



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu kolledž

AS VIIRATSI SAEVESKI PALGIKASTMIS- SÜSTEEMI MODERNISEERIMINE

MODERNIZATION OF VIIRATSI SAWMILL LOG IRRIGATION SYSTEM

RAKENDUSKÕRGHARIDUSTÖÖ

Üliõpilane: Arne Reinberg

Üliõpilaskood: 207741EDTR

Juhendaja: Ago Rootsi, lektor
Priit Poopuu, tööstusautomaatik

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneriplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

01.2024

Autor: Arne Reinberg

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

01.2024

Juhendaja: Ago Rootsi

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

01.2024

Kaitsmiskomisjoni esimees: Aime Ruus

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Arne Reinberg

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose AS Viiratsi Saeveski palgikastmissüsteemi moderniseerimine,

mille juhendaja on Ago Rootsi,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

01.2024

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Tartu Kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Arne Reinberg, 207741EDTR

Õppekava, peeriala: Telemaatika ja arukad süsteemid EDTR17/18, Küberfüüsikalised süsteemid

Juhendaja(d): Ago Rootsi, lektor, +372 56629821

Priit Poopuu, tööstusautomaatik, +372 5567 8357

Lõputöö teema:

AS Viiratsi Saeveski palgikastmissüsteemi moderniseerimine

Modernization of Viiratsi Sawmill log irrigation system

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kirjutada uus automaatika palgikastmise süsteemile
2. Tuua välja erinevused eelnevaga
3. Anda ideid süsteemi täiustamiseks

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lähteülesanne	01.03.23
2.	Programmi kirjutamine	01.05.23
3.	Visualiseerimine	01.06.23
4.	Töö kirjutamine	01.11.23
6.	Parandused	11.01.24

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 11.01.2024

Üliõpilane: Arne Reinberg / allkirjastatud digitaalselt / 01.2024 a

Kaasjuhendaja: Priit Poopuu / allkirjastatud digitaalselt / 01.2024 a

Juhendaja: Ago Rootsi / allkirjastatud digitaalselt / 01.2024 a

Programmijuht: Aime Ruus / allkirjastatud digitaalselt / 01.2024 a

SISUKORD

SISSEJUHATUS	8
1 Ülesande analüüs	10
2 Programmeeritavad Loogikakontrollerid	11
2.1 Kontrolleri tüübid	11
2.1.1 Kontrolleri seeriad	12
2.1.2 S-tüüp	12
2.1.3 C-tüüp	12
2.1.4 T-tüüp	12
2.1.5 F-tüüp	13
2.2 Andmeedastus protokollid	13
2.2.1 Profibus	13
2.2.2 Profinet	14
2.3 Programmeerimine	14
2.3.1 Redelloogika	14
2.3.2 STL programmeerimine	16
2.3.3 SCL programmeerimine	17
3 Tarkvarad	19
3.1 Simatic Step 7	19
3.2 Totally Integrated Automation Portal	21
3.3 PLC Analyzer pro 6	22
4 niisutussüsteem	23
4.1 Niisutusvajadus	23
4.2 Pumpla	24
4.3 Programmi testimine	24
4.4 Visualisatsioon	25
4.4.1 Tsooni seaded	26
4.4.2 Niisuti seaded	27
4.4.3 E-maili teavitused	28
4.4.4 Niisutite graafik	29
4.5 Juhtimine	30
4.6 Küberturvalisus	31
4.7 Edasiarendused	31
KOKKUVÕTE	32
LISA	34
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	35

EESSÕNA (ABSTRACT)

Puitmaterjal on üks Eesti kohalikke tooraineid ja seda töödeldakse üha enam kohapeal ümber andes sellele toorainele lisaväärtust. Ehitusmaterjaliks ja mööblitootmiseks vajaliku puidu töötlemine algab saeveskitest. Et tagada kalli sisseseade katkestusteta töö tuleb palke varuda laoplatsile sest palkide kättesaadavus pole ajas ühtlane.

Et palgid laoplatsil ei rikneks (pragunemine kuivamisel, seente ja putukate kahjustused) tuleb neid hoida märjana. Palkide laoplatsil niisutamiseks kasutatakse vihmutussüsteeme. Vihmutamisega kaasneb vee- ja energiakulu, mida tuleb optimeerida.

Käesoleva töö ülesandeks on AS Viiratsi Saeveski palgi-laoplatside kastmissüsteemi moderniseerimine. Ülesande seadis tehasejuht Alari Leevit.

Niisutussüsteem, automaatika, PLC, Siemens

Lühendite ja tähiste loetelu

ATE – Automaatne testseade

Gb/s – Gigabitti sekundis

HMI – Visualiseerimise liides (*Human-machine interface*)

I/O – Sisendid/väljundid

Mb/s – Megabitti sekundis

PID juhtimine – proportsionaal-integraal-diferentsiaal juhtimine

PLC – Programmeeritav loogikakontroller

PN – Profinet andmevõrk

SIL – Turvastandard (*Safety Integrity Level*)

SMTP – Lihtne meiliedastusprotokoll (*Simple Mail Transfer Protocol*)

TIA Portal – Täielikult integreeritud automatiseerimise rakendus (*Totally integrated automation portal*)

SISSEJUHATUS

Lõputöö ülesanne tuli AS Viiratsi Saeveski tehasejuhi Alari Leevit poolt 2023. aasta kevadel. Käesoleva lõputöö põhieesmärgiks oli moderniseerida vananenud süsteemi, tõsta efektiivsust ning lisada uusi juhtimisfunktsioone. Saeveski palgikastmises on kasutusel Siemens 300 seeria kontrollid (~10 aastat vana) ja programmeerimistarkvara Step7 (~20 aastat vana). Niisutussüsteemi juhib Grundfos pump, mis saab vee tehistiigist ja kaevust. Süsteemi uuendusega saab luua mitmeid kastmissüsteeme, lisada niisuteid mitmesse tsooni korraga, seisata automaatselt kastmissüsteem vihmaajal korral ning saata pumpade häireid e-posti aadressile, et suvel vältida palkide kuivaksjäämist.

Saetööstuse põhitooraineks on palkid. Toorainepuuduse vältimiseks tuleb hoiustada ja sorteerida materjali, vastavalt sellele, millist tüüpi metsa parasjagu langetatakse. Üks hoiustamistingimustest on palkide niisutamine, et kaitsta materjali bakterite, putukate, seente ja lõhenemise eest [1].

Enda teemaga kurssiviimiseks kasutasin ühte uurimustööd „*Wet storage of timber*“, mis käsitles Rootsi ja Läti saeveskide palgiplatside niisutussüsteemide vee koostist. Töö oli üles ehitatud rohkem vee uurimisele, kuid sobis mulle ideaalselt, et saada baasteadmised niisutussüsteemist, veeringlusest ja palkide hoiustamisnõuetest. [1]

Veel näited niisutussüsteemidest leidsin raamatust „*Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*“. Raamat on kirjutatud projekti põhjal, mis käsitles 15 erinevat süsteemi ning kirjeldab kuidas ökonoomselt ja finantsiliselt efektiivselt majandada. [2]

Kontrollerite valik on suur, mistõttu tuli põhjalikult analüüsida süsteemi nõudlust ja nüansse. Esimeseks kriteeriumiks oli ühilduvus ülejäänud saeveski riistvaraga. See kitsendas valiku Siemensi toodetele. Järgnevalt tuli otsustada, kas valida standardne kontrollid või on vaja turvaprogrammi või tehnoloogia võimekusega kontrollid. Niisutussüsteemi hakkab juhtima Siemensi programmeeritav loogika kontrollid 1510SP-1 PN [3]. Siemensi kontrollid programmeerimiseks on Siemensil kaks enda tarkvara. Vanem programm on Simatic Step 7 ja uuem Totally Integrated Automation Portal [4].

Kontrolleri programmeerimiseks kasutatakse TIA Portal-it, mis on Siemens AG poolt välja töötatud uuem tarkvara, mis on mõeldud tööstuslike automatiseerimissüsteemide projekteerimiseks, haldamiseks ja hooldamiseks. See võimas ja kasutajasõbralik tarkvara pakub erinevaid funktsioone, mis hõlmavad nii riistvara kui ka tarkvara projekteerimist, programmeerimist, testimist, diagnostikat ja simulatsiooni. TIA Portal

võimaldab inseneridel ja programmeerijatel automatiseerimisprojektidega töötades säästa aega ja suurendada tõhusust, luues integreeritud ja ühtse automatiseerimiskeskonna. [5]

Viimaks tuleb luua ühendused Hajus-IO, pumpade ja kontrolleri. Siemens AG poolt välja töötatud tööstusliku Etherneti tehnoloogia standardid on ProfiNet ja ProfiBus, mis võimaldavad reaajas suhtlust automaatikasüsteemide vahel. [6]

1 ÜLESANDE ANALÜÜS

Ülesandeks on moderniseerida niisutussüsteem. Tuleb välja vahetada kontrollid, lugeda pumpla andmeid, sealhulgas saata häirete teavitused e-postina, lisada uusi juhtimisfunktsioone ja integreerida vihmaandur.

