



ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTOMATIZACIJA KOTNE STISKALNICE

Avtorji:

Aljaž HERODEŽ, M-4.c

Jakob KUMER, M-4.c

Anej DRAGANOVIĆ, M-4.c

Mentorja:

mag. Matej VEBER, univ. dipl. inž. meh.

mag. Andro GLAMNIK, univ. dipl. inž. meh.

Celje, marec 2023

IZJAVA

Mentorja mag. Matej Veber in mag. Andro Glamnik v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti

»Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljamo, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Avtomatizacija kotne stiskalnice, katere avtorji so Aljaž Herodež, Jakob Kumer in Anej Draganović.

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- 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,
- 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 razpisnimi pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 8.3.2023

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

POVZETEK

Projektna naloga z naslovom "Avtomatizacija kotne stiskalnice" se osredotoča na razvoj in nadgradnjo obstoječe kotne stiskalnice, ki je namenjena upogibanju pločevine. Cilj projekta je povečati učinkovitost in natančnost procesa ter zmanjšati človeško napako in potrebo po ročnem delu. V prvem delu je na kratko predstavljeno kaj sploh je avtomatizacija, kakšne so njene prednosti in slabosti. Nato pa predstavili kaj sploh je stroj za upogibanje pločevine in kako deluje ter kaj je krmilnik in razlog za izbiro le tega. V drugem delu projektne naloge sem se osredotočili na analizo trenutnega stanja in identifikacijo ključnih izzivov pri delovanju kotne stiskalnice. Nato bomo predstavili načrt za avtomatizacijo stiskalnice, ki bo vključeval uporabo različnih senzorjev in aktuatorjev ter nadzornega sistema za upravljanje celotnega procesa. Predstavljen bo program, ki je bil napisan posebej za to ter posamezne komponente uporabljene pri sami avtomatizaciji. Namen projekta je izdelati funkcionalen in učinkovit avtomatiziran sistem, ki bo izboljšal produktivnost, kakovost izdelkov ter zmanjšal tveganja za delavce. Hkrati pa z našim delom želimo ozavestiti vse ljudi, kateri so mnenja da je obrabljen stroj treba vedno zamenjati z drugim in ne verjamejo kako veliko se lahko stori s preprosto obnovo stroja.

SUMMARY

The project task entitled "Automation of the angle press" focuses on the development and upgrade of the existing press brake, which is intended for sheet metal bending. The aim of the project is to increase the efficiency and accuracy of the process and to reduce human error and the need for manual work. The first part briefly presents what automation is and what are the advantages and disadvantages. Then it presents what a sheet metal bending machine is and how it works, what the controller is and the reason for choosing that one. In the second part of the project task, we focused on the analysis of the current situation and the identification of key challenges in the operation of the machine. Next, we will present a plan for automating the press, which will include the use of various sensors, actuators and a control system to manage the entire process. The program was written specifically for this individual machine. We will also list all the components used throughout the building phase itself. The purpose of the project is to create a functional and efficient automated system that will improve productivity, product quality and reduce risks for workers. At the same time, with our work, we want to raise awareness to all people who are sceptical of modifying worn-out machine and think it should always be replaced with new one and do not believe how much can be done by simply restoring the machine.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali pri izdelavi naše raziskovalne naloge. Posebej se zahvaljujemo našima mentorjema mag. Mateju Vebru in mag. Andru Glamniku za vse strokovne nasvete in spodbude. Zahvaljujemo se tudi Damjani Hohler, prof. za lektoriranje naloge.

KAZALO

1	UVOD	1
2	PREDSTAVITEV PROBLEMA	2
3	HIPOTEZE	3
4	METODE RAZISKOVANJA.....	4
5	PREDSTAVITEV PROCESA AVTOMATIZACIJE	5
6	AVTOMATIZACIJA V INDUSTRIJI	6
6.1	PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJE AVTOMATIZACIJE	6
6.2	POMEN AVTOMATIZACIJE ZA IZBOLJŠANJE PROIZVODNOSTI IN KVALITETE.....	7
7	HIDRAVLičNA STISKALNICA.....	8
7.1	HIDRAVLičNA TEHNIKA	8
7.2	RAZVOJ HIDRAVLIKE, PRINCIP IN UPORABNOST DELOVANJA HIDRAVLIKE	8
8	KAKO POTEKA KRIVLJENJE PLOčEVINE	10
8.1	ZMOGLJIVOSTI STISKALNICE	11
8.2	ZASNOVA IN KOMPLEKSNOŠT PLOčEVINASTIH DELOV	11
8.3	ORODJE ZA KOTNO STISKANJE	12
8.4	ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOčEVINE DEBELIH KOVIN	12
8.5	ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOčEVINE POD OSTRIMI KOTI.....	13
8.6	ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOčEVINE V TESNEM PROSTORU	13
8.7	RAZVIJANJE SUROVCEV IZ ZLOžENE PLOčEVINE.....	14
9	KRMILNIK.....	15

10	PROGRAM	16
11	MONTAŽA	18
12	OBNOVITEV STARIH NAPRAV KOT STORITEV	24
13	PREDSTAVITEV REZULTATOV	25
14	MOŽNOST NADALJNJIH RAZISKAV	26
15	ZAKLJUČEK	27
16	VIRI	28

KAZALO SLIK

Slika 1 Potek krivljenja pločevine.....	10
Slika 2: Orodje za kotno stiskanje.....	12
Slika 3: Orodje za upogibanje pločevine pod ostrim kotom	13
Slika 4: Razvijanje surovcev iz zložene pločevine	14
Slika 5: SIEMENS SIMATICS S7-1200	15
Slika 6: Nastavitev ničelne točke	16
Slika 7: Preklop med avtomatskim in ročnim načinom	17
Slika 8: Merilna letev	18
Slika 9: Namestitev omarice	19
Slika 10: Vezan krmilnik.....	19
Slika 11: Dokončno zvezan krmilnik	20
Slika 12: Nalaganje programa	20
Slika 13: Namestitev omarice	21
Slika 14 Končni izdelek	23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Zmogljivost stiskalnice 11

Tabela 2: Prikaz hipotez 25

PRILOGE

Priloga 1: ELEKTRIČNA SHEMA

Priloga 2: PROGRAM

Priloga 3: PLC_TAG TABLE

1 UVOD

Avtomatizacija kotne stiskalnice je proces, ki omogoča avtomatizirano stiskanje kotnih elementov s pomočjo mehanskega ali hidravličnega sistema. Kotna stiskalnica se uporablja za stiskanje kotnih elementov, kot so cevi, profili in žlebovi. Avtomatizacija procesa stiskanja zagotavlja natančnost, učinkovitost in varnost proizvodnje.

V seminarski nalogi bomo podrobneje predstavili avtomatizacijo kotne stiskalnice, njen proces in komponente, kot so hidravlični sistem, senzorji in krmilni sistem. Analizirali bomo tudi primer avtomatizacije kotne stiskalnice v praksi, npr. v proizvodnji kovinskih konstrukcij in avtomobilski industriji. Proučili bomo tudi prednosti in slabosti avtomatizacije kotne stiskalnice ter možnosti za njen nadaljnji razvoj in izboljšanje.

Namen seminarske naloge je ponuditi pregled avtomatizacije kotne stiskalnice in njenega procesa ter predstaviti primer avtomatizacije v praksi. Cilj je tudi ponuditi ideje in rešitve za nadaljnjo izboljšavo avtomatizacije kotne stiskalnice in izboljšanje proizvodnje.

2 PREDSTAVITEV PROBLEMA

V raziskovalni nalogi bomo raziskali, ali je možno s srednješolskim znanjem avtomatizirati delovni proces na starejši kotni stiskalnici in tako olajšati delo na stroju. Pred začetkom raziskovalnega dela smo izvedli raziskavo trga za nakup komponent. Pri raziskovanju smo imeli kar nekaj problemov. Največ nam jih je povzročal izbor in nakup pravih komponent, saj niso vse kompatibilne ena z drugo. Težave smo imeli tudi pri izbiri pravih merilnih orodij, saj je ogromno možnosti, a vse ne ustrezajo našim zahtevam. Na koncu smo vse težave rešili. Probleme smo reševali s pomočjo svetovnega spleta in s pomočjo mentorjev.

3 HIPOTEZE

Cilj naše raziskovalne naloge je bil, da s pomočjo moderne tehnologije nadgradimo starejši stroj in ga naredimo bolj uporabnega ter enostavnejšega za uporabo. Želeli smo izvedeti, kako težko je starejši stroj avtomatizirati in ali se to cenovno splača. Tako smo izvedeli, ali se starejši stroj splača nadgraditi ali je bolje kupiti novega.

V ta namen smo si postavili naslednje hipoteze:

- H1 – Nadgradnja rabljene naprave je ekonomsko upravičena.
- H2 – Proces avtomatizacije bo skrajšal čas izdelave izdelka.
- H3 – Izbrani merilnik bo dovolj natančen za želeni proces.
- H4 - Avtomatizacija bo povečala natančnost izdelka.

4 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovanju smo uporabili naslednje metode:

- Proučevanje literature je metoda, pri kateri pregledamo literature na temo avtomatizacije in stiskalnic. S proučevanjem literature lahko ugotovimo, kakšne rešitve obstajajo za avtomatizacijo stiskalnic, kako delujejo in kakšni so stroški zanje.
- Analiza obstoječega procesa je metoda, s katero smo proučevali obstoječe procese proizvodnje kotne stiskalnice in identificirali ključne izzive ter priložnosti za izboljšave.
- Raziskava tehnoloških izdelkov je metoda, s katero smo ugotovili, kateri sistemi bi nam najlažje zagotovili avtomatizacijo kotne stiskalnice. Na podlagi tega smo izbrali pravilni krmilnik, merilni sistem in zaslon.

5 PREDSTAVITEV PROCESA AVTOMATIZACIJE

Za izdelavo projekta za avtomatizacijo kotne stiskalnice so bile uporabljene posamezne faze.

Prvi korak pri izdelavi našega projekta je bilo prepoznavanje pomanjkljivosti in težav v načinu trenutne uporabe kotne stiskalnice. Ničelno točko je bilo treba na primer nastaviti ročno, kot je treba nenehno preverjati, da se prepriča, da je pravilen, ponavljanja sama pa so neučinkovita. Namen projekta je določen glede na ugotovljeno problematiko. Računanje kotov želimo popolnoma avtomatizirati, da ga bo uporabnik lahko hitreje uporabil in hitreje opravil več ponovitev.

Treba je bilo ugotoviti, ali je projekt mogoč. Pri tem smo upoštevali porabo denarja, časa in potrebnih orodij. Morda bo potreben pogovor s strokovnjaki za avtomatizacijo in zagotovitev financ. Načrt razvoja projekta je treba izdelati, če so cilji jasni in je projekt izvedljiv. V načrt so vključeni časovni okvir, seznam potrebnih dejanj, opis orodij in seznam cen.

Po izvedeni raziskavi smo našli nekaj najbolj ugodnih opciji, ki nam še zmeraj nudijo vse potrebne funkcije. Izbrali smo si krmilnik Siemens S7-1200, ki kljub ugodni ceni nudi vse potrebne vhode in izhode, Touch panel in merilno letev FESTO MLO-POT-450-LWG, ki nam omogoča meritev razdalje in nastavitev vseh točk ter možnost računanja kotov. Kljub temu cene niso bile nizke, kar je vidno iz spodnje tabele.

V naslednjih poglavjih bodo na kratko predstavljeni pojmi za lažje razumevanje avtomatizacije. Opisan bo pojem avtomatizacija, delovanje kotne stiskalnice, več različnih orodij za stiskalnico in krmilnik S7-1200.

6 AVTOMATIZACIJA V INDUSTRIJI

Avtomatizirana ali samodejna tehnologija je oblika tehnologije, v kateri je prisotnost človeka nepotrebna, saj njegovo nalogo prevzamejo stroji. Če pa pride do napake, pa mora biti človek prisoten. Prvič se je pojavila v 40-ih ter 50-ih letih v kemični industriji v ZDA.

Z uvedbo avtomatizirane ali samodejne tehnologije stroj prevzame izvrševalno funkcijo, medtem kot človek obdrži nadzorovalno ter načrtovalno funkcijo. To pomeni, da dolgočasno ter nevarno delo opravljajo stroji, cene izdelkov se znižajo, zaposleni pa imajo več prostega časa. Po drugi strani pa manjše število zaposlenih pomeni večjo brezposelnost, zaposleni pa pri delu ne potrebujejo izkušenj ter znanja.

Avtomatizacija v industriji pomeni uporabo avtomatskih sistemov in opreme za nadzor ter optimizacijo proizvodnih procesov. Cilj avtomatizacije je zagotoviti visoko raven učinkovitosti, natančnosti, produktivnosti in varnosti.

Avtomatizacijo v industriji je mogoče izvajati na različne načine, od uporabe enostavnih avtomatskih nadzornih mehanizmov do uporabe naprednih sistemov avtomatizacije, kot so industrijski računalniški sistemi, robotika, senzorji in internet. Avtomatizacija najbolj pripomore k učinkovitosti v industriji, vključno s skrajšanjem časa, potrebnega za proizvodnjo, zmanjšanjem visokih stroškov in izboljšanjem kakovosti.

Avtomatizacija omogoča tudi lažji nadzor nad procesi, zagotavlja večjo varnost zaposlenih in upošteva vplive na okolje. Avtomatizacija v industriji lahko povzroči tudi nekatere težave, kot so izguba delovnih mest, potreba po novem usposabljanju in prilagajanju ter potreba po vzdrževanju in nadgradnji avtomatiziranih sistemov. Pomembno je, da se avtomatizacija izvaja na način, ki obravnava ta vprašanja in težave na ustrezne načine.

6.1 PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJE AVTOMATIZACIJE

Avtomatizacija se nanaša na proces, kjer se uporabljajo razne tehnologije, računalništvo in avtomatizirani sistemi za zmanjšanje ali celo odstranjevanje potrebe po človeškem delu, ter

izboljšanje učinkovitosti, natančnosti in varnosti. Avtomatizacija se uporablja v različnih industrijah, kot so proizvodnja, gradbeništvo, energetika, logistika in drugo.

Ena izmed glavnih tehnologij avtomatizacije je računalniško vodena proizvodnja (CNC), kjer se stroji nadzorujejo z računalniško programsko opremo. Ta tehnologija omogoča hitrejšo in natančnejšo izdelavo izdelkov, zmanjšanje stroškov in izboljšanje kvalitete.

Avtomatizacija igra pomembno vlogo v inteligentnih stavbah in industriji 4.0 (IIoT), kjer se uporabljajo senzorji, naprave in programska oprema za avtomatsko upravljanje in nadzor različnih funkcij, kot so osvetlitev, ogrevanje, klimatizacija in varnost.

V končni fazi avtomatizacija prinaša večjo produktivnost, nižje stroške, večjo natančnost in varnost, kar prispeva k bolj učinkovitemu poslovanju in konkurenčnosti podjetja.

6.2 POMEN AVTOMATIZACIJE ZA IZBOLJŠANJE PROIZVODNOSTI IN KVALITETE

Avtomatizacija lahko pomembno prispeva k izboljšanju proizvodnosti in kvalitete v različnih industrijah. Tukaj je nekaj glavnih prednosti avtomatizacije:

1. Povečana proizvodnost: avtomatski sistemi lahko opravljajo več opravil v manj časa kot ročne metode, kar povečuje proizvodnost.
2. Zmanjšanje napak: avtomatski sistemi so manj nagnjeni k napakam in ponavljajočim se napakam kot ljudje, kar povečuje kvaliteto proizvodov.
3. Večja natančnost: avtomatski sistemi lahko opravljajo naloge z večjo natančnostjo kot ročni procesi, kar zagotavlja boljšo kvaliteto proizvoda.
4. Zmanjšanje stroškov: avtomatizacija lahko zmanjša stroške z zniževanjem časa, ki ga zahtevajo ročne metode, ter zmanjševanjem števila napak, kar povečuje učinkovitost.
5. Povečana varnost: avtomatski sistemi lahko zmanjšajo tveganje za nezgode pri delu, saj opravljajo nevarne naloge.

Pomembno je, da se avtomatizacija izvaja na ustrezne načine, da se zagotovi, da bo prinesla zelene koristi in da se bodo varovali interesi delavcev.

7 HIDRAVLICNA STISKALNICA

Upogibanje pločevine dosežemo s pritiskom noža v matriko. Hidravlične stiskalnice so namenjene za specializirano obdelavo pločevin. Izvajajo težka dela, saj zagotavljajo veliko upogibno zmogljivost zaradi nameščenih dveh hidravličnih cilindrov, ki omogočata več nadzora. Pogosto jih uvrščamo po njihovem gibanju gor in dol. Imajo mirujoč spodnji del, kjer je vstavljena matrika in se zato imenujejo navzdol delujoče, ker se nož oz. smer gibanja premika navzdol.

7.1 HIDRAVLICNA TEHNIKA

Za začetek moramo poznati dve dejstvi. Prvo dejstvo je, da kadar imamo tekočino v zaprtem sistemu in jo izpostavimo pritisku, bo pritisk enakomerno porazdeljen na vse dele tekočine. Drugo dejstvo pa je, da je tekočino težko stisniti. Če bi želeli stisniti volumen tekočine ne glede na to, kako močan je pritisk, imamo še vedno opravka z enakim volumenom, kar pomeni, da se tekočine ne da stisniti. Hidravlika oziroma hidravlični sistem uporablja tlak tekočine za opravljanje mehanskega dela. Če delo hidravlike ponazorimo z dvema injekcijama (ena polna in ena prazna), ki sta povezani s cevko, bo tekočina pri pritisku na polno injekcijo iz nje prešla v prazno. S tem smo dokazali obe dejstvi principa hidravlike. Pri hidravliki oz. hidravličnem sistemu velja, da kadar imamo dve različno veliki posodi, tekočina, ki jo stiskamo iz manjše posode, lahko dvigne večje breme, ko preide v večjo posodo. Pri tem hidravličnem poskusu tudi velja, da moramo pri manjši posodi s stiskom narediti večjo pot, kot se bo dvignila tekočina v večji posodi. Največkrat se pri hidravliki za tekočino uporablja olje.

7.2 RAZVOJ HIDRAVLIKE, PRINCIP IN UPORABNOST DELOVANJA HIDRAVLIKE

Kadar imamo tekočino v zaprtem sistemu in jo izpostavimo pritisku, se bo pritisk enakomerno porazdelil na vse dele tekočine. Tekočine se ne da stisniti. Hidravlika oziroma hidravlični sistem uporablja tlak tekočine za opravljanje vsega mehanskega dela.

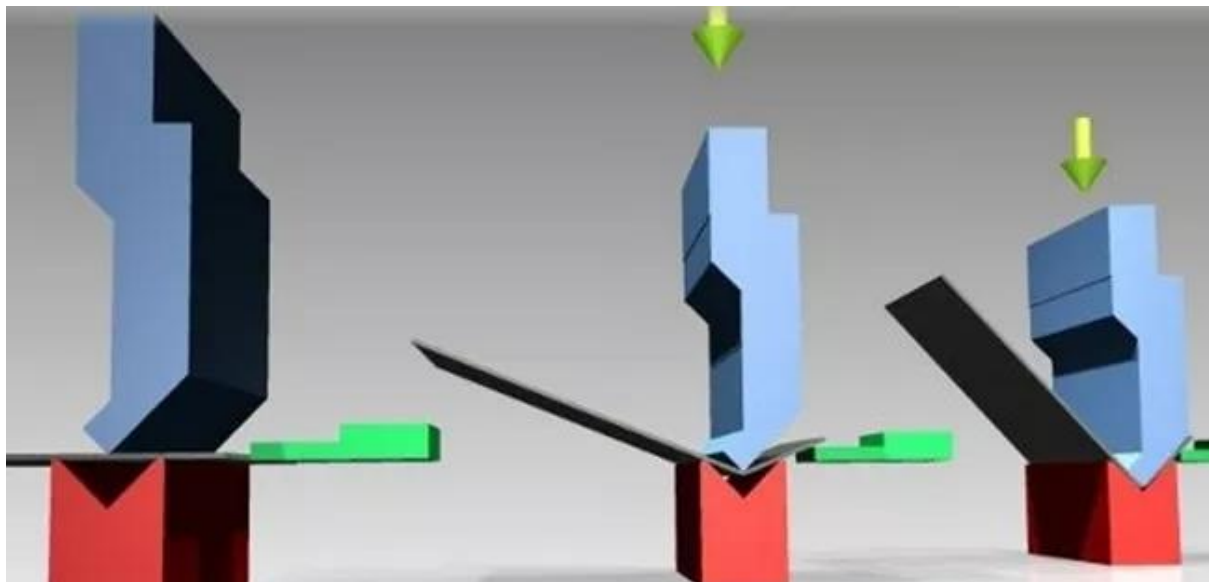
Osnovne zakonitosti mehanike tekočin so poznali že v antiki, od 17. stoletja dalje pa se je beleži njen močan razcvet. Šele napredek tehnologije je omogočil, da se je nakopičeno znanje začelo

tudi tehnično izrabljati. Hidravlika je dandanes v uporabi že skoraj povsod, med drugim se jo konstantno in v veliki meri uporablja v avtomobilski industriji, letalski industriji, gradbeništvu, arhitekturi, robotiki, torej povsod, kjer sta potrebni velika moč in natančnost. In potrebe po teh prvinah je v svetu vedno več.

Hidravlične črpalke, hidravlični valji, hidravlični sistemi, hidravlični akumulatorji, hidravlične cevi ... vse to sodi med krovne elemente in ključne naprave, ki temeljijo na hidravlični tehniki.

8 KAKO POTEKA KRIVLJENJE PLOČEVINE

Upogibanje pločevine je proizvodni proces, s katerim se oblikuje večina ohišij, električnih omaric, nosilcev in komponent z uporabo stroja, znanega kot CNC-stiskalnica. (Uporablja se lahko tudi stroje za upogibanje plošč.)



Slika 1 Potek krivljenja pločevine

(Vir: <https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Machine-Works-id6630166.html>)

Pločevina se upogne, ko jo stroj potisne med dve orodji: zgornje orodje (znano kot paha) in spodnje orodje znano kot prizma). Kotna stiskalnica nadzoruje gibanje paha in zagotavlja stiskalno silo s pomočjo hidravličnih batov ali električnih servomotorjev. Kot upogiba je pretežno določen z globino prodiranja udarca v matrico.

8.1 ZMOGLJIVOSTI STISKALNICE

Največja sila, ki jo zagotavlja stiskalnica, določa največjo dolžino upogiba za kombinacijo debeline pločevine, radija upogiba in kota upogiba. Sila, ki je potrebna za upogibanje pločevine, narašča z dolžino upogiba, zunanjim upogibnim kotom in debelino pločevine, zmanjšuje pa z večanjem radija upogiba. Naša stiskalnica Jelšingrad HAP-100 ima dolžino paha 3 metre in pritisne s silo 100 ton. Spodnja tabela prikazuje nekaj tipičnih primerov za 90-stopinjske upogibe

Tabela 1: Zmogljivost stiskalnice

Debelina mehkega jekla	Dolžina upogiba	Notranja	Zahtevana sila
1,5 mm	3000 mm	2 mm	45 ton
3 mm	1500 mm	4 mm	51 ton
6 mm	1000 mm	8 mm	48 ton
9 mm	500 mm	13 mm	34 ton

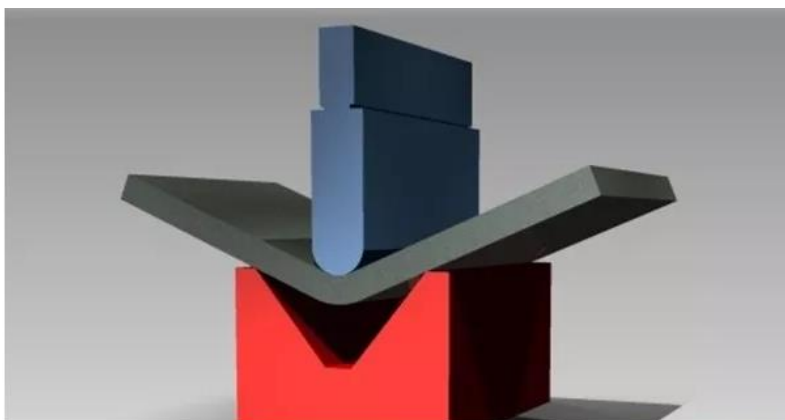
8.2 ZASNOVA IN KOMPLEKSNOŠT PLOČEVINASTIH DELOV

Komponente se razlikujejo po kompleksnosti, od delov z enim upogibom do delov z več upogibi in več dolžinami prirobnic. Sodobne stiskalnice so opremljene z nastavljivimi povratnimi zaporami, ki jih poganjajo servomotorji, proti katerim se komponente ponujajo ročno ali z robotskim manipulatorjem. Bližje kot je povratna zapora orodju, krajša je nastala prirobnica in obratno.

8.3 ORODJE ZA KOTNO STISKANJE

Za različne naloge upogibanja pločevine so na voljo različna orodja za stiskanje. Značilnosti zgornjega in spodnjega orodja se spreminjajo glede na zahteve komponente pločevine. Številni primeri upogibanja so prikazani spodaj.

Debelejša kovina se na splošno obdeluje z večjim upogibnim radijem, kar je mogoče doseči s povečanjem zgornjega polmera orodja in razdalje čez odprtino matrice ali V-širine.

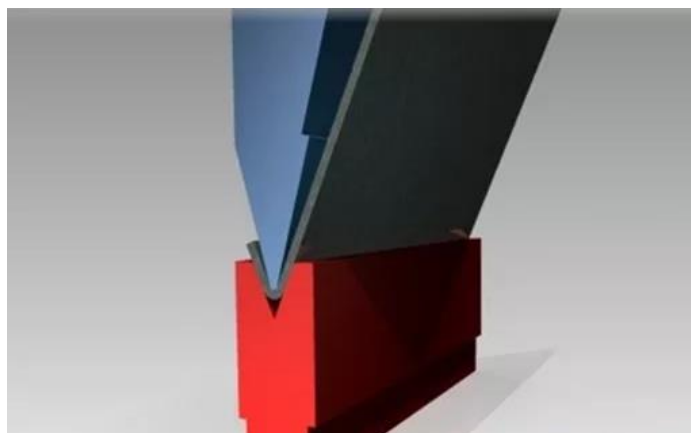


Slika 2: Orodje za kotno stiskanje

(vir: <https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Machine-Works-id6630166.html>)

8.4 ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOČEVINE DEBELIH KOVIN

Komponente, ki zahtevajo oster upogibni kot, zahtevajo orodje za prekomerno upogibanje. Tako zgornje kot spodnje orodje imata v tem primeru bolj oster kot.

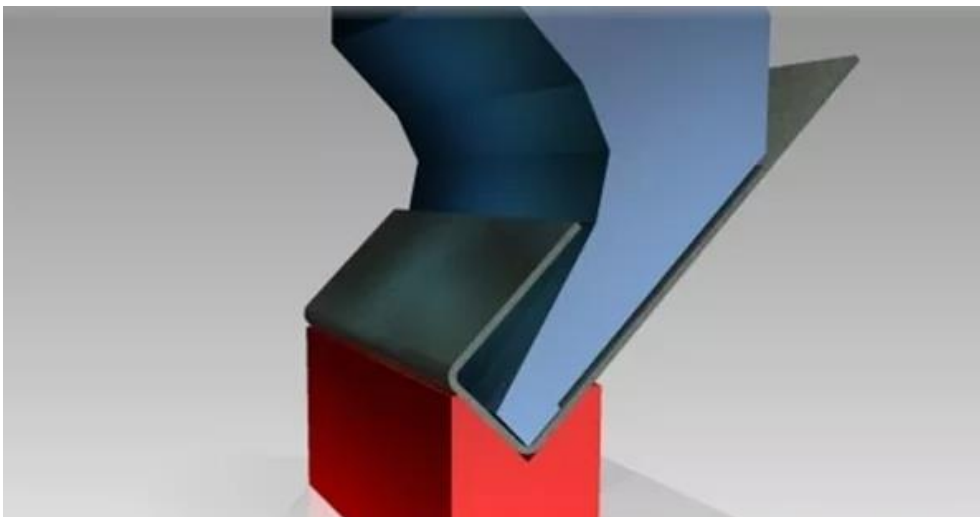


Slika: Orodje za upogibanje pločevine debelih kotov

(vir: <https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Machine-Works-id6630166.html>)

8.5 ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOČEVINE POD OSTRIMI KOTI

Komponente, ki imajo več kot en upogib, pogosto zahtevajo posebno vrhunsko orodje, da se zagotovi prostor za obstoječe prirobnice. Brez te zračnosti bi komponenta trčila v orodje, preden bi bila naslednja operacija upogibanja končana.



Slika 3: Orodje za upogibanje pločevine pod ostrim kotom

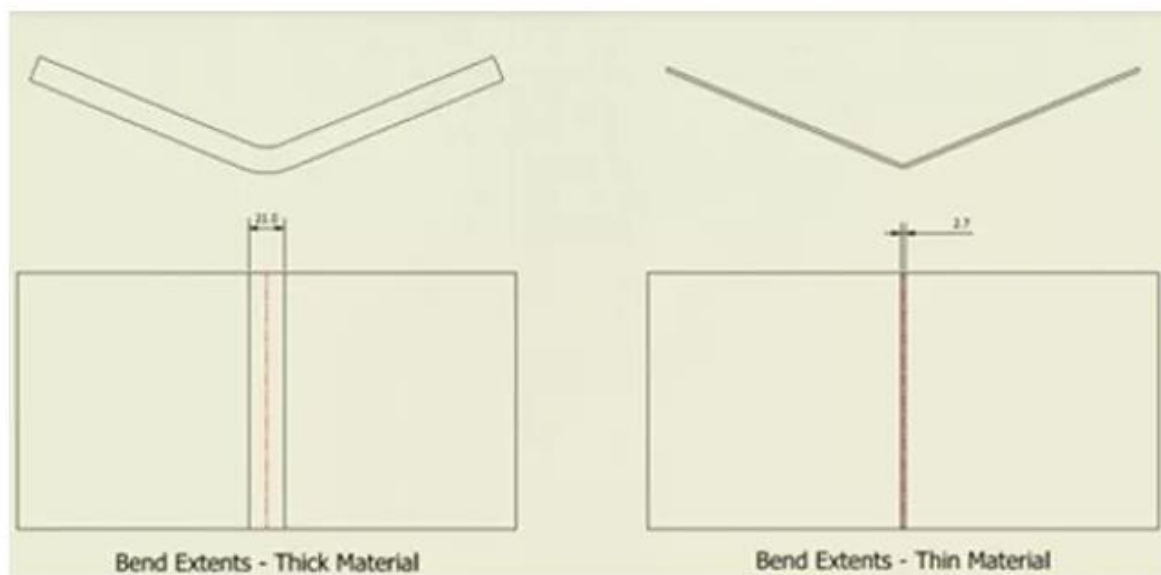
(vir: <https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Machine-Works-id6630166.html>)

8.6 ORODJA ZA UPOGIBANJE PLOČEVINE V TESNEM PROSTORU

Za zagotavljanje prostora v skrajnih primerih je mogoče zgornje orodje obesiti na nosilec kotne stiskalnice s pomočjo spremenjenih sponk. Te podaljšane sponke zagotavljajo veliko večjo zračnost za velike prirobnice, če ima tlačna stiskalnica zadostno dolžino giba, da se prilagodi celotni višini orodja.

8.7 RAZVIJANJE SUROVCEV IZ ZLOŽENE PLOČEVINE

Pri načrtovanju pločevinastih komponent z gubami ali zavoji je treba ustvariti ploski vzorec ali prazen razvoj dela. Ta surovec je nato lasersko izrezan ali CNC-luknjan, preden prispe do stiskalnice za zlaganje. Pri izdelavi surovca je pomembno, da načrt upošteva radij upogiba, ki ga tvori orodje stiskalnice. Polmer upogiba vpliva na zmanjšanje razvite velikosti surovca. Večji kot je polmer, manjši je surovec, kot je prikazano v spodnjem primeru



Slika 4: Razvijanje surovcev iz zložene pločevine

(vir: <https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Machine-Works-id6630166.html>)

Polmer upogiba je odvisen od debeline materiala in uporabljenega orodja za upogibanje materiala. Zato je bistvenega pomena, da se oblikovalec zaveda, katero orodje bo uporabljeno za upogibanje materiala, in da dobro oceni, kakšen vpliv ima to na radij upogiba. Podobno mora upravljalca kotne stiskalnice vedeti, s kakšnim polmerom je bil del zasnovan, da se zagotovi pravilna izbira orodja, da se zagotovi natančnost upognjene komponente.

Projektni izračuni, potrebni za razvoj surovcev iz pločevine, vključujejo izračun "dodatka za upogibanje".

9 KRMILNIK

Uporabili smo krmilnik SIEMENS SIMATIC S7-1200, ki je idealna izbira, ko gre za fleksibilno in učinkovito opravljanje nalog avtomatizacije v spodnjem do srednje zmogljivostnem območju. Ima celovit spekter tehnoloških funkcij in integrirane komunikacije ter je še posebej kompakten in prostorsko učinkovit.

Centralne predelovalne enote SIEMENS SIMATIC S7-1200 PLC so zasnovane kot kompaktni CPE-i z integriranim vhodno/izhodnimi enotami. Njihova modularna zasnova se lahko uporablja za povečanje konfiguracijskih omejitev ali za prilagoditev krmilnika novim nalogam: z namestitvijo signalne table na CPE ali dodajanjem ločenih modulov.



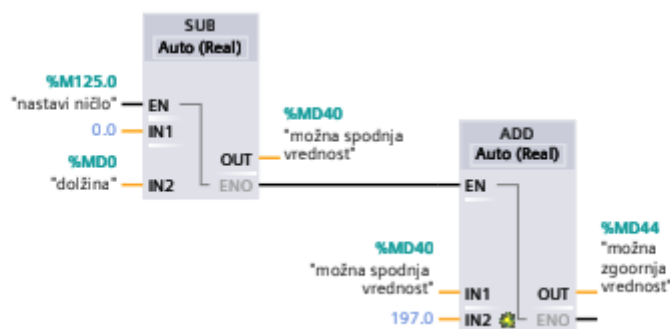
Slika 5: SIEMENS SIMATICS S7-1200

(Vir: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>)

10 PROGRAM

Za izbrani krmilnik je nato bila napisana koda, ki je deljena na več delov glede na funkcijo, ki jo opravlja. Celoten program pa lahko najdete v PRILOGI 2 na str. 32.

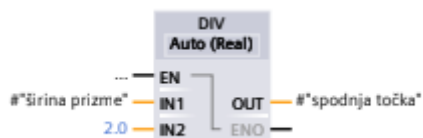
Del programa za nastavitev ničelne točke stroja potrebujemo za določitev debeline obdelovanca. To smo dosegli z naslednjim programom, napisanim v Siemens Tia portalu.



Slika 6: Nastavitev ničelne točke

(Lastni vir)

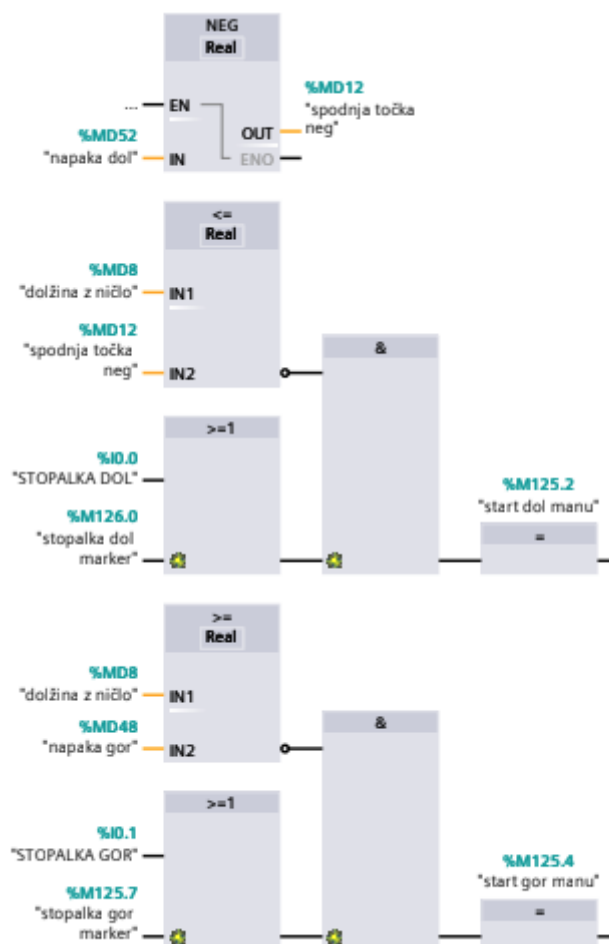
Naslednji del programa služi temu, da lahko na podlagi debeline materiala in velikosti prizme izračunamo, kolikšen mora biti spust konice, da dobimo želeni kot. S tem delom programa lahko upravitelj na Touch panel vnese potrebne podatke, in sicer debelina pločevine in velikost trenutno uporabljene prizme ter želeni kot, in stroj bo avtomatsko upognil pločevino do natanko želenega kota. Za izračun je bilo potrebno uporabiti kotno funkcijo tangens, s katero smo nato izračunali, kolikšen mora biti premik konice od ničel točke dol, da dobimo želeni kot. Račun je bil nato spremenjen v program za Siemens, ki je na prikazan na spodnji sliki.



Slika 8: Izračun za globino stiska

(Lastni vir)

Na stroju je prav tako še zmeraj mogoče preklopiti med avtomatskim načinom in ročnim načinom, kar se nastavi na Touch panelu. Ročni režim delovanja smo obdržali zato, da se stroj še zmeraj da uporabljati s stopalkami, da lahko na ta način opravljamo manjše popravke, ki jih je lažje in hitreje narediti ročno.



Slika 7: Preklop med avtomatskim in ročnim načinom
(Lastni vir)

11 MONTAŽA

Zaključni korak je bila montaža ter testiranje končnega izdelka. Za vezanje električne omarice za naš projekt so bili potrebni naslednji koraki.

1. Prvi korak je bila namestitev merilne letve, ki zagotavlja meritve pozicije paha.



*Slika 8: Merilna letev
(Lastni vir)*

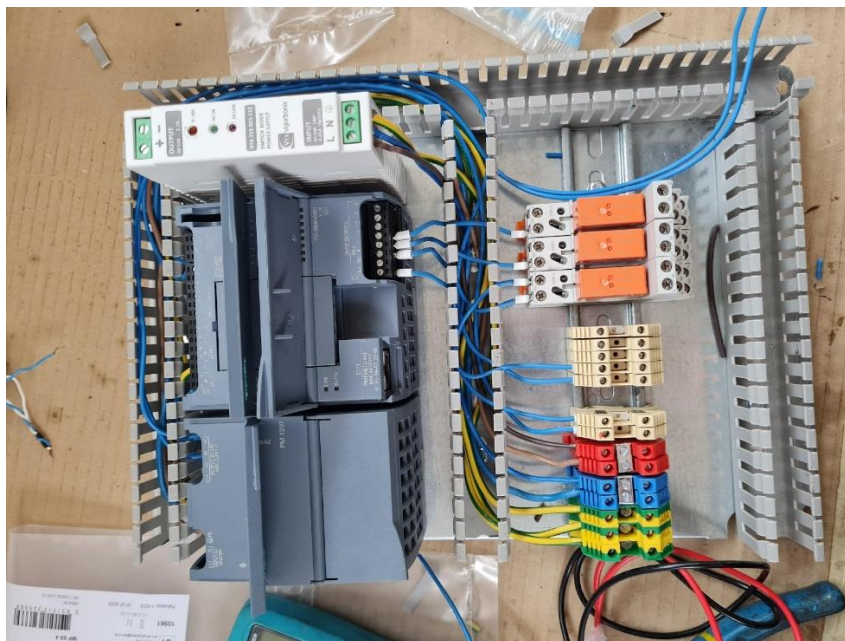
2. Izbira primerne mesta, kjer bo nameščena omarica

V našem primeru smo izbrali stranico stroja, ki je bila ravna in blizu že obstoječe omarice, katere določene dele smo prevezali v novo omarico.



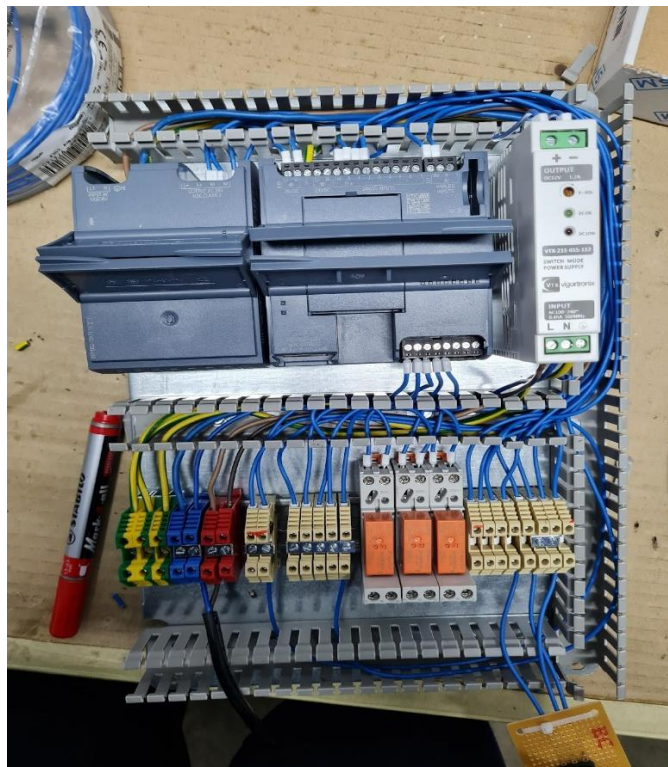
*Slika 9: Namestitev omarice
(Lastni vir)*

3. V omarico smo vstavili vse potrebne komponente, kot so krmilnik Siemens S7-1200, Siemensov napajalnik, napajalnik za merilno letev, releji, sponke, kabelski nosilci. Celotno vezalno shemo pa lahko najdete v PRILOGI 1 na str. 29.



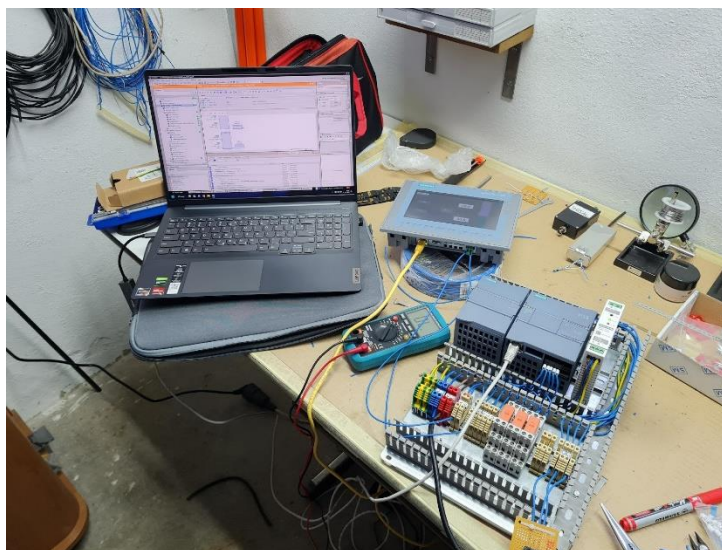
*Slika 10: Vezan krmilnik
(Lastni vir)*

4. Nato smo priključili omarico na napajalni vir. Preverili smo, ali so vsi kabli pravilno priključeni in ali so vsi releji ustrezno povezani.



*Slika 11: Dokončno zvezan krmilnik
(Lastni vir)*

5. Na krmilnik Siemens S7-1200 smo naložili program ter izvedli test, da smo preverili, ali senzor ustrezno deluje.



*Slika 12: Nalaganje programa
(Lastni vir)*

6. Namestili smo zaščitno ploščo na omarico in jo pritrdili s priloženimi vijaki.
7. Vstavili smo kable skozi vhodne odprtine na omarici in jih pritrdili na kabelske nosilce ter jih priključili na ustrezne vhode in izhode.
8. Naslednji korak je bil testiranje električne povezave, da smo preverili, ali vse deluje pravilno in da ni nobenih težav z električno napeljavo.



*Slika 13: Namestitev omarice
(Lastni vir)*

9. Namestili smo tudi naš Touch screen v, po meri narejeno, držalo, ki smo ga pritrdili na stran naprave. Povezali smo ga z omarico.



*Slika 16: Pritrditev ekrana
(Lastni vir)*

10. Končni izdelek.



*Slika 14 Končni izdelek
(Lastni viri)*

12 OBNOVITEV STARIH NAPRAV KOT STORITEV

Seveda je namesto nakupa nove naprave mogoče nadgraditi starejšo, a še delujočo opremo. To je lahko učinkovita možnost, zlasti če podjetje ne potrebuje najnovejših funkcij ali če je njihova trenutna oprema še vedno dovolj zmogljiva, da zadovolji njihove potrebe. Nadgradnja strojne opreme, nadgradnja programske opreme, avtomatizacija naprav, dodajanje pomnilnika, namestitve novih gonilnikov in druge možnosti so na voljo za nadgradnjo starejše opreme. Nadgradnje lahko podaljšajo življenjsko dobo naprav, hkrati pa izboljšajo njihovo zmogljivost in funkcionalnost. Poleg tega se lahko različne storitve, kot so storitve nadgradnje in obnove, uporabijo za obnovo ali celo izboljšanje starejše opreme. To je lahko tudi stroškovno učinkovitejša možnost kot nakup nove opreme, zlasti za manjša podjetja. Nadgradnje naprav omogočajo podjetjem dostop do najnovejših tehnologij in funkcij brez zamenjave celotnega sistema. Podjetja dosegajo boljše delovne rezultate zaradi dostopa do najnovejših tehnologij, ne da bi morali zamenjati vse naprave. Vsekakor je pomembno vedeti, da ima vsaka naprava svojo določeno življenjsko dobo, zato je potrebno biti previden pri nadgradnji starih naprav, ki so že precej stare ali pa so svojo življenjsko dobo presegle. V takšnih primerih je lahko nakup nove opreme stroškovno učinkovitejša možnost.

13 PREDSTAVITEV REZULTATOV

Po rezultatih raziskave lahko 2 hipotezi potrdimo, eno ovržemo in eno delno potrdimo.

*Tabela 2: Prikaz hipotez
(lastni vir)*

H1 – Nadgradnja rabljene naprave je ekonomsko upravičena .	POTRJENA
H2 – Proces avtomatizacije bo skrajšal čas izdelave izdelka.	POTRJENA
H3 – Izbrani merilnik bo dovolj natančen za želeni proces.	POTRJENA
H4 – Avtomatizacija bo povečala natančnost izdelka.	POTRJENA

H1 - Nadgradnja rabljene naprave je ekonomsko upravičena.

Zastavljeno hipotezo smo potrdili, saj so stroški nadgradnje bili 95,15% cenejši kot če bi kupili povsem novo napravo.

H2 - Proces avtomatizacije bo skrajšal čas izdelave izdelka.

Hipoteza je bila potrjena, saj nam ni potrebno več konstantno preverjati in meriti kota, ampak to naredi krmilnik namesto nas.

H3 – Izbrani merilnik bo dovolj natančen za želeni proces.

Izbran merilnik je bil ustrezen in dovolj natančen, saj ima natančnost $\pm 0.1\text{mm}$, kar je v našem primeru več kot dovolj natančno, zato smo hipotezo potrdili.

H4 - Avtomatizacija bo povečala natančnost izdelka.

Hipoteza je bila potrjena, saj je avtomatizacija še izboljšala natančnost izdelka.

14 MOŽNOST NADALJNJIH RAZISKAV

Že med samo izdelavo projekta smo dobili idejo za nadaljnjo raziskavo in nadgradnjo stroja. Ena izmed ideje je bila, da bomo dodali napravi strojni vid. To bi storili tako, da bi namestili industrijsko kamero in jo povezali z računalnikom. Na računalniku pa bi s pomočjo umetne inteligence in strojnega učenja lahko stroj naučili, da bi sam predlagal željeno globino pritiska za določen kot. Hkrati bi lahko v stroj vključili obogateno resničnost (AR) z očali kot so Microsoft HoloLens, ki bi nas vodile skozi proces upogibanja in nam prikazovale korake. Razmišljali smo tudi o sami varnosti uporabnike in kaj bi lahko storili, da bi naprava bila še bolj varna za samo uporabo. Ideja, ki smo jo dobili je bila, da bi dodali svetlobno zaveso katera, bi ustavila stroj v primeru, da upravitelj prekine svetlobni žarek.

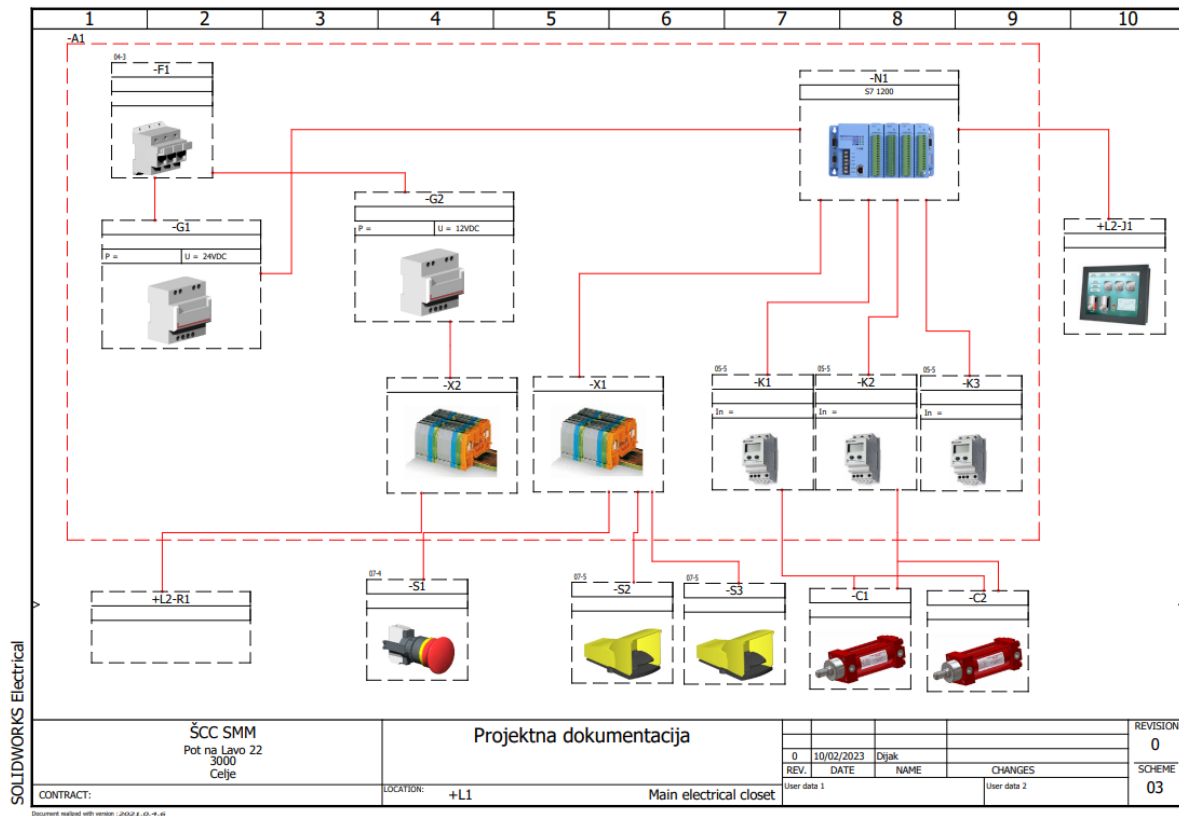
15 ZAKLJUČEK

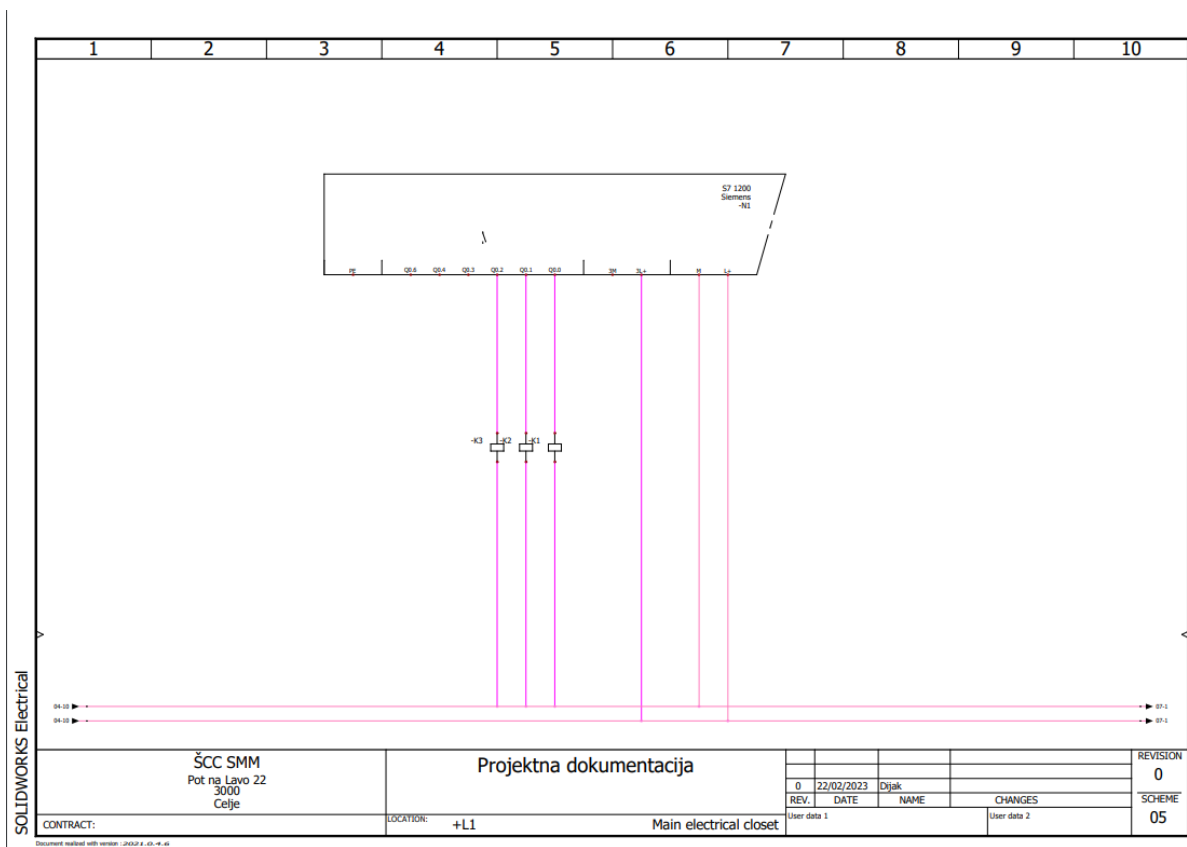
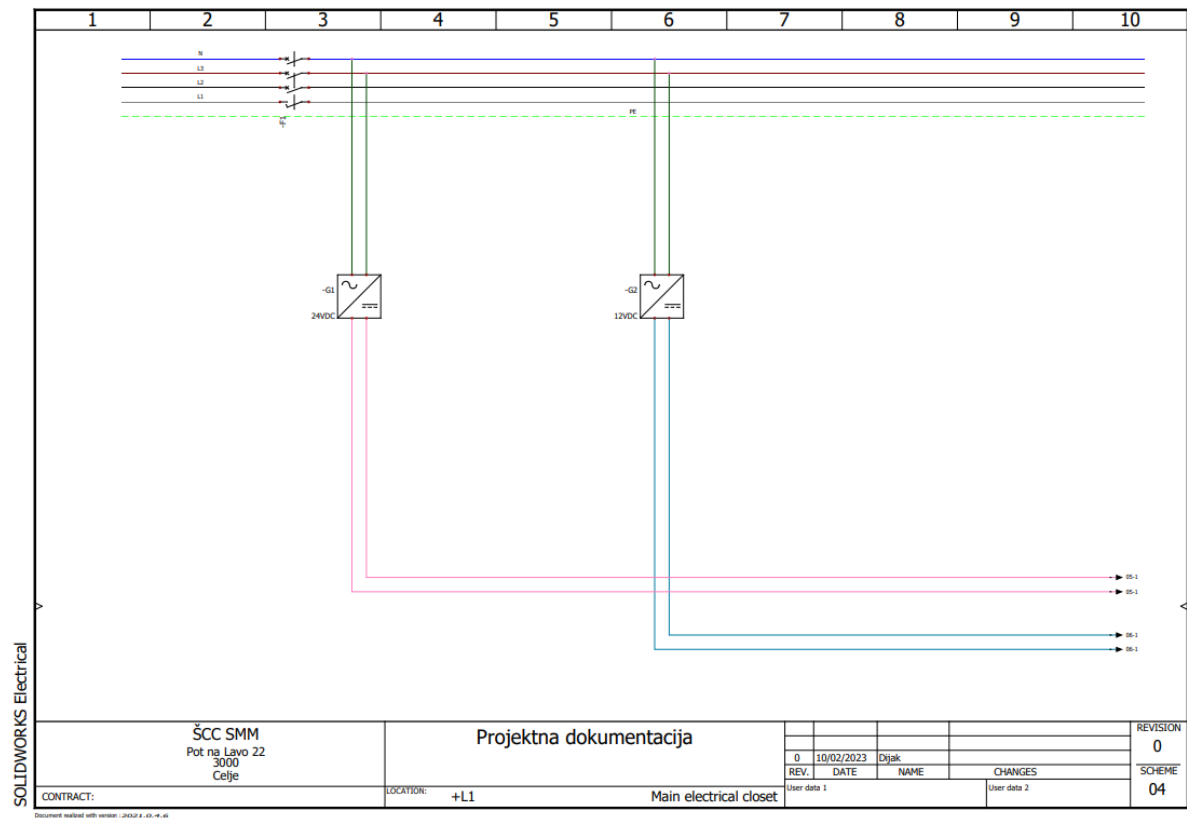
V zaključku projektnega dela na temo avtomatizacija kotne stiskalnice lahko ugotovimo, da je bila avtomatizacija procesa stiskanja kotov izvedena uspešno. Z uporabo avtomatiziranega sistema smo dosegli povečanje učinkovitosti in produktivnosti procesa, skrajšali smo delovni proces ter izboljšanje varnost upravitelja. V sklopu projektne naloge smo staro napravo nadgradili in jo tako izboljšali. Z nadgradnjo smo olajšali delo in avtomatizirali določene korake, ki jih je prej moral izvajati delavec. Pomembno je tudi razumeti, da je za upravljanje in nadzor avtomatiziranih sistemov potreben človeški stik in da avtomatizacija ne more nadomestiti človeškega dela. Pri izvedbi smo se srečali s kar nekaj težavami, največja je bila v zvezi s financami, saj izdelava ni bila poceni. Poleg tega smo pri testiranju znova in znova odkrivali majhne napake, ki jih je bilo sproti potrebno odpravljati, da smo prišli do popolno delujoče naprave. Med izdelavo smo dobili navdih še za nadaljnjo avtomatizacijo, ki bo še bolj olajšala delo. Na splošno lahko zaključimo, da je avtomatizacija kotne stiskalnice učinkovit in trajnosten način za izboljšanje proizvodnih procesov in zmanjšanje napora dela, vendar je pred izvedbo avtomatizacije na starejšem stroju potrebna previdnost in natančna analiza.

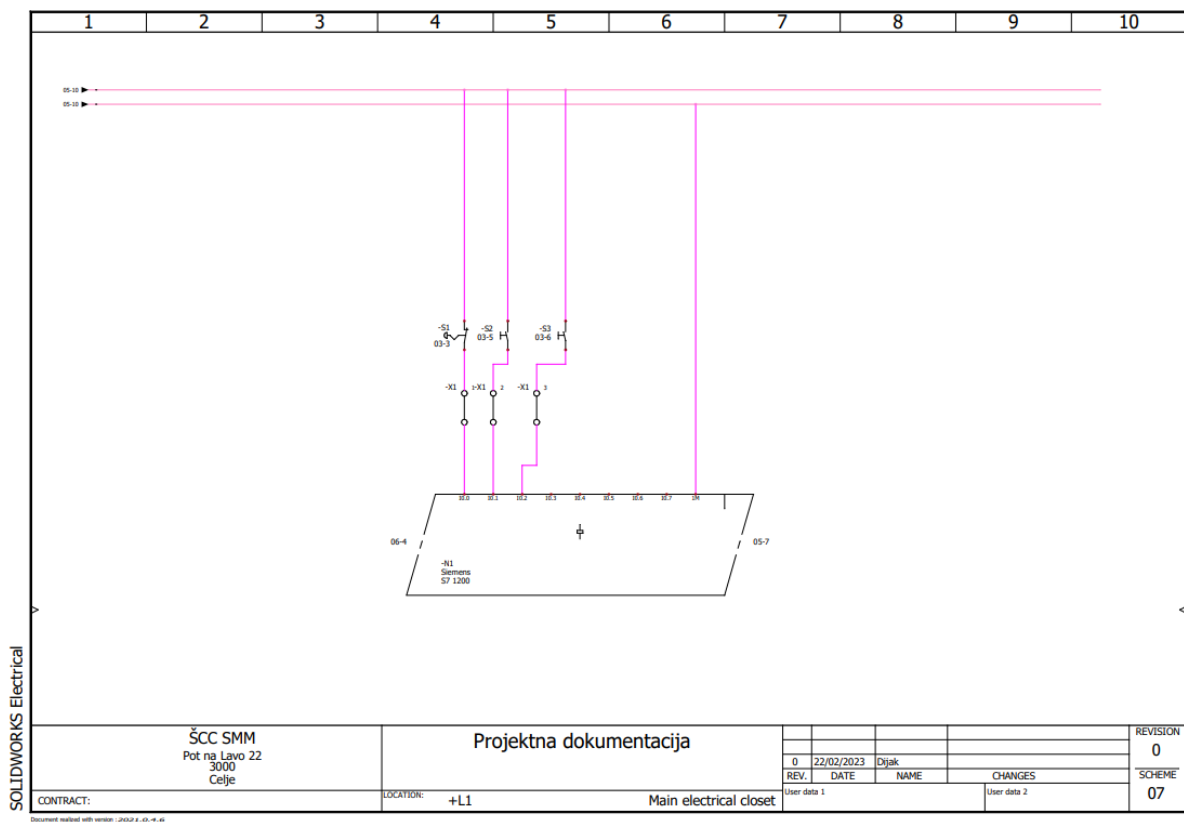
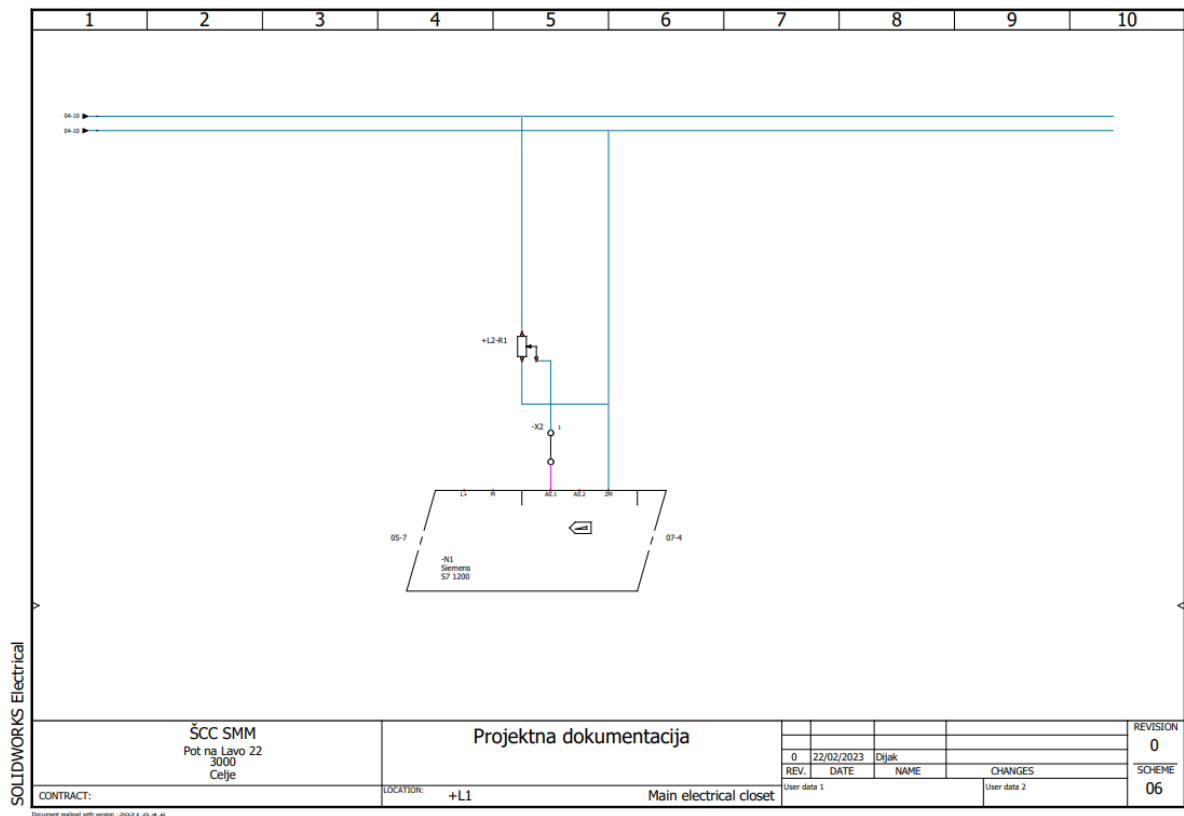
16 VIRI

- [1] Avtomatizacija (online). (citirano 10.12.2022). dostopno na naslovu:
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Avtomatizacija>
- [2] Harsle (online). (citirano 13.12.2022). dostopno na naslovu:
<https://www.harsle.com/How-Sheet-Metal-Bending-Works-id6630166.html>
- [3] Mana (online). (citirano 27.2.2023). dostopno na naslovu:
<https://www.mana-omerzu.si/hidravlicna-tehnika>
- [4] Plate bending machine (online). (citirano 10.12.2022). dostopno na naslovu:
https://www.ezhonggroup.com/products/plate-bending-machine/?gclid=CjwKCAiA3KefBhByEiwAi2LDHEfB6JzE_Ce5xQytFgcIwAFklDazoi2bvvvZ53suhSzB0rILd2dL1xoCQ-QQAvD_BwE
- [5] Siemens (online). (citirano 27.2.2023). dostopno na naslovu:
[SIMATIC S7-1200 - SIMATIC controller - Global \(siemens.com\)](https://www.siemens.com/global/en/products/automation/simatic/s7-1200)
- [6] Skitti (online). (citirano 14.12.2022). dostopno na naslovu:
<https://www.skitti.si/hidravlicna-stiskalnica>
- [7] Skitti (online). (citirano 14.12.2022). dostopno na naslovu:
<https://www.skitti.si/stiskanje-plocevne>
- [8] Tehnovar (online). (citirano 13.12.2022). dostopno na naslovu:
<https://www.tehnovar.si/portfolio/upogibanje-plocevne/>

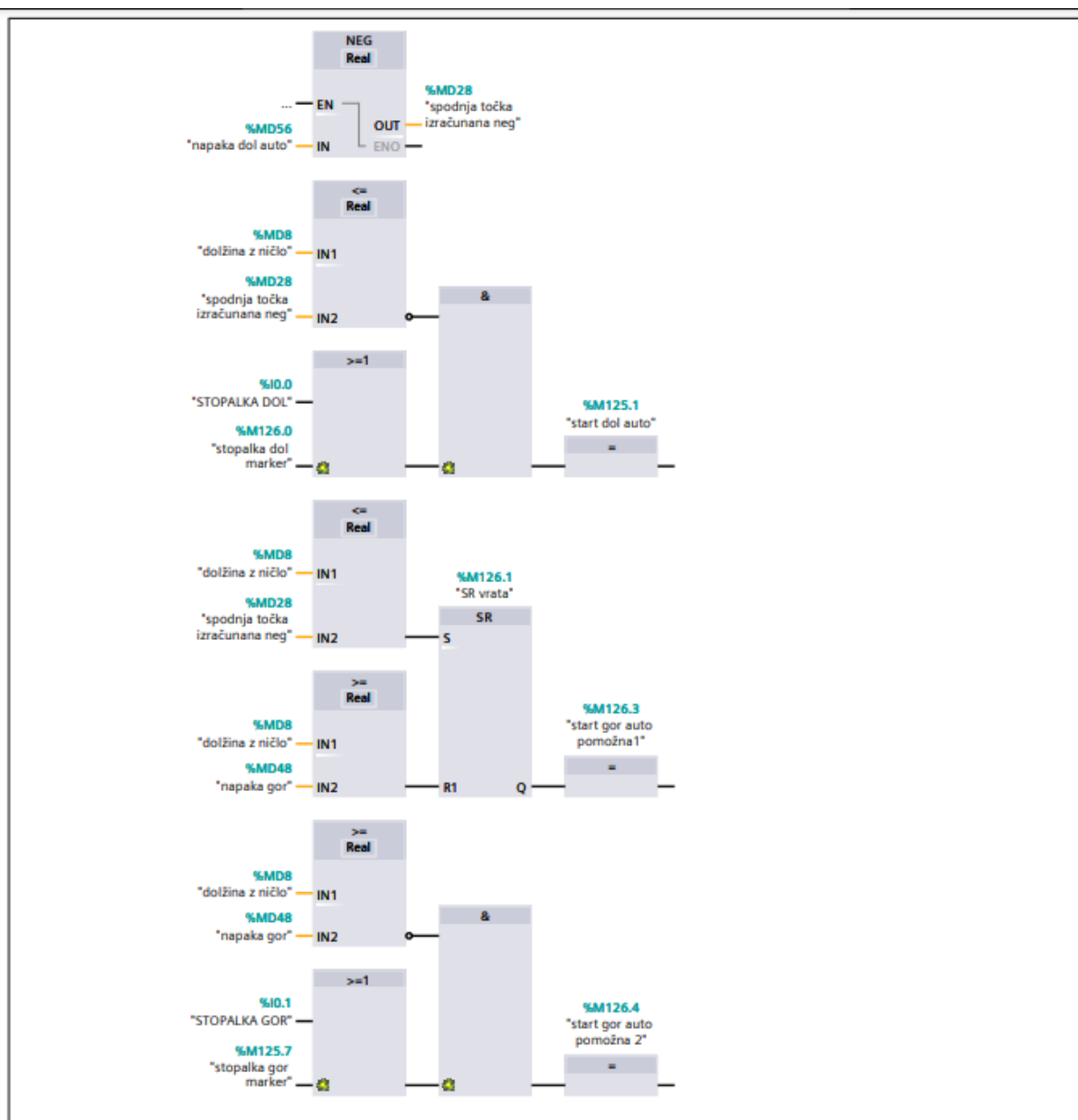
PRILOGA 1 **ELEKTRIČNA SHEMA**







PRILOGA 2 PROGRAM



Network 2: ZDRUŽITEV DVEH NAČINOV

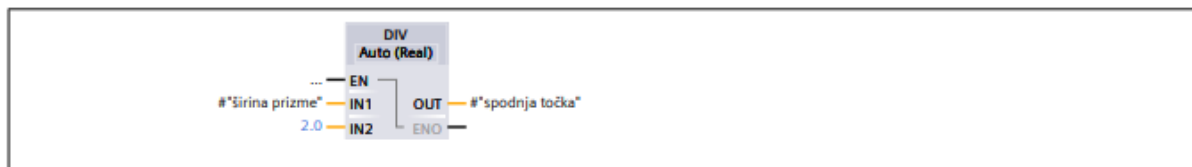


IZRAČUN SPODNJE TOČKE NA PODLAGI KOTA [FC2]

IZRAČUN SPODNJE TOČKE NA PODLAGI KOTA Properties					
General					
Name	IZRAČUN SPODNJE TOČKE NA PODLAGI KOTA	Number	2	Type	FC
Language	FBD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	IZRAČUN GLOBINE UPOGIBA	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

IZRAČUN SPODNJE TOČKE NA PODLAGI KOTA		
Name	Data type	Default value
▼ Input		
širina prizme	Real	
▼ Output		
spodnja točka	Real	
InOut		
Temp		
Constant		
▼ Return		
IZRAČUN SPODNJE TOČKE NA PODLAGI KOTA	Void	

Network 1: IZRAČUN GLOBINE PRITISKA NA PODLAGI ŽELJENEGA KOTA

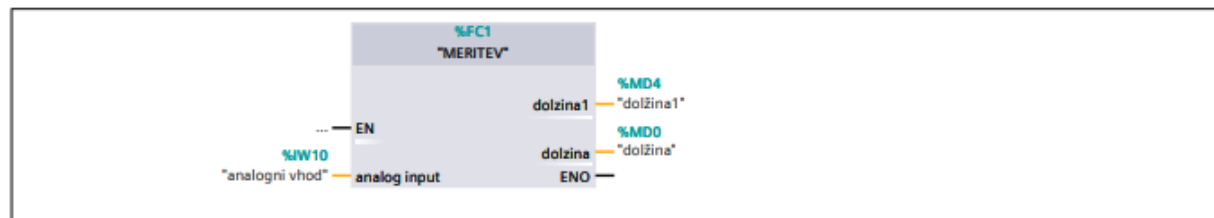


MAIN [OB1]

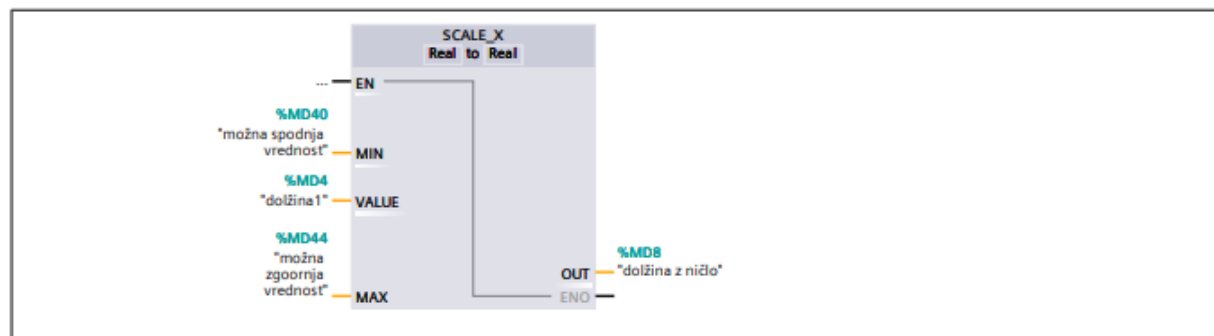
MAIN Properties					
General					
Name	MAIN	Number	1	Type	OB
Language	FBD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	NADZOR	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

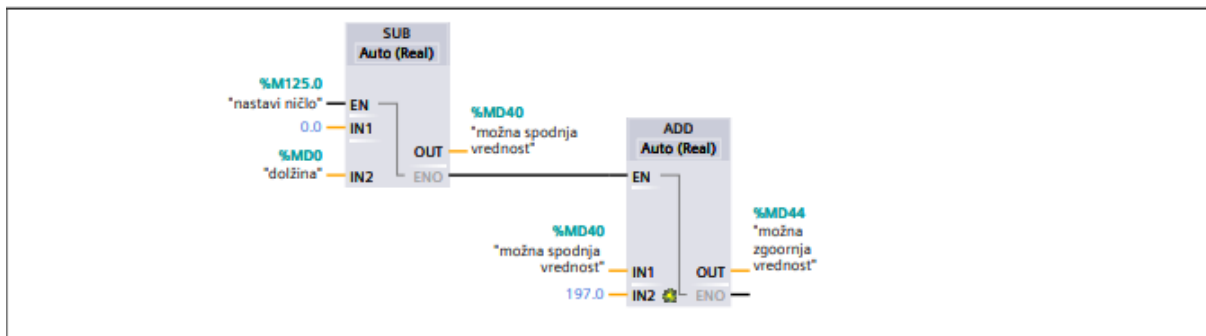
MAIN		
Name	Data type	Default value
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

Network 1: MERITEV

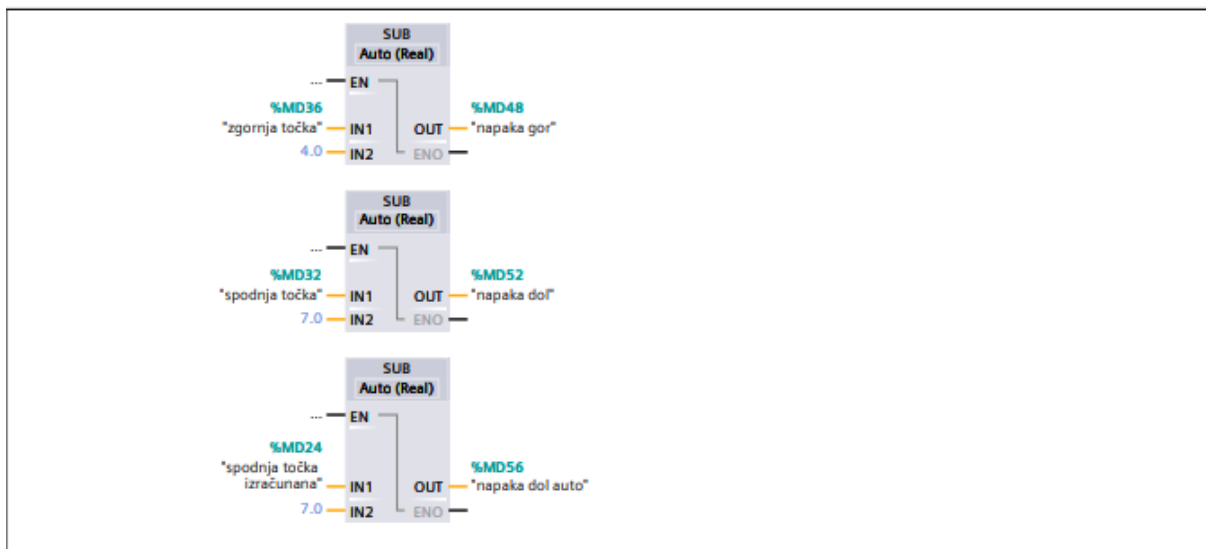


Network 2: SCALIRANJE

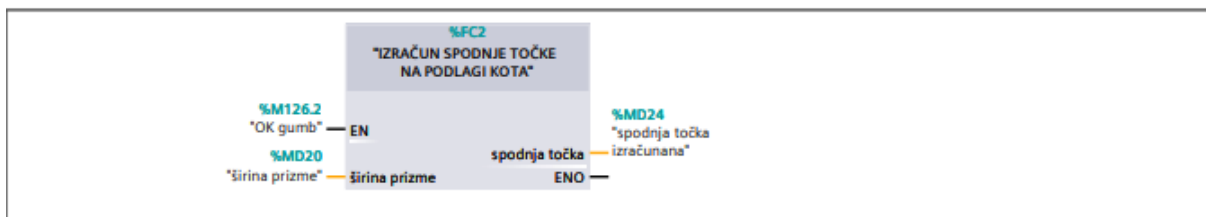




Network 4: KOMPENZACIJA ZRAČNOSTI

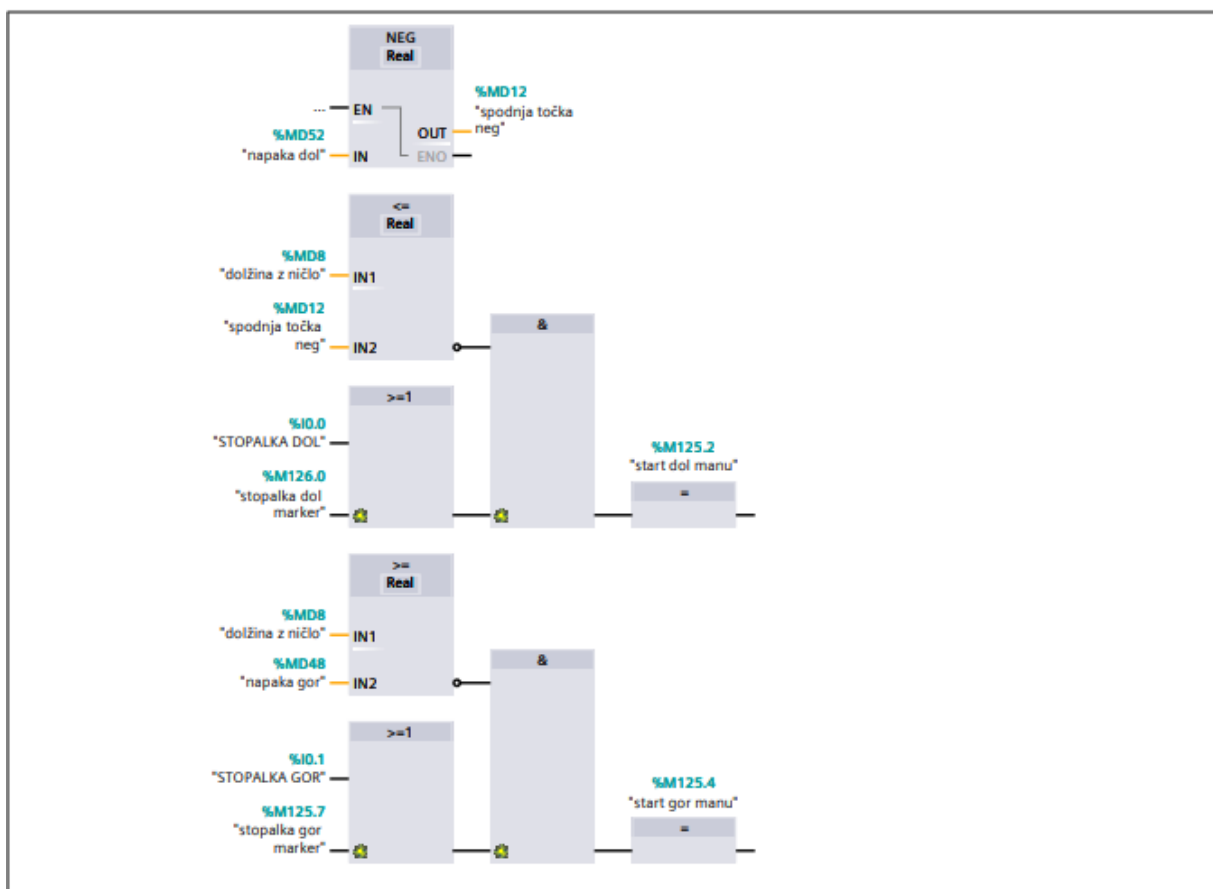


Network 5: IZRAČUN KOTA





Network 1: NADZOR PRIZME ZA ROČNI NAČIN



MERITEV [FC1]

MERITEV Properties

General

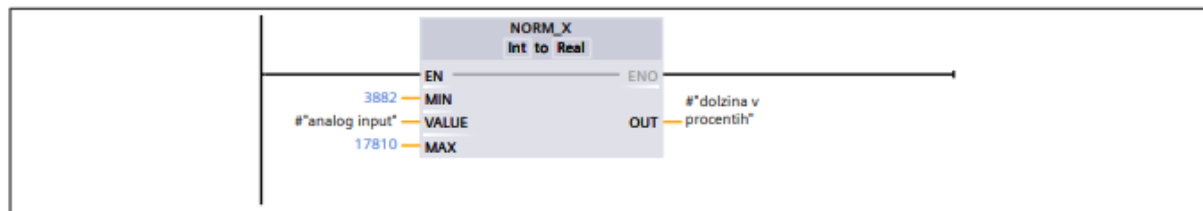
Name	MERITEV	Number	1	Type	FC
Language	LAD	Numbering	Automatic		

Information

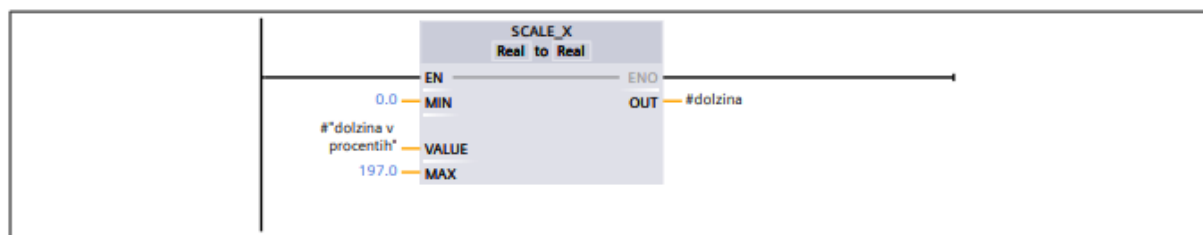
Title	MERITEV	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
▼ Input		
analog input	Int	
▼ Output		
dolzina1	Real	
dolzina	Real	
InOut		
▼ Temp		
dolzina v procentih	Real	
Constant		
▼ Return		
MERITEV	Void	

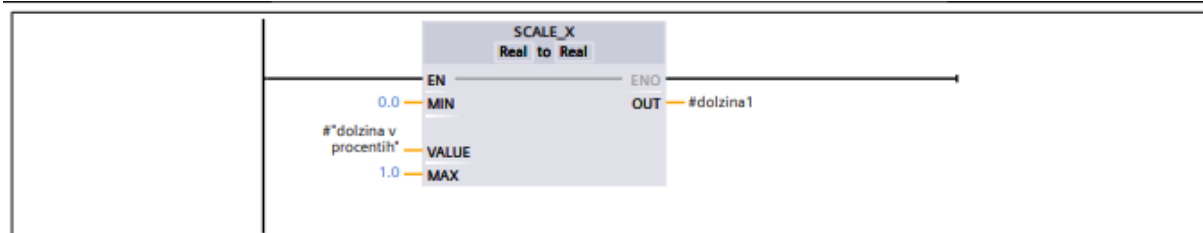
Network 1: NORMALIZACIJA



Network 2: SCALIRANJE



Network 3: SCALIRANJE 2



PRILOGA 3 PLC_TAG TABLE

PLC tags

	Name	Data type	Address	Retain
	analogni vhod	Int	%IW10	False
	dolžina	Real	%MD0	False
	spodnja točka	Real	%MD32	False
	zgornja točka	Real	%MD36	False
	možna spodnja vrednost	Real	%MD40	False
	možna zgoornja vrednost	Real	%MD44	False
	dolžina1	Real	%MD4	False
	dolžina z ničlo	Real	%MD8	False
	spodnja točka neg	Real	%MD12	False
	start dol	Bool	%Q0.0	False
	start gor	Bool	%Q0.1	False
	nastavi ničlo	Bool	%M125.0	False
	STOPALKA DOL	Bool	%I0.0	False
	STOPALKA GOR	Bool	%I0.1	False
	kot	Real	%MD16	False
	širina prizme	Real	%MD20	False
	spodnja točka izračunana	Real	%MD24	False
	spodnja točka izračunana neg	Real	%MD28	False
	start dol auto	Bool	%M125.1	False
	start dol manu	Bool	%M125.2	False
	start gor auto	Bool	%M125.3	False
	start gor manu	Bool	%M125.4	False
	marker avtomatski način	Bool	%M125.5	False
	marker ročni način	Bool	%M125.6	False
	stopalka gor marker	Bool	%M125.7	False
	stopalka dol marker	Bool	%M126.0	False
	napaka gor	Real	%MD48	False
	napaka dol	Real	%MD52	False
	napaka dol auto	Real	%MD56	False
	SR vrata	Bool	%M126.1	False
	OK gumb	Bool	%M126.2	False
	start gor auto pomožna1	Bool	%M126.3	False
	start gor auto pomožna 2	Bool	%M126.4	False