

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Primož Noe

# Avtomatizacija krmiljenja industrijske linije

---

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Mentor: mag. Igor Škraba

Ljubljana, 2014



*Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.*





Št. naloge: 00156 / 2013  
Datum: 6.11.2013

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **PRIMOŽ NOE**


Naslov: **AVTOMATIZACIJA KRMILJENJA INDUSTRIJSKE LINIJE  
AUTOMATIC CONTROL OF AN INDUSTRIAL PLANT**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija prve stopnje


Tematika naloge:

V diplomskem delu analizirajte delovanje linije za pranje vijakov. Z uporabo končnih avtomatov opišite algoritme za delovanje posameznih enot. Za izbran programabilni krmilnik izdelajte programsko opremo za avtomatsko krmiljenje linije.

Mentor:

  
pred. mag. Igor Škraba

Dekan:

  
prof. dr. Nikolaj Zimic



# IZJAVA O AVTORSTVU

## diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a \_\_\_\_\_ Primož Noe \_\_\_\_\_,

z vpisno številko \_\_\_\_\_ 24013172 \_\_\_\_\_,

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom:

\_\_\_\_\_ Avtomatizacija krmiljenja industrijske linije \_\_\_\_\_

---

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)

\_\_\_\_\_ mag. Igor Škraba \_\_\_\_\_

in somentorstvom (naziv, ime in priimek)

---

- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne \_\_10. Februar 2014\_\_ Podpis avtorja/-ice: \_\_\_\_\_



**Zahvala:**

Najprej hvala mentorju mag. Igorju Škrabi, za ves trud, vso pomoč in vse potrpljenje v procesu izdelave te naloge. Hvala g. Burji, g. Jurjevčiču in vsej ekipi iz TKG d.o.o., brez njih ne bi bilo projekta, opisanega v tem delu. Na koncu naj se zahvalim še staršem, sestri in prijateljem, ki so mi ves čas materialno in spodbudno stali ob strani.



# Kazalo

Povzetek .....	xiii
Abstact .....	xiii
Uporabljene kratice.....	xv
1 Uvod .....	1
2 Proizvodna linija za pranje vijakov .....	2
2.1 Zgradba in enote sistema .....	2
2.1.2 Enota za odcejanje .....	4
2.1.3 Enota za pranje .....	4
2.1.4 Enota za sušenje.....	4
2.1.5 Enota za praznjenje.....	5
2.1.6 Dvigalo z vozičkom na dvignjenem vodilu.....	5
2.2 Cilji predelave linije .....	6
3 Industrijski krmilniki in standard IEC 61131 .....	7
3.1 Pregled razvoja PLC.....	7
3.2 Programski jeziki v IEC 61131-3 .....	7
3.2.1 Lestvični diagram .....	8
3.2.2 Zaporedje ukazov .....	8
3.2.3 Sekvenčni funkcijski diagram .....	8
3.2.4 Funkcijski blokovni diagram.....	8
3.2.5 Strukturiran tekst .....	8
3.3 Delo z modernimi PLC-ji .....	8
3.4.1 Programiranje PLC-jev .....	9
3.4.2 Vezava signalov na PLC-jih .....	9
4 Analiza.....	10
4.1 Krmilni signali.....	10
4.2 Nadzorni signali.....	11
4.3 Signali nadzorne plošče .....	12
5. Algoritmi delovanja .....	13
5.1 Algoritem delovanja enot za odcejanje in sušenje.....	13
5.2 Algoritem delovanja enote za pranje .....	15
5.2.1 Avtomat za nagibanje in dvigovanje košare v enoti pranja .....	17
5.3 Algoritem delovanja enote praznjenja .....	18
5.4 Algoritmi delovanja dvigala .....	19
5.4.1 Shema zaporedja premikov in prehajanja med načini delovanja .....	19

5.4.2	Ročno upravljanje dvigala .....	21
5.4.3	Avtomat za izvedbo premika košare .....	22
6	Pregled krmilnikov in izbor .....	25
6.1	Pregled krmilnikov.....	25
6.1.1	Krmilniki Siemens .....	25
6.1.2	Krmilniki Mitsubishi.....	25
6.1.3	Krmilnik Cybrotech - Robotina .....	25
6.2	Izbran krmilnik.....	26
6.2.1	Tehnični podatki.....	26
6.1.1	Programsko okolje CyPro .....	27
6.2	Sestava krmilja.....	28
7	Krmilni program .....	30
7.1	Posebni podatkovni tipi in spremenljivke.....	30
7.2	LCD vmesnik .....	31
7.3	Glavni program .....	32
7.4	Programi delovnih enot.....	33
7.5	Program za krmiljenje dvigala .....	33
8	Uporaba pralne linije za vijake .....	35
9	Zaključek in možnosti nadaljnjega razvoja.....	36
10	Literatura.....	37
Priloga A:	Navodila za operaterja .....	39
A.1	Postopki pri delu z linijo. ....	39
A.1.1	Postopek ob vklopu stroja .....	39
A.1.2	Polnjenje in praznjenje košar .....	39
A.1.2.1	Polnjenje.....	39
A.1.2.2	Praznjenje.....	40
A.1.3	Postopek za zagon avtomatičnega načina delovanja.....	40
A.1.4	Postopek pri napakah v delovanju.....	40
A.2	Pregled elementov nadzorne plošče .....	41
A.2.1	Glavno stikalo .....	41
A.2.2	Gumba za zasilni izklop.....	42
A.2.3	Gumb za vklop dovoda zraka.....	42
A.2.5	LCD Vmesnik .....	43
A.2.6	Ročka za nadzor dvigala .....	43
A.2.7	Nadzor enot „Odcejanje“ in „Sušenje“: .....	44
A.2.8	Nadzor pranja .....	45
A.2.9	Nadzor praznjenja. ....	46

A.2.10 Nadzor avtomatike.....	47
Priloga B: Tabele povezav in signalov .....	49
B.1 Signali po enotah .....	49
B.1.1 Signali enote za polnjenje .....	49
B.1.2 Signali enote za odcejanje.....	49
B.1.3 Signali enote za pranje .....	50
B.1.4 Signali enote za sušenje .....	50
B.1.5 Signali enote za praznjenje .....	51
B.1.6 Signali dvigala .....	51
B.1.7 Signali nadzorne plošče .....	52
B.2 Povezave po elementih .....	53
B.2.1 Vhodi in izhodi na krmilniku.....	53
B.2.2 Vhodi in izhodi na prvi razširitvi Bio24R.....	54
B.2.3 Vhodi in izhodi na drugi razširitvi Bio24R.....	55
B.2.2 Vhodi na tretji razširitvi Bio24R.....	56
B.2.2 Vhodi in izhodi na četrti razširitvi Bio24R.....	56
Priloga C: Program za pralno linijo (listing) .....	59
Glavni program.....	59
Program dvigala.....	60
Program enote za odcejanje .....	73
Program enote za pranje .....	74
Program enote za sušenje .....	76
Program enote za praznjenje.....	78
Priloga D: povezovalne sheme linije za pranje vijakov .....	79



# Povzetek

Diplomsko delo opisuje razvoj krmilnega programa za pralno linijo za vijake in drug droben material. Naloga najprej poda analizo stroja in postopka pranja. Podrobno so obdelani vsi signali, ki nastopajo pri krmiljenju. Podan je pregled standarda IEC 61131 in pripadajočih programskih jezikov. Podan je pregled primernih krmilnikov. Uporabljen krmilnik Cybro-2 proizvajalca Cybrotech in razvojno okolje CyPro, ki sta uporabljena pri izdelavi stroja sta podrobno opisana. Predstavljene so razlike med klasičnim programiranjem v visokonivojskih jezikih in izdelavo krmilnih programov v jeziku Structured Text. Algoritmi za delovanje stroja so predstavljeni z Moorovimi avtomati. Pralna linija, kot je opisana v nalogi, in njene izvedenke so že nepogrešljiv del proizvodnega procesa v podjetju TKG d.o.o. v Ljubljani.

Ključne besede:

- Industrijski krmilniki,
- Moorovi avtomati,
- IEC 61131,
- Cybrotech.

# Abstact

In this work we are presenting the development of a control program for an industrial wash line for screws and other small parts. The paper first presents a detailed analysis of the existing line and wash process. A detailed analysis of signals is done. An overview of the corresponding standard IEC 61131 is presented. After an overview of available controllers, a detailed description of the selected Cybro-2 controller from Cybrotech is given. Programming differences between classical programs in high level languages and control programs in structured text are discussed. All the algorithms for the machine are described using Moore automata. The line as presented has already proven itself as an indispensable part of the production process in TKG d.o.o. Ljubljana.

Keywords:

- Industrial controllers,
- Moore Automaton,
- IEC 61131,
- Cybrotech.



# Uporabljene kratice

ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Ameriški standard za 8 bitno kodiranje znakov abecede. Se tudi (narobe) uporablja kot sinonim za vse 8 bitne znakovne standarde.
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor	Tehnologija za izdelavo logičnih vezij in propadajoči standard
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Del internetnega standarda, ki skrbi za avtomatično določanje parametrov za povezovanje
DIN	Deutsche Industrie Norm	Zelo razširjeni nemški industrijski standardi.
FBD	Functional Block Diagram	Eden od programskih jezikov za PLCje definiran v standardu IEC 61131-3
IDE	Integrated Development Environment	Integrirano okolje za razvoj programov.
IEC	International Electrotechnical Commission	Mednarodno telo za določanje standardov na področju elektrotehnike
IL	Instruction List	Eden od programskih jezikov za PLCje definiran v standardu IEC 61131-3
LD	Ladder Diagram	Eden od programskih jezikov za PLCje definiran v standardu IEC 61131-3
PDP	Programmable Data Processor	Serijski mini računalniki proizvajalca Digital Equipment Corporation (DEC) od 1957 do 1990
PLC	Programmable Logic Controller	Programabilni industrijski krmilnik
RAM	Random Access Memory	Delovni pomnilnik (v računalniku)
SFC	Sequential Flow Chart	Eden od programskih jezikov za PLCje definiran v standardu IEC 61131-3
ST	Structured Text	Eden od programskih jezikov za PLCje definiran v standardu IEC 61131-3
TCP	Transmission Control Protocol	Del internetnega standarda, ki skrbi za povezovanje na strojnem nivoju
TTL	Transistor Transistor Logic	Tehnologija za izdelavo logičnih vezij in propadajoči standard



# 1 Uvod

Avtomatizacija proizvodnje je danes nujnost za dvig produktivnosti v podjetjih in za zagotavljanje kakovosti izdelkov ter posredno za konkurenčnost na trgu. Nova investicijska oprema danes že vključuje vse elemente sodobne računalniško vodene proizvodnje, vključuje ustrezne krmilnike ter nadzor, kakor tudi možnost zajemanja podatkov o stanju na proizvodnih linijah. V podjetjih pa še delujejo različni stroji in naprave, ki so tehnološko ustrezni vendar pa imajo zastarelo krmiljenje ter nadzor in jih ni mogoče integrirati v informacijske sisteme proizvodnje.

Proizvodna linija za pranje vijakov podjetju TKG d.o.o. Ljubljana deluje uspešno že vrsto let in njena življenjska doba še ni zaključena. Izpade in zastoje na liniji povzročata krmilje, ki je zastarelo. Za posodobitev ter zmanjšanje števila zastojev je tako treba na proizvodni liniji vodnega sistema zamenjati krmilje, kar bi omogočalo večjo preglednost delovanja proizvodnega sistema, hkrati zmanjšalo število okvar ter zastojev. Sočasno se bo izvedla obnova posameznih komponent in enot postroja. Novo krmilje bo moralo omogočati tudi prilagajanje novim izdelkom, kar zahteva povečanje prilagodljivosti sistema.

Za razvoj in izdelavo novega krmilja je uvodoma izdelana podrobna analiza procesa pranja ter zgradbe postroja. Analizi je potrebno dodati še nove oziroma dodatne zahteve naročnika za razvoj krmilja. Na osnovi tega bodo izdelani algoritmi, ki bodo opisovali zahtevano delovanje proizvodne linije.

Na tržišču so trenutno številne izvedbe krmilnikov različnih proizvajalcev, z različnimi sposobnostmi in možnostmi razširitev, različnimi cenami in dobavnimi roki. Glede na število vhodov in izhodov v obstoječem krmilju in na osnovne zahteve procesa je mogoče že vnaprej ugotoviti da bo potrebno izbrati krmilnik srednje kategorije [4]. Ponudnikov krmilnikov te kategorije je na tržišču veliko: Mitsubishi, Siemens, Robotina, itd., zato bodo na dokončno odločitev za določen krmilnik vplivale tudi ne-tehnološke lastnosti, kot je na primer cena.

V okviru naloge bo na osnovi izdelanih algoritmov in izbire krmilnika razvit krmilni program delovanja. Pri razvoju programa je potrebno upoštevati varnost ljudi in opreme, kar bo zahtevalo izdelavo postopkov za ugotavljanje nepravilnega delovanja, in ustreznih reakcij. Pri razvoju programa se naj upošteva tudi možnost prilagajanja spremembam specifikacije, ki se bodo pokazale pri obnovi stroja. Pomemben del programa za krmiljenje je izdelava uporabniškega vmesnika, ki mora biti prilagojen za uporabo priučenim operaterjem.

V prilogi diplomske naloge so priloženi še navodila za operaterja, tabele signalov po enotah in po vezavi, poln izpis programa ter povezovalna shema iz dokumentacije.

## 2 Proizvodna linija za pranje vijakov

Linija je namenjena pranju vijakov ter, občasno, drugega drobnega materiala. Ti izdelki se v procesu izdelave naoljijo in umažejo in jih je treba pred nadaljnjo obdelavo oziroma prodajo očistiti, odvisno od vrste izdelka in predhodnih procesov. Vijaki na primer se operejo vsaj dvakrat: enkrat po kaljenju in enkrat pred pakiranjem.

V tem poglavju bo podan pregled sestave in delovanja linije za pranje vijakov. Na osnovi procesa in zgradbe sistema bo definirana formalna specifikacija želenega delovanja, kar bo osnova za razvoj algoritmov in programa krmilja.

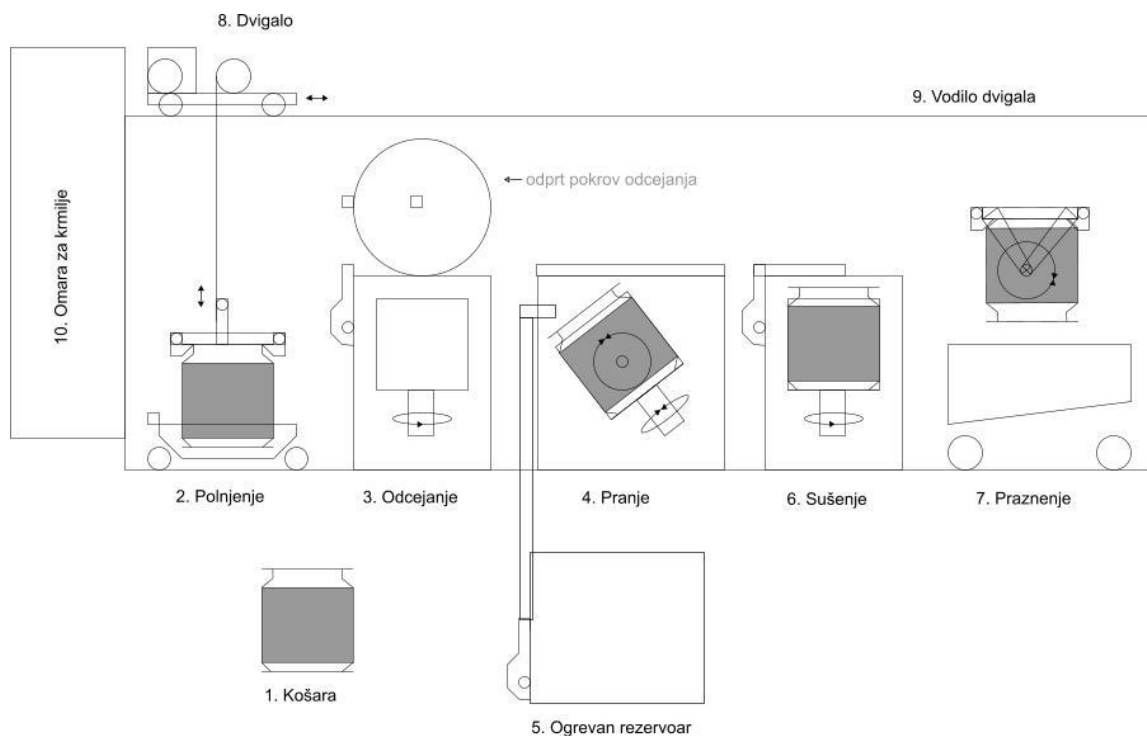
### 2.1 Zgradba in enote sistema

Pralno linijo sestavlja pet delovnih enot, dvigalo in rezervoar za pralno tekočino (Slika 1). Material vstopa v sistem na enoti za polnjenje in se giblje postopoma skozi vse enote do praznjenja.

Material skozi linijo potuje v košarah. Dvigalo košare premika med delovnimi enotami.

Vsaka od petih delovnih enot opravi po en korak obdelave:

- polnjenje košare,
- odcejanje olja (in drugih tekočin),
- pranje z vročo vodo in detergentom,
- sušenje materiala,
- praznjenje košare.



Slika 1: Zgradba celotne linije. Narisano je stanje med premikom polnjenje -> odcejanje.



*Slika 2: Fotografija linije v obratovanju*

### 2.1.1 Polnjenje košare

Material je pred obdelavo potrebno nasuti v košaro. Delavec to stori ročno na prvi delovni enoti linije.

Košara v tej delovni enoti stoji na vozičku (Slika 3). Pri polnjenju delavec voziček ročno potegne iz linije. Pri polnjenju mora delavec zagotoviti enakomerno razporejenost materiala, ker razporeditev materiala vpliva na pravilno delovanje enote za odcejanje. Polno košaro z vozičkom potisne nazaj v linijo. Prisotnost vozička v liniji signalizira stikalo.



*Slika 3: Enota polnjenja*

### 2.1.2 Enota za odcejanje

Pred pranjem je potrebno iz materiala odcediti kar največ olja in umazanije. Enota za odcejanje v ta namen košaro vrtil ob dovajanju vročega zraka.

Košara je v enoti za odcejanje vstavljena v nosilec, ki je povezan na pogonsko gred elektromotorja. Med vrtenjem je košara z nosilcem zaprta v ohišju, da se prepreči nekontrolirano izpadanje materiala. Odpadno olje se v enoti nabira v za to namenjenem zbiralniku. Ko je zbiralnik poln se vklopi črpalka, ki olje črpa iz sistema.

Pri krmiljenju enote za odcejanje bo potrebno poskrbeti za varnost:

- košara se vrtil zelo hitro in vijak, ki bi med vrtenjem izletel, lahko naredi veliko škode, zato mora biti pokrov enote med vrtenjem vedno zaprt,
- pokrov se odpira in zapira z pnevmatičnim cilindrom – če se med odpiranjem ali zapiranjem dvigalo nahaja nad enoto lahko pride do škode,
- elektromotor, ki vrtil košaro, je občasno v stanju preobremenitve, zato je potrebno motor zavarovati pred pregrevanjem.

### 2.1.3 Enota za pranje

Enota za pranje je glavni del linije, kjer se obdelovani material dejansko opere.

Material se opere v vroči vodi z detergentom. Voda z detergentom se črpa in filtrira med enoto pranja in zunanjim ogrevanim rezervoarjem. Enota za pranje je zaprta v toplotno izolirano ohišje, da se zmanjša izgub toplote. Del enote je lovilni rezervoar, iz katerega se pralna tekočina črpa nazaj v zunanji rezervoar na filtriranje in ogrevanje. Med postopkom je košara v nosilcu, ki se vrtil v obe smeri in nagne proti dovodu pralne tekočine. Nosilec je narejen tako da pri vrtenju v eno smer pralna tekočina v košari ostaja, pri vrtenju v drugo smer pa izteka.

Postopek pranja poteka v treh fazah. V prvi fazi se košara z materialom nekaj časa vrtil v smeri zadrževanja vode ob stalnem dovajanju sveže vroče vode z detergentom in nagnjena proti dovodu vode. V drugi fazi se dovod vode prekine in se košara, še vedno nagnjena, vrtil v smeri iztekanja vode iz nosilca/košare. V tretji fazi, pri vračanju košare v pokončni položaj, je potrebno zagotoviti kar se da enakomerno porazdelitev materiala v košari. To dosežemo s postopnim dviganjem ob stalnem vrtenju.

Za dodatno zmanjšanje izgube toplote bo na enoto za pranje dograjen pokrov, ki se bo odpiral in zapiral s pnevmatičnim cilindrom. Pri krmiljenju bo potrebno poskrbeti, da se pokrov ne bo odpiral ali zapiral, če bo dvigalo nad enoto.

### 2.1.4 Enota za sušenje

V enoti za sušenje se iz košare in materiala odstrani ostanek pralne tekočine.

Enota za sušenje je po konstrukciji in krmiljenju zelo podobna enoti za odcejanje. Glavna razlika je, da enota nima zbiralnika in pripadajoče črpalke, temveč se morebitna tekočina vrača v zbiralnik na enoti pranja.

### 2.1.5 Enota za praznjenje

Na enoti za praznjenje se material izprazni iz košare, v kateri je bil med obdelavo. Obdelan material se zbira v vozičku pod enoto.

Enota za praznjenje ima nosilec, ki košaro prime na spodnjem robu. Zaklep na spodnjem robu je narejen z vzmetjo in vodikom, ki zaklep razklene, ko je nosilec s košaro v pokončnem položaju. Ob praznjenju elektromotor nosilec s košaro obrne za 180° okoli prečne osi. Ko je košara obrnjena na glavo jo za boljše praznjenje še trikrat udari pnevmatski bat.

Pri načrtovanju krmiljenja bo potrebno poskrbeti za nekaj varnostnih zahtev:

- enota za praznjenje ne sme prazniti košare če v enoti ni vozička,
- enota ne sme obračati nosilca, če dvigalo ni varno umaknjeno,
- dvigalo se ne sme premakniti na položaj enote za praznjenje, če je nosilec s košaro v obrnjenem položaju.



*Slika 4: Košara za pranje v liniji na enoti za praznjenje*

### 2.1.6 Dvigalo z vozičkom na dvignjenem vodilu

Košare med delovnimi enotami prestavlja dvigalo. Dvigalo je sestavljeno iz voza, ki se premika po dvignjenem vozilu in prijemala, obešenega na škripčevje. Voz in škripčevje sta gnana z elektromotoma. Prijemalo ima zaklep, gnan s pnevmatičnima cilindroma, ki prime košaro za zgornji rob.

Pri premikanju dvigala morata biti upoštevani omejitvi:

- dvigalo se sme premikati med enotami samo, če je prijemalo v zgornji poziciji,
- prijemalo sme iz zgornje pozicije samo, če je dvigalo ustavljeno nad enoto.

Dvigalo in linija delujeta v dveh načinih: ročno ali avtomatično.

V ročnem načinu delavec premika dvigalo znotraj omejitev z uporabo štiri položajne ročke. Delavec delovnim enotam v tem načinu daje signale za začetek ali prekinitev postopkov z uporabo nadzorne plošče.

V avtomatičnem načinu dvigalo zaporedno prestavlja košare med enotami in daje signale za začetek postopkov na enotah. Za zagon avtomatičnega načina delovanja mora biti linija pripravljena. Linijo delavec pripravi z uporabo ročnega načina.

