

## **KÕRGE VISKOOSUSEGA VEDELIKE, TAHKEAINETE JA AROOMAINETE DOSEERIMISE NING SEGAMISE JUHTIMISKESKUSE AUTOMAATIKASÜSTEEMI PROJEKTEERIMINE TOIDUAINETÖÖSTUSELE**

**Designing an automation system for a dosing and  
mixing control centre for high viscosity liquids, solids  
and aromatics for the food industry**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Alari Preitof  
/nimi/

Üliõpilaskood 105631AAAB

Juhendaja: Madis Lehtla, vanemlektor  
/nimi, amet/

Tallinn 2021

(Tiitellehe pöördel)

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

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

“18” Mai 2021

Autor: Alari Preitof

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“18” Mai 2021

Juhendaja: Madis Lehtla

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Alari Preitof

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kõrge viskoossusega vedelike, tahkeainete ja aroomainete doseerimise ning segamise juhtimiskeskuse automaatikasüsteemi projekteerimine toiduainetööstusele,

mille juhendaja on Madis Lehtla.

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.

18.05.2021

---

<sup>1</sup> 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.

# LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

*Autor:* Alari Preitof

*Lõputöö liik:* Bakalaureusetöö

*Töö pealkiri:* Kõrge viskoossusega vedelike, tahkeainete ja aroomainete doseerimise ning segamise juhtimiskeskuse automaatikasüsteemi projekteerimine toiduainetööstusele.

*Kuupäev:* 18.05.2021

*55 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)*

*Ülikool:* Tallinna Tehnikaülikool

*Teaduskond:* Inseneriteaduskond

*Instituut:* Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

*Töö juhendaja(d):* Madis Lehtla/vanemlektor

*Töö konsultant (konsultandid):* Heiki Roomet, projektijuht; Viljar Tõlp, tarkvaraarendaja

*Sisu kirjeldus:*

Töös on lahendatud erinevate šokolaadide, tahkeainete ja aroomide segamise automaatikakeskuse juhtsüsteem ja seadmete valikud. Põhilisteks probleemideks olid doseeritavate ainete erinevad omadused ja juhtimissüsteemi ülesehitus, millele tehniliste lahenduste väljatöötamisega antud töös käsitletakse. Töö käsitleb ka šokolaadi hangumisest tingitud lisaseadmete ja mõõtevahendite valimist süsteemi juhtimiseks ja šokolaadimassi voolavuse püsimiseks vajalikku automaatikat. Töös on lahendatud automaatsüsteemi juhtimisseadmete valik, juhtsüsteemi kirjeldus ja kasutajaliidese käikuvõtt sh kasutusjuhendamine. Automaatsüsteemile aroomainete doseerimise valemi väljatöötamine toimus tellija poolt antud valemite põhjal. Doseerimissüsteemi projekteerimise ja valmistamise põhiliseks aluseks olid töökindluse ja ohutuse tagamine. Projekteeritud seadmete ja süsteemi automaatika lahenduste toimivuse ja töökindluse kohta on saadud pea aastane probleemideta kasutuskogemus.

*Märksõnad:* automaatikasüsteem, dosaator, elektriajam, toiduainetööstus, programmeeritav kontrolleri, kasutajaliides.

## ABSTRACT

*Author:* Alari Preitof

*Type of the work:* Bachelor Thesis

*Title:* Designing an automation system for a dosing and mixing control centre for high viscosity liquids, solids and aromatics for the food industry

*Date:* 18.05.2021

*55 pages (the number of thesis pages including appendices)*

*University:* Tallinn University of Technology

*School:* School of Engineering

*Department:* Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

*Supervisor(s) of the thesis:* Madis Lehtla, senior lecturer

*Consultant(s):* Heiki Roomet, project manager; Viljar Tölp, software developer

*Abstract:*

These theses focused on control system and equipment choices of the automation centre for mixing different chocolates, solids and aromas. The main challenges of this work were on different properties of the dosing substances and the structure of the control system, for which the development and technical solutions being described in these theses. The work also deals with the selection of control the system accessories and measuring instruments for control the fluidity and avoid freezing of chocolate and other automation components that are required to maintain the flow of the chocolate mass. The selection of automatic control system devices, description of the control system and user manual of the user interface have been solved in this work. The work also included the development of the final formula for automatic dosing of aromatics on basis of the formulas provided by the customer. The main basis for the design and manufacture of the dosing system was to ensure reliability and safety. For now the performance and reliability of the implemented project has shown a trouble-free user experience for almost a year.

*Keywords:* automation, dispenser, electric drive, food industry, programmable controller, human-machine interface.

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Kõrge viskoossusega vedelike, tahkeainete ja aroomainete doseerimise ning segamise juhtimiskeskuse automaatikasüsteemi projekteerimine toiduainetööstusele.**

Lõputöö teema inglise keeles: **Designing an automation system for a dosing and mixing control center for high viscosity liquids, solids and aromatics for the food industry.**

Üliõpilane: **Alari Preitof, 202513TAF**

Eriala: **AAAB02/09 Elektrotehnika**

Lõputöö liik: **bakalaureusetöö**

Lõputöö juhendaja: **Madis Lehtla**

Lõputöö kaasjuhendaja:  
(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande  
kehtivusaeg: **Kevad 2021**

Lõputöö esitamise tähtaeg: **30.10.2020**

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppekava juht (allkiri)

---

Kaasjuhendaja (allkiri)

## 1. Teema põhjendus

Segamiskeskus võimaldab muuta toodete (šokolaadi) maitseid ja struktuure. Tootmisprotsessis on tooted ja nende komponendid muutuvad, see eeldab soovitud koguste doseerimiseks ja õigeks segamiseks paindlikku ja ümberhäälestatavat segamissüsteemi. Niisuguse süsteemi oluliseks komponendiks on programmeeritav kontrollier koos sobiva kasutajaliidese ja piisava hulga andurite ja täituritega. Käesolevas töös on kavas anda kirjandusülevaade segamiskeskuse koostamisele ja

kirjeldada selle rakendamisega seotud olulisi tehnilisi rakendusi sh kontrolleriites rakendatavaid juhtimisalgoritme.

## **2. Töö eesmärk**

Töö eesmärgiks on leida võimalikult täpne ja töökindel lahendus erinevate šokolaadide, tahkeainete ja aroomide segamise automaatikakeskuse juhtimissüsteemile, kasutades selleks kaasaegseid võimalusi.

## **3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

1. Seadmete valik, millega teostada ainete segamine ja doseerimine.
2. Mis alusel aineid segatakse ehk doseerimise valem.
3. Programmi koostamine
4. Operaatorliidese konstrueerimine ja kasutajasõbralikuks muutmine
5. Kasutusjuhendi koostamine

## **4. Lähteandmed**

Lähteandmeteks on kommivabriku poolt saadavad andmed, sealhulgas mahuti suurus, kuhu doseeritakse vastavad materjalid; materjalide voolamiskiirused torudes; umbkaudsed vahekorrad massil, aroomil ja tahkeainel.

## **5. Uurimismeetodid**

Põhilised uurimismeetodid põhinevad vaatlustel, mõõtmistel ja modelleerimisel.

## **6. Graafiline osa**

Seadmete asendiplaan joonisena, juhtimiskilbi joonised ja programm. Seadmete ja materjalide loetelu.

## **7. Töö struktuur**

1. Sissejuhatus teemasse ja probleemi olemusse.
2. Lähteandmete kogumine ja analüüs
3. Probleemide loetelu ja kirjeldus
  - 3.1. Valemite koostamine
  - 3.2. Seadmete valik sh operaatorliides
  - 3.3. Programm sh operaatorliidese disain
  - 3.4. Kasutusjuhend sh seadme ohutusküsimused
4. Erinevate lahenduste võrdlus

5. Kilbi skeemide koostamise põhimõtted ja kirjeldus
6. Juhtimisprogrammi tööpõhimõte ja kirjeldus
7. Kokkuvõte
8. Kasutatud kirjanduse loetelu
9. Lisad

## **8. Kasutatud kirjanduse allikad**

Põhiline kasutatud kirjandus: raamatud, teadusartiklid, seadusandlikud aktid nt: Seadme ohutus seadus, eeskirjad nt: Sisekorraeeskiri.

## **9. Lõputöö konsultandid**

Heiki Roomet Seadmete valik ja metalli osade konstrueerimine  
Viljar Tõlp Programmeerimine

## **10. Töö etapid ja ajakava**

- Lähteandmete kogumine (20.11.20)
- Kirjanduse läbitöötamine, seadusandlikud aktid. (04.12.20)
- Teoreetilise osa kirjutamine (18.12.20)
- Arvutuste, mõõtmiste ja modelleerimiste teostamine (08.01.21)
- Tulemuste kirjeldamine: Skeemide koostamine ja programm (22.01.21)
- Järelduste kirjutamine (05.02.21)
- Kokkuvõtte koostamine (26.02.21)
- Töö esimene versioon valmis ja juhendajale läbivaatamiseks (05.03.21)
- Paranduste sisseviimine (19.03.21)
- Juhendajale teiseks läbilugemiseks saatmine (02.04.21)
- Töö lõplik versioon (16.04.21)

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel.*



# SISUKORD

EESSÕNA .....	10
Lühendite ja tähiste loetelu .....	11
SISSEJUHATUS .....	12
1. AUTOMAATJUHTIMISSÜSTEEMI VÄLJATÖÖTAMINE .....	14
1.1 Lähteandmete kogumine ja analüüs .....	14
1.1 Süsteemi tehnilise lahenduse valik .....	14
1.2 Doseerimissüsteemi väljatöötamine .....	16
1.2.1 Doseerimiskoguse määramine vastavalt liini tootlikkusele .....	16
1.2.2 Eksimuste vähendamine doseerimisprotsessis .....	16
1.2.3 Juhtimismudelite koostamine automaatdoseerimiseks .....	17
1.3 Juhtimissüsteemi struktuuri väljatöötamine .....	18
1.4 Süsteemi komponentide valik .....	20
1.4.1 Kasutajaliides .....	20
1.4.2 Tööstuskontroller .....	20
1.4.3 Nivooandur .....	21
1.4.4 Aroomidosaator .....	21
1.4.5 Rootorsöötja .....	21
1.5 Kilbiskeemide koostamine .....	22
2 JUHTIMISSÜSTEEMI TARKVARA VÄLJATÖÖTAMINE .....	24
2.1 Juhtimisprogrammi väljatöötamine .....	24
2.2 Operaatorliidese disain .....	25
3 KASUTUSJUHENDID JA OHUTUS .....	27
3.1 Aroomi doseerimise kasutusjuhend .....	27
3.2 Seadme ohutus .....	29
KOKKUVÕTE .....	30
SUMMARY .....	32
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	34
LISAD .....	35
Lisa 1 Aroomi doseerimise kasutusjuhend .....	35
Lisa 2 Kontrolleri programm .....	38
Lisa 3 Kilbiskeemid .....	45

## EESSÕNA

Doseerimissüsteemi väljatöötamise ja automatiseerimise vajadus tekkis seoses sooviga parandada toodangu kvaliteeti ning vähendada praagi osakaalu. Ülesande püstitas Mart Mahhov Kalevi kommivabrikust, kelle juhendamisel saadi olemasoleva olukorra kirjeldus. Šokolaadi doseerimissüsteemi tööpõhimõtet uuriti eesmärgiga koostada süsteemi detailne kirjeldus selle käsijuhtimiselt automaatjuhtimisele üleviimiseks. Automaatjuhtimine võimaldab vähendada inimlikke eksimusi ja seega parandada toodangu kvaliteeti ning vähendada toodangu rikkumisest tingitud lisakulusid ettevõttele. Käesoleva töö raames kaardistati protsessi doseerimissüsteemis ja töötati välja täisautomaatne šokolaadi aroomi ja muude lisandite doseerimissüsteem. Torusüsteemide ja konstruktsioonidega tegeles ettevõtte Rahe Projekt OