42
Vgradni položaj	vertikalen
Max. moment prititja priključka [Nm]	40

Tabela 3 : Tehnični podatki TIO Pnevmatika FR G1/2
(Vir: TIO Pnevmatika, 2017)

4.3.4 Monostabilni potni ventil 5/2

Potni ventili so v pnevmatičnih sistemih uporabljeni za usmerjanje ali zaustavitev pretoka zraka. So najbolj razširjeni elementi v pnevmatiki. Uporabljamo jih za krmiljenje pnevmatičnih izvršilnih komponent. Monostabilen ventil je ventil, ki se po prenehanju delovne sile vrne v osnovno stanje. V našem primeru bo ventil preklapljala tuljava. Ko je na tuljavi sklenjen tokokrog, se ustvari magnetno polje in premakne ventil iz osnovnega stanja. Oznaka 5/2 pomeni, da ima ventil 5 priklopov in 2 položaja. Ko je v osnovnem položaju, povezuje vhod 1 in izhod 2. Ko dobi ventil signal, preklopi izhod 2 na izhod 4 (Tameson.com b.l.).

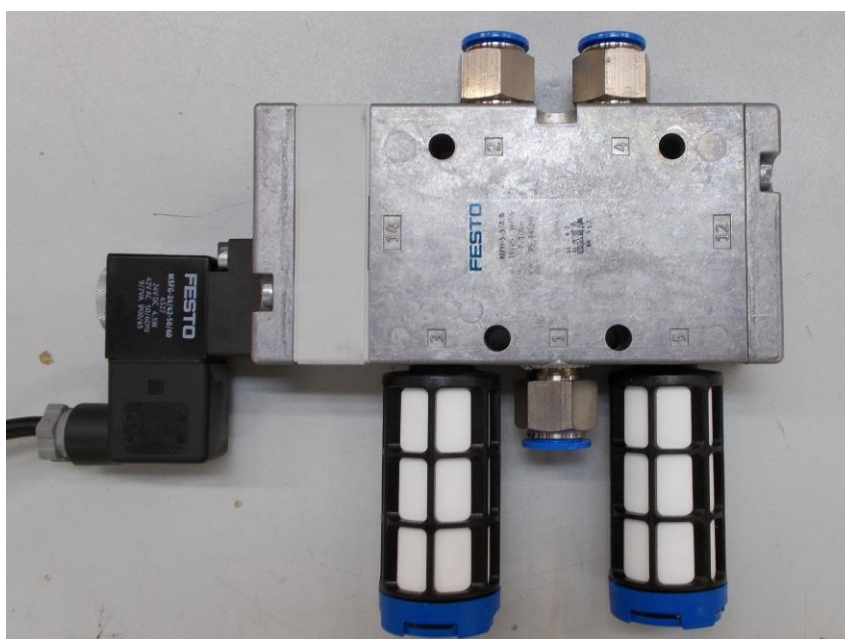
Potrebujemo dva ventila, prvi bo krmilil pripravljen komprimiran zrak za pnevmatični cilinder, drugi pa za pnevmatično radialno prijemalo. Izbrali smo potni ventil znamke FESTO, z oznako **FESTO MFH-5-3/8-B-EX**.

TEHNIČNI PODATKI

Ventil	5/2 monostabilen
Način vklopa	električni
Širina	40 mm
Normalni imenski pretok	2.000 l/min
Obratovalni tlak	2,5 ... 10 bar
Konstruktivna zgradba	drsnik bata
Način vračanja	mehanska vzmet
Vrsta zaščite	IP65
Imenska velikost	12 mm
Dimenzija rastra	41 mm
Funkcija izpuha	z dušenjem
Princip tesnenja	mehak
Položaj vgradnje	poljuben
Pomožni ročni vklop	tipalni
Vrsta krmiljenja	predkrmiljen
Napajanje s krmilnim zrakom	notranji
Smer pretoka	ni reverzibilen
Brez prekrivanja	da
Maks. preklopna frekvenca	3 Hz
Čas preklopa izključen	56 ms
Čas preklopa vključen	20 ms
Temperatura EX odporne okolice	-5° C ≤ Ta ≤ +40° C
Delovni medij	stisnjen zrak po ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Opozorilo za obratovalni in krmilni medij	možno obratovanje z naoljevanjem
CE oznaka (glejte izjavo o skladnosti)	po ex-zaščitni smernici EU (ATEX)
Razred odpornosti proti koroziji KBK	1 - nizka korozijska obremenitev
Temperatura skladiščenja	-40 ... 60° C
Temperatura medija	-5 ... 40° C
Temperatura okolice	-5 ... 40° C
Masa izdelka	630 g
Način pritrditve	s skoznjo izvrtino
Priključek krmilnega izpuha 84	M5
Pnevmatični priključek 1	G3/8
Pnevmatični priključek 2	G3/8
Pnevmatični priključek 3	G3/8

Pnevmatični priključek 4	G3/8
Pnevmatični priključek 5	G3/8
Opomba o materialu	ustreza RoHS
Informacije o materialu tesnil	NBR
Informacije o materialu ohišja	tlačno liti aluminij

Tabela 4 : Tehnični podatki FESTO MFH 5-3/8-B-EX
(Vir: Festo, 2017)



Slika 17: Monostabilni potni ventil 5/2 FESTO MFH 5-3/8-B-EX
(Lastni vir)

4.3.5 Ročna tipka

Monostabilni ventil se bo sprožil, ko mu bomo to preko PLC-krmilnika ukazali. Ukazali mu bomo s pritiskom na gumb, in sicer mu bomo poslali enkratni signal, v ta namen potrebujemo tipko, ki se po pritisku vrne v osnovni položaj. Pri izbiri smo dali poudarek na kvaliteto, ceno in ergonomijo. Odločili smo se za tipko proizvajalca EATON. Tipka ima obliko, »gobice«, ki omogoča enostavnejši pritisk med delovnim procesom. Oznaka tipke je **EATON-Moeller M22-DRP-R**. Ohišje za tipko bo istega proizvajalca, z oznako **M22-IY1-PG**. Zaradi dvoročnega vklopa bomo potrebovali dva kompleta (tipka in ohišje).



Slika 18: Tipka EATON-Moeller M22-DRP-R z ohišjem M22-IY1-PG
(Lastni vir)

4.3.6 Magnetni senzor – reedovo stikalo

Magnetni senzor je stikalo, ki se aktivira brez dotika. Občutljiv je na magnetno polje. Deluje po principu reedovega stikala. Ko se mu zadostno približamo z magnetnim poljem, se stikalo sklene. Vgrajeno ima led lučko, ki zasveti, ko je reedovo stikalo znotraj sensorja sklenjeno. Tako vemo ali je senzor zaznal magnetno polje. Senzor je zgrajen tako, da ga je mogoče na enostaven način pritrditi na cilindre ali druge pnevmatične delovne komponente. Pri vgradnji moramo biti pozorni na to, da ni v neposredni bližini drugega trajnega magneta ali magnetnega polja, kajti potem magnetni senzor ne bo deloval pravilno. Ker smo izbrali pnevmatični cilindar in radialno prijemalo s trajnim magnetom na batu, bomo s tem senzorjem lahko zaznali njegov položaj. Za pravilno delovanje naprave nas zanimata samo začetni in končni položaj bata.



Slika 19: Reedovo stikalo
(Vir: Sparkfun, 2017)

Izbrali smo magnetni senzor proizvajalca **FESTO**, z oznako **SME-8-K-LED-24**. Potrebovali bomo tri. Na cilindru nas zanimata začetni in končni položaj, na radialnem prijemalu pa zgolj končni položaj.

TEHNIČNI PODATKI

Oblika	za T-utor
Ustreza standardu	EN 60947-5-2
Dovoljenje	RCM Mark
CE-oznaka (glejte izjavo o skladnosti)	po EMC-smernici EU
Opomba o materialu	brez bakra in PTFE
Ustreza RoHS	
Princip merjenja	magnetni Reed
Temperatura okolice	-40 ... 60 °C
Izhod stikala	z bipolarnim kontaktom
Stikalni element	vklopni kontakt
Možnost reprodukcije preklopne vrednosti	+/- 0,1 mm
Čas vklopa	<= 0,5 ms
Čas izklopa	0,03 ms
Maks. preklopna frekvenca	800 Hz
Maks. izhodni tok	500 mA
Maks. preklopna moč AC	10 VA
Maks. preklopna moč DC	10 W
Padec napetosti	0 V
Kratkostična odpornost	ne
Odpornost na preobremenitve	ni na voljo
Območje obratovalne napetosti AC	12 ... 30 V
Območje obratovalne napetosti DC	12 ... 30 V
Zaščita pred zamenjavo polov	ne
Električni priključek	kabel 3-žilni
Smer izhoda priključka	vzdolž
Dolžina kabla	2,5 m
Informacije o materialu oplaščenja kabla	TPE-U(PUR)
Način pritrditve	vpet v T-utor vstavljen vzdolžno v utor
Pritezni moment	0,2 Nm
Masa izdelka	30 g
Informacije o materialu ohišja	epoksi smola, visokolegirano jeklo, nerjavno
Prikaz stanja preklopa	rumena LED

Temperatura okolice, premični kabli	-5 ... 60° C
Vrsta zaščite	IP65, IP67
Izolacijska napetost	50 V
Odpornost na nihanje napetosti	0,8 kV
Stopnja umazanije	3
Oblika	za T-utor
Ustreza standardu	EN 60947-5-2

Tabela 5 : Tehnični podatki FESTO MFH 5-3/8-B-EX
(Vir: Festo, 2017)



Slika 20: Magnetni senzor FESTO MFH 5-3/8-B-EX
(Lastni vir)

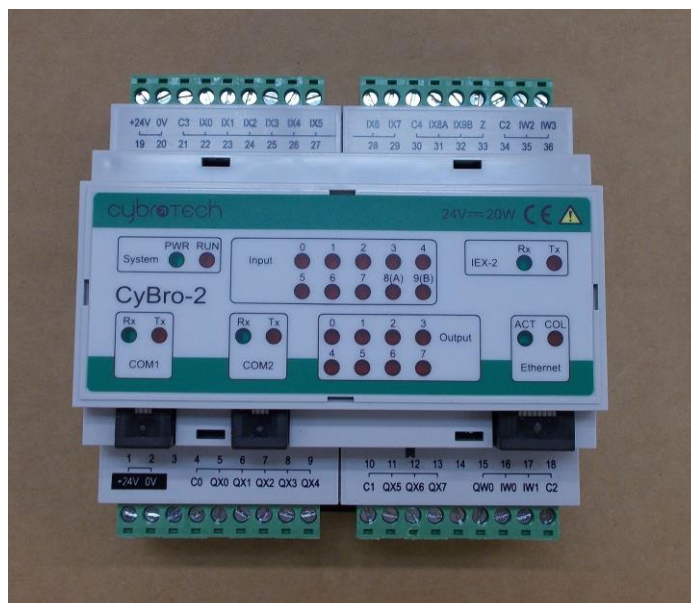
4.3.7 PLC-programabilni krmilnik

Programabilni logični krmilnik ali na kratko PLC (*Programmable logic controller*) je namenski digitalni računalnik za krmiljenje oziroma upravljanje elektromehanskih procesov. Na osnovi ukazov, ki so shranjeni v programabilnem pomnilniku, izvaja logične, časovne, sekvenčne in aritmetične operacije. Ima digitalne in analogne vhode ter izhode. Preko njih vodi procese in naprave. Osnovni sestavni deli so centralna procesna enota – CPU, vhodne in izhodne enote ter napajalni del (Lampret 2011).

Za krmiljenje naprave smo izbrali krmilnik **Cybro-2**, ki ga izdelujemo v podjetju Robotina d.o.o. Obstajata dve različici napajani na 24 V enosmernega toka ter 230 V izmeničnega toka. Mi smo izbrali napajanje 24 V enosmernega toka. Ta krmilnik po definiciji in dimenziji spada med mikro krmilnike. Njegova osnovna enota brez razširitvenih modulov ali dodatne opreme vsebuje:

- 10 digitalnih vhodov 24VDC
- 4 analogne vhode 0-10 VDC ali 0-20mA
- 1 analogni izhod 0-10 VDC
- 8 relejnih izhodov
- 2 RS232 komunikacijska kanala
- uro realnega časa

- hitro števrne vhode



Slika 21: PLC-krmilnik Cybro-2
(Lastni vir)