Esiteks tuleb analüüsida uue süsteemi nõudlust. Vaja kokku lugeda andurite, niisutite ja muude seadmete hulk. Vastavalt sellele saab hakata valima kontrollid. Kontrollid peab olema piisavalt mälu, arvutusvõimsust ja moodulite võimekust, et ühendada kõik sisendid ja väljundid süsteemi haldamiseks. Veel üheks valikukriteeriumiks oli tootja, sest ülejäänud saeveski kasutab peamiselt Siemensi kontrollid.

Järgnevalt on vaja luua ühendused seadmete vahel. Tähtis on stabiilsus, et seadmete vahel ei tekiks infosulge, kiirus, et andmed oleks edastatud igas programmitsükli ja mürakindlus, et vibratsioon ja juhtimepuntrad signaali ei häiriks.

Juhtimisprogrammi kirjutamiseks tuleb valida sobiv tarkvara. Siemensi kontrollid programmeerimiseks kasutatakse tarkvarasid Step7 ja TIA Portal.

Kui programm on valmis, algab testimise faas. Seda on mõistlik teha mõne kontrollidiga, mis parasjagu ühtegi süsteemi ei juhi. Testimise lihtsustamiseks tuleb järgnevalt valmis teha visualisatsioon. Kui programm on põhjalikult testitud ja vead parandatud võib välja vahetada kontrollid.

2 PROGRAMMEERITAVAD LOOGIKAKONTROLLERID

Programmeeritavaid loogikakontrollereid hakati kasutama 70-datel tööstusautomaatika ja juhtimissüsteemide jaoks, et asendada kohmakaid juhtmesüsteeme ja releeühendusi. See on loodud mitmesuguste masinate ja protsesside jälgimiseks ja juhtimiseks tootmises ja muudes tööstuslikes seadetes. PLC-d on mõeldud täitma konkreetseid ülesandeid, töödeldes andurite ja lülite sisendandmeid ning genereerides seejärel väljundsignaale täiturmehhanismide ja seadmete juhtimiseks. Need on tuntud oma töökindluse, vastupidavuse ja karmis tööstuskeskkonnas töötamise võime poolest. PLC-d mängivad olulist rolli tööstusprotsesside automatiseerimisel ja optimeerimisel, tõhususe parandamisel ja ohutuse tagamisel erinevates tööstusharudes. [8]

2.1 Kontrolleri tüübid

Kontrollerite tootjaid on maailmas palju – Omron, Yaskawa, Siemens, Schneider jpt. Saeveski süsteemi ühtsena hoidmiseks, sai antud projekti valitud just Siemensi kontroller, sest seda on saeveskis kõige rohkem kasutusel. Nii on programmeerijatel mugav taaskasutada olemasolevaid funktsioone, elektrikutel lihtne teha ühendusi ning ka laos hoida varukontrollereid, mooduleid ja muid ühilduvaid seadmeid.

Siemensi kontrollerid jagunevad võimekuse ja funktsionaalsuse järgi (Lisa 1 Siemens S7-1500 seeria kontrollerite võrdlus). Võimekus väljendub seerianumbris ja funktsionaalsuse tähistab sümbol peale seerianumbrit. Antud süsteem on suhteliselt kompaktne - puudub turvasüsteem, vajalik väikest arvutusvõimsust ning vähest mälu kasutust. Püüdes teha tulevikukindlat süsteemi ja arvestades eeltoodud tingimusi, sai valitud üks soodsamaid kontrollereid S7-1500 seeriast. Kontroller 1510SP-1 PN täidab vajalikud kriteeriumid niisutussüsteemi juhtimiseks.

2.1.1 Kontrolleri seeriad

Siemensi kontrollid jagunevad mitmeks seeriaks –300, 400, 1200 ja 1500. Esimene number näitab seeriat ja järgnevad numbrid vastava seeria kontrolleri võimekust. Peamisteks erinevusteks on lisamoodulite arv, tsükliäeg, erinevate andmetüüpide arvutuskiirus ning mälu maht. [9]

2.1.2 S-tüüp

S tähistab standardset kontrollit. Sobib süsteemidesse, kus juhtimiseks piisab analoog või digitaal sisenditest ja väljunditest. [10]

2.1.3 C-tüüp

C tähistab kompaktsust, ehk kontrollit on mõõtudelt väiksem, sinna ei saa juurde lisada mooduleid – kuni 32 sisendit ja väljundit, töö mälu ja tsükliäeg on kehvemad võrreldes teiste kontrolleri tüüpidega. Sobib väikestes süsteemidesse. [10]

2.1.4 T-tüüp

T tähistab tehnoloogia kontrollit, millel on võimekus juhtida täpseid liigutusi – sünkroniseerimine, positsioneerimine veovõlli või x-, y-, z -telje järgi, käigu vahetus, PID juhtimine, objekti haaratsid, robotkäed. [11]

2.1.5 F-tüüp

F tähistab turvaprogrammi võimekusega kontrollereid. Sellele kontrollereile saab lisada turvamooduleid kuhu tulevad signaalid turvaelementidelt. Turvaelemendid saadavad korrasolekul alati signaali 1 ehk tõene. Kui oleks see tehtud teisiti siis turvaelemendi rikke või elektrikatkestuse korral ei teaks süsteemi peatada. [12]

Turvastandardeid on neli ja neid tähistatakse SIL 1-4. SIL 1 – vältida pisivigastusi, SIL 2 – vältida tõsiseid vigastusi, SIL 3 – vältida surmajuhtumeid, SIL 4 – vältida katastroofilisi õnnetusi. [13]

2.2 Andmeedastus protokollid

Profibus ja Profinet on kaks laialdaselt kasutatavat sideprotokolli tööstusautomaatika süsteemides. Profibus andmevõrk ühendatakse jadamisi, Profinet tähtvõrguna. Profinet on uuem tööstuskommunikatsiooni standard. See põhineb PROFIBUS-i rajatud vundamendil, kuid kasutab Etherneti tehnoloogiat, muutes selle sobivaks rakendustele, mis nõuavad veelgi suuremat ribalaiust, kiirust ja mastaapsust. [14]

2.2.1 Profibus

Profibus andmeside loodi 1989. aastal Saksamaa haridus- ja teadusinstituudi poolt. Põhiülesandeks on andmeedastus digitaalsel kujul, mis vähendab juhtmete vedamise vajadust. Profibus võimaldab sidet mitmete automaatika-, inseneri- ja visualiseerimissüsteemide vahel. Protokoll eristab kahte tüüpi seadmeid – ülem ja alam. Ülemseade juhib kommunikatsiooni ja saab andmeid küsida alamseadmetelt ilma välise loata. Alamseadmeteks võivad olla digitaalsed sisendid ja väljundid, klapid, ventiilid, sagedusmuundurid, andurid. Profibus protokolliga toetatavatel seadmetel võib olla erinevad karakteristikud – edastuskiirus, diagnostika signaalide arv, tsükli-aeg. Maksimum andmeedastus kiirus on 32 Mb/s. [15]

2.2.2 Profinet

PROFINET on tööstuslik võrguprotokoll ja -tehnoloogia, mis on mõeldud automaatika- ja tootmisprotsesside juhtimiseks ning andmete jagamiseks tööstuses. See on leidnud laialdast kasutamist tööstusautomaatika ja protsessikontrolli rakendustes, nagu tootmisliinide juhtimine, robotid, masinate juhtimine ja palju muud. See võimaldab efektiivsemat ja paremat tootmise juhtimist ning aitab ettevõtetel suurendada tootlikkust ja vähendada kulusid. Profinet kasutab Etherneti standardit mis võimaldab kiiret ja usaldusväärset reaalaaja andmeedastust, kuni 1 Gb/s ja tööstuslike seadmete ja süsteemide vahel. [6]

Niisutussüsteemi ühendused said tehtud Profinet võrguprotokolliga, sest see on kiirem ja palju mürakindlam kui selle eelkäija Profibus.