Avtomatični način zahteva, da je v liniji polno število košar, kar je ena manj kot je delovnih postaj (torej 4 košare). Dvigalo v avtomatičnem načinu izvaja premike po vrstnem redu:

1. Polnjenje → Odcejanje
2. Praznjenje → Polnjenje
3. Sušenje → Praznjenje
4. Pranje → Sušenje
5. Odcejanje → Pranje

## **2.2 Cilji predelave linije**

Obstoječe elektromehansko krmilno vezje je dotrajano. Ožičenje stroja je na nekaterih mestih preperelo. Delovanje časovnih relejev je nezanesljivo. Naprava za branje luknjanega traku se zatika.

Linijo bo obnovljena in predelana z vgradnjo modernega programirljivega logičnega krmilnika. S takšno predelavo bo izboljšana zanesljivost, omogočena boljša prilagodljivost in, z optimizacijo, obdelava pospešena. Pri zasnovi krmiljenja enot bo upoštevana delna neodvisnost ciklov enot.

## **3 Industrijski krmilniki in standard IEC 61131**

Programabilni logični krmilniki (angl. PLC: Programmable Logic Controller) so namenski računalniški sistemi za uporabo pri avtomatizaciji proizvodnih procesov v industriji. Od nastanka v zgodnjih sedemdesetih letih prejšnjega stoletja so se razvijali skupaj z računalniki in so danes nepogrešljiv del modernih industrijskih naprav.

### **3.1 Pregled razvoja PLC**

Razvoj modernih programabilnih krmilnih sistemov se je začel v poznih šestdesetih letih, ko so bile definirane zahteve, ki jih mora takšen sistem izpolnjevati, da bi zamenjal takrat aktualne relejske krmilne sisteme (kriteriji so naštetih v 4. poglavju v [6]).

Prvi komercialno uspešen PLC je bil narejen na osnovi PDP-8 in ga je bilo mogoče programirati neposredno z vnosom povezovalnih shem za relejsko logiko. Dediščina relejskih sistemov je še danes vidna v jeziku definiranim v standardu, opisanem v ostanku tega poglavja.

Programabilni sistemi so tako obstajali že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, vendar so bili, takratnim računalnikom primerno, relativno dragi in šibki. V osemdesetih letih so se tako gradili stroji z relejsko logiko, diskretno logiko in PLC-ji bolj ali manj istočasno.

Programabilni sistemi so povsem prevladali šele z razširitvijo relativno poceni mikroprocesorskih krmilnikov. Danes tudi za relativno enostavne stroje raje uporabimo programabilni sistem kot fiksno ožičeno logiko – lažje odpravljamo napake, lažje se prilagajamo spremembam zahtev in, kar je še najbolj pomembno, je ceneje.

### **3.2 Programski jeziki v IEC 61131-3**

V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja je bil definiran standard IEC 61131 (več v [2]), ki danes velja na področju PLC-jev. Standard določa marsikaj, od komunikacijskih protokolov med nekaterimi elementi do navodil za uporabnike. Najpomembnejši del standarda je točka 3, ki določa programske jezike za programiranje PLC-jev.

V praksi sta se uveljavila predvsem jezika Lestvični diagram in Strukturiran tekst, z Listo ukazov kot vmesni, rezervni jezik.

### 3.2.1 Lestvični diagram

Lestvični diagram (angl. Ladder Diagram - LD) je programski jezik, ki je bil razvit za poenostavitev prehoda na programabilno logiko inženirjev navajenih na relejske povezovalne sheme.

Glavna slabost jezika je, da je gostota informacije na izpisu majhna, se pravi, da za izpis relativno enostavnega programa potrebujemo veliko prostora na zaslonu ali papirju. To otežuje iskanje logičnih napak v programu.

LD je še vedno priporočen jezik pri nekaterih proizvajalcih krmilnikov (Siemens, Fanuc).

### 3.2.2 Zaporedje ukazov

Zaporedje ukazov (angl. Instruction List – IL) je ekvivalent zbirnika v svetu PLC-jev. Je precej bolj standardiziran kot to velja za zbirnike, si pa z zbirnikom deli težave kot so nepreglednost in težavno odpravljanje logičnih napak.

Nekatera programska orodja programe v ostalih jezikih najprej prevedejo v IL.

### 3.2.3 Sekvenčni funkcijski diagram

Sekvenčni funkcijski diagram (angl. Sequential flow chart - SFC) je grafični programski jezik, ki omogoča programiranje PLC-jev z grafi sorodnimi diagramom pretoka (flow chart).

### 3.2.4 Funkcijski blokovni diagram

Funkcijski blokovni diagram (angl. Function block diagram - FBD), je grafično programski jezik, ki omogoča programiranje PLC-jev z grafi sorodnimi logičnim shemam.

### 3.2.5 Strukturiran tekst

Strukturiran tekst je programski jezik za PLC-je, ki je najbližji visoko nivojskim jezikom, kot jih poznamo v računalništvu, in s tem nam, računalničarjem, verjetno še najbližji.

## **3.3 Delo z modernimi PLC-ji**

Delo s PLC-ji in na splošno z elektroniko za industrijsko okolje prinaša s seboj nekatere izzive, ki od računalničarjev zahtevajo nekaj prilagoditev.

### 3.4.1 Programiranje PLC-jev

Programiranje PLC-jev je malo drugačno, kot smo ga sicer navajeni v računalništvu: programer izdeluje „Krmilni program“, ki se izvaja znotraj cikla, kot je to predstavljeno na sliki 5. Kot je razbrati iz slike, se čitanje vhodnih signalov in postavljanje izhodov izvaja samo zunaj krmilnega programa.



Slika 5: Shema delovanja PLC

Da se zagotovi minimalna odzivnost sistema in kot varovanje pred mrtvimi zankami je dovoljen čas izvajanja krmilnega programa omejen, tipično na 50ms. Omogočen je tudi omejen dostop do faze inicializacije, kjer lahko programer določi nekatere vrednosti.

### 3.4.2 Vezava signalov na PLC-jih

V industrijskem okolju je nujno galvansko ločevanje nizkoenergetske krmilne elektronike in visokoenergetske pogonske elektronike. Če v računalništvu govorimo o TTL ali CMOS kompatibilnih vhodih in izhodih, imamo pri industrijskih krmilnikih relejska stikala in optične ločevalnike.

Relejska stikala so razširjen tip izhodov na PLC-jih. Pri modelih, ki takšnih izhodov nimajo se vedno pričakuje, da se bodo na njih uporabljali zunanji releji. Logični izhod v krmilniku določa stanje releja, ki ima obe strani izhoda povezani na kontakte. Pogosto imajo skupine relejskih stikal eno stran zvezano skupaj (t. i. skupni vod).

Optični ločevalnik (angl. optocoupler) je par LED dioda – fototranzistor v čipu in se uporablja za galvansko ločevanje vhodnih signalov.

## 4 Analiza

Na začetku načrtovanja krmilja je potrebno izdelati analizo zahtev, ki jih mora izpolniti. Te zahteve določajo, kateri krmilnik je primeren za ta primer in parametre s katerimi lahko operira programer.

Krmilna logika mora biti sposobna opravljati tri naloge:

- vplivati na delovanje stroja,
- si ustvariti sliko o stanju stroja,
- komunicirati z operaterjem.

Vse te naloge se opravljajo z uporabo signalov. Pri uporabi signalov je potrebno upoštevati, kaj je element, ki je na nek vhod ali izhod iz krmilja neposredno povezan. V tem delu so opisani vsi različni elementi, ki bodo neposredno povezani na signale iz krmilnika. Celotne tabele signalov so podane v prilogi B.

### 4.1 Krmilni signali

Pralna linija uporablja dva tipa pogonov: elektromotorje in pnevmatične cilindre. Medtem, ko cilindre vedno krmilimo z ventili, pa za elektromotorje obstaja več možnih načinov vezav.

Krmilnik upravlja delo linije s krmilnimi signali. Signali krmilijo aktuatorje, ki potem neposredno krmilijo aktivne elemente na liniji.

Aktuatorji uporabljeni na stroju so:

- pnevmatični ventili – dvopoložajni pnevmatični ventili usmerjajo stisnjen zrak na pnevmatične bate. Pnevmatični cilindri odpirajo in zapirajo pokrove, odpirajo in zapirajo zaklep na dvigalu in z udarci pomagajo pri praznjenju materiala iz košare.
- Frekvenčni pretvorniki so naprave za kontrolirano spreminjanje hitrosti asinhronih tri faznih elektromotorjev.

Krmiljenje frekvenčnega pretvornika je možno izvesti na več načinov. V pralni liniji sta uporabljena dva načina vezave frekvenčnih pretvornikov:

- frekvenčna pretvornika za motorja na enotah za sušenje in odcejanje sta vezana tako, da z zunanjim potenciometrom na nadzorni plošči določamo hitrost vrtenja, krmilnik pa da signal za vklop,
- frekvenčni pretvornik za glavni motor dvigala, ki dvigalo premika naprej in nazaj, je vezan tako, da mu krmilnik daje tri signale: »naprej«, »nazaj« in »počasi«.
- Kontaktorji vključujejo in izklapljajo elektromotorje, grelce in podobne električne elemente.

Če se mora določen elektromotor vrteti v obe smeri, sta za to potrebna dva kontaktorja (ki seveda ne smeta biti vključena istočasno).

## 4.2 Nadzorni signali

Krmilnik mora za svoje delovanje imeti sliko o stanju in delovanju stroja. Stanje in delovanje stroja spremlja z nadzornimi signali iz različnih tipal, ki so montirana na kritičnih točkah. Od vrste tipala je odvisno, kako je potrebno signal obravnavati.

Vrste tipal na liniji so:

- Mehanska stikala so klasični tip tipal. Ker je za zaznavanje potreben neposreden stik, pride redko do lažnih zaznavanj. Zaradi gibljivih delov lahko občasno pride pri delu z mehanskimi stikali do težav zaradi obrabe.
- Induktivna stikala na slika 6 so najpogosteje uporabljana tipala. Taka tipala so zelo zanesljiva. Delujejo brez mehanskega stika. Območje zaznavanja je majhno, znotraj obsega glave in do nekaj cm oddaljenosti. Element, ki tipalo neposredno proži, mora biti feromagneten.
- Foto tipalo deluje z odbojem (običajno laserske) svetlobe na merjenem objektu. Uporabljamo ga na mestih, kjer moramo zaznavati v večji oddaljenosti od tipala. Ker je območje zaznavanja večje, je potrebno paziti na nastavitve, da ne pride do lažnega zaznavanja. V redkih primerih lahko pride tudi do neuspešnega zaznavanja zaradi sprememb površinskih lastnosti merjenega objekta.
- Termična bimetalna stikala preklopijo, ko temperatura preseže nastavljeno vrednost. S termičnimi stikali varujemo motorje pred pregrevanjem.
- Končna stikala na pnevmatičnih batih so v smislu konstrukcije namenska induktivna stikala, nameščena na ohišjih pnevmatičnih cilindrov. Prožijo jih permanentni magneti vgrajeni v premični del cilindra.
- Intervalno stikalo je sestavljeno iz zobatega kolesa povezanega z osjo motorja in standardnega induktivnega stikala. Stikalo je omenjeno posebej zaradi drugačnega režima delovanja: zanima nas ali se signal na tem vhodu spreminja ali ne.
- Merilec obrata je mehanizem povezan na os škripčevja dvigala, ki da signal, ko se na škripcu odvije nastavljena dolžina jermena. Mehanizem vsebuje štiri tipala, ki so nastavljena na različne dolžine.



*Slika 6: Induktivni stikali za nadzor nagiba košare v enoti pranja*

## 4.3 Signali nadzorne plošče

Operater upravlja s strojem in nadzira njegovo delovanje z uporabo nadzorne plošče.

Nadzorna plošča je vgrajena v vrata omare za krmilje, in je sestavljena iz:

- Signalnih luči, ki se uporabljajo za prikaz stanja linije in opozarjanje na napake v delovanju. Operater lahko s hitrim pregledom signalnih luči ugotovi stanje linije in delovnih enot, če je prišlo do napake in približen vzrok napake.
- Klasičnih stikal, ki so je narejena tako, da je signal prisoten, dokler je stikalo pritisnjeno. S takimi stikali operater lahko krmili večino funkcij linije.
- Preklopnih stikal, ki ostanejo v aktivnem ali pasivnem stanju, dokler jih operater ne premakne. Takšno stikalo je na primer primerno za preklope med načini delovanja.
- Ročke za nadzor dvigala, ki je uporabljena za ročni nadzor dvigala. Ročka mehansko zagotavlja, da je lahko istočasno aktiven samo eden od štirih signalov (gor, dol, naprej, nazaj).

## 5. Algoritmi delovanja

Opis delovanja - algoritem po katerem naj stroj oziroma posamezne delovne enote delujejo je potrebno podati pred izdelavo programov. V ta namen se uporabljajo različne metode zapisovanja, na primer diagrami potekov, funkcijski diagrami in podobno.

Algoritme delovanja stroja smo sestavljali, preden je bilo dokončno določeno, kateri krmilnik in s tem kateri programski jezik bomo uporabili pri programiranju krmiljenja stroja. Kljub temu smo že zelo podrobno določali, kakšne morajo biti kombinacije izhodov iz krmilnika v določenem koraku delovanja. Zapis, ki je omogočal potrebno natančnost pri definiciji izhodnih signalov, in hkrati grafično povezovanje med stanji, je bil zelo blizu Moorovemu avtomatu[5]. Za to diplomu so ti zapisi dodelani in dopolnjeni v polne Moorove avtomate, ki so predstavljeni v tem poglavju.

Moorovi avtomati so končni avtomati, ki jih je leta 1956 predstavil Edward F. Moore v [3]. Pri Moorovem avtomatu so izhodi odvisni samo od trenutnega stanja, kar je razlika v primerjavi z Mealyjevimi avtomati, kjer so izhodi odvisni od stanja in vhodov.

Moorov avtomat je opisan z:

- končno množico stanj  $S = \{ S_0, S_1, \dots, S_p \}$ ,
- Začetnim stanjem  $S_0$  ki je element v  $(S)$ ,
- končno množico vhodnih besed  $V = \{ V_0, V_1, \dots, V_x \}$ ,
- končno množico izhodnih besed  $Y = \{ Y_0, Y_1, \dots, Y_n \}$ ,
- prehodno funkcijo ki določa prehode med stanji v odvisnosti od vhodne besede (podana v tabeli prehajanja stanj),
- izhodno funkcijo ki določa izhodno besedo v odvisnosti od stanja  $Y = g(S(t))$ .

Moorovi avtomati so v tem poglavju opisani z dvema tabelama:

- S tabelo izhodnih signalov v odvisnosti od stanja. Kombinacija izhodnih signalov sestavlja izhodno besedo.
- S tabelo prehajanja stanj v odvisnosti od predhodnega stanja in vhodnega signala.
- Pri večini avtomatov je dodan še graf prehodov stanj.

Za zapis v našem primeru pa velja še:

- „X“ pomeni pri izhodnih besedah „ne spreminjaj“, pri prehodih stanj pa „se ne sme zgoditi“.
- Izhodne besede so kombinacije signalov, ki krmilijo delovanje enot.
- Vhodne besede so posplošeni logični signali. Nekateri od teh signalov obstajajo kot dejanski signal na vhodu v krmilnik, drugi pa so izračunani iz različnih kombinacij vhodov in notranjih signalov.
- „Ni prehoda“ je označeno kot prehod v isto stanje.

### 5.1 Algoritem delovanja enot za odcejanje in sušenje

Delovanje enot za sušenje in odcejanje je dovolj podobno, da lahko obe enoti opišemo z enim končnim avtomatom. Vezava izhodnih signalov in izračuni vhodnih signalov se lahko razlikujejo.

Avtomat izpolnjuje eno glavno nalogo: pri zaprtem pokrovu in ob dovajanju ogrevanega zraka z motorjem vrteti košaro, dokler ne mine nastavljen čas. Dodatna naloga, varno odpiranje in zapiranje pokrova, je rešena s primernim izračunom signala V3.

V tabeli 1 so podana stanja izhodnih signalov v odvisnosti od trenutnega stanja. Signali, ki jih krmili avtomat za odcejanje(sušenje) so:

- Pokrov: za odcejanje `odc_pokrov` (za sušenje `susenje_pokrov`),
- Motor: `odc_motor` (`susenje_motor`),
- Grelec: `odc_grelec` (`susenje_grelec`),
- Ventilator: `odc_ventilator` (`susenje_ventilator`),
- Zakasnitev je notranji signal, ki aktivira časovnik za merjenje časa vrtenja.

Trenutno stanje S(t)	Pokrov	Motor	Grelec	Ventilator	Zakasnitev
<b>S0 – Pripravljen</b>	0	0	0	0	0
<b>S1 – Zagon</b>	1	0	0	0	0
<b>S2 – V teku</b>	1	1	1	1	1
<b>S3 – Končano</b>	X	0	0	0	0

Tabela 1: Izhodni signali pri avtomatu enot odcejanje in sušenje

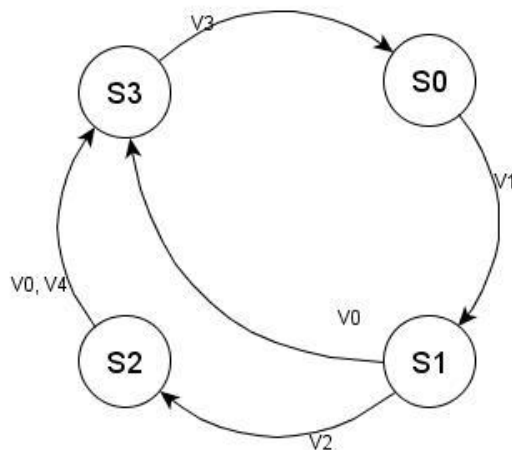
V tabeli 2 so podani prehodi stanj v odvisnosti od vhodov in trenutnega stanja.

Vhodne besede avtomata za odcejanje in sušenje so določene kot:

- **V0: Stop** je v ročnem načinu signal `gumb_stop_odcejanje` (`gumb_stop_susenje`); v avtomatičnem načinu tega signala ni – stroj čaka da poteče čas nastavljen v časovniku,
- **V1: Start** je v ročnem načinu, podobno kot V0, `gumb_start_odcejanje` (`gumb_start_susenje`), v avtomatičnem načinu pa je to notranji signal v krmilniku, ki ga proži avtomat za dvigalo,
- **V2: Pokrov zaprt** je signal iz tipala na pnevmatičnem cilindru `odc_pokrov_zaprt` (`susenje_pokrov_zaprt`),
- **V3: Odpri pokrov** je v avtomatičnem načinu notranji signal iz avtomata za dvigalo (pripravi enoto), v ročnem načinu pa je izračunan kot  $\text{gumb\_stop\_odcejanje}(\_susenje) \wedge \text{dvigalo\_je\_na\_varnem\_mestu} \wedge \text{košara\_miruje}$
- **V4: Čas potekel** se pojavi ko je izhod Zakasnitev aktiven dovolj dolgo – odvisno od nastavitve.

Trenutno stanje S(t)	V0: Stop	V1: Start	V2: Pokrov zaprt	V3: Odpri pokrov	V4: Čas potekel
<b>S0 – Pripravljen</b>	S0	S1	S0	S0	X
<b>S1 – Zagon</b>	S3	S1	S2	X	X
<b>S2 – V teku</b>	S3	S2	S2	X	S3
<b>S3 – Končano</b>	S3	S1	S3	S0	X

Tabela 2: Prehodi stanj pri avtomatu enot odcejanje in sušenje



Slika 7: Prehodi stanj avtomata enot za odcejanje in sušenje

Algoritem ne vključuje krmiljenja črpalke za olje iz zbiralnika na enoti za odcejanje. Algoritem za krmiljenje črpalke je možno opisati kot enostaven avtomat z dvema stanjema in enim vhodnim(odc\_olje) in enim izhodnim signalom(odc\_crpalka).

## 5.2 Algoritem delovanja enote za pranje

Avtomat krmili enoto pranja po postopku opisanem v 2.1.3. Zaradi lažje čitljivosti smo pri sestavljanju avtomata ločili del za spuščanje in dvigovanje košare.

Avtomat izvaja postopek pranja po korakih:

1. Zapri pokrov, nagni košaro in začni z vrtenjem.
2. Dovajaj pralno tekočino in vrti v smeri zadrževanja pralne tekočine v košari dokler ne mine čas nastavljen v prvem parametru.
3. Nehaj dovajati pralno tekočino in vrti košaro v smeri iztekanja pralne tekočine iz košare dokler ne mine čas nastavljen v drugem parametru.
4. Ob stalnem vrtenju postopoma dvigni košaro v pokončen položaj.

Trenutno stanje S(t)	Pokrov	Motor		Voda	Košara	Zakasnitev 1	Zakasnitev 2
		Naprej	Nazaj				
<b>S0 – Pripravljen</b>	0	0	0	0	gor	0	0
<b>S1 – Zagon</b>	1	1	0	0	dol	0	0
<b>S2 – Izpiranje</b>	1	1	0	1	dol	1	0
<b>S3 – Izplakovanje</b>	1	0	1	0	dol	0	1
<b>S4 – Dvig</b>	1	0	1	0	gor	0	0
<b>S5 – Končano</b>	1	0	0	0	gor	0	0

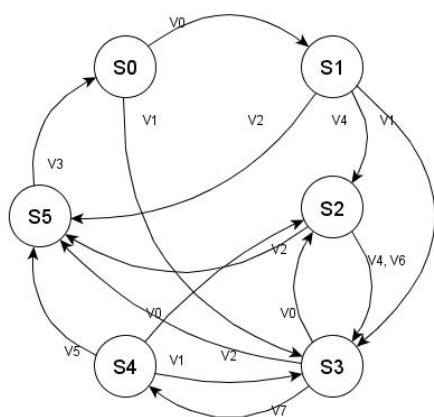
Tabela 3: Izhodni signali pri avtomatu za enoto pranja

Signali, ki jih krmili avtomat delovanja enote pranja so:

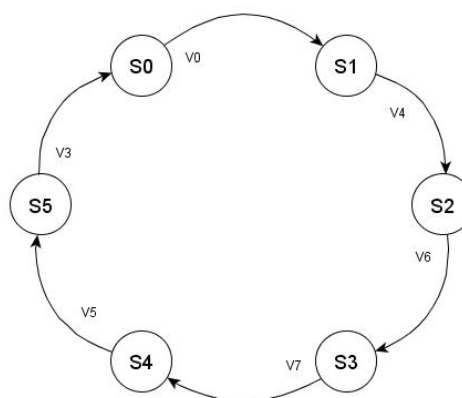
- Pokrov, ki je signal `pranje_pokrov` iz Priloge B.1.3 in odpira(0) ali zapira(1) pokrov enote,
- Motor naprej – `pranje_motor1`, ki proži motor za vrtenje košare,
- Motor nazaj – `pranje_motor2`, ki proži motor za vrtenje košare v povratni smeri,
- Voda – `pranje_voda`, ki krmili črpalko pralne tekočine iz ogrevanega rezervoarja,
- Košara je notranji signal, ki krmili delovanje avtomata za dvigovanje in spuščanje košare
- Zakasnitev 1 in 2 sta časovnika, s katerima je nastavljen čas izpiranja(1) oziroma iztekanja(2) pralne tekočine iz košare.