4.3.8 Napajalnik 24V

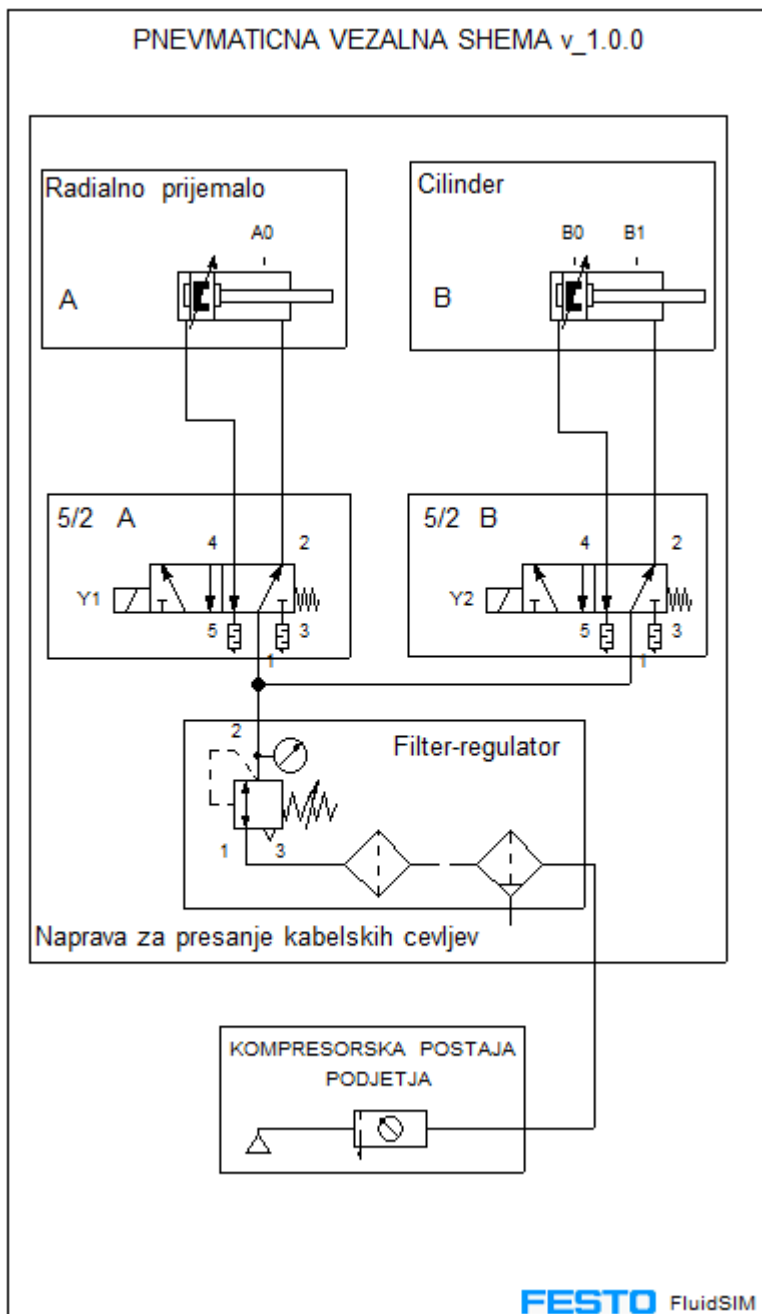
V industriji in avtomatizaciji se za električno napajanje komponent uporablja predvsem enosmerni tok z napetostjo 24 V. V ta namen se uporabljajo napajalniki. Napajalnik je električna naprava, ki želen uporabnik napaja z električnim tokom ustrezne napetosti in frekvence. V našem primeru pretvori izmenični električni tok z napetostjo 220 V v enosmerni električni tok z napetostjo 24 V. Pretvorjeni električni tok potrebujemo za električno napajanje PLC-krmilnika, magnetnih senzorjev in tuljav na potnih ventilih 5/2. Izbrali smo napajalnik proizvajalca **PULS**, z oznako **ML50**.



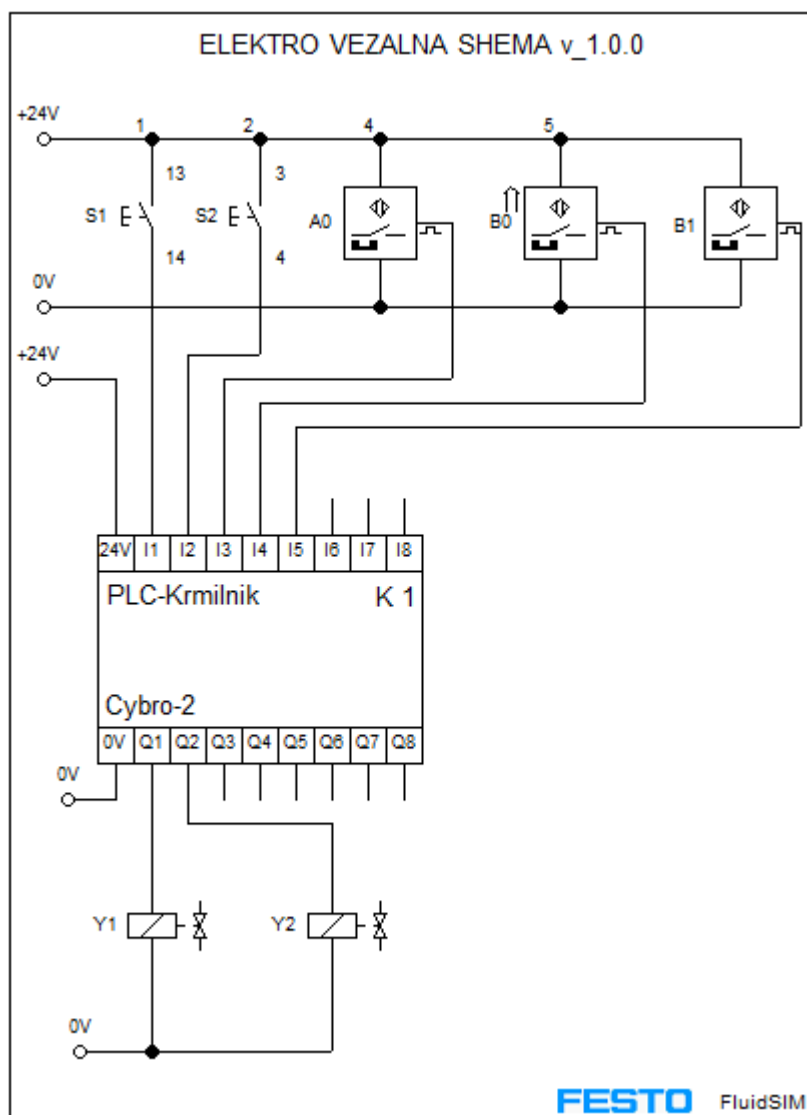
Slika 22: Napajalnik 24V PULS ML50
(Lastni vir)

4.4 ELEKTRO PNEVMATIČNA VEZALNA SCHEMA

Za izdelavo pnevmatične in električne vezalne sheme smo uporabili program Festo FluidDraw. Program je brezplačen in ga dobimo skupaj s CD-katalogom proizvajalca pnevmatičnih komponent FESTO.



Slika 23: Pnevmatična vezalna shema
(Lastni vir)


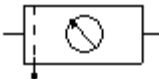
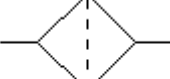
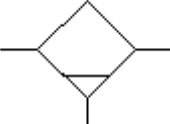
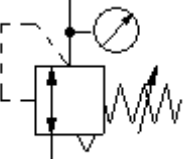
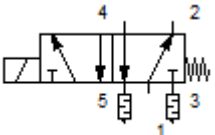
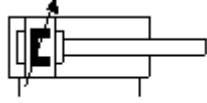


*Slika 24: Elektro vezalna shema
(Lastni vir)*

Ko pritisnemo stikalo S1, pošljemo signal v PLC krmilnik K1. V krmilniku je v centralni procesni enoti shranjen besedilni program logičnih operacij, ki smo ga tam predhodno zapisali. Krmilnik sklence tokokrog na tuljavi Y1, ki se nahaja na monostabilnem potnem ventilu 5/2 A. Tuljava premakne potni ventil, ta pa spusti zrak v radialno prijemalo A. Radialno prijemalo se zasuče do končne lege in sproži magnetni senzor a0, ki se sklence. V besedilnem programu krmilnika je zapisan pogoj za naslednji korak, in sicer morajo biti sklenjeni senzor a0, stikalo S1 in S2. Nato istočasno stisnemo stikali S1 in S2 (dvoročni vklop). Vsako stikalo pošlje svoj signal krmilniku K1. Tako so izpolnjeni vsi trije pogoji. Krmilnik sklence tokokrog na tuljavi Y2, ki se nahaja na monostabilnem potnem ventilu 5/2 B. Tuljava premakne

potni ventil, ta spusti zrak v pnevmatični valj B. Bat v valju potuje do končne lege in sproži magnetni senzor b1. Reed stikalo v senzorju se sklene in pošlje signal krmilniku K1. Tako krmilnik zazna, da je bat cilindra v končnem položaju. V besedilnem programu krmilnica je zapisano, da ko bat cilindra doseže končni položaj, počaka 3 sekunde (3 sekunde počakamo, da je kabel čevelj optimalno prešan na kabel). Po tem času krmilnik K1 prekine tokokrog na tuljavi Y2. Vzmet vrne monostabilni potni ventil 5/2 B v prvotni položaj. S tem preklopi izhod komprimiranega zraka. Zaradi tega se bat v pnevmatičnem cilindru B vrne v prvotni položaj in sklene stikalo v magnetnem senzorju b0. Senzor pošlje signal v krmilnik K1, ta prekine tokokrog na tuljavi Y1. Vzmet vrne monostabilni potni ventil 5/2 A v prvotni položaj. Ventil preklopi izhod komprimiranega zraka in radialno prijemalo A se zasučje v začetni položaj.

Legenda simbolov v vezalnih shemah

 Compressed air supply	kompresor
 Air service unit	pripravna skupina
 Air filter	zračni filter
 Manual drain	izločevalnik kondenza
 Pressure control valve	regulator tlaka z manometrom
 5/2-way valve	električno krmiljen monostabilni potni ventil 5/2
 Double acting cylinder	dvosmerni pnevmatični cilindar s trajnim magnetom na batu

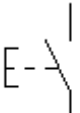
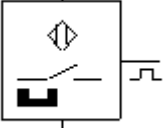
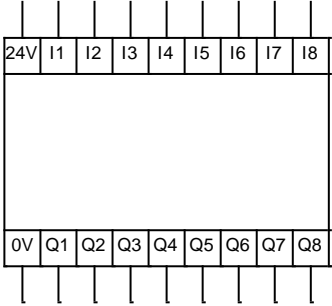
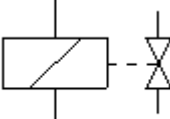


 <p>Pushbutton</p>	<p>ročna tipka</p>
 <p>Magnetic proximity switch</p>	<p>magnetni senzor-reed stikalo</p>
	<p>PLC – programabilni krmilnik</p>
 <p>Valve solenoid</p>	<p>elektromagnetni ventil (tuljava ki sproži potni ventil 5/2)</p>
 <p>Electrical connection 0V</p>	<p>priklop na napajalnik 0V (-)</p>
 <p>Electrical connection 24V</p>	<p>priklop na napajalnik 24V (+)</p>

Tabela 6 : Simboli v vezalnih shemah
(Lastni vir)

4.5 PLC – BESEDILNI PROGRAM

Načrtovana naprava bo imela 4 korake: Y= A+ B+ B- A-

1. KORAK A+	2. KORAK B+	3. KORAK B-	4. KORAK A-
če S1 in b0 nin a0 zasedi Y1	če a0 in S1 in S2 zasedi Y2	če b1 počakaj 3s nato ponastavi Y2	če b0 ponastavi Y2

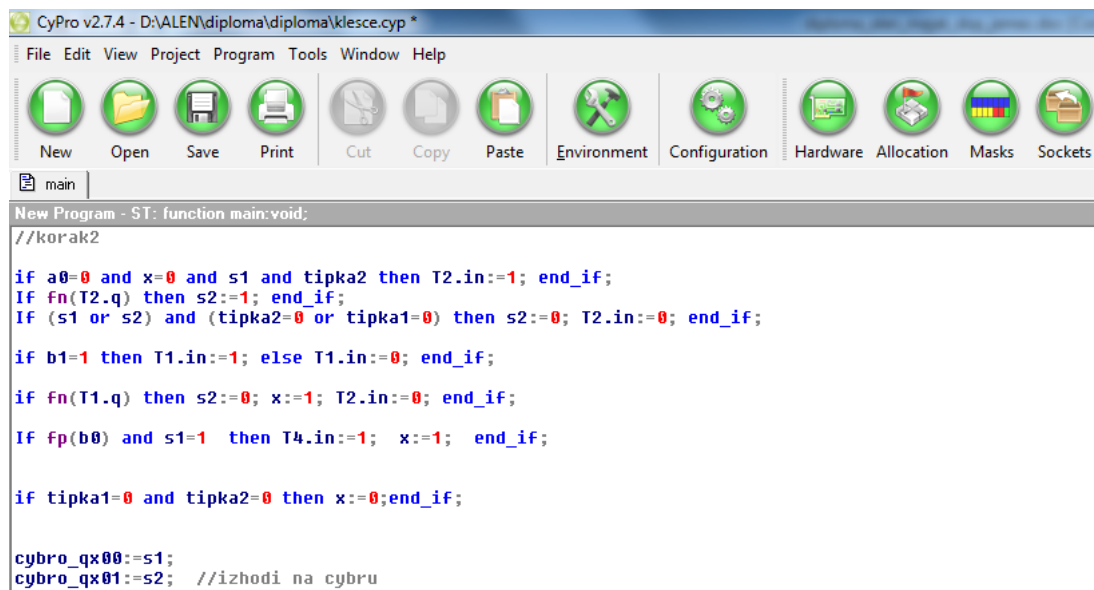
Za izdelavo PLC-besedilnega programa smo uporabili program Cypro 2.7.4. To je program, ki ga dobimo brezplačno s krmilnikom Cybro-2.

```

New Program - ST: function main:void:
if cybro_ix02=1 then a0:=1; else a0:=0; end_if; // kleščice odprte a0 senzor na kleščah
if cybro_ix03=1 then b0:=1; else b0:=0; end_if; // cilinder v začetnem stanje//stanja vhodov
if cybro_ix04=1 then b1:=1; else b1:=0; end_if; // cilinder v končnem stanju
if cybro_ix00=1 then tipka1:=1; else tipka1:=0; end_if; // 1 tipka pritisnjena
if cybro_ix01=1 then tipka2:=1; else tipka2:=0; end_if; // tipka 2 pritisnjena

//korak 1
if x=0 and tipka1 and a0 and b0 AND b1=0 then s1:=1; end_if;
if x=0 and s1 and tipka1=0 and s2=0 and b1=0 and b0=1 then T3.in:=1;else T3.in:=0 ; T4.in:=0;end_if;
if fn(T3.q) or fn(T4.q) then s1:=0;end_if;
    
```

Slika 25: 1. del PLC-besedilnega programa izdelanega v programu Cypro 2.7.4 (Lastni vir)



```

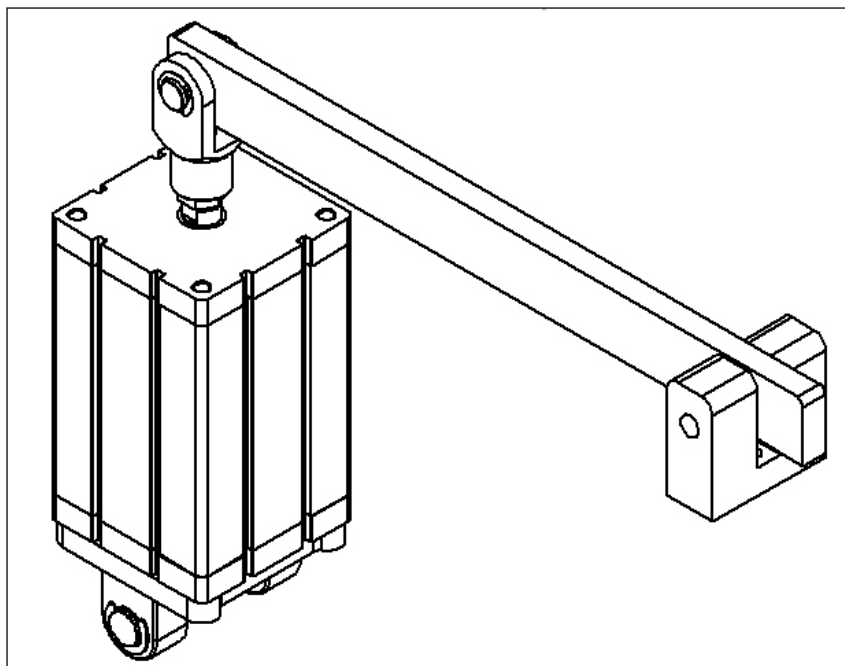
CyPro v2.7.4 - D:\ALEN\diploma\diploma\klesce.cyp *
File Edit View Project Program Tools Window Help
New Open Save Print Cut Copy Paste Environment Configuration Hardware Allocation Masks Sockets
main
New Program - ST: function main:void;
//korak2
if a0=0 and x=0 and s1 and tipka2 then T2.in:=1; end_if;
If fn(T2.q) then s2:=1; end_if;
If (s1 or s2) and (tipka2=0 or tipka1=0) then s2:=0; T2.in:=0; end_if;
if b1=1 then T1.in:=1; else T1.in:=0; end_if;
if fn(T1.q) then s2:=0; x:=1; T2.in:=0; end_if;
If fp(b0) and s1=1 then T4.in:=1; x:=1; end_if;
if tipka1=0 and tipka2=0 then x:=0;end_if;
cybro_qx00:=s1;
cybro_qx01:=s2; //izhodi na cybru

```

Slika 26: 2. del PLC-besedilnega programa izdelanega v programu Cypro 2.7.4
(Lastni vir)

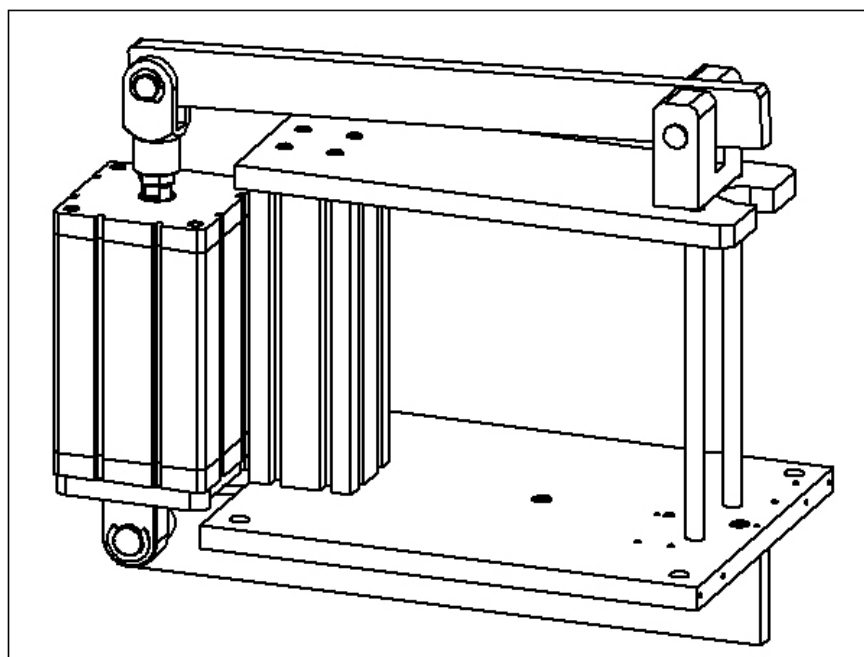
4.6 3D-MODEL NAPRAVE

3D-model smo narisali v programu za računalniško modeliranje SolidWorks. V okviru predmeta računalniško modeliranje smo študenti dobili brezplačno šolsko verzijo programa z enoletno licenco. Dimenzije pnevmatičnega cilindra ter vzvoda so poznane. To smo imeli kot osnovo za začetek konstruiranja naprave. Najprej smo narisali pnevmatični cilinder z viličasto glavo in nihajno prirobnico, nato vzvod z ustreznim vrtilščem in nato smo dele sestavili skupaj.



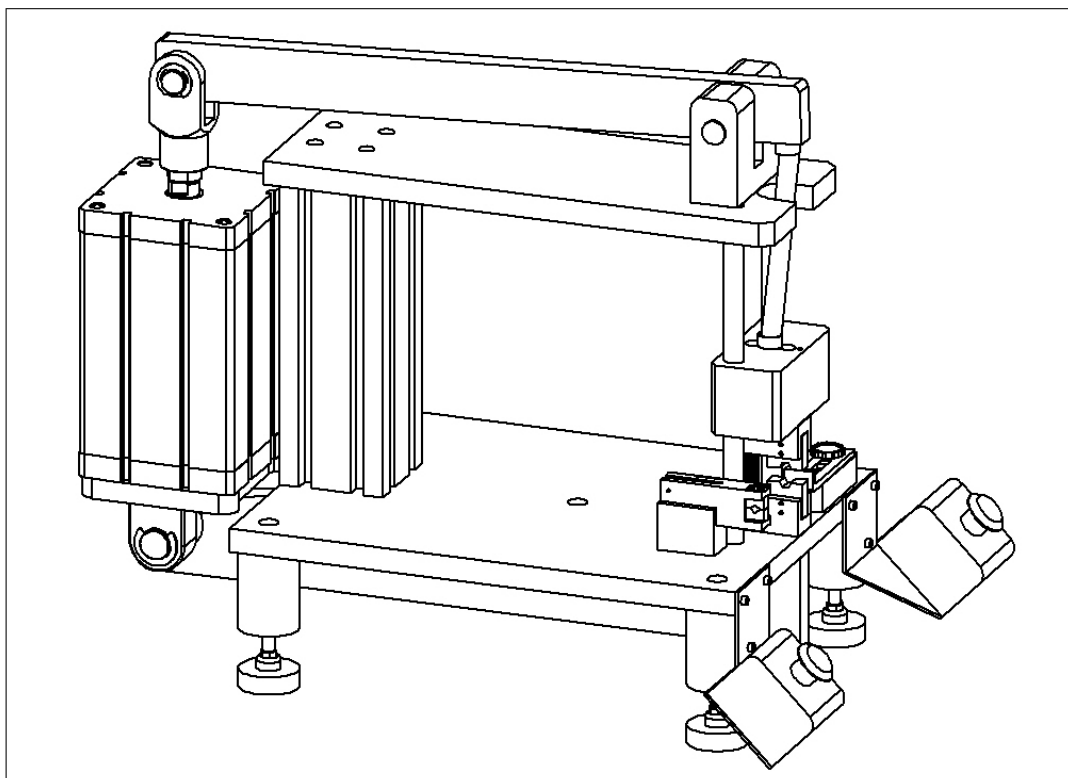
Slika 27: Pnevmatični cilinder z vzvodom in njegovim vrtiščem
(Lastni vir)

Ko smo imeli narisana osnovna dela in sestavljena v sklop, smo lahko proporcionalno dimenzionirali ogrodje naprave.

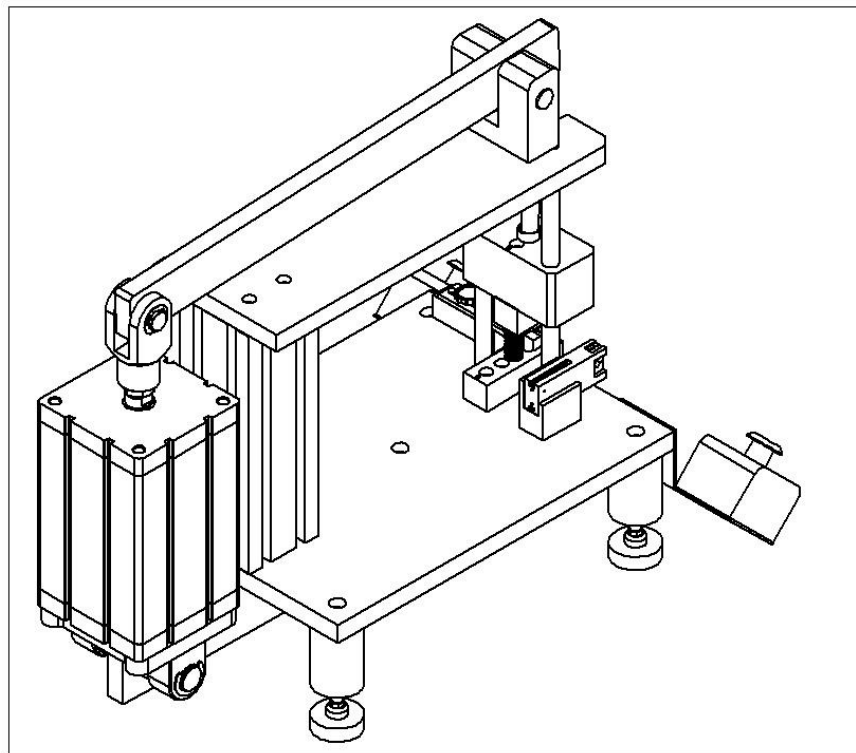


Slika 28: Pnevmatični cilinder in vzvod, vpeta v ogrodje naprave
(Lastni vir)

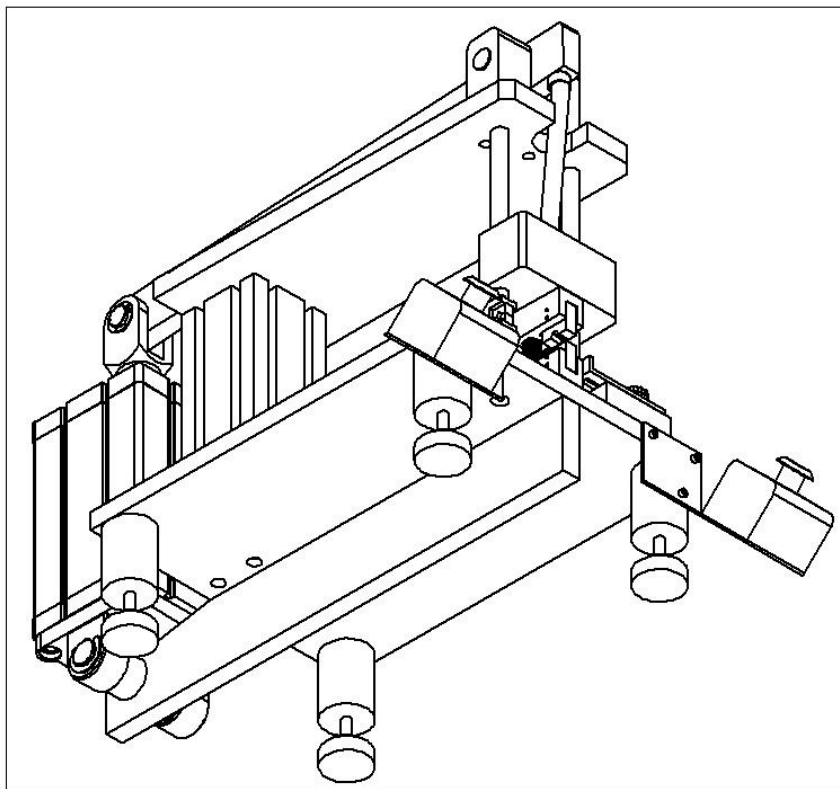
Na prednjem delu naprave sta dve standardni vodili. Izbrali smo vodili $\phi 16$. Služita nam istočasno kot nosilec za zgornjo pritrditveno ploščo ter vodilo za jarem, na katerem bo potovalo orodje za vpetje nastavkov ročne hidravlične preše. Za nosilec zgornje plošče na zadnjem delu naprave smo izbrali standardni aluminijast profil za strojogradnjo dimenzij 90 x 90 mm močnejše izvedbe. Zgornja in spodnja plošča sta debeline 20 mm. Pnevmatični cilindar je na spodnjem delu vpet v ploščo širine 20 mm in višine 80 mm. Ta plošča je pritrjena na spodnjo ploščo z enakomerno porazdeljenimi vijaki imbus M10. S tem smo pridobili velik odpornostni moment in togost spodnjega dela naprave. Naslednji korak je bil dimenzioniranje in modeliranje vseh ostalih sestavnih delov. Ko smo skonstruirali vse sestavne dele, smo jih sestavili v celoto. V spodnjih nekaj slikah je prikazan končni izgled naprave. V prilogah k diplomskemu delu so priložene delavniške risbe naprave narisane v merilu, z ustreznimi dimenzijami.



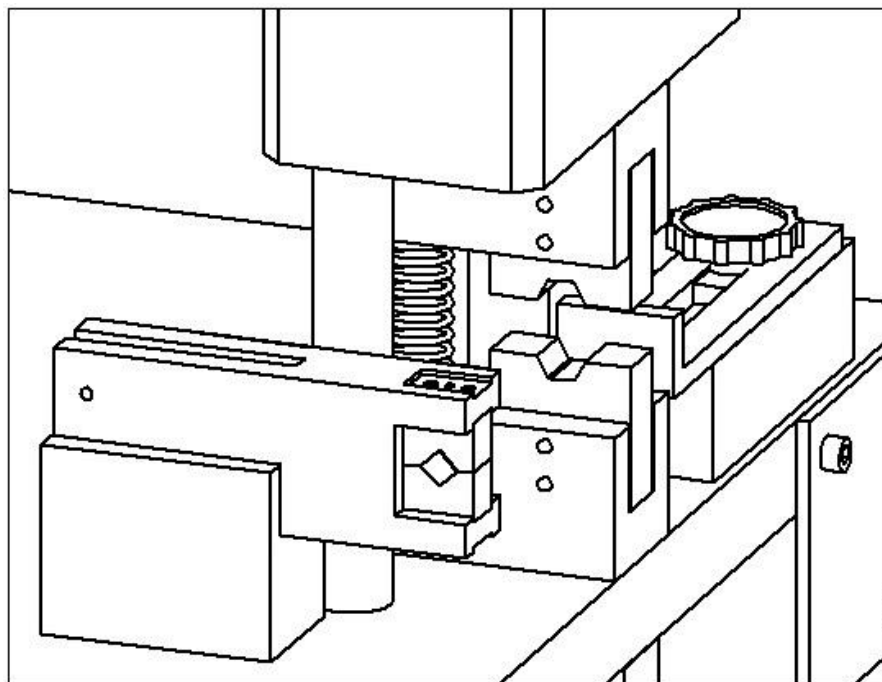
*Slika 29: Končni izgled naprave – pogled s strani
(Lastni vir)*



Slika 30: Končni izgled naprave – pogled od zadaj
(Lastni vir)



Slika 31: Končni izgled naprave – pogled od spodaj
(Lastni vir)



Slika 32: Detajl radialnega prijemala in orodja naprave
(Lastni vir)

5 ZAKLJUČKI

V proizvodnem oddelku podjetja Robotina d.o.o, izdelujemo elektroomare s krmiljem za avtomatizacijo v industriji ali komunalni infrastrukturi, baterijske sisteme za shrambo in upravljanje električne energije in elektroomare ali posebna ohišja zelo majhnih dimenzij s krmiljem za avtomatizacijo manjših objektov in hiš. Precejšen del časa namenimo izdelavi ustreznih kablov. Z avtomatizacijo izbrane hidravlične preše bomo izdelavo poenostavili in pocenili. Čeprav pnevmatični cilindri niso sposobni proizvesti velikih delovnih sil, smo v diplomskem delu z izračunom prikazali, kako lahko s pomočjo vzvoda dosežemo bistveno večjo delovno silo. Pri tem pa se je pojavila težava zaradi sorazmerno zmanjšanega hoda orodja, ki pa smo jo z ustrežno izbiro pnevmatičnega cilindra odpravili.

Kot član raziskovalne skupine podjetja Robotina d.o.o. bom projekt predstavil na enem od rednih sestankov. Velikokrat sem že sodeloval pri razvoju novih proizvodov, zato bom na podlagi risb, ki sem jih izdelal, in celotne diplomske naloge vodil dejavnosti za izdelavo avtomatizirane preše.

5.1 OCENA UČINKOV

Z izdelavo naprave bomo potrebne kable izdelovali hitreje, bolj kakovostno in z večjo konstanto. Ocenjujemo, da bomo povečali produktivnost za približno 30 %, Če prihranjen čas za izdelavo kablov pretvorimo v denar, je prihranjenih okvirno 40 € na dan izdelave kablov. Trenutno je za prešanje enega kabel čevlja potrebnih 20-30 pritiskov na ročico. Z avtomatizacijo hidravlične ročne preše pa bomo enak delovni učinek dosegli s pritiskom na gumb.

5.2 POGOJI ZA UVEDBO

Za izdelavo naprave je potrebno kupiti vse komponente. Nekatere sestavne dele bomo izdelali sami, zato moramo nabaviti potreben material. V proizvodnji je potrebno urediti delovni prostor in pripraviti priklop na omrežje z komprimiranim zrakom. Vse to moramo finančno in časovno opredeliti, in šele nato lahko predlagamo vodstvu podjetja umestitev projekta v letni plan investicij v proizvodnjo in razvoj. Približni stroški investicije (nakup vsega potrebnega materijala in komponent) so gibljejo med 1500 € in 1700 €. Za izdelavo sestavnih delov in sestavo naprave bi potrebovali okvirno 40 ur. V čas izdelave nismo vključili časa, ki smo ga potrebovali za snovanje, konstruiranje in izris naprave ter časa potrebnega za izbiro komponent.

5.3 MOŽNOSTI NADALJNJEGA RAZVOJA

Pri nadaljnem razvoju obstajata dve možnosti. Naprava je trenutno zasnovana za uporabo nastavkov ročne hidravlične preše znamke BM. Z ustrežno predelavo in prilagoditvijo bi se lahko vpelo nastavke katerih drugih ročnih klešč ali preš. Lahko pa po vzorcu naprave, predstavljene v diplomskem delu, izdelamo novo namensko napravo za avtomatizacijo drugih klešč.

LITERATURA IN VIRI

KNJIGE

Kampuš, Z. (2017). *Izdelava in vzdrževanje orodij*. Ljubljana: B&B ICES
Puhar, J., Stropnik, J., (2001). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Littera picta
Pintarič, T., in ostali (2011). *Avtomatizacija in robotika*. Ljubljana: Zavod IRC

INTERNETNI VIRI

Eriks. (b.l.). *FESTO DHRS series radial gripper*. Pridobljeno 7.12.2017 z naslova <https://shop.eriks.be/en/dhrs-series-radial-gripper-double-action-magnetic-piston-pr-rc0284-0001-jb/>

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – kompaktni valj ADVU*. Pridobljeno 29.11.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_ADVU_AEVU

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – zasučne prirobnice*. Pridobljeno 29.11.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_ZM_SFL

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – viličaste glave*. Pridobljeno 29.11.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_DARC_SG

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – radialno prijemalo DHRS*. Pridobljeno 7.12.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_DHRS

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – ventili*. Pridobljeno 11.12.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_MV

Festo d.o.o. (b.l.). *Spletni katalog – SME-8*. Pridobljeno 11.12.2017 z naslova https://www.festo.com/cat/sl_si/products_SM8?CurrentPartNo=150855

Google patents. (2007). *Angular pneumatic gripper*. Pridobljeno 7.12.2017 z naslova <https://www.google.com/patents/US7172230>

Hydraulics&Pneumatics. (2012). *Engineering Essentials: Cylinders*. Pridobljeno 27.11.2017 z naslova <http://www.hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/Cylinders/Article/False/6423/TechZone-Cylinders>

Hydraulics&Pneumatics. (2013). *Checklist for matching air cylinders to load requirements*. Pridobljeno 27.11.2017 z naslova

<http://www.hydraulicspneumatics.com/cylinders-amp-actuators/checklist-matching-air-cylinders-load-requirements>

Lampret, B. (2011). *Uporaba industrijskih krmilnikov v tehniškem izobraževanju*. Pridobljeno 12.12.2017 z naslova http://pefprints.pef.uni-lj.si/399/1/Uporaba_industrijskih_krmilnikov_v_tehni%C5%A1kem_izobra%C5%BEe_vanju.pdf

Peninsular Cylinder Co. (2008). Pridobljeno 27.11.2017 z naslova https://www.peninsularcylinders.com/CFG/HH_ILM_Metric_Cylinders/HH_ILM_Metric_Spring%20Extend%20and%20Return.htm

Sparkfun. (b.l.) Spletna trgovina-reed switch. Pridobljeno 11.12.2017 z naslova <https://www.sparkfun.com/products/8642>

Špende, M. (2016). *Vzvodi kot orodja v pouku fizike*. Pridobljeno 29.11.2017 z naslova <http://pefprints.pef.uni-lj.si/3863/1/Diploma.pdf>

Tameson.com. (2017). Pridobljeno 8.1.2018 z naslova <https://tameson.com/pneumatic-solenoid-valve/sv-pn-52-way/>

TIO Pnevmatika. (2017). *Spletni katalog-priprava zraka*. Pridobljeno 30.12.2017 z naslova http://212.44.101.107/~tiopnevmatika/wpcontent/uploads/2017/02/priprava_zraka_fro.pdf

<https://2.imimg.com> (b.l.). Pridobljeno 29.11.2017 z naslova <https://2.imimg.com/data2/IC/WM/MY-3713197/adn-apa-500x500.jpg>

PRILOGE

Priloga 1: Naprava za prešanje kabel čevljev - naris

Priloga 2: Naprava za prešanje kabel čevljev - stranski ris

Priloga 3: Naprava za prešanje kabel čevljev - tloris