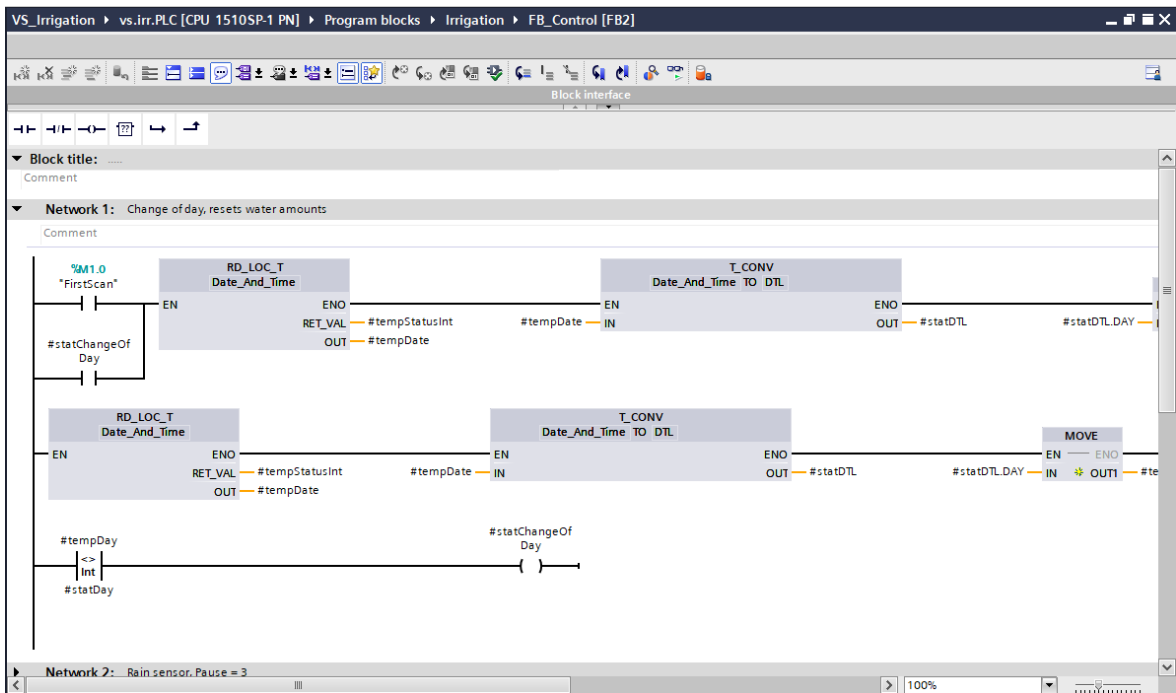
2.3 Programmeerimine

Automaatika juhtprogrammi kirjutamiseks on mitmeid viise – Redelloogika, STL, SCL. Neist kõige paremini jälgitav on Redelloogika [16]. Samuti tuleb programmeerimisel jälgida stiiljuhiseid, et peale sind ka järgmised spetsialistid saaksid kiirelt süsteemi hallata [17].

Eelneva automaatikaprogrammi analüüsimisel tuli õppida lugema STL keelt, uue juhtimisprogrammi kirjutamisel kasutasin eelkõige SCL keelt ja redelloogikat.

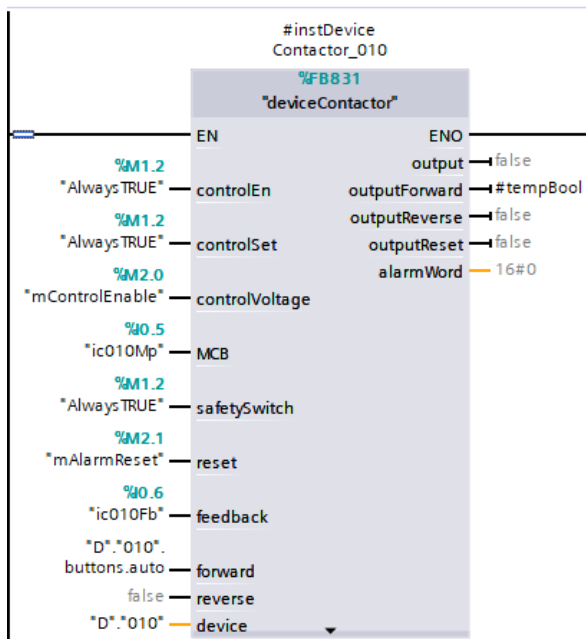
2.3.1 Redelloogika

Redelloogika on väga hea diskreetseks juhtimiseks. Redelloogika puuduseks on ainult halb kuvatavus ekraanil, sest kood kulgeb vasakult paremale ja ekraani pind on piiratud.



Joonis 2.1 Redelloogika näidis

Kogu kood on kirjutatud madalaimale juhtimistasemele. Kui on vaja üldisemat arhitektuuri või programmi ülevaadet, tuleb see ise kujundada. Kõige mugavam viis selleks TIA Portal-is on kasutada funktsiooniplokke. Kui programmeerija on standardiseerinud enda jaoks ühe funktsiooniploki teab ta täpselt kuidas see toimib ja siis ei ole tarvis igakord uurida selle toimimist, vaid piisab väliselt funktsiooniplokile otsavaatamisest. [18]



Joonis 2.2 Funktsiooniplokk

Redelloogika loomine masina või protsessi põhiteadmistest on programmeerija visioon. Kogenud programmeerija suudab redeliloogikat üsna lihtsalt välja mõelda, kuid seda ei oska jälgida keegi, kes tunneb ainult kontrollitavat protsessi. Selle tulemuseks on tüütu tõrkeotsing ja keeruline suhtlus programmeerija ja teiste osapoolte vahel, kes soovivad programmi toimimist mõista. Kuna kodeerimisprotsess sõltub isiklikust stiilist, ei leia kaks programmeerijat kunagi sama rakenduse jaoks sarnast loogikat. See tähendab, et programmil ei ole standardstruktuuri. Redelloogikal on väga piiratud programmivoo juhtimise käsud, seetõttu ei kasutata hästi protsessori ressursse. Igal skaneerimisel ehk tsükliil lahendatakse kogu programm. Iga andmeväärtust testitakse igal tsükliil olenemata sellest, kas see on seadme praeguse töö jaoks asjakohane või mitte. Tüüpilise protsessi puhul on antud skaneerimisel asjakohane ainult osa programmist, suur osa lahendatud koodist käivitatakse korduvalt ilma tulemust muutmata. Protsessor lahendab sama koodi ikka ja jälle, arvestamata sellega, mis on asjakohane või mis võis protsessis olla muutunud, et vajada uut juhtimistulemust. [18]

Redelloogika ei paku loomulikku protsessidiagnostikat. Sageli lisatakse diagnostika algele juhtimisprogrammile eraldi koodikoguna. Selle tulemusena töötab diagnostika korralikult ainult siis, kui seda hooldatakse koos juhtimisprogrammiga. Kui kontrollkoodis tehakse üksainus muudatus ilma sellega kaasnevat diagnostikat muutmata, muutub diagnostika tööriist kasutuks. [18]

Suurte programmide puhul on algne programmeerija tavaliselt ainus inimene, kes koodi eesmärgist tõeliselt aru saab. Isegi parim dokumentatsioon toimib enamasti meeldetuletusena algele programmeerijale. [18]

2.3.2 STL programmeerimine

STL-keel on kõrgetasemeline programmeerimiskeel, mis sarnaneb Lisp-ile ning omab C-sarnast süntaksit, mille alus pakub mitmekülgset platvormi erinevate arvutipõhiste disainitööriistade loomiseks. STL on struktureeritud kui interaktiivne käsureakeel, pakkudes suhteliselt väikest hulka regulaarseid käsklusi. See kujundusvalik lihtsustab keelt, muudab selle õppimise ja kasutamise hõlpsaks ning aitab luua funktsionaalseid testprogramme. Keel sisaldab käsklusi veaotsinguks ja programmide jälitamiseks, muutes disaineritele ja testiinseneridele lihtsamaks käitumismudelite ja funktsionaalsete testide analüüsi ja kontrolli. [19]

☐ Network 3 : Hatches ready to operation

```
SET
A(
AN  "xAToukTlDis"
O(
A   "t_ToukRdyYN"
A   "xRGearMasterRnd"
)
)
A   "jvAToukCommon"
=   M   255.0
SET
CALL "YNDelEx"
SG   :=M255.0
Y_Time :="D_T".tToukRdyY
N_Time :="D_T".tToukRdyN
YN_Timer:= "tToukRdyYN"
DEL   := "t_ToukRdyYN"
SET
A     "t_ToukRdyYN"
=     "xToukCrt1En"
```

☐ Network 4 : Hatches control inhibit

```
SET
A   "xToukCrt1En"
JC  ctEn
L   L#0
T   "eToukMirrLo"
T   "eToukMirrHi"
ctEn: SET
```

Joonis 2.3 STL koodi näide

2.3.3 SCL programmeerimine

Lisaks traditsioonilistele juhtimisülesannetele oodatakse tänapäeva programmeeritavalt kontrollerilt üha enam andmehaldusülesannete ja keerukate matemaatiliste toimingute käsitlemist. Traditsiooniline redelloogika programmeerimine on muutunud jõuetuks, kui seisame silmitsi üha keerukamate juhtimisnõuetega. SCL on kõrgetasemeline tekstipõhine programmeerimiskeel, mis sarnaneb Pascaliga. Võrreldes teiste programmeerimiskeeltega sobib SCL just nende keerukate matemaatiliste algoritmide programmeerimiseks ja andmehaldus ülesanneteks. Standardsed funktsiooniplokid saavad SCL-iga hõlpsasti kirjutatud, et rakendada erinevaid algoritmid - PID-juhtimine, analoog väärtuste teisendamine, närvivõrkude koostamine. SCL programm on kokkuvõtlik, kompaktne ja kergesti mõistetav. [20]

Network 3: Valve status

Comment

```
1 FOR #i := 0 TO #constValveArrayLoop DO
2   IF #Valves[#i].enabled THEN
3     #Valves[#i].status := 1;
4   END_IF;
5   IF #Valves[#i].running THEN
6     #Valves[#i].status := 2;
7   END_IF;
8   IF #Valves[#i].dailyRuntimeReached THEN
9     #Valves[#i].status := 5;
10  END_IF;
11  IF #Valves[#i].manual THEN
12    #Valves[#i].status := 3;
13  END_IF;
14  IF #Valves[#i].fault THEN
15    #Valves[#i].status := 4;
16  END_IF;
17  IF #Valves[#i].enabled = FALSE THEN
18    #Valves[#i].status := 0;
19    #Valves[#i].running := 0;
20  END_IF;
21 END_FOR;
22
```

Joonis 2.4 SCL koodi näide

3 TARKVARAD

Siemens on end tõestanud tööstusautomaatika vallas silmapaistvalt oma tarkvaralahendustega, mis mängivad olulist rolli tõhususe, innovatsiooni ja töökindluse suurendamisel paljudes tööstusharudes. Üks juhtivaid pakkumisi on Siemensi tarkvarapakett, mis hõlmab mitmesuguseid inseneritööriistu, mis on kohandatud kaasaegse tööstusautomaatika keerukatele vajadustele. Need tarkvaralahendused on välja töötatud tipp tehnoloogia ja tööstusprotsesside sügava mõistmisega ning on kavandatud automatiseerimissüsteemide kogu elutsükli sujuvamaks muutmiseks. Alates esialgsest projekteerimisest ja programmeerimisest kuni kasutuselevõtu, kasutamise ja hoolduseni, pakub Siemensi tarkvara ühtset ja sujuvat lähenemist keerukate automatiseerimisülesannete lahendamisele. [21]

Lisaks soodustab Siemensi tarkvara pingutuseta integreerimist teiste Siemensi toodetega, võimaldades sujuvat suhtlust arvukate tööstusseadmetega, mis omakorda soodustab diagnostika- ja tõrkeotsingu võimalusi, andes inseneridele eelise kiiresti probleeme tuvastada ja kõrvaldada, vähendades seega seisakuid ja parandades süsteemi üldist töökindlust. [21]

3.1 Simatic Step 7

Step 7 on Siemensi poolt 1994 aastal välja töötatud tarkvara, mis on terviklik inseneritööriist S7-300 ja S7-400 seeria programmeeritavate loogikakontrollerite programmeerimiseks ja konfigureerimiseks. See pakub kasutajasõbralikku liidest ja võimsaid funktsioone, mis hõlbustavad automaatikasüsteemide projekteerimist, kasutusele võttu ja hooldust. [4]

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type
System data	---	---	---	SDB
OB1	MAIN	LAD	572	Organization Block
OB40	Hw_INT0	STL	42	Organization Block
OB100	COMPLETE RESTART	STL	42	Organization Block
OB121	PROG_ERR	LAD	38	Organization Block
FB99	DATETIME	STL	192	Function Block
FB102	PosHelp4Positions	LAD	198	Function Block
FB103	FeedTakt	LAD	768	Function Block
FB200	AG_SEND/AG_RECV	LAD	1322	Function Block
FC5	PcProc	STL	600	Function
FC6	HC0Reset	LAD	132	Function
FC7	PAK Recipe	LAD	1040	Function
FC8	PAK_Calc(test)	LAD	510	Function
FC9	PAK Lamps	LAD	46	Function
FC10	PAK K - 0 - A	LAD	402	Function
FC12	PAK konveierid IN	LAD	2714	Function
FC13	PAK Puhvrid 1-3	LAD	842	Function
FC14	PAK Tappkett	LAD	1334	Function
FC15	PAK Kihiloendus	LAD	932	Function
FC16	PAK Laduja	LAD	2166	Function
FC18	PAK Lift	LAD	1190	Function
FC20	PAK konveierid OUT	LAD	786	Function
FC24	PAK KuivaLipi Calc	LAD	414	Function
FC25	PAK Lipiraam	LAD	1202	Function

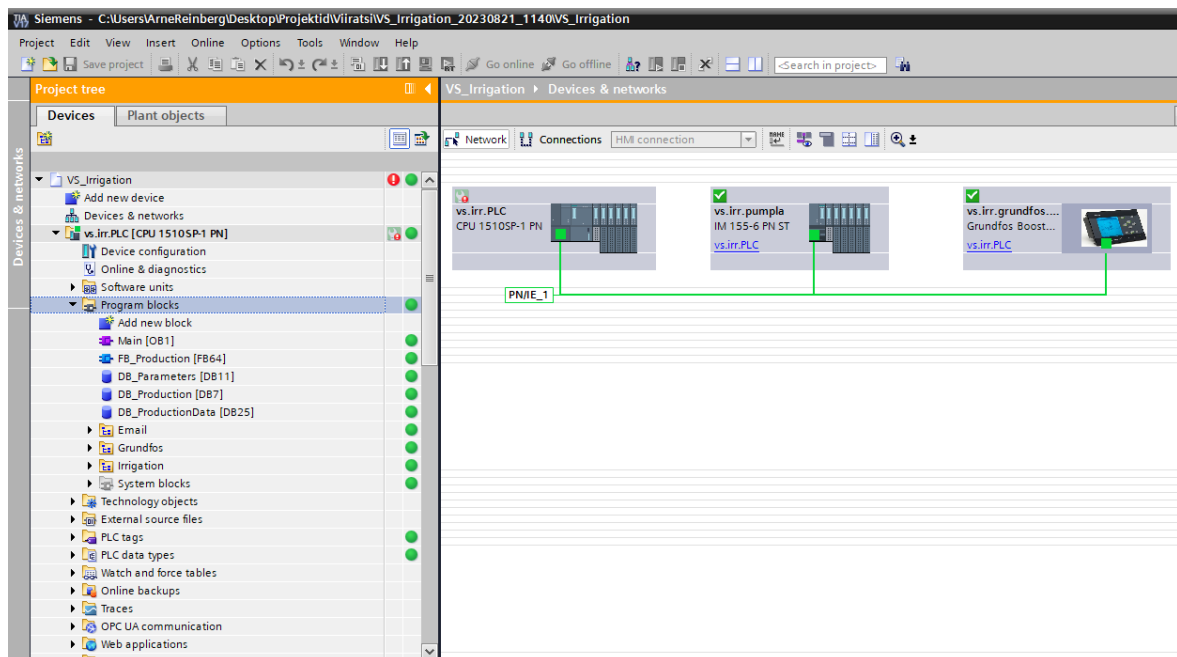
Joonis 3.1 Simatic Step 7 kasutajaliides

Step 7 pakub laias valikus programmeerimiskeeli, sealhulgas redelloogikat, funktsiooniplokkskeeme ja struktureeritud teksti, mistõttu sobib see erinevate automatiseerimisülesannete jaoks. Tarkvara toetab sujuvat integreerimist teiste Siemensi toodetega ja suudab suhelda paljude tööstusseadmetega. Samuti pakub see täiustatud diagnostika- ja tõrkeotsinguvõimalusi, tagades tööstusprotsesside tõhusa ja usaldusväärse toimimise. Oma mitmekülguse ja kasutajasõbralike funktsioonidega on Step 7 väärtuslik tööriist tööstusautomaatika valdkonna professionaalidele. [4]

Varemalt niisutussüsteemi juhtis Siemens S7-300 seeria kontrolleri ja selle programmeerimine käis Step 7-ga. Varasema juhtimissüsteemi arusaamiseks ja analüüsimiseks pidin ka ise Step 7 kasutama. Antud programmi kasutajaliides erineb drastiliselt TIA portaalist – tuli palju ümber õppida.

3.2 Totally Integrated Automation Portal

Täielikult integreeritud automatiseerimise (TIA) portaal on Siemensi välja töötatud terviklik inseneri tarkvaraplatform, mis hõlbustab tööstusautomaatika süsteemide juhtimist. See integreerib ühtsesse keskkonda erinevad inseneriülesanded, nagu PLC programmeerimine, visualiseerimise liidese (HMI), liikumisjuhtimise konfiguratsioon (enkoodrid ja servomootorid) ja ohutustehnika. See võimaldab sujuvat andmevahetust erinevate seadmete vahel, optimeerides tõhusust kogu automatiseerimisprojekti vältel. [22]



Joonis 3.2 TIA Portal kasutajaliides, võrgukonfiguratsioon

Võrreldes oma eelkäijaga Step 7 pakub TIA Portal mitmeid olulisi eeliseid. Täiustatud kasutajaliides, mis muudab selle kasutajasõbralikumaks ja kättesaadavamaks nii kogenud kui ka algajatele inseneridele. Täiustatud kasutatavus vähendab õppimiskõverat, võimaldades kiiremat kasutuselevõttu ja suuremat tootlikkust. Lihtsustatud integreerimine, see tähendab, et PLC-sid, HMI-sid, draive ja muid automatiseerimiskomponente saab hõlpsasti omavahel ühendada, võimaldades tõhusat andmevahetust ja koordineerimist. Suurem tõhusus ja jõudlus vähendab projekteerimisaega ja parandab süsteemi üldist jõudlust. Selle täiustatud funktsioonid, nagu optimeeritud koodi genereerimine ja simulatsioonivõimalused, aitavad kaasa tõhusamatele automatiseerimis süsteemidele. Täiustatud diagnostika ja tõrkeotsing aitavad probleeme kiiresti tuvastada ja lahendada. Süsteemiandmete reaajas jälgimine ja visualiseerimine võimaldavad inseneridel probleeme täpselt tuvastada ja parandada, vähendades seisakuid ja parandades süsteemi töökindlust. Siemens

uuendab ja täiustab pidevalt TIA portaali uute funktsioonidega. See tagab, et tarkvara jääb automatiseerimistehnoloogia esirinda, pakkudes kasutajatele juurdepääsu uudseimatele edusammudele ja kindlustades nende automatiseerimisprojektide tulevikukindluse. [22]

Siemens S7-1500 seeria kontrolleri programmeerimiseks kasutatakse TIA Portal.

3.3 PLC Analyzer pro 6

PLC-ANALYZER pro 6 on tarkvaratööriist loogika analüüsiks ja mõõdetud suuruste registreerimiseks PLC-ga juhitavates süsteemides. See võimaldab mugavalt hankida, esitada ja hinnata igat tüüpi PLC signaale. Nende hulka kuuluvad sisendid, väljundid, lipud, taimerid, loendurid, andmesõnad ja andmeplokid. [23]

Varustatuna tavalise loogika analüsaatori võimalustega ei vaja PLC-ANALYZER pro 6 tavaliselt PLC jaoks mingeid tarkvara- või riistvarakohandusi mõõtetulemuste saamiseks. See tuleneb olemasoleva PLC protokollide kasutamisest andmehankel, kus PLC-ANALYZER pro 6 kasutab tüüpilisi ühendusi programmeerimisseadmetega - LAN-ühendusi või automaatikavõrke. Programmeerimisseadmeid või PLC-ga ühendatud arvutit saab seega kasutada otse andmete hankimiseks ilma täiendavate kohandusteta. [23]

Analüsaator pakub väärtuslikku abi automatiseerimisprobleemide lahendamisel, eriti programmi testimisel kui väärtused muutuvad silmale märkamatul kiirusel.

4 NIISUTUSSÜSTEEM

Niisutussüsteemi projekt tuli kliendilt Viiratsi Saeveski AS, kui olin praktikal firmas PRT Automation OÜ. Probleemseteks kohtadeks olid vananenud kontrollid, limiteeritud funktsioonidega juhtimissüsteem, pumplast andmete kättesaadavus ning teavituste puudumine kui esines häireid. Niisutussüsteem on väga oluline osa saetööstusel et säilitada palkide kvaliteeti hoiustamisel [1].

Süsteem koosneb pumplast ning 22 niisutist[24]. Kõik signaalid on ühendatud hajus-IO külge, mis edastab andmed kontrollile üle Wi-Fi võrgu. Vältimaks suuri kaabeldustõid, paigutatakse tavaliselt liini äärde Hajus-IO. See on sisend-väljund moodulitega seade, kuhu koondatakse andurite info. Peale seda on vaja ainult andmeside kaablit Hajus-IO ja kontrolleri vahel. Juhtimiseks kasutatakse Siemens 1510SP-1 PN kontrollit.

Niisutushooaeg algab kevadel, kui temperatuur tõuseb üle 0 kraadi ja kestab sügiseni, kuni saabuvad öökülmad. Kõige ohtlikum on aeg, kui temperatuurid jäävad vahemikku 15 kuni 25 kraadi. [1]

4.1 Niisutusvajadus

Puidu kvaliteedi säilitamiseks on vaja jälgida niiskussisaldust, sest puidu kuivades on pragude tekkimise oht. Lisaks madal niiskussisaldus tingib puidupooride täitumise õhuga, mis soodustab seentele head elukeskkonda. Piisav kastmine aitab vältida putukate paljunemist, sest õõnsused on täidetud veega – pole sobivat kohta munemiseks ning vastsed upuvad. [1]

4.2 Pumpla

Pumplas on kaks Grundfos pumpa, mis on ühendatud CIM500 mooduliga, et saaks kasutada profinet ühendust [25]. Üks pumpadest on koguaeg varuks, see tähendab, et korraga töötab ainult üks. Pumpade tarkvaras on kirjeldatud intervall, mille järel vahetatakse ära põhipumba roll, et mõlema kulumine oleks võrdne.

Vett saadakse kaevust ja tehistiigist. Tiiki täidab palgiplatsilt üleliigne niisutusvesi ja vihmavesi. Enne kui niisutusvett uuesti kasutada saab tuleb see kõigepealt filtreerida, sest puidukoorest eraldub happelisi ühendeid.

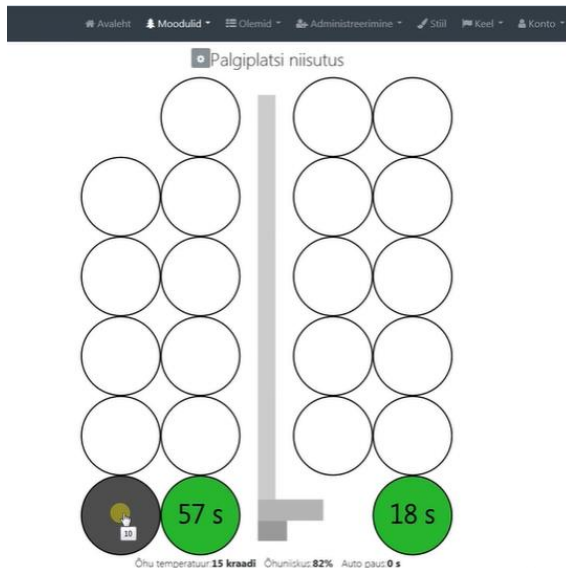
4.3 Programmi testimine

Programmi testisin kontoris oleva S7-1510SP-1 PN seeria kontrolleriiga, mis hiljem sai niisutussüsteemi juhtivaks kontrolleriks. Siemensi enda programm TIA Portal ei paku kõige mugavamat diagnostika tegemist, seega kasutasin tihti välist programmi PLC analyzer pro 6. Programmi kasutamiseks tuleb sisestada kontrolleri interneti aadress ja viidata projektile, kust andmed tulevaks, et programm suudaks pöörduda õigete mäluaadresside poole.

Kõige suurem probleem oli Grundfos pumbaga, nimelt ei toimunud profinet ühendus, kuigi manuaali järgi oli kõik korras. Sai küsitud abi isikute käest, kes varem on ühendanud taolist pumpa profinet võrku. Nende näidisprojekti uurides jäi silma et tarkvara versioonid ei kattunud. Peale uue tarkvara alla laadimist ja uuenduse tegemist saime lõpuks ühenduse korda.

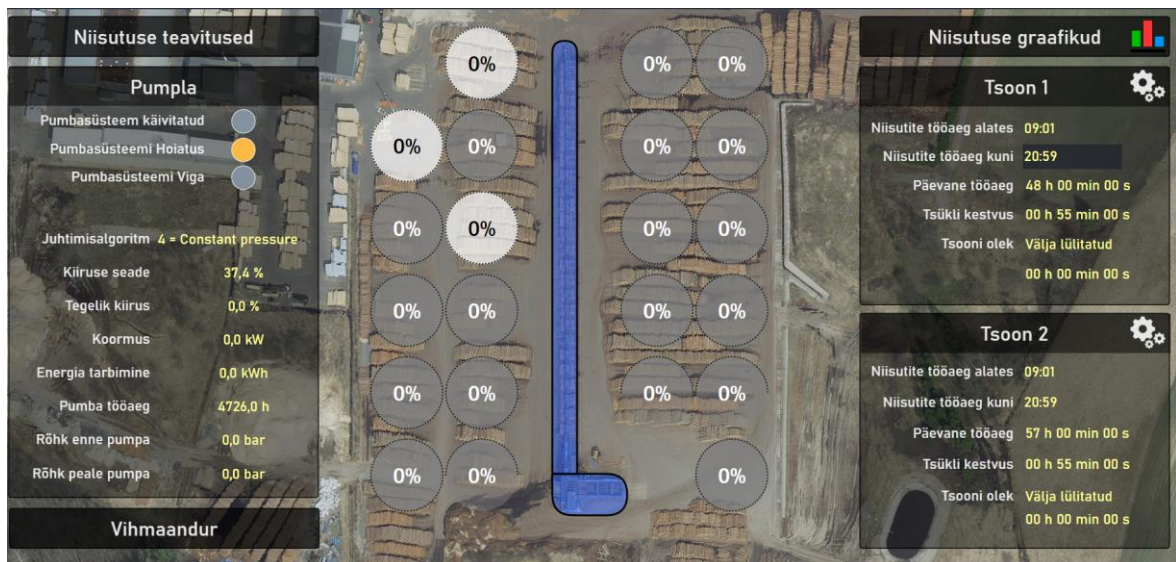
4.4 Visualisatsioon

Varasem versioon oli veebilehitseja põhine, kus kasutajaliides oli ehitatud Angular rakendusega ja tagasüsteem Javas. Andmeid hoiti MySQL andmebaasis. Kasutajaliidese ja tagasüsteemi sillaks oli REST API liides. Angular vormid oskavad serveris oleva REST API-ga suhelda, sealt andmeid küsida, neid andmeid välja näidata ja andmeid REST API-le saata, et neid kas salvestataks või soovitud tegevusi kontrolleri poolel teostataks.



Joonis 4.1 Algne niisutussüsteemi visualisatsioon

Uuendatud versioon on tehtud TIA Unified-s, mis on Siemensi oma visualiseerimis lahendus, mis toimib igas veebilehitsejas. Selleks on vaja arvutit, mis hoiab töös serverit, kus rakendus vaikimisi töötab.

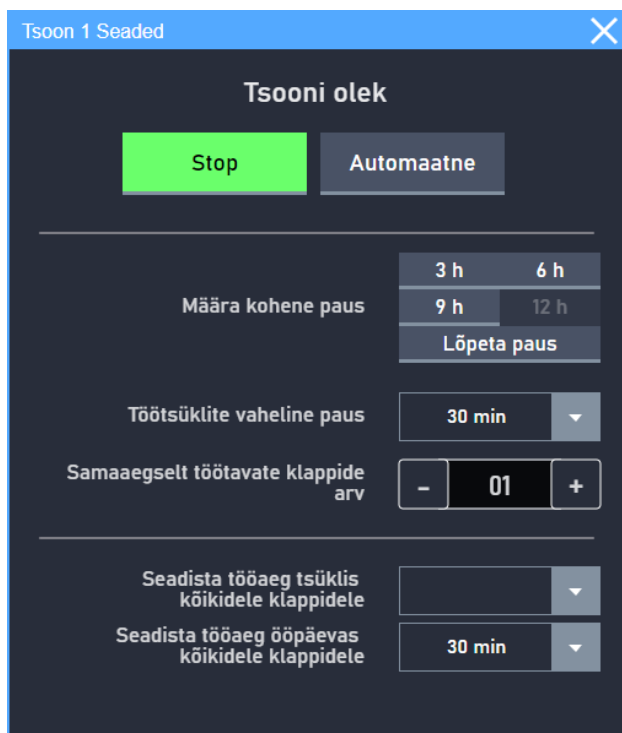


Joonis 4.2 Uuendatud niisutussüsteemi visualisatsioon

4.4.1 Tsooni seaded

Antud juhul on süsteem jagatud kaheks tsooniks. Algsaates on välja kuvatud tsooni tööaeg, mida saab muuta, päevane tööaeg, mis on arvatatud tsooni kuuluvate klappide tööajast, tsükli kestvus, mis on arvatatud niisutite ühe tsükli tööajast ja viimaseks tsooni olek. Kui tsoon on pausil on kuvatud ka pausi järelejäänud aeg.

Tsooni seadetes saab määrata tsooni olekut, kohest pausi, töötsükli vahelist pausi, samaaegselt töötavate klappide arvu. Lisaks on seaded millega saab määrata kõikidele tsooni kuuluvatele klappile sama tööaeg tsükli ja ööpäevas.



Joonis 4.3 Tsooni seaded

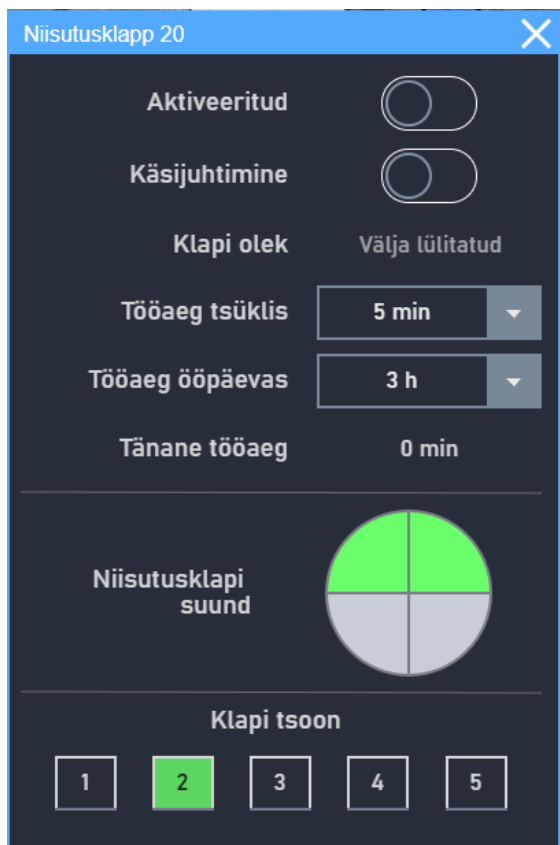
4.4.2 Niisuti seaded

Niisutile sai loodud oma andmetüüp, et muuta programm kompaktsemaks ja lihtsustada loetavust.

Tabel 4.1 Niisuti andmetüüp

Tunnus	Andmetüüp
Tsooni ID	Täisarvude massiiv
Aktiveeritud	Tõeväärtus
Käsijuhtimine	Tõeväärtus
Töötab	Tõeväärtus
Olek	Täisarv
Tsüklilise tööaja seadeväärtus	Täisarv
Tsüklilise tööaja tegelik väärtus	Täisarv
Päevase tööaja seadeväärtus	Täisarv
Päevase tööaja tegelik väärtus	Täisarv
Niisuti suund	Täisarv
Niisuti ulatus	Täisarv

Niisuti seadetes saab määrata, kas klapp on süsteemis kasutusel või mitte, teha käsijuhtimist, mis avab koheselt klapi, näeb klapi olekut, saab eraldiseisvalt määrata tööaega tsüklis ja ööpäevas, näha tänast tööaega, lisaks saab veel määrata klapi suunda ning tsoonidesse kuulumist.



Joonis 4.4 Niisutusklapi seaded

4.4.3 E-maili teavitused

Teavituste saatmine e-posti teel on usaldusväärne ja efektiivne kommunikatsioonimeetod, mis pakub mitmeid eeliseid. Esiteks on e-kirjad kohesed ning neid saab saata samaaegselt mitmele vastuvõtjale, tagades, et oluline teave jõuab sihtgrupini kiiresti ja tõhusalt. E-posti aadressid on ka kergesti salvestatavad ja taastatavad, mis muudab need ideaalseks meetodiks kriitilise teabe arhiveerimiseks. Lisaks saab e-kirju avada ka tööpostilt eemal olles, et ennast asjadega kursis hoida. Lõpuks saab e-kirju kohandada konkreetse teabe ja vormindamisega, mis võimaldab selget ja kokkuvõtvat suhtlust, mida on saajale lihtne mõista. Nende punktide põhjal sooviti ka meilt saada häirete teavitusi koheselt meilile. [7]

TIA Unified-i on sisseehitatud e-kirja saatmise komponent. Saatmiseks on vajalik meiliedastusprotokoll (SMTP). See vajab mõnda meiliedastus keskkonda – Outlook, Gmail vms. Gmailis on võimalik luua ühekordne parool, mille kaudu saab meiliedastus komponent ligi e-posti aadressile et sealkaudu kiri saata.

Saatmise mugavamaks käitlemiseks, sai kontrollerrisse kirjutatud eraldi andmetüüp, mida juhib funktsiooniplokk.

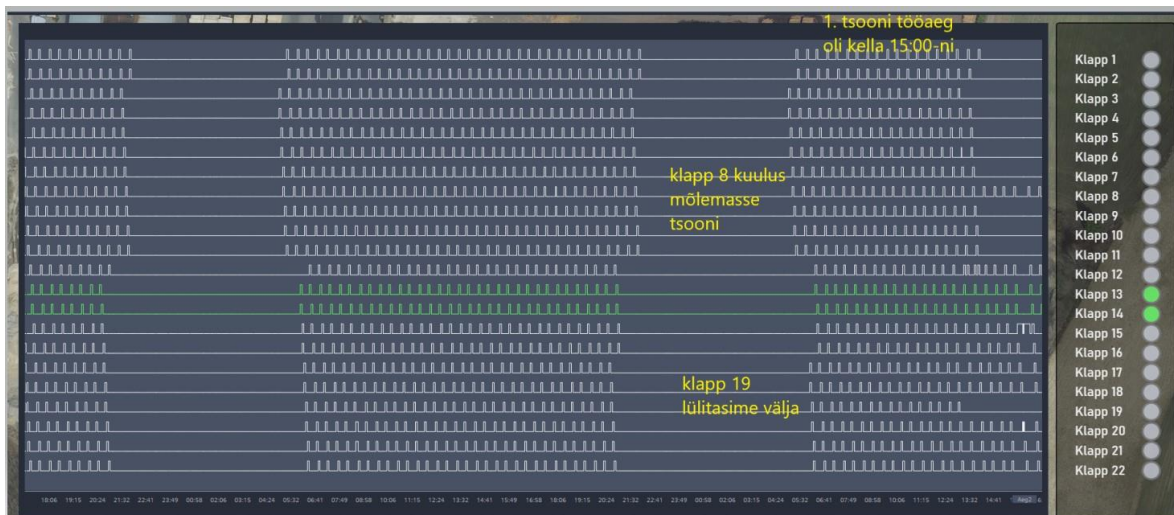
Tabel 4.2 E-maili andmetüüp

Tunnus	Andmetüüp
Aktiveeritud	Tõeväärtus
Signaal	Tõeväärtus
Väljund	Tõeväärtus
Käsitsi saatmine	Tõeväärtus
Saatmise viide	Aeg
Intervall	Aeg
Viimati saadetud	Kuupäev ja aeg

Sisendiks on signaal, näiteks pumpade ülekoormuse häire. Funktsiooni on kirjeldatud intervall muutuja, millega saab välistada olukordi, et saadetakse välja sadu kirju, sest häire signaal on kõikuv. Veel on võimalus antud häire puhul saatmine täiesti välja lülitada. Peale saatmist talletatakse mällu ka saatmise aeg, kordused, blokeeritud saatmised intervalli tõttu, et pärast analüüsida, millist häiret esineb teistest rohkem.

4.4.4 Niisutite graafik

Hea ülevaate saamiseks kujutasin niisutite olekuid graafikul. Rohelisega on kujutatud hetkel töötavad niisutid. Graafikut vaadates saab selgelt eristada, kas kõik niisutid töötavad võrdselt. Graafikul kuvatavat ajavahemikku saab ise määrata.



Joonis 4.5 Niisutite graafik

4.5 Juhtimine

Süsteemi käivitus algab juhtahela sisselülitamisega. Peale seda tuleb kontrollida, kas pumpadel esineb häireid. Kui see on korras, saab alustada süsteemi käsitlust, juhtimine algab tsooni sisse lülitusest. Järgnevalt kontrollib süsteem kas mõni tsooni kuuluv aktiveeritud niisuti on käsirežiimis, sest need on prioriteetsemad, kui automaat režiimis olevad niisutid. Järgnevalt vaadatakse, mitu niisutit töötab ja võrreldakse seda samaaegselt lubatud töötavate niisutite arvuga. Kui panna niisuti käsirežiimis tööle, aga samaaegselt lubatud töötavate niisutite arv on täis, siis lülitatakse välja kauem käinud niisuti. Niisutid on deklareeritud massiivi ja tsükkel alustab esimesest ja käib kuni tööaeg tsükliks saab täis. Siis rakendub mõne sekundiline viide, et üks niisuti klapp jõuaks sulguda, enne kui uut avama hakatakse. See on vajalik, et pumba rõhk ei langeks. Kui üks töötsükkel saab täis, algab tsooni paus. Tsoon töötab tsükkliliselt kuni niisutite päevane tööaeg saab täis või tsooni tööaeg saab läbi.

Süsteemi on lisatud vihmasektor. See toimib nagu kiik, mõlemas otsas on anum, mis kogub sademeid, kui anum täitub ja kiik vahetab poolt, siis sellest tekitatakse elektriimpulss. Niisutussüsteem läheb määratud ajaks pausile kui impulsid on piisavalt tihedad.

4.6 Küberturvalisus

Küberturvalisuse tagamiseks on mitmeid meetodeid – hoida tark- ja riistvara uuendatud, tegeleda aktiivselt paroolihaldusega, eraldada võrgud alamvõrkudeks, ennustada ja analüüsida süsteemi nõrku kohti. [25]

Antud projekti raames ei rakendatud eraldi küberturvalisuse meetmeid, vaid integreeriti kogu süsteem ülejäänud infosüsteemiga. Süsteemi juurdepääs on kaitstud paroolidega, mida haldab infotehnoloogia tugi.

4.7 Edasiarendused

Süsteemi edasiarenduseks on mitmeid viise. Üks võimalustest on soetada korralik ilmajaam, millega saab mõõta tuulesuunda ja -kiirust, päikesekiirgust, sademeid. Sellest lähtuvalt saaks välja arvutada keeruliste algoritmidega palkide kuivamise. Vastavaid arvutusi kasutades saaks seejärel reguleerida niisutusrežiimi, veekoguseid või intensiivsust.

Teiseks variandiks on mõõta palkide või maapinna niiskussisaldust. Palke mõõtes saab teha täpsema juhtimissüsteemi, maapinda mõõtes tuleb ebamäärasem tulemus.

Kõige tõenäolisem edasiarendusidee hetkel on mõõta vihmaanduri järgi sademeid ja vastavalt sellele korrigeerida süsteem ajaliselt juhtimisviisilt millimeeter juhtimisse. See tähendab, et niisutite tööaeg ei sõltuks ajast, vaid vajatavast veehulgast, et palkide niiskussisaldus oleks soovitud tasemel. Sellele meetodile saaks ümber lülituda kui välja arvutada ühe niisuti veevooluhulk.

Süsteemi saaks veel parandada vahetades välja niisutid. Hetkel kasutusel olevate niisutite trajektoor tuleb seadistada käsitsi kohapeal. Kõrgema kvaliteediga niisutitel saaks määrata suunda programmist, jälgida veevoolu hulka ja saada teavitusi ummistuste kohta [26].

KOKKUVÕTE

Vananenud Siemens S7-300 seeria kontrolleri sai välja vahetatud S7-1500 kontrolleri. Uueks kontrolleri sai valitud 1510SP-1 PN, millel on piisavalt arvutusvõimekust ja mälumahtu. Tegemist ei ole turva ega tehnoloogia kontrolleri, sest antud süsteemis neid funktsioone ei vajatud. Ühendus pumba ja Hajus IO vahel tehti Profinetiga, sest see on kiirem ja mürakindlam, kui eelkäija Profibus. Andmevahetus Hajus IO ja kontrolleri vahel käib üle Wi-Fi võrgu.

Kontrolleri vahetuse tõttu ei sobinud enam Step 7-s kirjutatud automaatikaprogramm, vaid tuli teha uus TIA Portal-is. Täiustatud programmiga kaasnesid uued juhtimisfunktsioonid – mitme tsooni tekitamine, võimalus määrata niisuti mitmesse tsooni korraga, automaatne paus vihma korral ja häirete teavitused e-kirja teel.

Täiendatud juhtimisfunktsioonid annavad võimaluse süsteemi optimaalsemalt juhtida – vee ja energia kokkuhoid vihma korra, niisutusvajaduse reguleerimine vastavalt palgikuhjade kõrgustele.

Teavituste saatmine sai konfigureeritud TIA Unified-is, kus selleks on loodud vajalik komponent. Lisaks oli vaja seadistada Gmaili meiliedastus protokoll, mille kaudu TIA Unified saab kirju välja saata. Riketest õigeaegne teavitamine hoiab ära palkide riknemise.

Käesoleva lõputöö ülesanne sai täidetud. On loodud ja katsetatud uus palkide niisutamise süsteem, mis toimis terve hooaja ilma probleemideta. Praegu uue süsteemi energiatõhusust ei saa hinnata, sest taustaandmeid on vähe ning aastati ilmastikuolud erinevad.

Süsteemi täiustamiseks tuleks soetada vihmaandur, mis loendaks mitu millimeetrit sademeid tuli. Järgnevalt tuleks mõõta, kui palju tõuseb palgikuhja keskmises palkide niiskussisaldus mingis ajas, et saaks niisutite juhtimise üle viia millimeeter süsteemi. Praegu toimib süsteem ajapõhiselt ja operaator seadistab seda enda teadmiste põhjal.

SUMMARY

Outdated Siemens S7-300 series PLC was exchanged for S7-1500 series. The new PLC is 1510SP-1 PN, which has enough computing power and retentive memory. It is not a safety or technology controller because those functions were not needed in this particular system. Connection between pump and IO device is Profinet because it is faster and more resistant to industrial noise than its predecessor Profibus. Data exchange between IO device and PLC is over Wi-Fi.

Due to Exchange of PLC, the Step 7 automation program was no compliant anymore, and i had to write new one in TIA Portal. Improved programm gave many new features – adding new irrigation zones, ability to allocate sprinklers to several zones, automatic pause due to rain and recieveing notification by email.

Improved programm gives operaator ability to optimize system even better – water and energy saving when it is raining, irrigation regulation according to the height of log piles.

Notification were configured in TIA Unified, there is a visualization component for it. In addition it was needed to set up Gmail Access, so the visualization component can send out emails. Timely notification avoid deterioration of the logs.

Whole season the system operated without problems. At the moment we can not evaluate the energy efficiency due to lack of data and the fact that weather changes a lot from year to year.

To further improve the system, a rain sensor should be obtained that counts rainfall in millimeeter scale. After that the dampness in the center of log piles should be evaluated so the system could be changed from time control to millimeeter control instead.

LISAD

Lisa 1 Siemens S7-1500 seeria kontrolleri võrdlus

series	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	S7 1500	ET 200SP	ET 200SP	ET 200SP	ET 200SP
model	1511F-1 PN	1513F-1 PN	1515F-2 PN	1516F-3 PN/DP	1517F-3PN/DP	1518F-4PN/DP	1511TF-1 PN	1515TF-2 PN	1516TF-3 PN/DP	1517TF-3 PN/DP	1510SP-1 PN	1512SP-1 PN	1510SP F-1 PN	1512SP F-1 PN	
serial code	6ES7511-1FK02-0AB0	6ES7 513-1FL02-0AB0	6ES7 515-2FM02-0AB0	6ES7 516-3FN02-0AB0	6ES7 517-3FP00-0AB0	6ES7 518-4FP00-0AB0	6ES7 511-1UK01-0AB0	6ES7 515-2UM01-0AB0	6ES7 516-3UN00-0AB0	6ES7 517-3UP00-0AB0	6ES7 510-1DJ01-0AB0	6ES7 512-1DK01-0AB0	6ES7 510-1SJ01-0AB0	6ES7 512-1SK01-0AB0	
	Fail-Safe	Fail-Safe	Fail-Safe	Fail-Safe	Fail-Safe	Fail-Safe	Fail-Safe + Technology	Fail-Safe + Technology	Fail-Safe + Technology	Fail-Safe + Technology			Fail-Safe	Fail-Safe	
profibus	no	no	no	yes	yes	yes	no	no	yes	yes	no	no	no	no	
failsafe	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	no	yes	yes	
firmware	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	V2.8	
Work memory															
for program	225kb	450kb	750kb	1.5mb	3mb	6mb	225kb	750kb	1.5mb	3mb	100kb	200kb	150kb	300kb	
for data	1mb	1.5mb	3mb	5mb	8mb	20mb	1mb	3mb	5mb	8mb	750kb	1mb	750kb	1mb	
Process time (ns)															
bit operation	60	40	30	10	2	1	60	30	10	2	72	48	72	48	
word operation	72	48	36	12	3	2	72	36	12	3	86	58	86	58	
fixed point arithmetic	96	64	48	16	3	2	96	48	16	3	115	77	115	77	
floating point arithmetic	384	256	192	64	12	6	384	192	64	12	461	307	461	307	
Counters,timers															
counter	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	
timer	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	
Data areas and their retentivity (kb)															
retentive data area	128	128	512	512	768	768	128	512	512	768	128	128	128	128	
flag	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Address area															
number of IO modules	1024	2048	8192	8192	16384	16384	1024	8192	8192	16384	1024	2048	1024	2048	
inputs	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
outputs	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Hardware configuration															
number of distributed IO systems	32	32	64	64	64	64	32	64	64	64	32	32	32	32	
modules per rack	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	80	80	80	80	
Interfaces															
profinet	1	1	2	2	2	3	1	2	2	2	1	1	1	1	
profibus	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1*	1*	1*	1*	
Protocols															
number of connections	96	128	192	256	320	384	96	192	256	320	96	128	96	128	
number of connections reserved for es/hm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
OPC UA															
number of connections	4	4	10	10	40	40	4	10	10	40	4	4	4	4	
Message functions															
number of program alarm	600	600	800	1000	2000	4000	600	800	1000	2000	600	600	600	600	
Traces															
number of configurable traces	4	4	4	4	8	8	4	4	4	8	4	4	4	4	
Dimensions (mm)															
width	35	35	70	70	175	175	35	70	70	175	100	100	100	100	
height	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	117	117	117	117	
depth	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	75	75	75	75	
PRICE €	853	1686	2388	3716	4899	7117	1149	2930	4580	6085	560	712	659	915	

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] V. Olsson, „WET STORAGE OF TIMBER“, jaanuar 2005, Vaadatud: 20. aprill 2023.
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:411387/FULLTEXT01.pdf>
- [2] H. Murray-Rust ja W. B. Snellen, "*Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis*", 1993.
- [3] Siemens, „Siemens CPU 1510SP-1“, jaanuar 2022, Vaadatud: 20. aprill 2023.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatsheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6ES7510-1DJ01-0AB0%26language%3Den>
- [4] Siemens, „Simatic Step 7“, märts 2006, Vaadatud: 24. aprill 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/18652056/att_70829/v1/S7prv54_e.pdf
- [5] Siemens, „TIA Portal“, Vaadatud: 20. aprill 2023.
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/65601780/tia-portal-an-overview-of-the-most-important-documents-and-links-controller?dti=0&lc=en-WW>
- [6] R. Pigan ja M. Metter, "*Automating with PROFINET: Industrial communication based on Industrial Ethernet*", 2008, Vaadatud: 20. aprill 2023.
https://books.google.ee/books?id=iOXHMpMyMBgC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [7] "WinCC Unified: change the report name, send it via E-Mail and create a pdf with libre office", 2021, Vaadatud: 20. aprill 2023.
<https://www.youtube.com/watch?v=xYiNXFH3CkQ>
- [8] M. Fabian ja A. Hellgren, „PLC-based implementation of supervisory control for discrete event systems“, detsember 1998. doi: 10.1109/CDC.1998.758209
- [9] Siemens, „Comparison list for S7-300, S7-400, S7-1200, S7-1500“, Vaadatud: 31. oktoober 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/648/109797648/att_1067421/v1/s71500_compare_table_en.pdf
- [10] Siemens, „s71500_cpu1511c_1_pn_dtc_manual_en-US_en-US.pdf“, Vaadatud: 31. oktoober 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/843/109752843/att_936129/v1/s71500_cpu1511c_1_pn_dtc_manual_en-US_en-US.pdf
- [11] Siemens, „s71500_cpu_1511t_1_pn_manual_en-US_en-US.pdf“, Vaadatud: 31. oktoober 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/188/109739188/att_895920/v1/s71500_cpu_1511t_1_pn_manual_en-US_en-US.pdf
- [12] Siemens, „s71200_1500_f_cpus_product_information_x_en-US.pdf“, Vaadatud: 31. oktoober 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/599/109478599/att_915528/v3/s71200_1500_f_cpus_product_information_x_en-US.pdf
- [13] M. Charlwood, S. T. Cp. MInstP, ja N. Worsell, „A methodology for the assignment of safety integrity levels (SILs) to safety-related control functions implemented by safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems of machines“, 2004, Vaadatud: detsember 2023.
<https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr216.pdf>
- [14] Siemens, „PROFIBUS Network Manual“, aprill 2009, Vaadatud: 30. oktoober 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pb_nets_76.pdf
- [15] G. Gabor, C. Pintilie, C. Dumitrescu, N. Costica, ja A. T. Plesca, „Application of Industrial PROFIBUS-DP Protocol“, oktoober 2018, doi: 10.1109/ICEPE.2018.8559857.

- [16] C. Belo Lourenço, D. Cousineau, F. Faissole, C. Marché, D. Mentré, ja H. Inoue, „Automated formal analysis of temporal properties of Ladder programs“, detsember 2022, doi: 10.1007/s10009-022-00680-0.
- [17] Siemens, „Programming style guide“, 2020, Vaadatud: 20. aprill 2023.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/084/109478084/att_1022099/v1/81318674_Programming_Styleguide_DOC_v20_en.pdf
- [18] C. J. Peshek ja M. T. Mellish, „Recent developments and future trends in PLC programming languages and programming tools for real-time control“, mai 1993, Vaadatud: 25. september 2023.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/296983>
- [19] J. Ivie ja K.-W. L. Lai, „STL - A High Level Language for Simulation and Test“, juuni 1986, Vaadatud 25. september 2023. doi: 10.1109/DAC.1986.1586137.
- [20] J. Ren, Q. Zuo, ja H. Li, „Structure Control Language and its Application in Control Algorithm Programming“, märts 2010, Vaadatud 25. september 2023. doi: 10.1109/ICMTMA.2010.480.
- [21] R. Achatz ja F. Paulisch, „Industrial strength software and quality: software and engineering at Siemens“, november 2003, Vaadatud 25. september 2023. doi: 10.1109/QSIC.2003.1319117.
- [22] Siemens, „Tia_Portal_WinCC_V18_enUS_en-US.pdf“, Vaadatud: 6. august 2023.
https://support.industry.siemens.com/dl/files/056/109815056/att_1121875/v5/STEP_7_WinCC_V18_enUS_en-US.pdf
- [23] Autem, „PLC-ANALYZER pro 6 - User manual“, 2022, Vaadatud: 26. november 2023.
<https://www.autem.de/download-content/anapro6/User%20manual%20PLC-ANALYZER%20pro%206.pdf?>
- [24] Grundfos, „Grundfos CIM 500 Ethernet module“, märts 2021, Vaadatud: 20. aprill 2023.
<https://net.grundfos.com/ Appl/ccmsservices/public/literature/filedata/Grundfosliterature-5260977.pdf>
- [25] M. Husák, V. Bartoš, P. Sokol, ja A. Gajdoš, „Predictive methods in cyber defense: Current experience and research challenges“, veebr 2021, Vaadatud 25. september 2023. doi: 10.1016/j.future.2020.10.006.
- [26] T. C. Meyer ja G. P. Hancke, „Design of a smart sprinkler system“, november 2015, Vaadatud 25. september 2023. doi: 10.1109/TENCON.2015.7372834.