Trenutno stanje S(t)	V0: Start	V1: Nazaj	V2: Stop	V3: Odpri pokrov
<b>S0 – Pripravljen</b>	S1	S3	S0	S0
<b>S1 – Zagon</b>	S1	S3	S5	X
<b>S2 – Izpiranje</b>	S2	S3	S5	X
<b>S3 – Izplakovanje</b>	S2	S3	S5	X
<b>S4 – Dvig</b>	S4	S3	S5	X
<b>S5 – Končano</b>	S1	S3	S5	S0

Tabela 4a: Prehodi stanj pri avtomatu za enoto pranja (1. del)



Slika 8: Slika vseh prehodov v avtomatu za enoto pranja



Slika 9: Zaporedje stanj in signalov pri običajnem delovanju

Trenutno stanje S(t)	V4: Košara spodaj	V5: Košara zgoraj	V6: Čas 1	V7: Čas 2
<b>S0 – Pripravljen</b>	X	S0	X	X
<b>S1 – Zagon</b>	S2	S1	X	X
<b>S2 – Izpiranje</b>	S2	X	S3	X
<b>S3 – Izplakovanje</b>	S3	X	X	S4
<b>S4 – Dvig</b>	S4	S5	X	X
<b>S5 – Končano</b>	X	S5	X	X

Tabela 4b: Prehodi stanj pri avtomatu za enoto pranja (2. del)

Tabela 4(Prehodi stanj) je zaradi večjega števila vhodnih besed razdeljena na dva dela. Vhodne besede pri avtomatu za algoritem delovanja enote za pranje so definirane kot:

- **V0: Start** je v ročnem načinu signal `gumb_start_pranje`; v avtomatičnem načinu je to notanji signal, ki ga da avtomat za dvigalo,
- **V1: Nazaj** je v ročnem načinu signal `gumb_pranje_nazaj`; signal je namenjen vsiljenju vrtenja nazaj, ne glede na pretečen čas v časovnikih in tako v avtomatičnem načinu ni potreben,
- **V2: Stop** je še en signal, ki ga v avtomatičnem načinu ne dobimo; v ročnem načinu je to `gumb_stop_pranje`
- **V3: Odpri pokrov** je narejen podobno kot signal za odpiranje pokrova na enotah za pranje in sušenje le, da nas ne zanima, če se košara slučajno še malo vrti zaradi vztrajnosti,
- **V4: Košara spodaj** je signal `pranje_nagib`, ki je aktiven, ko je košara nagnjena do največjega zelenega nagiba (in se ne sme nagniti še bolj)
- **V5: Košara zgoraj** (`pranje_pokončno`) pove, da je košara v pokončnem položaju,
- V6 in V7 sta signala iz časovnikov.

### 5.2.1 Avtomat za nagibanje in dvigovanje košare v enoti pranja

Avtomat za nagib košare v enoti pranja je zaradi lažje preglednosti narejen ločeno.

Avtomat spušča košaro do delovnega položaja (nagib približno 45° - nastavljivo s položajem indukcijskega stikala) in, z uporabo zakasnitve postopno vrne košaro v pokončen položaj.

Avtomat krmili signala `pranje_nagib_gor` (motor gor) in `pranje_nagib_dol` (motor dol). Za pravilno postopno dvigovanje je uporabljen časovnik.

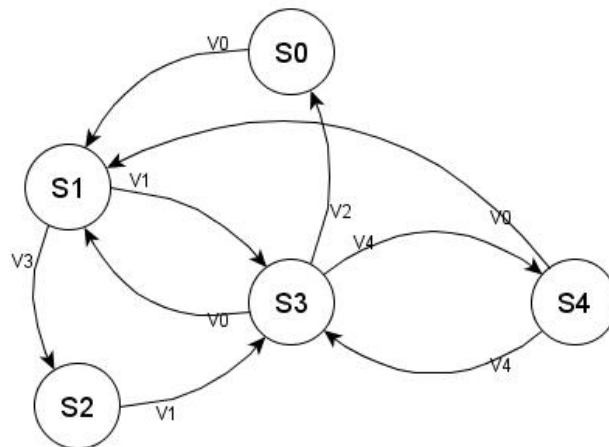
Signala V0 in V1 prideta iz avtomata za pranje – izhod „košara“. Signala V2 in V3 sta tipali na stroju.

Trenutno stanje S(t)	Motor gor	Motor dol	Zakasnitev
<b>S0 – Mirovanje zgoraj</b>	0	0	0
<b>S1 – Premik navzdol</b>	0	1	0
<b>S2 – Mirovanje spodaj</b>	0	0	0
<b>S3 – Premik navzgor</b>	1	0	1
<b>S4 – Pavza dvigovanja</b>	0	0	1

Tabela 5: Signali za dviganje in spuščanje košare v enoti pranja

Trenutno stanje S(t)	V0: Košara dol	V1: Košara gor	V2: Košara zgoraj	V3: Košara spodaj	V4: Zakasnitev
S0 – Mirovanje zgoraj	S1	S0	S0	X	X
S1 – Premik navzdol	S1	S3	S1	S2	X
S2 – Mirovanje spodaj	S2	S3	X	S2	X
S3 – Premik navzgor	S1	S3	S0	S3	S4
S4 – Pavza dvigovanja	S1	S3	X	X	S3

Tabela 6: prehodi stanj v avtomatu za dviganje in spuščanje košare v enoti pranja



Slika 10: Prehodi stanj v avtomatu za dviganje in spuščanje košare v enoti pranja

### 5.3 Algoritem delovanja enote praznjenja

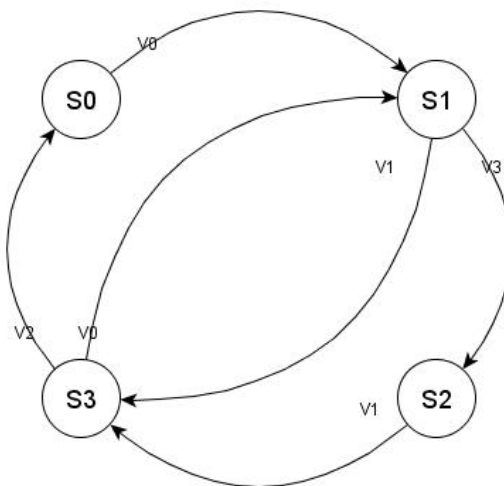
Avtomat za enoto praznjenja je med avtomati enot še najenostavnejši. Po signalu za začetek se košara obrne za 180° okrog prečne osi. Pri tem je košara zaklenjena na spodnjem robu z vzmetnim zaklepom, ki je mehansko odklenjen, ko je košaro v pokončni legi. Omeniti velja še izvedbo krmiljenja pnevmatičnega bata, ki ob signalu trikrat udari in potem do naslednjega signala miruje v varnem položaju.

Trenutno stanje S(t)	Motor gor	Motor dol	Pnevmatični bat
S0 – Pripravljen	0	0	0
S1 – Premik dol	0	1	0
S2 – Spodnji položaj	0	0	1
S3 – Premik gor	1	0	0

Tabela 7: Izhodni signali pri avtomatu enote praznjenja

Trenutno stanje S(t)	V0: Prazni	V1: Dvigni	V2: Košara zgoraj	V3: Košara spodaj
S0 – Pripravljen	S1	S0	S0	X
S1 – Premik dol	S1	S3	S1	S2
S2 – Spodnji položaj	S2	S3	X	S2
S3 – Premik gor	S2	S3	S0	S3

Tabela 8: Prehodi stanj pri avtomatu enote za praznjenje



Slika 11: Prehodi stanj v avtomatu za enoto praznjenja

## 5.4 Algoritmi delovanja dvigala

Dvigalo mora delovati v dveh načinih poimenovanih „ročno“ in „avtomatično“. Med načinoma delovanja praktično ni prekrivanja. Zaradi tega in zaradi lažje preglednosti je algoritem delovanja razdeljen na več avtomatov.

### 5.4.1 Shema zaporedja premikov in prehajanja med načini delovanja

Avtomat opisan v tem delu je neobičajen: v vsakem od stanj v tem avtomatu se nahaja še (vsaj) en cel avtomat. V S0 je to avtomat za ročno delovanje dvigala (5.4.2), v P1 do P5 so to avtomati za izvedbo premika košare (5.4.3) s primernimi nastavitvami za E1 (enota iz katere košaro jemljemo) in E2 (enota v katero košaro odlagamo).

Linija večino časa deluje v avtomatičnem načinu. V tem načinu košare potujejo v smeri od polnjenja proti praznjenju brez posredovanja operaterja.

Za začetek avtomatičnega cikla morajo biti izpolnjeni pogoji:

- Dvigalo mora biti v točni poziciji nad eno izmed enot
- Prijemalo dvigala mora biti v zgornji poziciji
- V prijemalu dvigala ne sme biti košare

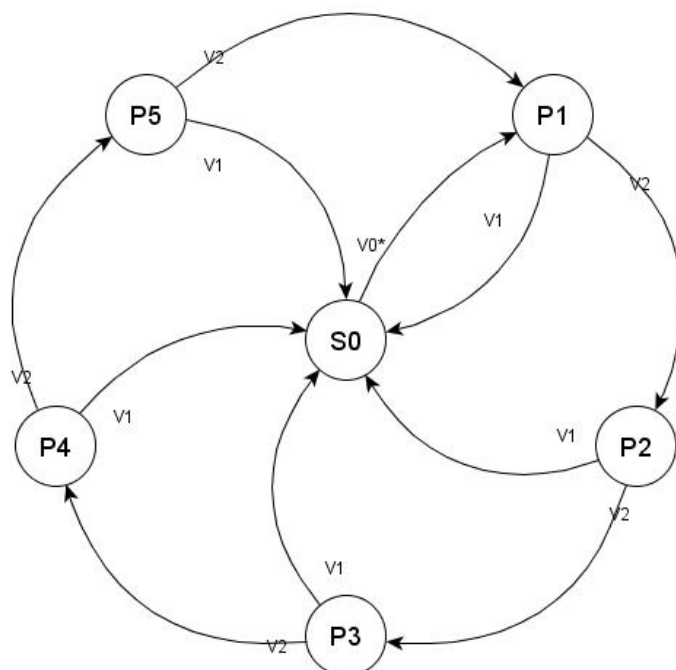
Trenutno stanje S(t)	V0 – Zagon avtomatike	V1 – Izklop avtomatike	V2 – Premik zaključen
S0 – Ročni način	P1*	X	X
P1	X	S0	P2
P2	X	S0	P3
P3	X	S0	P4
P4	X	S0	P5
P5	X	S0	P1

Tabela 9: prehodi stanj v avtomatu premikov

\*)V avtomatu je narejena povezava S0 (V0) → P1. Ta povezava je v končnem programu izdelana z uporabniško nastavitvijo (status), in lahko, glede na nastavitev, kaže na katero koli od stanj P1 do P5.

Premik	E1	E2
P1	Polnjenje	Odcejanje
P2	Praznjenje	Polnjenje
P3	Sušenje	Praznjenje
P4	Pranje	Sušenje
P5	Odcejanje	Pranje

Tabela 10: Aktivne enote pri premikih. Košaro premikamo iz E1 na E2



Slika 12: Avtomat premikov košare v avtomatičnem načinu delovanja

Za avtomat na sliki 12 velja, da se v vsakem od stanj skriva še vsaj en avtomat. V S0 je avtomat za dvigalo v ročnem načinu opisan v 2.4.1. V P1 do P5 so avtomati opisani v naslednjem delu (2.4.3), ki v svojem stanju S7 vrnejo temu avtomatu signal V2 – premik zaključen.

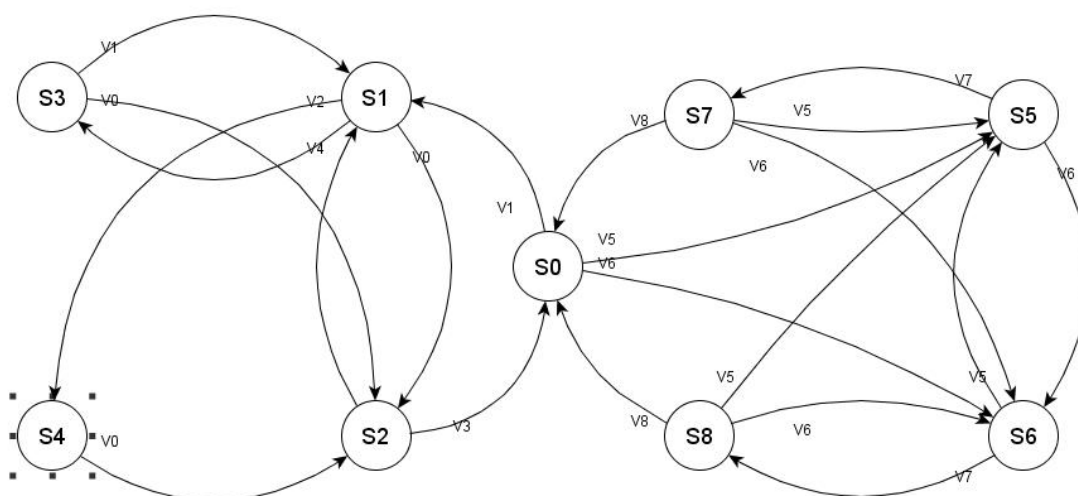
#### 5.4.2 Ročno upravljanje dvigala

V ročnem načinu delavec upravlja z dvigalom s 4-položajno ročko. Zahteve za delovanje dvigala v ročnem načinu so:

- Dvigalo se ne sme premakniti naprej od zadnje ali nazaj od prve enote. To dosežemo z določitvijo signalov za premik naprej in nazaj kot:
  - Signal Nazaj =  $ročka\_nazaj \wedge \neg (dvigalo\_polnjenje \wedge dvigalo\_točno)$ ,
  - Signal Naprej =  $ročka\_naprej \wedge \neg ((dvigalo\_praznjenje \wedge dvigalo\_točno) \vee (dvigalo\_sušenje \wedge dvigalo\_točno \wedge \neg kipanje\_pokončno))$ .
- Dvigalo se pri premikanju naprej in nazaj ne sme ustavljati med enotami.
- Višina spodnje točke je odvisna od tega, na kateri enoti je dvigalo.

Trenutno stanje S(t)	Dvigalo gor	Dvigalo Dol	Naprej	Nazaj	Počasi
<b>S0 – Mirovanje zgoraj</b>	0	0	0	0	0
<b>S1 – premik dol</b>	0	1	0	0	0
<b>S2 – Premik gor</b>	1	0	0	0	0
<b>S3 – Mirovanje na vmesni višini</b>	0	0	0	0	0
<b>S4 – Mirovanje v spodnji točki</b>	0	0	0	0	0
<b>S5 – Premik naprej hitro</b>	0	0	1	0	0
<b>S6 – Premik nazaj hitro</b>	0	0	0	1	0
<b>S7 – Premik naprej počasi</b>	0	0	1	0	1
<b>S8 – Premik nazaj počasi</b>	0	0	0	1	1

Tabela 11: Izhodni signali pri avtomatu dvigala v ročnem načinu



Slika 13: Slika avtomata za ročni način dvigala

Trenutno stanje S(t)	V0: Signal gor	V1: Signal dol	V2: Prijemalo spodaj	V3: Prijemalo zgoraj	V4: Ni signala
S0 – Mirovanje zgoraj	S0	S1	X	S0	S0
S1 – Premik dol	S2	S1	S4	X	S3
S2 – Premik gor	S2	S1	S2	S0	S3
S3 – Mirovanje na vmesni višini	S2	S1	X	X	S3
S4 – Mirovanje v spodnji točki	S2	S4	S4	X	S4

Tabela 12a: Prehodi med stanji pri dviganju in spuščanju prijemala

Trenutno stanje S(t)	V4: Ni signala	V5: Signal naprej	V6: Signal nazaj	V7: Signal aktivna pozicija	V8: Signal točna pozicija
S0 – Mirovanje zgoraj	S0	S5	S6	S0	S0
S5 – Premik naprej hitro	S5	S5	S6	S7	X
S6 – Premik nazaj hitro	S6	S5	S6	S8	X
S7 – Premik naprej počasi	S7	S5	S6	S7	S0
S8 – Premik nazaj počasi	S8	S5	S6	S8	S0

Tabela 12b: Prehodi med stanji pri premikanju naprej/nazaj

Avtomat, kot je zapisan ne odpira in zapira zaklepa prijemala. Nadzor zaklepa deluje kot enostaven avtomat z dvema stanjema za katerega velja:

- ed stanji sme prehajati samo ko je avtomat za ročno delovanje v stanju S4 (mirovanje v spodnji točki),
- v tem položaju se zaklep odpira in zapira na signal za naprej in nazaj.

#### 5.4.3 Avtomat za izvedbo premika košare

Avtomat premakne košaro iz enote E1 v enoto E2. Vrednosti za E1 in E2 v odvisnosti od aktivnega premika so v tabeli 10.

Izhodi avtomata za premik košare (Tabela 13) so:

- signali za motor škripca in krmilni ventil zaklepa prijemala, ki neposredno krmilijo stroj,
- signal „Premik dvigala“, ki da signal avtomatu za premik,
- signal „Zagon enote“, ki da signal enoti E2 za zagon postopka.

Avtomat za premik košare je avtomat s sedmimi stanji, kjer sta iz vsakega stanja samo dva prehoda: naslednji korak ali izhod iz avtomata v stanje napake. Pogoji za prehode v naslednji korak so podani v tabeli 14.

V stanju S0 (preverjanje pogojev) se preverja tudi pripravljenost izvorne enote (E1). Če enota ni pripravljena avtomat v tem stanju čaka brez opozarjanja. Če ni izpolnjen kateri od ostalih pogojev za začetek, stroj preide v ročni način z napako. Pripravljenost enote E2 na sprejem košare je med avtomatičnim delovanjem zagotovljena z vrstnim redom premikov oziroma, ob zagonu avtomatičnega načina delovanja, s strani operaterja.

Trenutno stanje S(t)	Motor gor	Motor dol	Prijemalo zaklep	Premik dvigala	Zagon enote + premik zaključen	E1 pripravi
<b>S0 – Preverjanje pogojev</b>	0	0	0	0	0	1
<b>S1 – Premik nad E1</b>	0	0	0	1	0	0
<b>S2 – Spust po košaro</b>	0	1	0	0	0	0
<b>S3 – Dvig košare</b>	1	0	1	0	0	0
<b>S4 – Premik na E2</b>	0	0	1	1	0	0
<b>S5 – Spust košare</b>	0	1	1	0	0	0
<b>S6 – Dvig prijemala</b>	1	0	0	0	0	0
<b>S7 – Zaključek premika</b>	0	0	0	0	1	0

Tabela 13: Izhodni signali avtomata za premik v avtomatičnem načinu

Stanja po vrsti	Pogoj za prehod	Oznaka vhodne črke
S0 – Preverjanje začetnih pogojev	$E1 \text{ pripravljena} \wedge \text{točna\_pozicija} \wedge \text{dvigalo zgoraj} \wedge \neg \text{košara v prijemalu}$	V0
S1 – Premik nad E1	$\text{točna pozicija} \wedge E1$	V1
S2 – Spust po košaro	spodnja pozicija	V2
S3 – Dvig košare	zgornja pozicija	V3
S4 – Premik na E2	$\text{točna pozicija} \wedge E2$	V4
S5 – Spust košare	spodnja pozicija	V2
S6 – Dvig prijemala	zgornja pozicija	V3
S7 – Zaključek premika	premik zaključen – avtomat iz 5.4.1 popravi parametre (E1 in E2) in prestavi ta avtomat v S0	X

Tabela 14: pogoji za prehode stanj pri avtomatičnem premiku

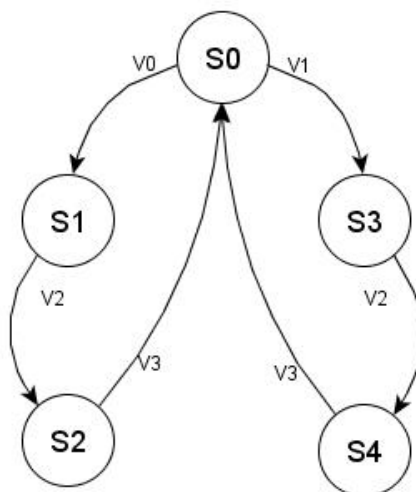
Tabele 15 in 16 ter slika 14 opisujejo avtomat za premikanje voza dvigala v avtomatičnem načinu delovanja. Avtomat rešuje problem postopnega zaustavljanja voza dvigala točno na poziciji ciljne enote. V tabeli 17 so na koncu podane še smeri premika v odvisnosti od začetnega in končnega položaja.

Trenutno stanje S(t)	Dvigalo naprej	Dvigalo nazaj	Dvigalo počasi
S0 – Mirovanje	0	0	0
S1 – Hitri premik naprej	1	0	0
S2 – Počasni premik naprej	1	0	1
S3 – Hitri premik nazaj	0	1	0
S4 – Počasni premik nazaj	0	1	1

Tabela 15: izhodni signali za krmiljenje voza dvigala v avtomatičnem načinu

Trenutno stanje S(t)	V0: Premik naprej	V1: Premik nazaj	V2: Cilj približno	V3: Položaj točno
S0 – Mirovanje	S1	S3	X	S0
S1 – Hitri premik naprej	S1	X	S2	S1
S2 – Počasni premik naprej	S2	X	S2	S0
S3 – Hitri premik nazaj	X	S3	S4	S3
S4 – Počasni premik nazaj	X	S4	S4	S0

Tabela 16: Tabela prehodov stanj pri avtomatu za krmiljenje voza dvigala



Slika 14: Avtomat za premik voza dvigala v avtomatičnem načinu

Premik	Na Polnjenje	Na Odcejanje	Na Pranje	Na Sušenje	Na Praznjenje
Iz Polnjenja	X	naprej	naprej	naprej	naprej
Iz Odcejanja	nazaj	X	naprej	naprej	naprej
Iz Pranja	nazaj	nazaj	X	naprej	naprej
Iz Sušenja	nazaj	nazaj	nazaj	X	naprej
Iz Praznjenja	nazaj	nazaj	nazaj	nazaj	X

Tabela 17: tabela smeri premika glede na položaj in cilj

## 6 Pregled krmilnikov in izbor

Izbira krmilnika je zelo pomembna odločitev, ki jo je potrebno sprejeti relativno zgodaj v procesu izvedbe projekta in bistveno vpliva na nadaljnje delo, kvaliteto izvedbe in končno ceno. Dokončno odločitev mora tako sprejeti naročnik.

Iz analize opravljene v 4. poglavju lahko ocenimo da bomo za krmiljenje linije potrebovali 53 vhodov in 35 izhodov. Kot je za naprave s PLC običajno so vsi vhodi in izhodi binarni.

### 6.1 Pregled krmilnikov

Na trgu je veliko ponudnikov PLC naprav. Na izbiro krmilnika bo poleg cene in tehničnih lastnosti vplivala tudi dostopnost podpore in ponujena razvojna okolja.

#### 6.1.1 Krmilniki Siemens

Izdelki nemškega proizvajalca Siemens so verjetno med PLCji v Sloveniji najbolj razširjeni. Siemens ponuja zelo široko paleto modelov z zelo različnimi cenovnimi in tehničnimi opcijami.

Relativno veliko število vhodov pomeni, da iz Siemensove ponudbe krmilnikov za izpolnjevanje naših zahtev potrebujemo krmilnik iz serije Simatic 7. Ti krmilniki ustrezajo zahtevam, so pa, glede na konkurenco, bolj kompleksni in imajo veliko funkcij, ki jih ne bomo potrebovali.

Siemens za programiranje svojih krmilnikov ponuja okolje SIMATIC PCS 7. Okolje sicer podpira programiranje v vseh jezikih iz IEC 61131-3, vendar je največ podpore (in večina primerov) za LD.

#### 6.1.2 Krmilniki Mitsubishi

Izdelke japonskega proizvajalca Mitsubishi na našem trgu zastopa in podpira dobavitelj Inea d.o.o.

Za projekte podobne našemu so na voljo krmilniki serije Melsec Fx3, ki z razširitvami, ustrezajo zahtevam.

Programsko okolje za krmilnike Mitsubishi GX Developer podpira programiranje v LD in SFC.

#### 6.1.3 Krmilnik Cybrotech - Robotina

Angleškega proizvajalca Cybrotech na našem trgu zastopa podjetje Robitina d.o.o., s katerim so tudi lastniško povezani.

Cybrotech ponuja centralni modul Cybro-2, ki, z razširitvami, prav tako ustreza zahtevam našega projekta.

Programsko okolje za krmilnike Cybro-2 se imenuje CyPro. Okolje podpira programiranje v ST in IL. Program je na voljo brezplačno na domači strani proizvajalca.

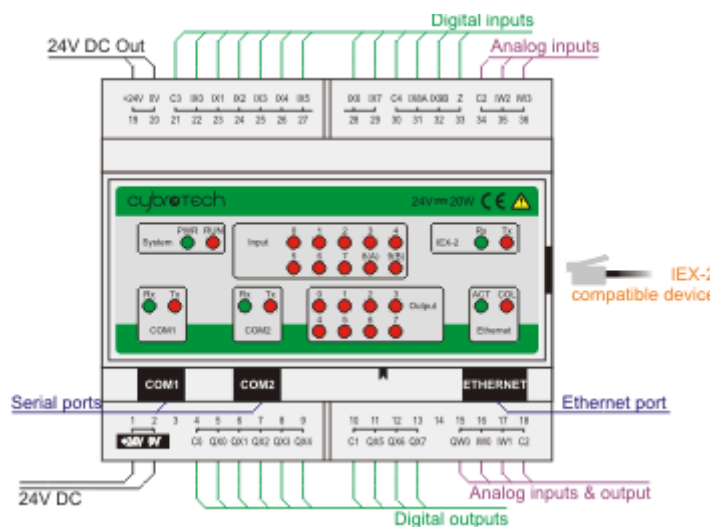
## 6.2 Izbran krmilnik

Po pregledu ponudbe in v dogovoru z izvajalcem je naročnik za izvedbo projekta izbral krmilnik Cybro-2 podjetja Cybrotech.

### 6.2.1 Tehnični podatki

Krmilnik serije CyBro-2 (Slika 15) prinaša:

- CPE s taktom ure 24MHz, 64KB flash in 64KB RAM pomnilnika,
- 10 digitalnih vhodov z optičnimi vmesniki, 8 relejskih izhodov,
- 2x serijski vmesnik RS232,
- Ethernet vmesnik (protokola TCP in DHCP),
- izhod za povezavo z razširitvami,
- izdelan za enostavno montažo na DIN nosilcih,
- integrirano razvojno okolje CyPro[1].



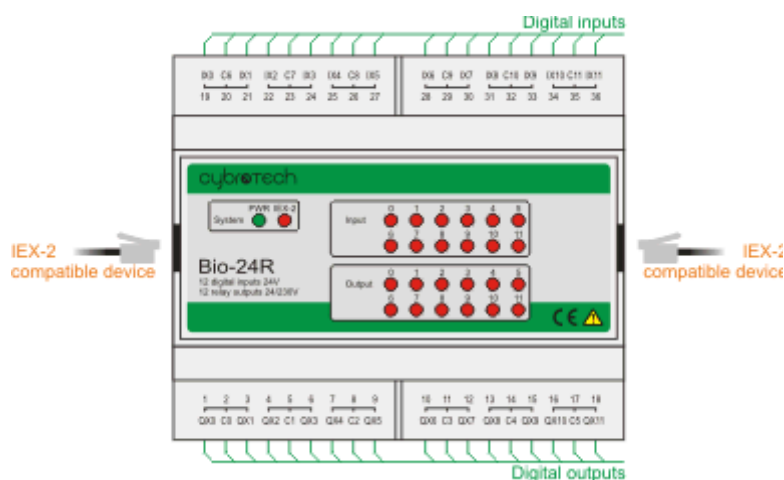
Slika 15: Krmilnik CyBro-2 [1]

Za zagotovitev potrebnega števila vhodov in izhodov bomo uporabili razširitveni modul Bio24-R (Slika 16):

- 12 digitalnih vhodov z optičnimi vmesniki,
- 12 relejskih izhodov,
- serijska povezava s krmilnikom.

Na nadzorno ploščo bomo vgradili še LCD nadzorni modul OP-2 za nastavljanje nekaterih parametrov, predvsem časov centrifugiranja in pranja. LCD modul OP-2 prinaša:

- osvetljen LCD, 2x16 znakov,
- 5 tipk za delo s sistemov menijev,



Slika 16: Razširitveni modul Bio24-R

- enostavno programiranje z uporabo mask.

Prednosti izbranega modela in proizvajalca v primerjavi s konkurenčnimi krmilniki so med drugim:

- dobavljivost in podpora (slovenski lastnik),
- programsko okolje za programiranje krmilnika CyPro je brezplačno dostopno na internetu,
- programiranje v strukturiranem tekstu, podprto z primeri,
- ekipa, ki je stroj sestavljala je s sistemom delala že prej,
- ugodna cena.

### 6.1.1 Programsko okolje CyPro

Cybrotech ponuja za programiranje svojih krmilnikov programsko okolje CyPro. Program je na voljo brezplačno na domači strani posjetja.

CyPro je integrirano okolje za pisanje programov za krmilnike serije CyBro-2 (IDE – Integrated development environment). Program je na voljo brezplačno na domači strani proizvajalca krmilnika. Okolje pokriva dva dela standarda IEC 61131-3: Structured Text (ST) in Instruction List (IL), z nekaj dodatnimi orodji. CyPro je program pisan za okolje Windows.

ST je med programskimi jeziki v standardu IEC klasičnim programerjem še najbližje. Več je o tem napisano v poglavjih 4 in 7.

CyPro omogoča vizualno programiranje LCD modula z uporabo tako imenovanih mask. Z uporabo tega sistema je možno relativno enostavno izdelati sistem menijev za nastavljanje uporabniških parametrov v programu.

Del okolja so tudi orodja za vzpostavitev komunikacije med računalnikom in krmilnikom. Komunikacija (in programiranje) je možna z uporabo serijskega ali ethernet vmesnika.

## 6.2 Sestava krmilja

Za zagotavljanje primerne števila vhodov in izhodov je potrebno krmilnik razširiti z več moduli. Krmilnik in moduli bodo vgrajeni v omari za krmilje (Slika 17). Razen krmilnika z razširitvami so v omaro za krmilje vgrajeni še trije frekvenčni pretvorniki ter vsi potrebni kontaktorji, releji, varovalke in ostalo, kar je potrebno za delovanje stroja.

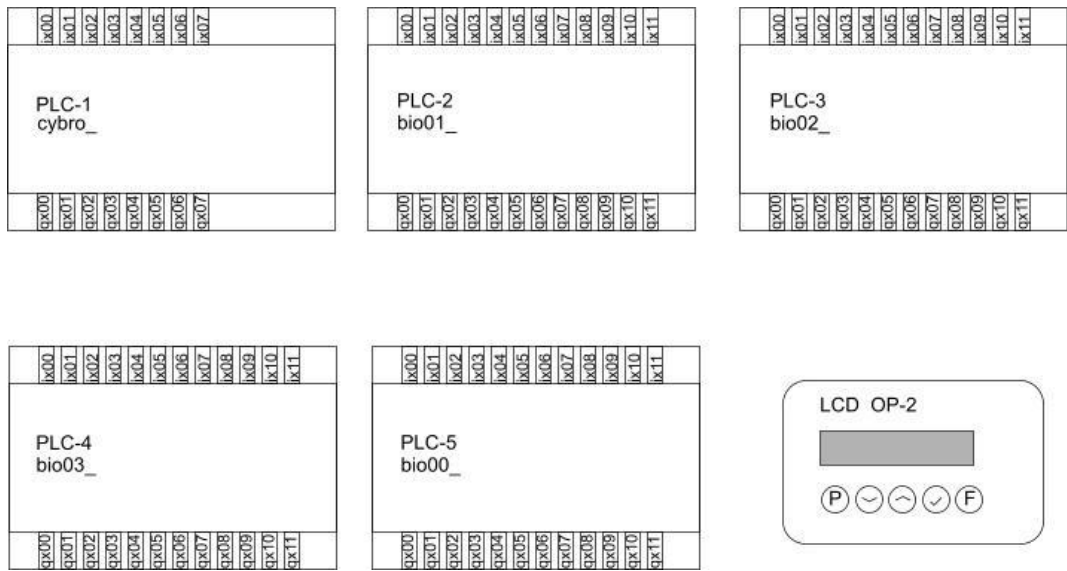


*Slika 17: Omara s krmiljem*

Za izdelavo krmilja bomo uporabili naslednje izdelke podjetja Cybrotech:

- krmilnik CyBro-2,
- 4 razširitve Bio-24R,
- en LCD prikazovalnik OP-2.

Oznake na kontaktih posameznih modulov krmilnika in pripadajoče spremenljivke v programu so prikazane na sliki 18.



Slika 18: Skica postavitve in oznak programabilnih elementov krmilja

## 7. Krmilni program

Programiranje v ST je od programskih jezikov na voljo v IEC 61131-3 klasičnim programerjem v visokonivojskih jezikih še najbližji. Kljub temu pa omejitve in zahteve, ki jih prinaša programiranje PLCjev, zahtevajo nekaj prilagajanja.

Največjo omejitev prinaša zahteva po čim hitrejšem izvajanju cikla. Ne toliko zaradi tehnično varovane omejitve trajanja krmilnega programa – 50ms pri frekvenci ure 24MHz je relativno veliko časa – ampak bolj zaradi dejstva, da, krajši kot je cikel, bolj odziven je program. To je zaradi dejstva, da se program lahko odzove na spremenjeno stanje na vhodih šele v naslednjem ciklu, ker se šele v naslednjem ciklu stanja na vhodih prepisujejo v registre.

Med načrtovanjem programa se je zaradi sestave stroja modularna zasnova kar ponujala. Program je tako razdeljen na glavni program in pet modulov. Pričakovati je, da bo modularnost v prihodnjih projektih zelo olajšala prilagoditev programa za podobne linije.

Izpis celotnega programa je v prilogi C.

### 7.1 Posebni podatkovni tipi in spremenljivke

CyPro pozna globalne in lokalne spremenljivke. Med dvema tipoma spremenljivk je najpomembnejša razlika (poleg tistih običajnih za vse jezike) ta, da globalne spremenljivke zadržijo vrednost med cikli, lokalne pa ne. Lokalne spremenljivke tako uporabljamo za izračun kompliciranih sestavljenih in večkrat uporabljenih vrednosti v nekem delu programa, globalne spremenljivke pa uporabljamo za pomnjenje.

Podatkovni tip, ki se pri programiranju PLCjev uporablja največ je bit. Bit vsebuje informacijo o nizkem ali visokem nivoju, 0 ali 1. Na podatkih tipa bit se uporablja Boolova algebra. Podatke tipa bit je možno neposredno odčitati iz vhodnih in vpisati v izhodne registre krmilnika.

Poseben tip globalne spremenljivke je časovnik (timer). Časovnik je objekt, ki simulira funkcijo časovnega releja. Vsak časovnik ima vhod (zapisan kot `moj_timer.in`), izhod (`moj_timer.q`) in parameter za nastavljanje zakasnitve (`moj_timer.pt`). Časovnik tipa „Pulse“ bo imel izhod v visokem stanju od prehoda vhoda 0 → 1 dokler ne mine nastavljen čas. Izhod časovnika tipa „Delay“ bo spremenil stanje 0 → 1 ko bo na vhodu visok signal dovolj časa. Časovnik, ki ima na vhodu nizko stanje, ne teče in ima izhod 0.

`First_scan` je sistemska globalna spremenljivka. Vrednost te spremenljivke je enaka 1 ob prvem ciklu po vklopu krmilnika in 0 sicer. Spremenljivka se uporablja za izvedbo dela programa za začetne nastavitve in podobno.

Za označevanje stanja napake je v programu uporabljena spremenljivka imenovana `Alarm`. V stanju napake:

- signalna luč za alarm utripa,
- dvigalo se ne premika,
- enote ne obratujejo,
- ob prehodu v stanje napake se izklopi glavni ventil za zrak.

Razlogov za prehod v stanje napake je več. Nekaj najpogostejših je:

- pritisk na gumb za zasilno zaustavitev,
- pregrevanje motorja,
- padec tlaka v visokotlačni napeljavi.

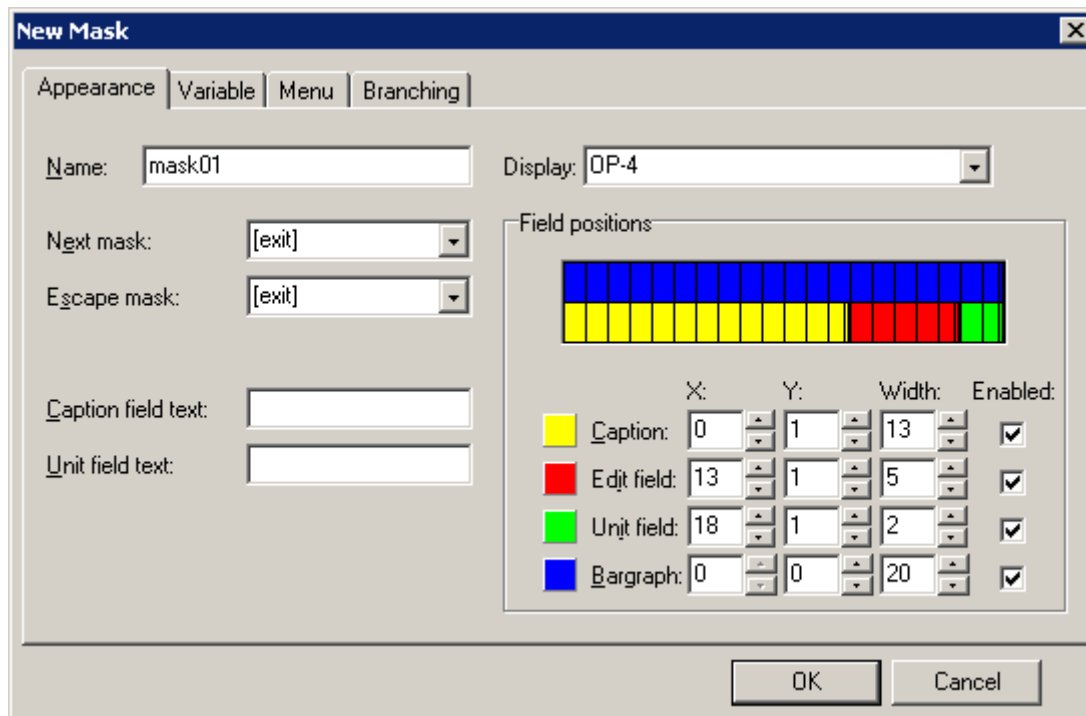
Na nekaterih signalih je potrebno izločiti odskakovanje (debounce). Za ta namen uporabljene spremenljivke imajo v imenu „deprel“.

ime	tip	nastavitev	opis
alarm	bit		0→1 prestavi linijo v stanje napake
first_scan	bit		1 ob vklopu (prvi prehod), 0 sicer
deprel_timer	timer	500ms, OnDelay	Časovnik, nastavljen na pol sekunde, namenjen izločevanju odskakovanja
avto_status	int		Spremenljivka za pomnjenje stanja v avtomatu
avto_faza	int		Spremenljivka stanja v avtomatu

Tabela 18: primeri globalnih spremenljivk

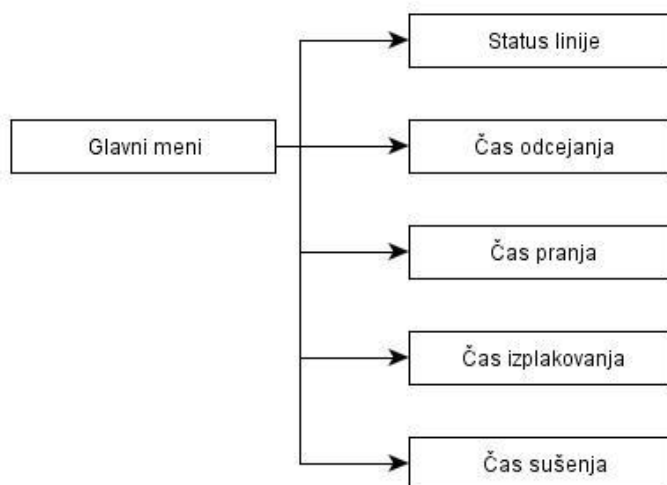
## 7.2 LCD vmesnik

Nastavljanje parametrov med delovanjem stroja je omogočeno z uporabo LCD vmesnika OP-2. OP-2 prinaša dvovrstični (2 X 16 ASCII znakov) LCD prikazovalnik in pet tipk.



Slika 19: Okno za nastavljanje LCD mask.

OP-2 programiramo v CyPro z uporabo mask (Slika 19). Vsaka maska ima poleg vidnih elementov prirejeno spremenljivko, ki jo lahko nastavljamo z uporabo tipk ali v krmilnem programu. Vrednost spremenljivke se da prikazati vrednostno ali opisno. Z uporabo nastavitve se da za vsako od vrednosti določiti naslednjo masko in s tem izdelati osnovni sistem menijev.



Slika 20: Prehodi med maskami v LCD meniju

V programu je uporabljen enostaven sistem menija na enem nivoju (Slika 20). Iz glavnega menija pridemo do nastavitve za vsakega od petih nastavljenih parametrov. Status linije je prikazan slikovno, z uporabo „U“ za sliko košare in „\_“ za sliko prazne delovne postaje. Časi delovanja se nastavljajo v minutah.

### 7.3 Glavni program

Glavni program je del krmilnega programa, ki je ekvivalenten funkciji `main()` v jeziku C.

V glavnem programu poskrbimo za:

- delovanje v primeru napak,
- zagon stroja,
- signalizacijo glavnih statusnih signalov,
- klice podprogramov vseh enot.

```

//klici podprogramov
zerjav();
odcejanje();
pranje();
susenje();
kipanje();
  
```

*Izpis 1: Klici podprogramov enot*

## 7.4 Programi delovnih enot

Moduli za delovne enote (vsi moduli razen modula dvigala) so narejeni po enakem vzorcu. Vsakega od programov enot (razen dvigala) se da logično razdeliti na tri dele:

1. *program za zagotavljanje varnosti* realizira stanje zaustavitve in zagotovi pravilno stanje spremenljivk ob vklopu krmilnika,
2. *program osnovnega cikla* realizira del avtomata iz 3. poglavja, ki je enak ne glede na način delovanja linije (ročno ali avtomatično). Izpis 2 prikazuje ta del programa za enoto praznjenja.
3. *programa za vmesnik* poskrbita za pravilni zagon in izračun signalov. Programa sta ločena za ročni in avtomatični način delovanja linije.

```
bio02_qx02:= kipaj and not(bio01_ix05);  
bio02_qx03:= not(kipaj) and not(bio01_ix04);  
if bio01_ix04 then kipaj_udarci:=0; end_if;  
if bio01_ix05 and kipaj_udarci<3 then  
    bio02_qx00:=clock_1s;  
    kipaj_udarci:=kipaj_udarci+fn(clock_1s);  
end_if;
```

*Izpis 2: program osnovnega cikla za enoto praznjenja*

## 7.5 Program za krmiljenje dvigala

Podprogram `zerjav()`, program za modul dvigala, je s 755 vrsticami najboljše del krmilnega programa. Velik del te dolžine gre na račun odločitve, da je avtomat iz 5.4.3 narejen ločeno za vsakega od petih premikov. Zgodaj v razvoju programa smo načrtovali izvedbo avtomata s podprogramom, vendar se je to izkazalo za nepraktično, ker je potrebnih parametrov, ki so med premiki različni preveč. Ta del programa je bil zato narejen z metodo »kopiraj in popravi«.

Avtomatični način delovanja dvigala je izveden z dvema spremenljivkama, ki kodirata stanje avtomata. Spremenljivka `avto_status` določa, katerega od premikov košare avtomatika v nekem trenutku izvaja. Premikov košare je pet:

1. polnjenje → odcejanje,
2. praznjenje → polnjenje,
3. sušenje → praznjenje,
4. pranje → sušenje,
5. odcejanje → pranje.

Dvigalo na začetku vsakega od teh premikov čaka, da je linija pripravljena, se pravi, da je postopek na enoti, kjer bi radi košaro vzeli končan in je pokrov dvignjen, košara v pravilnem položaju, itd.

Vsak od premikov košar je izveden z zaporedjem premikov dvigala ob odprtem ali zaprtem prijemalu. Spremenljivka avto\_faza določa, kateri premik dvigala se trenutno izvaja. Izpis 3 prikazuje del programa za premik dvigala (s košaro v prijemalu) iz položaja nad enoto za polnjenje v položaj nad enoto za odcejanje.

```
if (avto_faza=5) then
  cybro_qx02:=cybro_ix05;
  if bio02_ix00 and cybro_ix05 then
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=0;
    avto_faza:=6;
  else
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=1;
  end_if;
end_if; //faza 5
```

*Izpis 3: Korak premika košare v avtomatičnem načinu*

V ročnem načinu se program odziva na signale iz ročke, kot je to narisano na sliki 10 in opisano v 5.4.2. Opisan avtomat ima vgrajena varovala, ki preprečujejo dvigalu, da bi se premaknil v prepovedan položaj. Pri nadzoru dvigala v ročnem načinu si za zagotavljanje varnosti pomagamo z izračunanima vrednostima spodaj in varno. Izračun obeh spremenljivk je prikazan v okviru Izpis 4.

```
spodaj:=bio02_ix00 and((cybro_ix01 and cybro_ix04) or
  (cybro_ix02 and (cybro_ix05 or cybro_ix06 or cybro_ix07)) or
  (cybro_ix03 and bio01_ix00)) and not(cybro_ix00);

varno:=(cybro_ix04 and (bio01_ix01 or newstart)) or (cybro_ix05 and bio02_ix05
  or (cybro_ix06 and bio02_ix11) or (cybro_ix07 and bio02_ix09)
  or (bio01_ix00 and bio01_ix04);
```

*Izpis 4: Izračun vrednosti "spodaj" in "varno".*

*Spodaj je v visokem stanju, kadar je dvigalo v eni od spodnjih točk.*

*Varno je v visokem stanju, kadar je dvigalo nad pripravljeno enoto.*

## 8. Uporaba pralne linije za vijake

S petimi avtomatičnimi pralnimi linijami v obratu TKG smo avtomatizirali pranje polizdelkov in končnih izdelkov. Z uvedbo teh linij smo olajšali delo in povečali učinkovitost.

V tem poglavju je na kratko opisano delo s pralno linijo.

Po vklopu ali resetiranju (ali zasilni zaustavitvi) je linija v stanju zasilne zaustavitve. Po postopku, opisanem v navodilih, je potrebno linijo varno pripraviti na delo v ročnem načinu.

V ročnem načinu operater z uporabo dvigala prestavlja košaro z obdelovanim materialom med enotami. Za vsako od enot so na nadzorni plošči nadzorni elementi, s katerimi se jo upravlja. Ti elementi so podrobno predstavljeni v navodilih.

V ročnem načinu operater poganja postopke na delovnih enotah z uporabo gumbov na nadzorni plošči. Prav tako lahko z gumbi postopke predčasno ustavi.

Večino časa linija deluje v avtomatičnem načinu.

Operater linijo pripravi z uporabo ročnega načina delovanja. Za zagon avtomatičnega načina delovanja je potrebno zagotoviti:

- V delovnih enotah linije morajo biti prisotne vse potrebne košare.
- Nastavitev statusa mora vsebovati pravilen položaj košar v liniji.
- Dvigalo mora biti v zgornji točki nad eno izmed enot.
- V prijemu dvigala ne sme biti košare.

V avtomatičnem načinu program premika košare med delovnimi enotami. Ko dobi novo košaro vsaka od enot izvede svoj del postopka brez posredovanja operaterja. Operater v avtomatičnem načinu poskrbi za:

- polnjenje košar z novim materialom na enoti polnjenja,
- nastavitve časov postopka in hitrost vrtenja centrifug glede na obdelovan material,
- prisotnost pravilnega voza za material na enoti praznjenja,
- odpravljanje morebitnih napak..

V avtomatičnem načinu lahko en operater skrbi za tri sočasno delujoče linije.

Navodila za operaterja pralne linije so dodana v prilogi A.

## 9 Zaključek in možnosti nadaljnega razvoja

V projektu smo uspešno predelali koncept stare pralne linije za krmiljenje z modernim krmilnikom. Predelana linija v avtomatičnem načinu delovanja začne z delom na enoti takoj, ko je to mogoče in s tem ne izgublja časa. Nastavitve časa pranja, odcejanja in sušenja so zanesljive in pregledne, tako da ni potrebno nastavljanje daljših časov »za vsak primer«. Napake, ki zahtevajo poseg vzdrževalca ali serviserja so po prvi fazi, fazi uvajanja, praktično izginile.

Predelava je bila zelo uspešna. Danes v proizvodnji TKG deluje pet linij zasnovanih na liniji opisani v tej nalogi. Tri linije, opisana in dve ekvivalentni, delujejo kot oddelek za pranje vijakov. Vse tri vodi en delavec.

V 9.1 in 9.2 sta opisani liniji ki smo jima dogradili dodatni enoti, in jih s tem priredili za deloma drugačne zahteve. Liniji delujeta drugje v proizvodnji.

### 9.1 Dodatna pralna enota

Linija v glavni proizvodni hali ima dodatno enoto za pranje. Artikli na tej liniji se operejo dvakrat, vsako pranje ima svoj rezervoar pralne tekočine. Na tej liniji se obdelujejo predvsem kovinska okovja in surovci.

Ta linija se uporablja tudi za odstranjevanje ostrih robov na manjših kovinskih izdelkih. V tej funkciji se košara napolni z mešanico materijala in brusilnih kroglic in nastavi na podaljšano pranje (glej 9.3).

Dodatna pralna enota podvaja vse elemente pralne enote. Avtomatika dvigala je prilagojena z dodatnim premikom.

### 9.2 Avtomatično polnjenje iz peči

Linija pri kalilnih pečeh ima enoto polnjenja, ki se razlikuje od ostalih. Voziček za košaro v enoti za polnjenje je na tej liniji motoriziran in se odpelje po vijake do peči.

Krmiljenje vozička je izdelano kot dodatna enota v programu za linijo. Potrebno je bilo tudi popraviti delovanje v avtomatičnem načinu. Delovanje linija je nastavljeno tako, da je izkoristek linije čim boljši, se pravi da po nepotrebem ne pere praznih košar.

Za zaključek delovnega dne je pripravljen dodaten režim, ki izprazni linijo. Linija se v režim „zaključek dela“ prestavi z preklopnim stikalom na nadzorni plošči.

### 9.3 Dolgo pranje

Na nekaterih linijah se je pokazala potreba za bistveno daljšo stopnjo pranja. Normalne nastavitve pranja so od 2 do največ 30 min (tipično 5 do 10 min), daljše pranje pa lahko traja od 30 do 90 minut.

Za izvedbo dolgega pranja smo dodali nastavitev v LCD meniju in preklopno stikalo na glavni plošči.

## 10 Literatura

- [1] CyPro User Manual,  
<http://www.cybrotech.co.uk/partners/Downloads/Manual/CyBro%20OPC%20User%20Manual%20v23.pdf>
- [2] Joško Demšar: Naprava za merjenje karakteristik centrifugalnih črpalk, Diplomaska naloga, Fakulteta za računalništvo in informatiko 2005.
- [3] Moore E. F. Gedanken-experiments on Sequential Machines. Automata Studies, Annals of Mathematical Studies, 34, 129–153. Princeton University Press, Princeton, N.J.(1956)
- [4] STRMČNIK, Stanko (ur.), HANUS, Raymond (ur.), JURIČIĆ, Đani (ur.), KARBA, Rihard (ur.), MARINŠEK, Zoran (ur.), MURRAY-SMITH, D. (ur.), VERBRUGGEN, H. (ur.), ZUPANČIČ, Borut (ur.). *Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov*. 1. izd. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 1998, str. 561-569.
- [5] TREBAR, Mira. *Osnove logičnih vezij*. 3. izd. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2003.
- [6] Vanja Ambrožič, David Nedeljković: Uvod v Programirljive Krmilne Sisteme, 2. Izdaja, Fakulteta za Elektrotehniko, 2011.



## **Priloga A: Navodila za operaterja**

Pralne linije za vijake so v proizvodnem procesu TKG že poenostavile in izboljšale postopke pranja materiala.

Dokument je namenjen operaterjem pralne linije kot pomoč pri uvajanju na delo v liniji in kot referenca za delo z linijo.

### **A.1 Postopki pri delu z linijo.**

V prvem delu navodil so predstavljeni nekateri postopki pri delu z linijo.

#### **A.1.1 Postopek ob vklopu stroja**

Koraki v tem delu sestavljajo postopek za varen zagon stroja iz stanja, ko je izključeno glavno stikalo, do stanja, ko je možno z linijo delati v ročnem načinu.

Koraki postopka:

1. vklopi glavno stikalo,
2. preveri (pritisni in sprosti) obe tipki za zasilno zaustavitev,
3. zagotovi, da dvigalo ni nad delovno enoto z zaprtim pokrovom; če je dvigalo nad tako enoto, ga premakni z uporabo ročke,
4. vklopi zrak s tipko na nadzorni plošči,
5. počakaj dokler ne velja da:
  - so vsi pokrovi enot dvignjeni,
  - so vse tri glavne signalne luči ugasnjene,
  - so luči na gumbih za zasilno zaustavitev ugasnjene,
6. če pogoji iz točke 5. predolgo niso izpolnjeni pokliči vzdrževanje.

Po zaključku tega postopka je linija pripravljena za delo v ročnem načinu.

#### **A.1.2 Polnjenje in praznjenje košar**

Polnjenje in praznjenje košar sta dva postopka, ki ju operater linije izvaja ob normalnem delovanju.

##### **A.1.2.1 Polnjenje**

Z izvedbo tega postopka pripravimo material za pranje v liniji. Za polnjenje na enoti polnjenja operater:

1. Potegne voziček s prazno košaro iz linije.
2. Napolni košaro z materialom do primerne količine.
3. Voziček s polno košaro potisne nazaj v linijo.

Odsvetujemo izvedbo postopka, ko se prijemalo košare nad enoto polnjenja premika gor ali dol.

#### A.1.2.2 Praznjenje

Košare se praznijo na zadnji postaji v liniji. Signal za začetek praznjenja v ročnem načinu da operater s pritiskom na gumb na nadzorni plošči. Pritisk na drugi gumb vrne košaro v pokončen položaj. V avtomatičnem načinu signala za pričetek praznjenja in vračanje v pokončni položaj daje program sam.

Pomembno je vedeti:

- pri praznjenju je potrebno paziti, da se ne zmešajo različni artikli,
- enota praznjenja ne bo začela obračati košare na glavo dokler ni dvigalo varno stran od enote,
- enota praznjenja ne bo začela obračati košare na glavo, če v enoti ni vozička za material,
- dvigalo se ne bo premaknilo nad enoto za praznjenje, če košara ni v pokončnem položaju.

#### A.1.3 Postopek za zagon avtomatičnega načina delovanja

Koraki v tem delu pripravijo linijo za delo v avtomatičnem načinu.

Koraki postopka za zagon avtomatičnega načina:

1. preveri, da je linija delujoča v ročnem načinu,
2. nastavi dvigalo, da je prijemalo v zgornjem položaju in da v prijemalu ni košare,
3. preveri položaje košar v liniji. V linji morajo biti štiri košare,
4. z uporabo LCD vmesnika nastavi status tako, da se ujema s položajem košar v liniji,
5. prestavi preklopno stikalo v avtomatični način in z gumbom poženi program.

#### A.1.4 Postopek pri napakah v delovanju

V tabeli A.1 so podane pogoste napake v delovanju s pripadajočimi signali in postopki reševanja.

Signal	Napaka	Postopek
Bimetal	Motorji se pregrevajo	1. Preklopi v ročni način 2. Počakaj da se signalna luč "bimetal" ugasne 3. Izvedi postopek ob vklopu stroja
Zrak	Zračni tlak v napeljavi je padel pod dovoljeno mejo.	1. Preklopi v ročni način 2. Izvedi postopek ob vklopu stroja

Ni poravnano	Stranski odkloni na eni od enot s centrifugo (odcejanje ali sušenje) so bili preveliki.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Počakaj par minut, da se ustavi vrtenje košar v enotah s centrifugo.</li> <li>Preklopi v ročni način</li> <li>Premakni dvigalo na varno mesto</li> <li>Odpri pokrove enot odcejanje in sušenje</li> <li>Z rokavico poravnaj material v košarah</li> <li>V ročnem načinu poženi postopka za odcejanje in/ali sušenje.</li> </ol>
Utripa luč avtomatike	Program avtomatike se je ustavil	<ol style="list-style-type: none"> <li>Preklopi na ročni način</li> <li>Preveri stanje linije.</li> <li>Izvedi postopek za zagon avtomatičnega načina</li> </ol>
Utripajo luči za zasilno zaustavitev	Nekdo je pritisnil zasilno zaustavitev	<ol style="list-style-type: none"> <li>Preveri stanje linije</li> <li>Če izgleda vse v redu izvedi postopek ob vklopu stroja</li> </ol>

Tabela A.1: Signali napak in postopki reševanja

Za vse napake velja: **če se napaka ponavlja pokliči vzdrževanje!**

## A.2 Pregled elementov nadzorne plošče

Za delo z linijo je izdelana nadzorna plošča. Nadzorna plošča je na zunanji površini omare za krmilje. Na sprednji strani so luči, gumbi, preklopniki in LCD vmesnik. Na stranski plošči sta glavno stikalo in ročka.

Z uporabo nadzorne plošče:

- Pripravimo linijo za delo.
- Delamo z linijo v ročnem načinu.
- Odpravljamo napake v delovanju.

V tem delu navodil so po logičnih sklopih opisani vsi elementi nadzorne plošče.

### A.2.1 Glavno stikalo

Glavno stikalo za električno napajanje se nahaja na stranski plošči omare za krmilje.

Glavno stikalo omogoča izklop stroja.

[!] Pred servisiranjem stroja je potrebno zagotoviti, da je glavno stikalo izklopljeno!

## A.2.2 Gumba za zasilni izklop

Na liniji za pranje sta vgrajena dva gumba za zasilno zaustavitev.

1. Na nadzorni plošči
2. na stebru pri enoti praznjenja

Gumb za zasilno zaustavitev je namenjen hitri zaustavitvi delovanja stroja v nujnih primerih.

Gumb za zasilno zaustavitev se uporablja tudi za resetiranje naprave ob kritičnih napakah.

## A.2.3 Gumb za vklop dovoda zraka

[!]POZOR!! pred vklopom zraka se je potrebno prepričati da dvigalo ni zaustavljeno nad enoto z zaprtim pokrovom.

Dokler dovod zraka ni vklopljen stroj ne bo:

- odpiral in zapiral pokrovov enot,
- odpiral in zapiral čeljusti prijemala,
- premikal udarnega bata na enoti praznjenja.

V tem primeru ne bo delovala avtomatika in ne bodo delovale enote.



Slika A.1: Nadzorna plošča

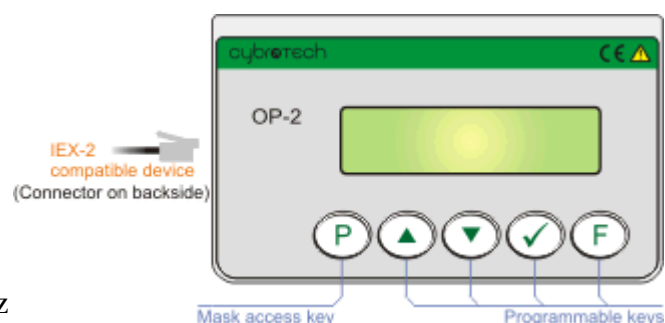
#### A.2.4 Glavne signalne luči:

- Ni zraka  
Senzor za tlak ne zaznava zraka v sistemu. Običajno to pomeni, da je izklopljen glavni ventil za dovod zraka. Če signal ne ugasne po vklopu dovoda zraka je potrebno preveriti, če je vse v redu z visokotlačnim sistemom.
- Bimetal  
Bimetalna stikala varujejo elektromotorje pred pregrevanjem. Če je signal vklopljen počakaj, da se izklopi in poskusi ponovno pognati stroj. Če se napaka ponavlja pokliči servis.
- Ni poravnano  
Material v eni od centrifug je preveč nepravilen. Poravnaj ročno in ponovno poženi stroj.

#### A.2.5 LCD Vmesnik

Z LCD vmesnikom se nastavlja:

- čas vrtenja centrifuge pri odcejanju
- čas vrtenja centrifuge pri sušenju
- čas pranja
- čas odtekanja vode iz košare
- začetni status avtomatike.



Postopki za nastavljanje parametrov dostopnih z uporabo LCD vmesnika so opisani pri enotah, Slika A.2: LCD vmesnik OP-2 na katere se parametri nanašajo.

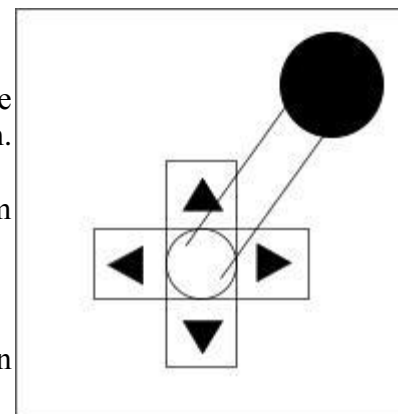
#### A.2.6 Ročka za nadzor dvigala

Ročka za nadzor dvigala se nahaja na stranski plošči krmilne omare pod glavnim stikalom.

Ročka deluje samo, ko je preklopno stikalo avtomatike v ročnem načinu.

Z ročko upravljamo dvigalo:

- ko je dvigalo na postaji, z ročko gor/dol dvigamo in spuščamo prijemalo,
- ko je prijemalo v zgornjem položaju, z ročko levo/desno premikamo dvigalo med postajami,
- ko je prijemalo v spodnjem položaju, z ročko levo/desno na prijemalu odpiramo in zapiramo čeljusti.

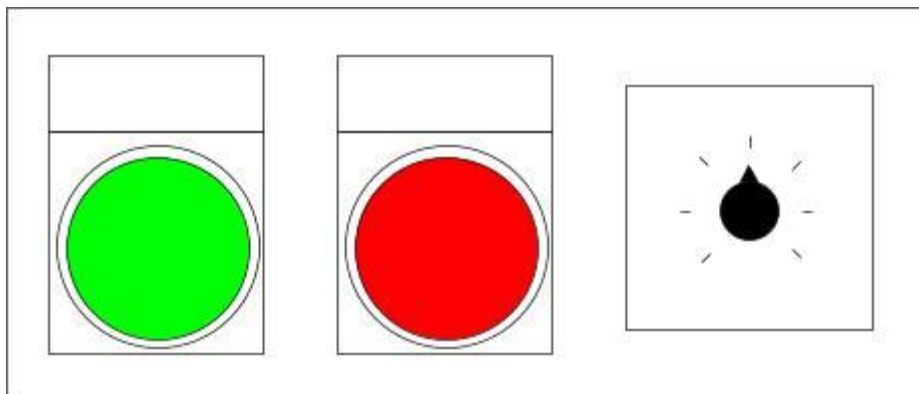


Slika A.3: Skica ročke za nadzor dvigala

Dvigalo se ne ustavlja med postajami.

Dvigalo se ne premakne iz postaje, če prijemalo ni na vrhu.

## A.2.7 Nadzor enot „Odcejanje“ in „Sušenje“:



Skica A.4: Nadzorni elementi enote za odcejanje ali sušenje.

Nadzor vsebuje naslednje elemente:

- gumb z zeleno lučjo za zagon,
- rdeči gumb za zaustavitev in odpiranje pokrova,
- gumb za nastavljanje hitrosti vrtenja centrifuge,
- nastavitev trajanja v meniju na LCD vmesniku.

Gumb za zagon

- da signal za začetek odcejanja (sušenja),
- med delovanjem sveti zelena luč.

Postopek se začne, ko je možno zapreti pokrov – se pravi: stroj bo počakal, da je dvigalo umaknjeno preden bo začel.

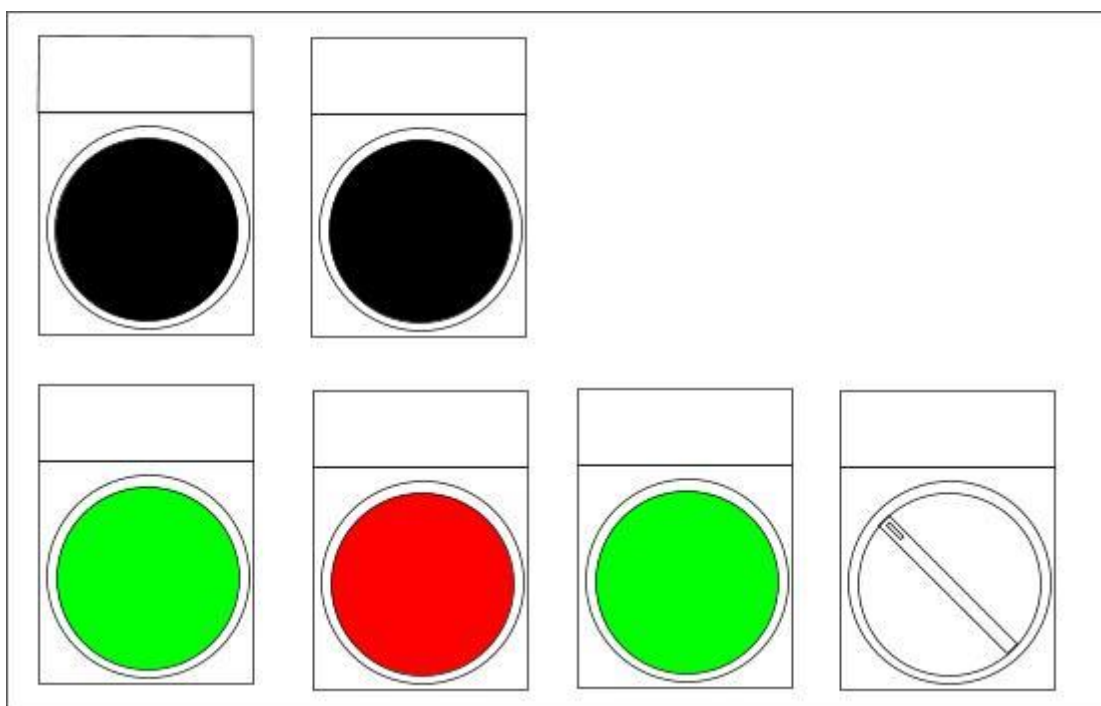
Gumb za stop

- ustavi postopek v teku,
- če je naprava že v mirovanju odpre pokrov.

Za nastavitev trajanja na LCD vmesniku:

1. pritisni „P“ da se pokaže meni,
2. na meniju z puščicama gor in dol izberi „-> Odcejanje“ (ali „-> Susenje“) potrdi izbiro z gumbom za potrditev (kljukica),
3. nastavi zeleni čas od 1 do 15 min in potrdi nastavitev,
4. namesto potrditve lahko z pritiskom na „F“ spremembe prekličemo,
5. nova nastavitev se bo upoštevala ob naslednjem zagonu odcejanja ali sušenja.

## A.2.8 Nadzor pranja



*Alika A.5: Nadzorni elementi za enoto pranja.*

Nadzor pranja vsebuje naslednje elemente:

- gumba za nagib košare,
- gumb za zagon pranja,
- gumb za zaustavitev,
- gumb za zagon vrtenja nazaj za iztok pralne tekočine,
- gumb za preklon v način dolgotrajnega pranja,
- tri nastavitve v LCD meniju.

Gumba za nagib košare:

- nagibata in dvigata nosilec s košaro, ko je nastavljeno ročno delovanje in postopek pranja NI v teku,
- v vseh drugih primerih nagib košare nadzira avtomatika.

Gumb za zagon pranja:

- požene cikel pranja od začetka,
- postopek se začne, ko je možno zapreti pokrov – se pravi: stroj bo počakal, da je dvigalo umaknjeno preden bo začel,
- zelena luč na gumbu za zagon kaže, da je postopek pranja v teku.

Gumb za zaustavitev:

- zaustavi cikel pranja,
- NE izprazni pralne tekočine,
- NE dvigne košare v navpični položaj,
- če je pranje že ustavljeno in je dvigalo na varnem položaju dvigne pokrov.

Gumb za zagon vrtenja nazaj:

- požene cikel pranja z začetkom v drugi fazi,
- zelena luč na gumbu kaže, da je pranje v drugi fazi.

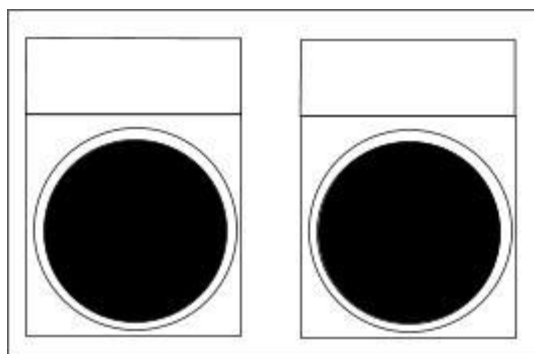
Gumb za preklon na dolgotrajno pranje:

- preklopi uporabljeno nastavitev trajanja prve faze pranja iz nastavitve „pranje 1“ (časi od 1 do 15 min) na nastavitev „pranje dg“ (časi od 30 do 90 min).

Za nastavitve časov v LCD vmesniku:

- pritisni na „P“ da se pokaže meni,
- izbere želeno nastavitev in pritisni potrditev (kljukico),
- pranje uporablja tri nastavitve v LCD meniju:
  1. „pranje 1“ - časi od 1 do 15 min; trajanje faze pranja z dovajanjem pralne tekočine v normalnem režimu,
  2. „pranje 2“ - časi od 1 do 15 min; trajanje faze pranja z odtakanjem pralne tekočine,
  3. „pranje dg“ - časi od 30 do 90 min; trajanje faze pranja z dovajanjem pralne tekočine v načinu podaljšanega pranja,
- s pritiskom na kljukico potrdimo nastavljeni vrednost.

#### A.2.9 Nadzor praznjenja.



Slika A.6: Skica nadzornih elementov za enoto praznjenja.

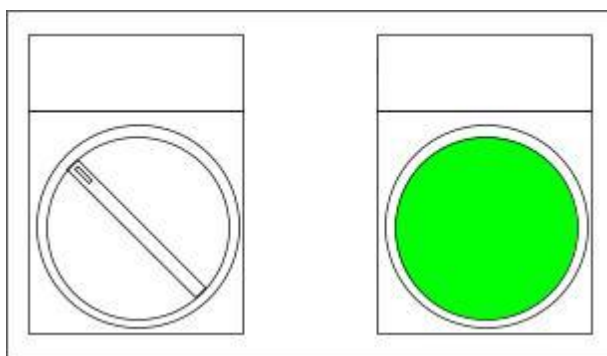
Nadzor praznjenja vsebuje dva elementa:

- gumb za izpraznenje košare,
- gumb za vračanje košare v pokončen položaj.

Pri praznjenju velja:

- praznjenje se ne izvaja, če dvigalo ni v varnem položaju,
- praznjenje se ne izvaja, če v liniji ni prisoten voz za vijake,
- ko se košara obrne jo pnevmatski bat trikrat udari, da se zagotovi boljše praznjenje.

## A.2.10 Nadzor avtomatike



Nadzor avtomatike vsebuje:

- preklopni gumb za avtomatski/ročni način,
- gumb z zeleno lučjo za zagon programa,
- nastavitev začetnega statusa v LCD meniju.

Za zagon avtomatike:

1. preveri da:
  - je dvigalo ustavljeno na postaji,
  - je prijemalo v zgornjem položaju,
  - v prijemalu ni košare,
2. preveri če se položaji košar ujemajo z nastavljenim statusom,
3. prestavi preklopni gumb v položaj „avtomatsko“,
4. pritisni na gumb za zagon programa.

Preklopni gumb za avtomatski način:

- preklop v ročni način ustavi avtomatično delovanje dvigala,
- postopki v teku na enotah se bodo izvedli do konca.

Zelena luč na gumbu za zagon programa:

- sveti neprekinjeno, če je v teku avtomatični način delovanja dvigala,
- utripa, če se je avtomatika končala z napako -> za ponovni zagon avtomatike je potrebno preklopiti v ročni način in nazaj.

Napake, ki ustavijo avtomatično delovanje:

- stroj ne zazna košare v prijemalu, ko bi bilo to potrebno,
- dvigalo se premakne, ne da bi stroj dal signal.

Za nastavitev začetnega položaja košar v LCD meniju:

- pritisni na „P“ da se pokaže meni,
- izberi nastavitev Status (in potrdi izbiri s kljukico),
- izberi status, ki ustreza položaju košar v stroju na primer:  
U\_UUU → košare ni v odcejanju,
- potrdi izbiro z kljukico,
- med avtomatičnim delovanjem status sledi položaju košar; če smo po izklopu avtomatičnega načina košare premikali, je potrebno status preveriti in po potrebi popraviti.

Ko stroj deluje v avtomatičnem načinu:

- ročka za nadzor dvigala ne deluje,
- gumbi za nadzor enot ne delujejo,
- Nastavitve v LCD meniju se odčitajo, pred začetkom cikla na enoti.

## Priloga B: Tabele povezav in signalov

### B.1 Signali po enotah

#### B.1.1 Signali enote za polnjenje

Ime signala	Tip senzorja	Opis signala
pol_voz	mehansko stikalo	prisotnost vozička v liniji

*Tabela B1: Nadzorni signal polnjenja*

#### B.1.2 Signali enote za odcejanje

Ime signala	Tip tipala	Opis signala
odc_pokrov_zaprt	tipalo na cilindru	Pokrov odcejanja je zaprt
odc_pokrov_odprt	tipalo na cilindru	Pokrov odcejanja je odprt
odc_mirovanje	intervalno stikalo	Ko se košara vrti, se signal spreminja
odc_olje	nivojsko stikalo	signal, da je zbiralnik za olje poln
odc_bimetal	termično stikalo	varovanje pregrevanja motorja
odc_poravnano	mehansko stikalo	varovanje prekomernega nihanja

*Tabela B2: Nadzorni signali odcejanja*

Ime signala	Krmiljen element	Opis signala
odc_pokrov	pnevmatični ventil	odpira in zapira pokrov enote
odc_motor	frekvenčni pretvornik	glavni motor za vrtenje
odc_crpalka	kontaktor	črpalka za olje iz zbiralnika
odc_grelec	kontaktor	gretje zraka
odc_ventilator	kontaktor	pretok zraka

*Tabela B3: Krmilni signali za odcejanje*

### B.1.3 Signali enote za pranje

Ime signala	Tip tipala	Opis signala
pranje_pokrov_zaprt	tipalo na cilindru	Pokrov pranja je zaprt
pranje_pokrov_odprt	tipalo na cilindru	Pokrov pranja je odprt
pranje_nagib	indukcijsko stikalo	Nosilec s košaro je nagnjen do spodnje pozicije
pranje_pokončno	indukcijsko stikalo	Nosilec s košaro je pokončen
pranje_plovec	indukcijsko stikalo	rezervoar za vračanje pralne tekočine je poln

Tabela B3: Nadzorni signali pranja

Ime signala	Krmiljen element	Opis signala
pranje_pokrov	pnevmatični ventil	odpira in zapira pokrov enote
pranje_motor1	kontaktor	vrtenje košare v smeri zadrževanja vode
pranje_motor2	kontaktor	vrtenje košare v smeri iztekanja vode
pranje_nagib_gor	kontaktor	dviganje košare proti vertikali
pranje_nagib_dol	kontaktor	spuščanje košare
pranje_voda	kontaktor	črpalka za pralno tekočino iz rezervoarja
pranje_povr_crpalka	kontaktor	črpalka za pralno tekočino iz zajema

Tabela B4: Krmilni signali pranja

### B.1.4 Signali enote za sušenje

Ime signala	Tip tipala	Opis signala
susenje_pokrov_zaprt	tipalo na cilindru	Pokrov sušenja je zaprt
susenje_pokrov_odprt	tipalo na cilindru	Pokrov sušenja je odprt
susenje_mirovanje	intervalno stikalo	Ko se košara vrti, se signal spreminja
susenje_bimetal	termično stikalo	varovanje pregrevanja motorja
susenje_poravnano	mehansko stikalo	varovanje prekomernega nihanja

Tabela B5: Nadzorni signali sušenja

Ime signala	Krmiljen element	Opis signala
susenje_pokrov	pnevmatični ventil	odpira in zapira pokrov enote
susenje_motor	frekvenčni pretvornik	glavni motor za vrtenje
susenje_grelec	kontaktor	gretje zraka
susenje_ventilator	kontaktor	pretok zraka

Tabela B6: Krmilni signali za sušenje

### B.1.5 Signali enote za praznjenje

Ime signala	Tip tipala	Opis signala
kipanje_nagib	indukcijsko stikalo	Nosilec s košaro je nagnjen do spodnje pozicije
kipanje_pokončno	indukcijsko stikalo	Nosilec s košaro je pokončen
kipanje_voz	mehansko stikalo	prisotnost vozička v liniji

Tabela B7: Nadzorni signali praznjenja

Ime signala	Krmiljen element	Opis signala
kipanje_motor_dol	kontaktor	obračanje košare na glavo
kipanje_motor_gor	kontaktor	vračanje košare v pokončni položaj
kipanje_bat	pnevmatični ventil	proženje in vračanje bata

Tabela B8: Krmilni signali za praznjenje

### B.1.6 Signali dvigala

Ime signala	Tip tipala	Opis signala
dvigalo_zgoraj	merilec obrata	Prijemalo dvigala je v zgornjem položaju
dvigalo_spodaj1	merilec obrata	Prijemalo dvigala je spuščeno do višine 1 – polnjenje
dvigalo_spodaj2	merilec obrata	Prijemalo dvigala je spuščeno do višine 2 – odcejanje, pranje, sušenje
dvigalo_spodaj3	merilec obrata	Prijemalo dvigala je spuščeno do višine 3 – praznjenje
dvigalo_polnjenje	indukcijsko stikalo	Dvigalo je nad enoto polnjenja
dvigalo_odcejanje	indukcijsko stikalo	Dvigalo je nad enoto odcejanja
dvigalo_pranje	indukcijsko stikalo	Dvigalo je nad enoto pranja
dvigalo_susenje	indukcijsko stikalo	Dvigalo je nad enoto sušenja
dvigalo_kipanje	indukcijsko stikalo	Dvigalo je nad enoto praznjenja
dvigalo_tocno_poz	indukcijsko stikalo	Dvigalo je točno nad eno od enot
dvigalo_kosara	foto tipalo	testiranje prisotnosti košare v prijemu
dvigalo_koncno1	mehansko stikalo	Varnostno končno stikalo dvigala
dvigalo_koncno2	mehansko stikalo	Varnostno končno stikalo dvigala
dvigalo_koncno_gor	indukcijsko stikalo	Varnostno končno stikalo dvigala

Tabela B9: Nadzorni signali dvigala

<b>Ime signala</b>	<b>Krmiljen element</b>	<b>Opis signala</b>
d_motor_naprej	frekvenčni pretvornik	premikanje voza dvigala naprej
d_motor_nazaj	frekvenčni pretvornik	premikanje voza dvigala nazaj
d_motor_pocasi	frekvenčni pretvornik	počasno premikanje voza dvigala
d_dvigalo_gor	kontaktor	dviganje košare
d_dvigalo_dol	kontaktor	spuščanje košare
d_zaklep	pnevmatični ventil	prijem in spuščanje prijemala košare

*Tabela B10: Krmilni signali za dvigalo*

#### B.1.7 Signali nadzorne plošče

<b>Ime signala</b>	<b>Opis signala</b>
luc_alarm	Splošni signal za napako
luc_bimetal	Signal za pregrevanje (enega od) varovanih motorjev
luc_ni_poravnano	Ugotovljene prekomerne vibracije
luc_ni_zraka	Ni dovolj tlaka za delo
luc_odcejanje	Postopek odcejanja je v teku
luc_pranje	Postopek pranja je v teku
luc_pranje_nazaj	Pranje je v 2. delu postopka (izplakovanje)
luc_susenje	Postopek sušenja je v teku
luc_avtomatika	Avtomatični način dela v teku
luc_zrak_vkljucen	Glavni ventil za zrak je vključen

*Tabela B11: Indikatorji na nadzorni plošči*

<b>Ime signala</b>	<b>Opis signala</b>
rocka_gor	Štiri položajna ročka - gor
rocka_dol	Štiri položajna ročka - dol
rocka_naprej	Štiri položajna ročka - naprej
rocka_nazaj	Štiri položajna ročka - nazaj
gumb_stop	Takojšnja (zasilna) zaustavitev delovanja
gumb_zrak	Vklop glavnega ventila za zrak
preklop_avto	Preklopni gumb za ročni/avtomatični način delovanja
gumb_avto	Zagon programa avtomatičnega načina
gumb_start_odcejanje	Ročni signal za začetek postopka odcejanja
gumb_stop_odcejanje	Ročni signal za zaustavitev postopka odcejanja
gumb_start_pranje	Ročni signal za začetek postopka pranja
gumb_stop_pranje	Ročni signal za zaustavitev postopka pranja

gumb_pranje_nazaj	Ročni signal za zagon izplakovanja v pranju
gumb_pranje_gor	Signal za vračanje košare v pokončni položaj (pranje)
gumb_pranje_dol	Spuščanje košare v položaj za pranje
gumb_start_susenje	Ročni signal za začetek postopka sušenja
gumb_stop_susenje	Ročni signal za zaustavitev postopka sušenja
gumb_kipanje_dol	Signal za pričetek postopka praznjenja
gumb_kipanje_gor	Signal za vračanje košare v pokončni položaj (praznjenje)

*Tabela B12: Signali iz krmilnih elementov na nadzorni plošči*

## B.2 Povezave po elementih

### B.2.1 Vhodi in izhodi na krmilniku

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
cybro_ix00	dvigalo - zgornja točka	dvigalo_zgoraj
cybro_ix01	višina 1 - filanje	dvigalo_spodaj1
cybro_ix02	višina 2 - pranje in centrifuge	dvigalo_spodaj2
cybro_ix03	višina 3 - kipanje	dvigalo_spodaj3
cybro_ix04	dvigalo počasi filanje	dvigalo_polnjenje
cybro_ix05	odcejanje	dvigalo_odcejanje
cybro_ix06	pranje1	dvigalo_pranje
cybro_ix07	sušenje	dvigalo_susenje

*Tabela B13: Vezava vhodov na PLC 1*

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
cybro_qx00	Re1	d_motor_naprej
cybro_qx01	Re2	d_motor_nazaj
cybro_qx02	Re3	d_motor_pocasi
cybro_qx03		
cybro_qx04		
cybro_qx05	dvigalo gor	d_dvigalo_gor
cybro_qx06	dvigalo dol	d_dvigalo_dol
cybro_qx07		

*Tabela B14: Vezava izhodov na PLC 1*

## B.2.2 Vhodi in izhodi na prvi razširitvi Bio24R

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
bio01_ix00	dvigalo počasi kipanje	dvigalo_praznjenje
bio01_ix01	voziček je, polnjenje	pol_voz
bio01_ix02	ni poravnano odcejanje	odc_poravnano
bio01_ix03	ni poravnano sušenje	sušenje_poravnano
bio01_ix04	Kipanje obračanje gor	kipanje_pokoncno
bio01_ix05	Kipanje obračanje dol	kipanje_nagib
bio01_ix06	nagib pranje1	pranje_nagib
bio01_ix07	vertikala pranje1	pranje_pokoncno
bio01_ix08	voziček v kipanju	kipanje_voz
bio01_ix09	pritisk zraka	
bio01_ix10	izklop bimetala	odc_bimetal
		susenje_bimetal
bio01_ix11	varnostna zgornja točka dvigala	dvigalo_koncno_gor

Tabela B15: Vezava vhodov na PLC 2

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
bio01_qx00	Maček za prijem košare	d_zaklep
bio01_qx01	Zagon frekv. Odcejanja grelec odcejanje ventilator odcejanje	odc_motor
		odc_grelec
		odc_ventilator
bio01_qx02	Črpalka odcejanje	odc_crpalka
bio01_qx03	pokrov odcejanje	odc_pokrov
bio01_qx04	Povratna črpalka pranja 1 v bazen	pranje_povr_crpalka
bio01_qx05	Nagib košare pranje	pranje_nagib_dol
bio01_qx06	Nagib košare pranje nazaj	pranje_nagib_gor
bio01_qx07	Pranje 1 - vrtenje v desno	pranje_motor1
bio01_qx08	Pranje 1 - vrtenje v levo	pranje_motor2
bio01_qx09	Zagon frekv. Sušenje	sušenje_motor
bio01_qx10	Ventilator sušenje	sušenje_ventilator
bio01_qx11	Pokrov odpiranje sušenje	sušenje_pokrov

Tabela B16: Vezava izhodov na PLC 2

### B.2.3 Vhodi in izhodi na drugi razširitvi Bio24R

<b>Oznaka spremenljivke</b>	<b>Oznaka na shemi vezave</b>	<b>Oznaka signala</b>
bio02_ix00	stop dvigala na poziciji	dvigalo_tocno_poz
bio02_ix01	dvigalo zazna košaro	dvigalo_kosara
bio02_ix02	mirovanje odcejanje	odc_mirovanje
bio02_ix03	mirovanje sušenje	sušenje_mirovanje
bio02_ix04	pokrov odcejanje zaprt	odc_pokrov_zaprt
bio02_ix05	pokrov odcejanje odprt	odc_pokrov_odprt
bio02_ix06	preklop dolgo pranje	
bio02_ix07		
bio02_ix08	pokrov sušenje zaprt	sušenje_pokrov_zaprt
bio02_ix09	pokrov sušenje odprt	sušenje_pokrov_odprt
bio02_ix10	pokrov pranje1 zaprt	pranje_pokrov_zaprt
bio02_ix11	pokrov pranje1 odprt	pranje_pokrov_odprt

*Tabela B17: Vezava vhodov na PLC 3*

<b>Oznaka spremenljivke</b>	<b>Oznaka na shemi vezave</b>	<b>Oznaka signala</b>
bio02_qx00	Kipanje - suvanje košare	kipanje_bat
bio02_qx01		
bio02_qx02	Kipanje - obračanje košare dol	kipanje_motor_dol
bio02_qx03	Kipanje - obračanje košare gor	kipanje_motor_gor
bio02_qx04		
bio02_qx05		
bio02_qx06		
bio02_qx07		
bio02_qx08	grelec sušenje	sušenje_grelec
bio02_qx09	črpalka pranja na bazenu 1	pranje_voda
bio02_qx10	odpiranje pokrova pranje 1	pranje_pokrov
bio02_qx11	glavni ventil za zrak	

*Tabela B18: Vezava izhodov na PLC 3*

## B.2.2 Vhodi na tretji razširitvi Bio24R

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
bio03_ix00	nivo vode pranje1	pranje_plovec
bio03_ix01	stop v sili	gumb_stop
bio03_ix02	ročno/avtomatsko	preklop_avto
bio03_ix03	dvigalo nazaj	ročka_nazaj
bio03_ix04	naprej	ročka_naprej
bio03_ix05	dol	ročka_dol
bio03_ix06	gor	ročka_gor
bio03_ix07	odcejanje pogon	gumb_start_odcejanje
bio03_ix08	Odcejanje stop	gumb_stop_odcejanje
bio03_ix09	sušenje pogon	gumb_start_sušenje
bio03_ix10	Sušenje stop	gumb_stop_sušenje
bio03_ix11	nivo olja odcejanje	odc_olje

Tabela B19: Vezava vhodov na PLC 4

## B.2.2 Vhodi in izhodi na četrti razširitvi Bio24R

Oznaka spremenljivke	Oznaka na shemi vezave	Oznaka signala
bio00_ix00		
bio00_ix01	pranje1 nagib nazaj	gumb_pranje_dol
bio00_ix02	Pranje nagib naprej	gumb_pranje_gor
bio00_ix03	pranje1 start	gumb_start_pranje
bio00_ix04	pranje1 stop	gumb_stop_pranje
bio00_ix05	pranje1 nazaj -levo	gumb_pranje_nazaj
bio00_ix06	kipanje vertikalna na glavo	gumb_kipanje_dol
bio00_ix07	kipanje vertikalna	gumb_kipanje_gor
bio00_ix08	pogon avtomatsko	gumb_avto
bio00_ix09	vklop zraka	gumb_zrak
bio00_ix10	dvigalo preveč naprej	dvigalo_koncno1
bio00_ix11	dvigalo preveč nazaj	dvigalo_koncno2

Tabela B20: Vezava vhodov na PLC 5

<b>Oznaka spremenljivke</b>	<b>Oznaka na shemi vezave</b>	<b>Oznaka signala</b>
bio00_qx00	ni zraka	luc_ni_zraka
bio00_qx01	izklop bimatala	luc_bimetal
bio00_qx02	ni poravnano	luc_ni_poravnano
bio00_qx03	polna košara v poziciji	
bio00_qx04	odcejanje	luc_odcejanje
bio00_qx05	sušenje	luc_susenje
bio00_qx06	Pranje 1	luc_pranje
bio00_qx07	pogon avtomatsko	luc_avtomatika
bio00_qx08	zrak vklopljen	luc_zrak_vkljucen
bio00_qx09		
bio00_qx10	pranje levo	luc_pranje_nazaj
bio00_qx11	stop utripa	luc_alarm

*Tabela B21: Vezava izhodov na PLC 5*



## Priloga C: Program za pralno linijo (listing)

### Glavni program

```

/*****

Program stroja za pranje vijakov
Naročnik: TKG d.o.o.

Avtor: Primož Noe
Junij 2013

*****/
if first_scan then alarm:=0; end_if;

//povezava opozorilnih luči
//bimetal
bio00_qx01:=not(bio01_ix10);
//zrak
bio00_qx00:=not(bio01_ix09);
//poravnano
if bio01_ix02 or bio01_ix03 then
    bio00_qx02:=1;
    alarm:=1;
end_if;

if not(bio01_ix10) or not(bio01_ix09) then
    alarm:=1;
end_if;

//tipka za stop v sili
if not(bio03_ix01) then
    alarm:=1;
    alarm_reset:=1;
end_if;

if bio03_ix01 and alarm_reset then
    alarm:=0;
    bio00_qx02:=0;
    alarm_reset:=0;
end_if;

//alarm signalna luč
bio00_qx11:=alarm and clock_1s;
if alarm and not(zrak_zaklep) then bio02_qx11:=0; end_if;
if not(alarm) then zrak_zaklep:=0; end_if;

bio00_qx08:=bio02_qx11;
if bio00_ix09 then
    if zrak_deprel then
        bio02_qx11:=not(bio02_qx11);
        zrak_zaklep:=1;
        zrak_deprel:=0;
        deprel_timer.in:=0;
    end_if;
end_if;

```

```

    end_if;
else
    deprel_timer.in:=1;
    zrak_deprel:=deprel_timer.q;
end_if;

/*
// za indentifikacijo BIO škatlic
bio00_qx00 := 1;
bio01_qx01 := 1;
bio02_qx02 := 1;
bio03_qx03 := 1;
*/

//klici podprogramov
zerjav();
odcejanje();
pranje();
susenje();
kipanje();

```

```

/*****
***/

```

## Program dvigala

```

zerjav():
    /*****

    program za nadzor žerjava

    *****/
    if first_scan then newstart:=1; end_if;
    if avto_stop then
        bio00_qx07:=clock_1s;
    else
        bio00_qx07:=avto_start;
    end_if;
    bio00_qx03:=bio01_ix01;

    zgoraj:=/*bio02_ix01 or*/ cybro_ix00;
    if not(alarm) then

        if bio03_ix02 then
            //avtomatsko
            if avto_start then
                case avto_status of
                    0: //filanje -> odcejanje
                        if (avto_faza=0) then //začetek koraka 0
                            if cybro_ix00 and not(bio02_ix01) then
                                avto_faza:=1;
                            else
                                avto_start:=0;
                                avto_stop:=1;
                            end_if;
                        end_if; //faza 0
                        if (avto_faza=1) and not(cybro_ix04 and bio02_ix00) then
                            //premik na poz filanje
                                cybro_qx02:=cybro_ix04;

```

```

    cybro_qx00:=1;
    cybro_qx01:=0;
end_if;
if (avto_faza=1) and cybro_ix04 and bio02_ix00 then
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=0;
    avto_faza:=2;
end_if; //faza 1
if (avto_faza=2) then //dol po kosaro
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=1;
    if cybro_ix01 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_delay.in:=1;
        avto_faza:=3;
    else
        avto_delay.in:=0;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=bio01_ix01;
    end_if;
end_if; //faza 2
if (avto_faza=3) then //dvig kosare
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=0;
    if cybro_ix00 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_faza:=4;
    else
        if avto_delay.q then cybro_qx05:=1; end_if;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza3
if (avto_faza=4) then //je kosara?
    if bio02_ix01 and bio02_ix05 then
        avto_faza:=5;
    else
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
end_if; //faza 4
if (avto_faza=5) then
    cybro_qx02:=cybro_ix05;
    if bio02_ix00 and cybro_ix05 then
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        avto_faza:=6;
    else
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=1;
    end_if;
end_if; //faza 5
if (avto_faza=6) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala

```

```

        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
if cybro_ix02 then
    bio01_qx00:=1;
    avto_delay.in:=1;
    avto_faza:=7;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
else
    avto_delay.in:=0;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=1;
end_if;
end_if; //faza 6
if (avto_faza=7) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    if cybro_ix00 then
        avto_faza:=8;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
    else
        cybro_qx05:=avto_delay.q;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza 7
if (avto_faza=8) then
    avto_status:=1;
    //disp_status:=avto_status;
    avto_faza:=0;
    odc_pozeni:=1;
end_if;
1: //kipanje -> filanje
if (avto_faza=0) then
    if cybro_ix00 and not(bio02_ix01) then
        avto_faza:=1;
    else
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
end_if; //faza 0
if (avto_faza=1) then
    kipaj:=0;
    cybro_qx02:=bio01_ix00 or (cybro_ix07 and not(bio01_ix04));
    if bio01_ix00 and bio02_ix00 then
        avto_faza:=2;
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
    else
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=1;
        if cybro_ix07 and not(bio01_ix04) then cybro_qx01:=0;
end_if;
    end_if;
end_if; //faza 1
if (avto_faza=2) then
    bio01_qx00:=1;
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala

```

```

    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
end_if;
if cybro_ix03 then
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
    avto_delay.in:=1;
    avto_faza:=3;
else
    avto_delay.in:=0;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=1;
end_if;
end_if; //faza 2
if (avto_faza=3) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=0;
    if cybro_ix00 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_faza:=4;
    else
        if avto_delay.q then cybro_qx05:=1; end_if;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza3
if (avto_faza=4) then
    if bio02_ix01 then
        avto_faza:=5;
    else
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
end_if; //faza 4
if (avto_faza=5) then
    cybro_qx02:=cybro_ix04;
    if bio02_ix00 and cybro_ix04 then
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        avto_faza:=6;
    else
        cybro_qx00:=1;
        cybro_qx01:=0;
    end_if;
end_if; //faza 5
if (avto_faza=6) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    if cybro_ix01 then
        bio01_qx00:=1;
        avto_delay.in:=1;
        avto_faza:=7;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
    else
        avto_delay.in:=0;

```

```

        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=bio01_ix01;
    end_if;
end_if; //faza 6
if (avto_faza=7) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    if cybro_ix00 then
        avto_faza:=8;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
    else
        cybro_qx05:=avto_delay.q;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza 7
if (avto_faza=8) then
    avto_status:=2;
    //disp_status:=avto_status;
    avto_faza:=0;
end_if;
2: //sušenje -> kipanje
if (avto_faza=0) then
    if cybro_ix00 and not(bio02_ix01) and bio01_ix04 then
        avto_faza:=1;
    else
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
end_if; //faza 0
if (avto_faza=1) then
    susenje_pokrov:=1;
    if bio02_ix09 then //pokrov sušenje odprt
        avto_faza:=2;
        avto_umik:=0;
    else //pokrov sušenje NI odprt
        if cybro_ix07 then avto_umik:=1; end_if; //dvigalo je nad
sušenjem
        if avto_umik then
            cybro_qx00:=0;
            cybro_qx01:=not(bio01_ix00 and bio02_ix00);
            cybro_qx02:=bio01_ix00;
        end_if;
    end_if;
end_if; //faza 1
if (avto_faza=2) then
    cybro_qx02:=cybro_ix07;
    if cybro_ix07 and bio02_ix00 then
        avto_faza:=3;
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=0;
    else
        if bio01_ix00 then
            cybro_qx00:=1;
            cybro_qx01:=0;
        else
            if not(cybro_ix07) then
                cybro_qx00:=0;
            end_if;
        end_if;
    end_if;
end_if;

```

```

        cybro_qx01:=1;
    end_if;
end_if;
end_if;
if (avto_faza=3) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=1;
    if cybro_ix02 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_delay.in:=1;
        avto_faza:=4;
    else
        avto_delay.in:=0;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=1;
    end_if;
end_if; //faza 3
if (avto_faza=4) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=0;
    if cybro_ix00 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_faza:=5;
    else
        if avto_delay.q then cybro_qx05:=1; end_if;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza4
if (avto_faza=5) then
    if bio02_ix01 then
        avto_faza:=6;
    else
        avto_start:=0;
    end_if;
end_if; //faza 5
if (avto_faza=6) then
    cybro_qx02:=bio01_ix00;
    if bio01_ix00 and bio02_ix00 then
        avto_faza:=7;
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=0;
    else
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=1;
    end_if;
end_if; //faza 6
if (avto_faza=7) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;

```

```

if cybro_ix03 then
  bio01_qx00:=1;
  avto_delay.in:=1;
  avto_faza:=8;
  cybro_qx05:=0;
  cybro_qx06:=0;
else
  avto_delay.in:=0;
  cybro_qx05:=0;
  cybro_qx06:=1;
end_if;
end_if; //faza 7
if (avto_faza=8) then
  if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
  if cybro_ix00 then
    avto_faza:=9;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
  else
    cybro_qx05:=avto_delay.q;
    cybro_qx06:=0;
  end_if;
end_if; //faza 8
if (avto_faza=9) then
  avto_status:=3;
  //disp_status:=avto_status;
  avto_faza:=0;
  kipanje_start:=1;
end_if; //faza 9
3: //pranje -> sušenje
if (avto_faza=0) then
  if cybro_ix00 and not(bio02_ix01) and bio02_ix09 then
    avto_faza:=1;
  else
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
end_if; //faza 0
if (avto_faza=1) then
  if not(bio03_ix00) then //voda izčrpana
    pranje_pokrov:=1;
    if bio02_ix11 then //pokrov pranje odprt
      if bio01_ix07 then
        avto_faza:=2;
        avto_umik:=0;
      end_if;
    else //pokrov pranje NI odprt
      if cybro_ix06 then avto_umik:=1; end_if; //dvigalo je nad
pranjem
      if avto_umik then
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=not(cybro_ix07 and bio02_ix00);
        cybro_qx02:=cybro_ix07;
      end_if;
    end_if;
  end_if;
end_if; //faza 1
if (avto_faza=2) then

```

```

cybro_qx02:=cybro_ix06;
if cybro_ix06 and bio02_ix00 then
  avto_faza:=3;
  cybro_qx00:=0;
  cybro_qx01:=0;
  cybro_qx02:=0;
else
  if bio01_ix00 or cybro_ix07 then
    cybro_qx00:=1;
    cybro_qx01:=0;
  end_if;
  if cybro_ix04 or cybro_ix05 then
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=1;
  end_if;
end_if;
end_if; //faza 2
if (avto_faza=3) then
  if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
  bio01_qx00:=1;
  if cybro_ix02 then
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
    avto_delay.in:=1;
    avto_faza:=4;
  else
    avto_delay.in:=0;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=1;
  end_if;
end_if; //faza 3
if (avto_faza=4) then
  if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
  bio01_qx00:=0;
  if cybro_ix00 then
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
    avto_faza:=5;
  else
    if avto_delay.q then cybro_qx05:=1; end_if;
    cybro_qx06:=0;
  end_if;
end_if; //faza4
if (avto_faza=5) then
  if bio02_ix01 then
    avto_faza:=6;
  else
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
end_if; //faza 5
if (avto_faza=6) then
  cybro_qx02:=cybro_ix07;
  if cybro_ix07 and bio02_ix00 then
    avto_faza:=7;

```

```

        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=0;
    else
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=1;
    end_if;
end_if; //faza 6
if (avto_faza=7) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    if cybro_ix02 then
        bio01_qx00:=1;
        avto_delay.in:=1;
        avto_faza:=8;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
    else
        avto_delay.in:=0;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=1;
    end_if;
end_if; //faza 7
if (avto_faza=8) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    if cybro_ix00 then
        avto_faza:=9;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
    else
        cybro_qx05:=avto_delay.q;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if; //faza 8
if (avto_faza=9) then
    avto_status:=4;
    //disp_status:=avto_status;
    avto_faza:=0;
    susenje_pozeni:=1;
end_if; //faza 9
4: //odcejanje -> pranje
if (avto_faza=0) then
    if cybro_ix00 and not(bio02_ix01) and bio02_ix11 then
        avto_faza:=1;
    else
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
end_if; //faza 0
if (avto_faza=1) then
    odc_pokrov:=1;
    if bio02_ix05 then
        avto_faza:=2;
        avto_umik:=0;
    else
        if cybro_ix05 then avto_umik:=1; end_if;

```

```

    if avto_umik then
        cybro_qx00:=not(cybro_ix04 and bio02_ix00);
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=cybro_ix04;
    end_if;
end_if;
//faza 1
if (avto_faza=2) then
    cybro_qx02:=cybro_ix05;
    if cybro_ix05 and bio02_ix00 then
        avto_faza:=3;
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=0;
    else
        if cybro_ix04 then
            cybro_qx00:=0;
            cybro_qx01:=1;
        else
            if cybro_ix06 or cybro_ix07 or bio01_ix00 then
                cybro_qx00:=1;
                cybro_qx01:=0;
            end_if;
        end_if;
    end_if;
end_if;
//faza 2
if (avto_faza=3) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=1;
    if cybro_ix02 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_delay.in:=1;
        avto_faza:=4;
    else
        avto_delay.in:=0;
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=1;
    end_if;
end_if;
//faza 3
if (avto_faza=4) then
    if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
        avto_start:=0;
        avto_stop:=1;
    end_if;
    bio01_qx00:=0;
    if cybro_ix00 then
        cybro_qx05:=0;
        cybro_qx06:=0;
        avto_faza:=5;
    else
        if avto_delay.q then cybro_qx05:=1; end_if;
        cybro_qx06:=0;
    end_if;
end_if;
//faza4
if (avto_faza=5) then
    if bio02_ix01 then
        avto_faza:=6;

```

```

else
  avto_start:=0;
  avto_stop:=1;
end_if;
end_if; //faza 5
if (avto_faza=6) then
  cybro_qx02:=cybro_ix06;
  if cybro_ix06 and bio02_ix00 then
    avto_faza:=7;
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=0;
    cybro_qx02:=0;
  else
    cybro_qx00:=0;
    cybro_qx01:=1;
  end_if;
end_if; //faza 6
if (avto_faza=7) then
  if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
  if cybro_ix02 then
    bio01_qx00:=1;
    avto_delay.in:=1;
    avto_faza:=8;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
  else
    avto_delay.in:=0;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=1;
  end_if;
end_if; //faza 7
if (avto_faza=8) then
  if not bio02_ix00 then //zaklep premika voza dvigala
    avto_start:=0;
    avto_stop:=1;
  end_if;
  if cybro_ix00 then
    avto_faza:=9;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
  else
    cybro_qx05:=avto_delay.q;
    cybro_qx06:=0;
  end_if;
end_if; //faza 8
if (avto_faza=9) then
  avto_status:=0;
  //disp_status:=avto_status;
  avto_faza:=0;
  pranje_start:=1;
end_if; //faza 9
else
  avto_start:=0;
  avto_stop:=1;
end_case;
else
  cybro_qx00:=0;
  cybro_qx01:=0;

```

```

    cybro_qx02:=0;
    cybro_qx05:=0;
    cybro_qx06:=0;
end_if; //avto_start
if bio00_ix08 and not(avto_start) then
    avto_start:=1;
    avto_faza:=0;
    avto_stop:=0;
    avto_status:=disp_status;
    disp_status:=0;
end_if;
else
//rocno
    avto_start:=0;
    avto_stop:=0;
    if zgoraj then
        marker:=0;
        if bio03_ix04 and (not((bio01_ix00) or (cybro_ix07 and
not(bio01_ix04)))) then
            naprej:=1;
            nazaj:=0;
            marker:=1;
            dvigalo_hitro:=1;
        end_if;
        if bio03_ix03 and not (cybro_ix04) then
            naprej:=0;
            nazaj:=1;
            marker:=1;
            dvigalo_hitro:=1;
        end_if;
        if not(marker) and bio02_ix00 and not(dvigalo_hitro) then
            naprej:=0;
            nazaj:=0;
        end_if;
        pocasi:=cybro_ix04 or cybro_ix05 or cybro_ix06 or cybro_ix07 or
bio01_ix00;
        cybro_qx00:=nazaj;
        cybro_qx01:=naprej;
        cybro_qx02:=not(marker) and pocasi and not(dvigalo_hitro);
        if not(pocasi) then dvigalo_hitro:=0; end_if;
    else //ni na vrhu
        cybro_qx00:=0;
        cybro_qx01:=0;
        cybro_qx02:=0;
    end_if; //dvigalo na vrhu

    spodaj:=bio02_ix00 and((cybro_ix01 and cybro_ix04) or
        (cybro_ix02 and (cybro_ix05 or cybro_ix06 or cybro_ix07)) or
        (cybro_ix03 and bio01_ix00)) and not(cybro_ix00);

    varno:=(cybro_ix04 and (bio01_ix01 or newstart)) or (cybro_ix05 and
bio02_ix05) or
        (cybro_ix06 and bio02_ix11) or (cybro_ix07 and bio02_ix09)
        or (bio01_ix00 and bio01_ix04);

    if bio02_ix00 and not (cybro_qx00 or cybro_qx01) then
        cybro_qx05:=bio03_ix06 and not(zgoraj);
        cybro_qx06:=bio03_ix05 and not(spodaj) and varno;
    end_if;

    if spodaj and bio02_qx11 then

```

```

newstart:=0;
if bio03_ix03 then bio01_qx00:=1; end_if;
if bio03_ix04 then bio01_qx00:=0; end_if;
end_if;

if cybro_ix00 then rlsmark:=1; end_if;

if spodaj and rlsmark and bio02_qx11 then
  rlsmark:=0;
  bio01_qx00:= not bio01_qx00;
end_if;

marker:=0;
if not(bio02_ix00) and not(zgoraj) then // dvigalo izven pozicije
  cybro_qx00:=bio03_ix03;
  cybro_qx01:=bio03_ix04;
  cybro_qx06:=bio03_ix05;
  cybro_qx05:=bio03_ix06;
  bio01_qx00:=0;
end_if;

end_if; //rocno
else
//stop v sili
avto_start:=0;
cybro_qx00:=0;
cybro_qx01:=0;
cybro_qx02:=0;
cybro_qx05:=0;
cybro_qx06:=0;
avto_start:=0;
avto_faza:=0;
avto_status:=0;
end_if;

//voziček na polnjenju
if cybro_ix04 and not(bio01_ix01) then cybro_qx06:=0; end_if;

//varnostna stikala
if not(bio00_ix11) then cybro_qx00 :=0; end_if;
if not(bio00_ix10) then cybro_qx01 :=0; end_if;
if bio01_ix11 then
  if not topsafety then
    topsafetyup:=cybro_qx05;
    topsafetydn:=cybro_qx06;
    topsafety:=1;
    alarm:=1;
  end_if;
else
  topsafety:=0;
  topsafetyup:=0;
  topsafetydn:=0;
end_if;
if topsafetyup then cybro_qx05:=0; end_if;
if topsafetydn then cybro_qx06:=0; end_if;
//če je zrak izklopljen
if not(bio02_qx11) then avto_start:=0; end_if;

```

/\*\*\*/

\*\*\*

## Program enote za odcejanje

```
odcejanje ()
  dvigalo_varno_p2:=not(cybro_ix05) and bio02_ix00;
  bio00_qx04:=odc_pozeni;

  if first_scan then
    odc_rotinstore:=bio02_ix02;
    odc_pozeni:=0;
    odc_timer.in:=0;
  end_if;

  if odc_rotinstore=bio02_ix02 then
    odc_stoptimer.in:=1;
  else
    odc_stoptimer.in:=0;
    odc_rotinstore:=bio02_ix02;
  end_if;

  odc_stop:=odc_stoptimer.q;
  bio03_qx10:=odc_stop;
  if not(alarm) and bio02_qx11 then
    //skupna koda za avtomatsko in ročno delovanje
    bio01_qx02:=bio03_ix11; //crpalka

  if odc_pozeni then
    //zagon
    if bio02_ix05 and dvigalo_varno_p2 then
      bio01_qx03:=1; //zapri pokrov
    else
      if bio02_ix04 then //pokrov zaprt
        odc_timer.in:=1;
        bio01_qx01:=1;
        if not(odc_timer.q) then odc_pozeni:=0; end_if;
      end_if;
    end_if;
  else
    //zaustavitev
    odc_timer.in:=0;
    bio01_qx01:=0;
  end_if;
  if not(odc_pozeni) then odc_timer.pt:=display_odc*60; end_if;
  if bio03_ix02 then
    //avtomatsko
    if bio02_ix05 then odc_pokrov:=0; end_if;
    if odc_pokrov and odc_stop and dvigalo_varno_p2 then
      bio01_qx03:=0; end_if; //odpri pokrov
    else
      //rocno
      odc_pokrov:=0;

      if bio03_ix07 then odc_pozeni:=1; end_if;
      if bio03_ix08 then
        odc_pozeni:=0;
        odc_timer.in:=0;
      end_if;
      if bio03_ix08 and bio02_ix04 and dvigalo_varno_p2 and odc_stop then
        bio01_qx03:=0; end_if;
      end_if;
    end_if;
  end_if;
```

```

    end_if;
else
//stop v sili
    bio01_qx01:=0;
    bio01_qx02:=0;
    odc_pozeni:=0;
    odc_pokrov:=0;
end_if;
bio03_qx10:=odc_stop;
/*
bio03_qx06:=bio03_ix07;
bio03_qx07:=not(bio03_ix07);
bio03_qx08:=bio02_ix06;
*/

```

```

/*****
***/

```

## Program enote za pranje

```

pranje()
    dvigalo_varno_p3:=not(cybro_ix06) and bio02_ix00;
    if first_scan then pranje_dvig_mark:=0; end_if;

    if not(alarm) and bio02_qx11 then
        //skupna koda za avtomatsko in rocno
        povratna_crpalka_on.in:=bio03_ix00; //povratna črpalka v bazen
        povratna_crpalka_off.in:=not(bio03_ix00);
        if povratna_crpalka_on.q then bio01_qx04:=1; end_if;
        if povratna_crpalka_off.q then bio01_qx04:=0; end_if;

        if not(pranje_start) then
            pranje_timer1.pt:=disp_pranje1*60;
            pranje_timer2.pt:=disp_pranje2*60;
            if bio02_ix06 then pranje_timer1.pt:=disp_pranje3*30; end_if;
        //dolgo pranje
        end_if;

        if (pranje_faza=0) and pranje_start then
            pranje_obrat.in:=0;
            pranje_timer2.in:=0;
            if dvigalo_varno_p3 and bio02_ix11 then
                bio02_qx10:=1;
                pranje_faza:=1;
            end_if;
            if bio02_ix10 then pranje_faza:=1; end_if;
        end_if;

        bio01_qx05:= (pranje_faza=1) and not(bio01_ix06); //košara dol
        if (pranje_faza=1) and bio01_ix06 then
            pranje_timer1.in:=1;
        end_if;
        if (pranje_faza=1) and bio01_ix06 and not(pranje_timer1.q) then
            pranje_obrat.in:=1;
            if not(pranje_obrat.q) then
                pranje_timer2.in:=1;
                pranje_faza:=2;
            end_if;
        end_if;
    end_if;

```

```

    pranje_dvig_mark:=0;
end_if;

if pranje_faza=2 and pranje_timer2.q then
    if bio01_ix07 then
        pranje_faza:=0; //oprano - zaključi
        bio01_qx06:=0;
        pranje_timer1.in:=0;
        pranje_dvig1.in:=0;
        pranje_dvig2.in:=0;
        pranje_start:=0;
    else
        //dvigovanje košare
        if pranje_dvig_mark then
            pranje_dvig1.in:=0;
            pranje_dvig2.in:=1;
            pranje_dvig_mark:=pranje_dvig2.q;
            bio01_qx06:=0;
        else
            pranje_dvig1.in:=1;
            pranje_dvig2.in:=0;
            pranje_dvig_mark:=pranje_dvig1.q;
            bio01_qx06:=1;
        end_if;
    end_if;
end_if;

    bio00_qx06:=pranje_start;
//signal za pranje
    bio01_qx07:=(pranje_faza=1) and not(pranje_obrat.q);
//vrtenje v desno
    bio01_qx08:=(pranje_faza=2);
//vrtenje v levo
    bio02_qx09:=(pranje_faza=1) and bio01_ix06 and not(pranje_obrat.q);
//špricanje
    bio00_qx10:=bio01_qx08;
//signal pranje vrtenje v levo

if bio03_ix02 then
//avtomatsko

    /* avtomatsko pranje se požene z: pranje_start:=1*/

    if pranje_pokrov and not(pranje_start) then
        bio02_qx10:=0;
        bio01_qx06:=not(bio01_ix07);
    end_if;
    if bio02_ix11 and bio01_ix07 then
        pranje_pokrov:=0;
        bio01_qx06:=0;
    end_if;

else
//rocno
    if bio00_ix03 then //tipka pranje - start
        pranje_start:=1;
        pranje_faza:=0;
    end_if;

    if bio00_ix04 then //tipka pranje - stop
        if pranje_start then //ustavi pranje

```

```

    pranje_start:=0;
    pranje_faza:=0;
    pranje_depzel.in:=0;
  else //odpri pokrov
    if pranje_depzel.q then
      pranje_depzel.in:=0;
      if dvigalo_varno_p3 then bio02_qx10:=0; end_if;
    end_if;
  end_if;
  else
    if not(pranje_start) then pranje_depzel.in:=1; end_if;
  end_if;

  if bio00_ix05 then //tipka pranje - nazaj
    pranje_start:=1;
    pranje_faza:=2;
    pranje_timer2.in:=1;
  end_if;

  if not(pranje_start) then
    bio01_qx05:=bio00_ix01 and not(bio01_ix06); //tipka pranje - nagib
dol
    bio01_qx06:=bio00_ix02 and not(bio01_ix07); //tipka pranje - nagib
gor
  end_if;

  end_if; // avtomatsko\ročno
else
//stop v sili
  bio01_qx04:=0;
  bio01_qx05:=0;
  bio01_qx06:=0;
  bio01_qx07:=0;
  bio01_qx08:=0;
  pranje_start:=0;
  pranje_faza:=0;
  bio02_qx09:=0;
end_if;

```

```

/*****
***/

```

## Program enote za sušenje

```

susenje()
  dvigalo_varno_p4:=not(cybro_ix07) and bio02_ix00;
  bio00_qx05:=susenje_pozeni;

  if first_scan then
    susenje_rotinstore:=bio02_ix03;
    susenje_pozeni:=0;
    susenje_timer.in:=0;
  end_if;

  if susenje_rotinstore=bio02_ix03 then
    susenje_stoptimer.in:=1;
  else
    susenje_stoptimer.in:=0;
  end_if;

```

```

    susenje_rotinstore:=bio02_ix03;
end_if;

susenje_stop:=susenje_stoptimer.q;

if not(alarm) and bio02_qx11 then
    //skupna koda za avtomatsko in rocno

    if susenje_pozeni then
        //zagon
        if bio02_ix09 and dvigalo_varno_p4 then
            bio01_qx11:=1; //zapri pokrov
        else
            if bio02_ix08 then //pokrov zaprt
                susenje_timer.in:=1;
                bio01_qx09:=1;
                bio01_qx10:=1;
                bio02_qx08:=1;
                if not(susenje_timer.q) then susenje_pozeni:=0; end_if;
            end_if;
        end_if;
    else
        //zaustavitev
        susenje_timer.in:=0;
        bio01_qx09:=0;
        bio01_qx10:=0;
        bio02_qx08:=0;
    end_if;
    if not(susenje_pozeni) then
        susenje_timer.pt:=disp_susenje*60;
    end_if;

    if bio03_ix02 then
        //avtomatsko
        if bio02_ix09 then susenje_pokrov:=0; end_if;
        if susenje_pokrov and susenje_stop and dvigalo_varno_p4 then
            bio01_qx11:=0; end_if; //odpri pokrov
        else
            //rocno
            susenje_pokrov:=0;
            if bio03_ix09 then susenje_pozeni:=1;end_if;
            if bio03_ix10 then
                susenje_pozeni:=0;
                susenje_timer.in:=0;
            end_if;
            if bio03_ix10 and dvigalo_varno_p4 and bio02_ix08 and susenje_stop
then
                bio01_qx11:=0; end_if;
            end_if;
        else
            //stop v sili
            susenje_pozeni:=0;
            susenje_pokrov:=0;
            bio01_qx09:=0;
            bio01_qx10:=0;
            bio02_qx08:=0;
        end_if;
        //izhodi za diagnostiko
        bio03_qx11:=susenje_stop;
        bio03_qx00:=susenje_pokrov;
    end_if;
end_if;

```

```
/**
***/
```

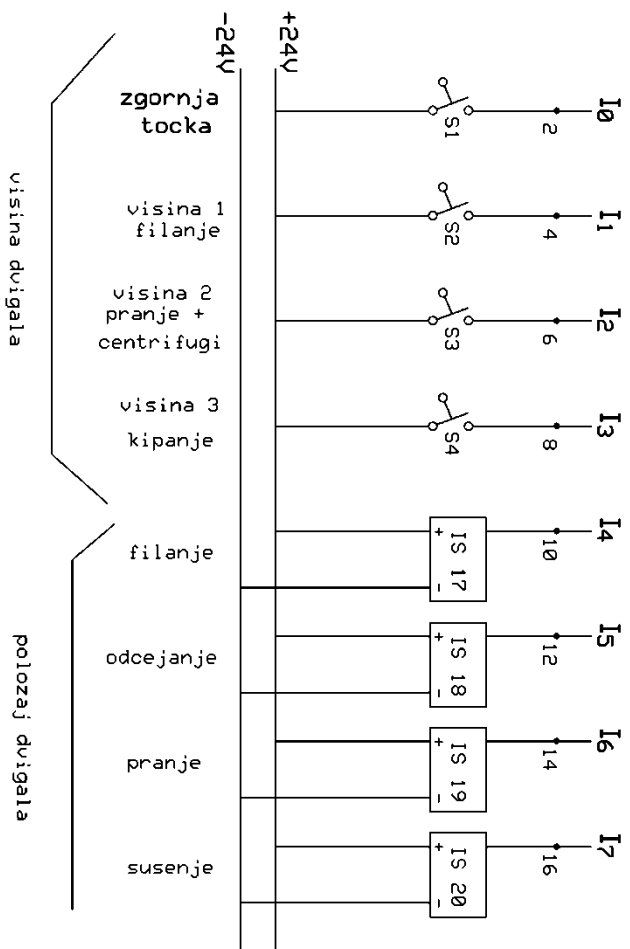
## Program enote za praznjenje

```
kipanje()  
  dvigalo_varno_p5:=not(bio01_ix00) and bio02_ix00;  
  if not(alarm) and bio02_qx11 then  
    bio02_qx02:= kipaj and not(bio01_ix05);  
    bio02_qx03:= not(kipaj) and not(bio01_ix04);  
    if bio01_ix04 then kipaj_udarci:=0; end_if;  
    if bio01_ix05 and kipaj_udarci<3 then  
      bio02_qx00:=clock_1s;  
      kipaj_udarci:=kipaj_udarci+fn(clock_1s);  
    end_if;  
  if bio03_ix02 then  
    //avtomatsko  
    if kipanje_start and bio01_ix08 and dvigalo_varno_p5 then  
      kipaj:=1; end_if;  
  
    if bio01_ix05 then kipanje_start:=0; end_if;  
  else  
    //rocno  
    kipanje_start:=0;  
    if bio00_ix06 and bio01_ix08 and dvigalo_varno_p5 then kipaj:=1;  
  end_if;  
  if bio00_ix07 then kipaj:=0; end_if;  
  if kipaj and not(bio01_ix08) then kipaj:=0; end_if;  
  end_if;  
  else  
    //stop v sili  
    kipanje_start:=0;  
    bio02_qx02:=0;  
    bio02_qx03:=0;  
  end_if;  
  if not(bio01_ix05) then bio02_qx00:=0; end_if;
```

## Priloga D: povezovalne sheme linije za pranje vijakov

*Tabela shem v tem delu:*

Oznaka sheme	Opis (oznaka na stroju/ oznaka v programu)
PLC1 IX	Shema vezave vhodov na sam krmilnik CyBro-2 (PLC1/ cybro)
PLC1 QX	Shema vezave izhodov iz krmilnika (PLC1/ cybro)
PLC2 IX	Shema vezave vhodov v prvo razširitev Bio24R (PLC2/ Bio01)
PLC2 QX	Shema vezave izhodov iz prve razširitve (PLC2/ Bio01)
PLC3 IX	Shema vezave vhodov v drugo razširitev Bio24R (PLC3/ Bio02)
PLC3 QX	Shema vezave izhodov iz druge razširitve (PLC3/ Bio02)
PLC4 IX	Shema vezave vhodov v tretjo razširitev Bio24R (PLC4/ Bio03)
PLC5 IX	Shema vezave vhodov v zadnjo razširitev Bio24R (PLC5/ Bio00)
PLC5 QX	Shema vezave izhodov iz zadnje razširitve (PLC5/ Bio00)



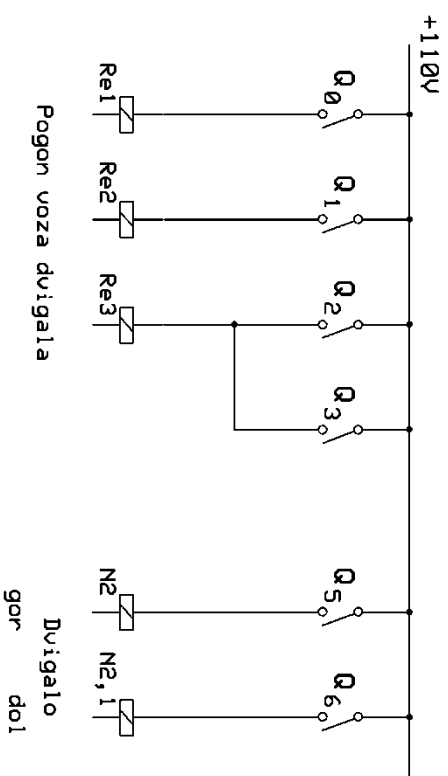
TKG d.o.o.

**Pralna linija**

Bozo Jurjevic

Primož Noe  
List 1 od 9

PLC1 IX



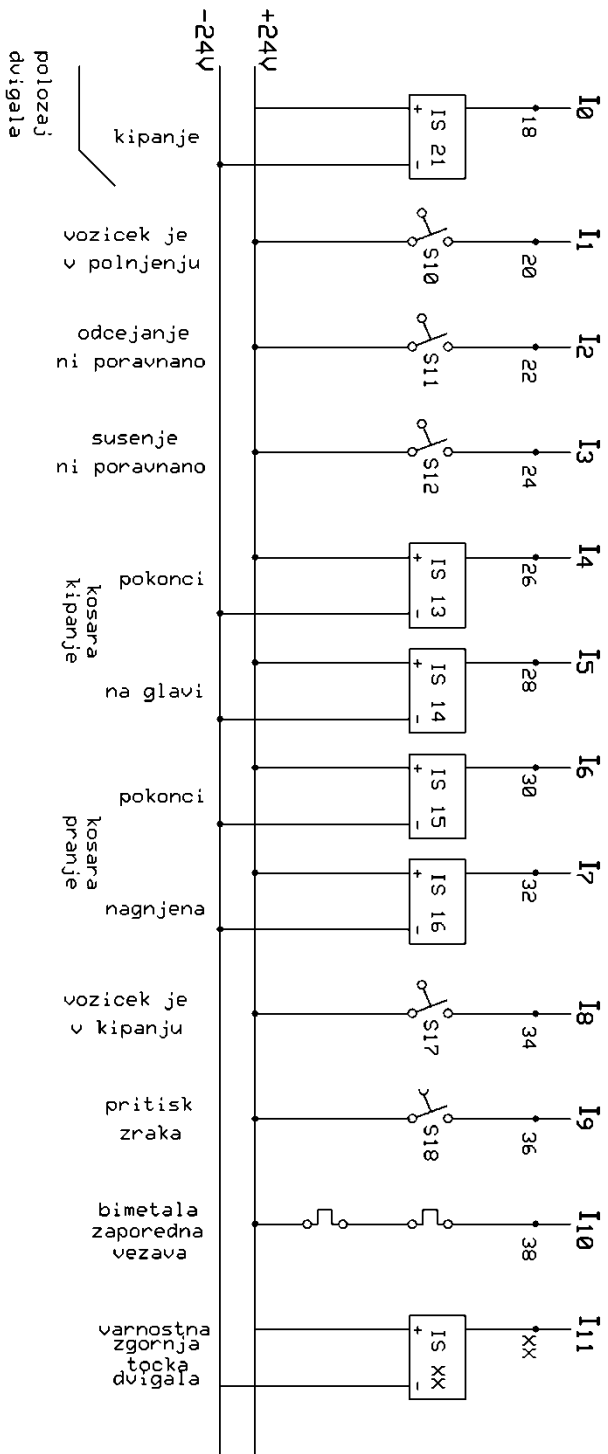
TKG d.o.o.

Pralna linija

Bozo Jurjević

Priloz Noe  
List 2 od 9

PLC1 QX



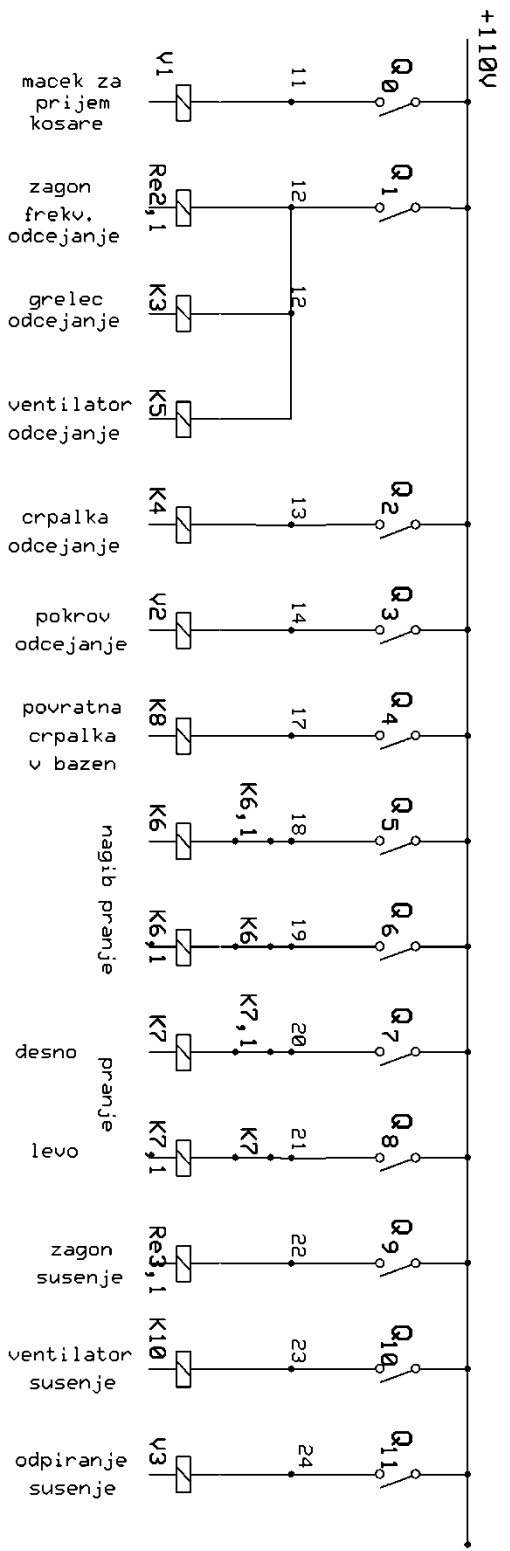
TKG d.o.o.

Pralna linija

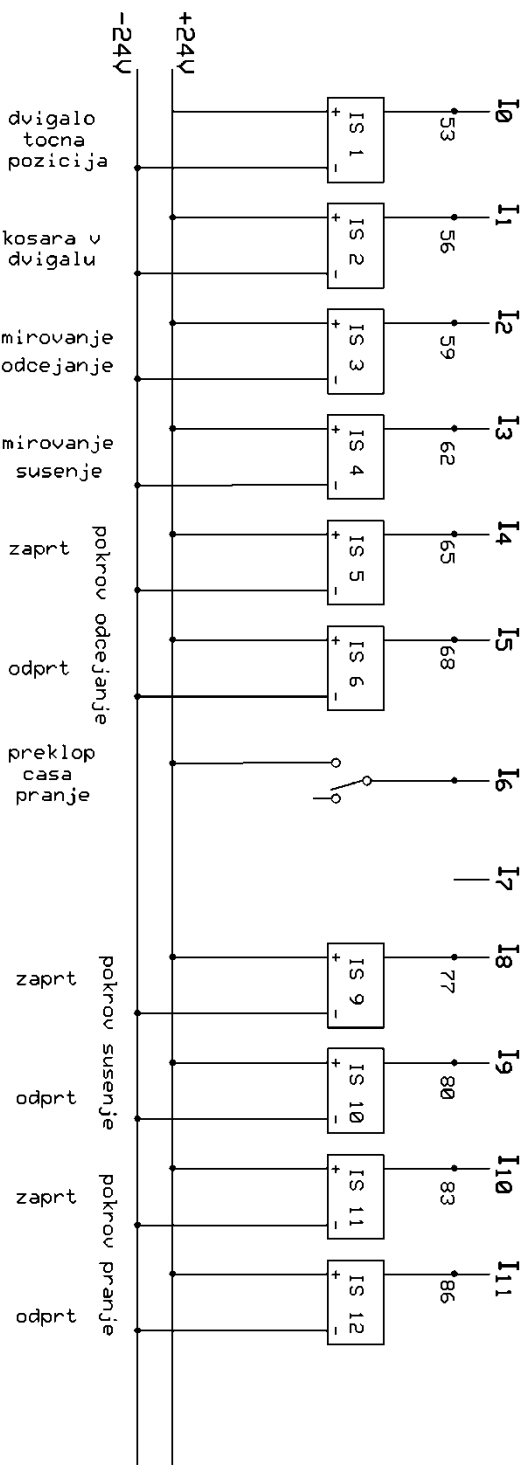
Bozo Jurjević

Primož Noe  
List 3 od 9

PLC2 IX



<b>TKG d.o.o.</b>		
<b>Pralna linija</b>		
Bozo Jurjencic	Primož Nov	PLC2 0X
	List 4 od 9	



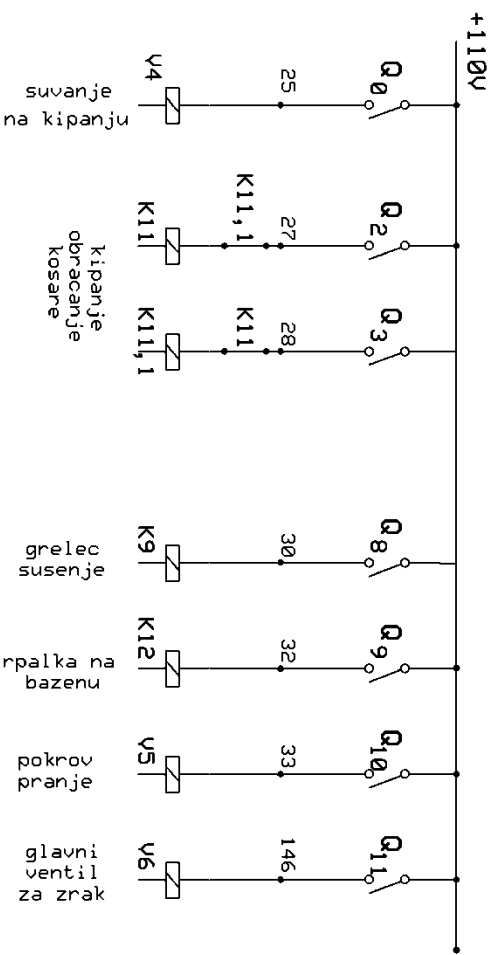
TKG d.o.o.

Pralna linija

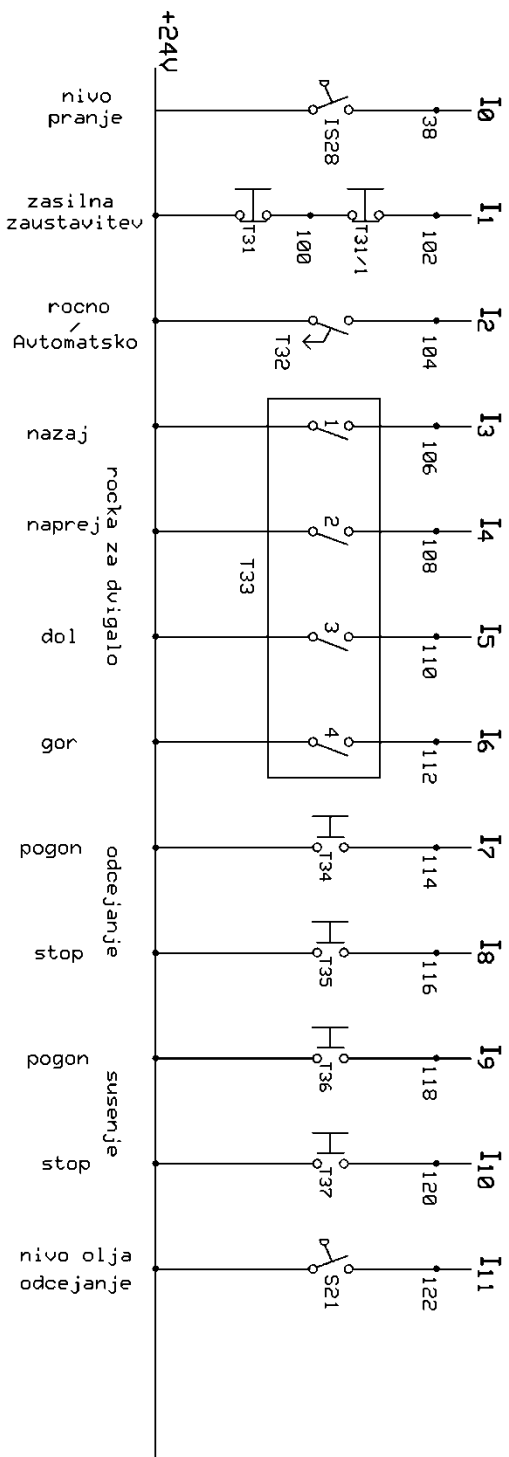
Bozo Jurjčević

Primož Noe  
List 5 od 9

PLC3 IX



Company Name		
Schematic Name		
Designer's name	Rev 1.0	Page # or name
	List 6 od 9	



TKG d.o.o.

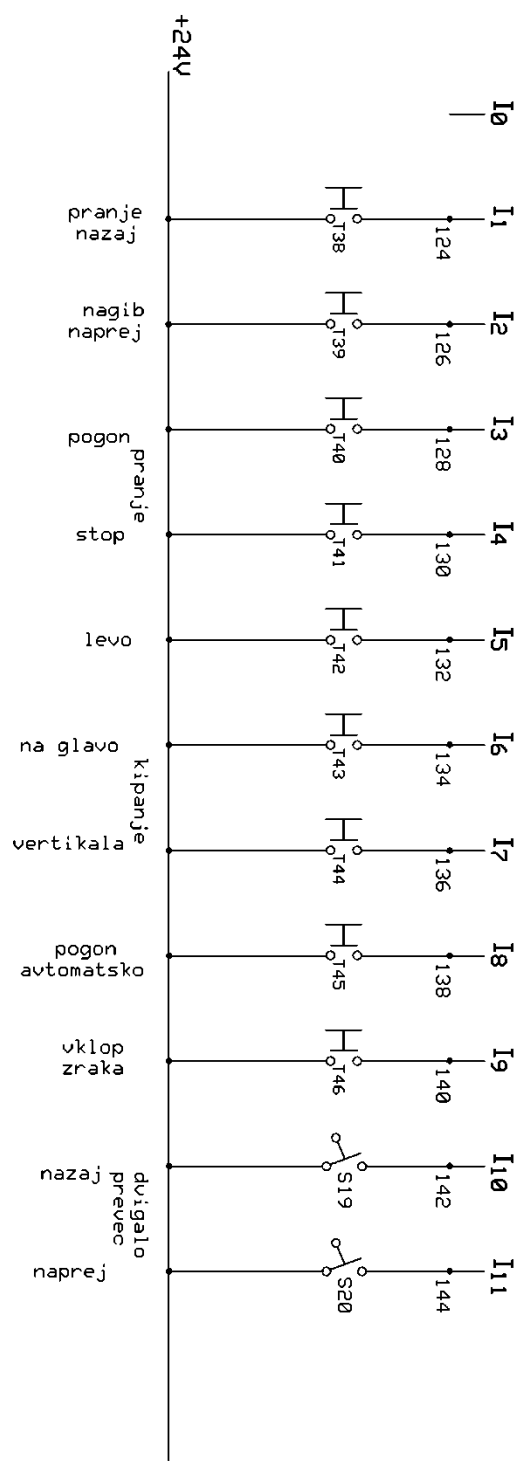
Pralna linija

Bozo Jurjencic

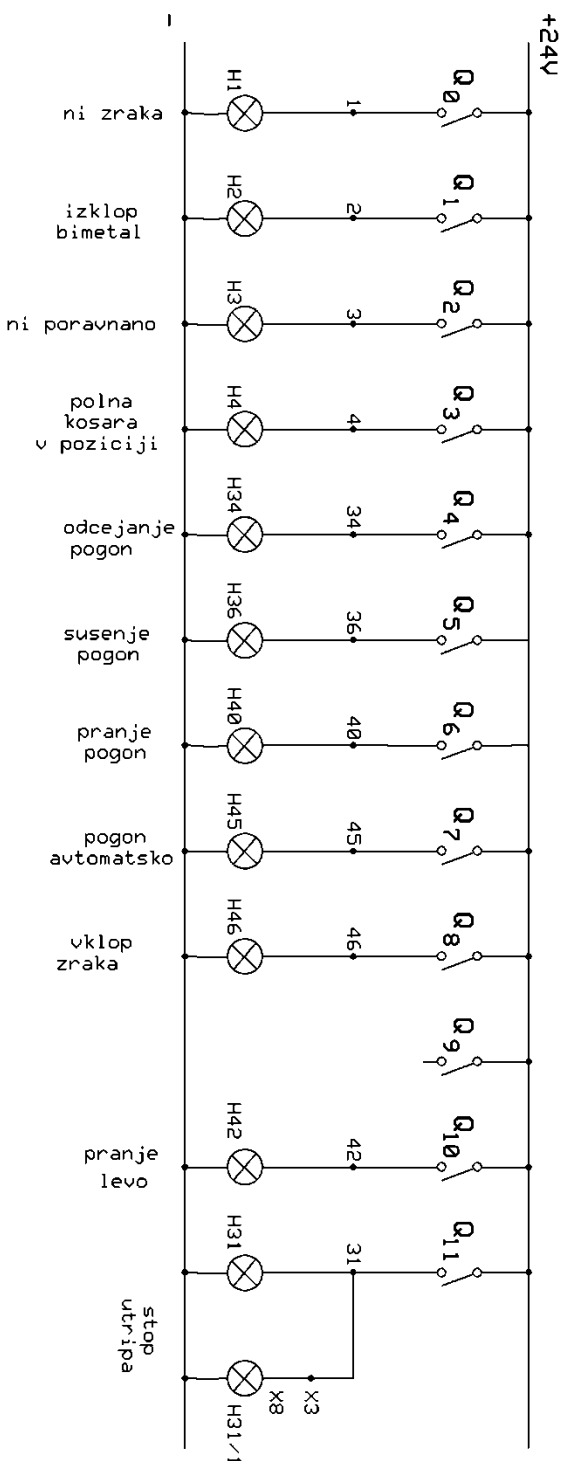
Priloz Nbe

List 7 od 9

PLC4 IX



<b>TKG d.o.o.</b>		
<b>Pralna linija</b>		
Bozo Jurjević	Priloz Noe	PLCS IX
	List 8 od 9	



TKG d.o.o.

Pralna linija

Bozo Jurjencic

Primez Noe  
List 9 od 9

PLCS 0X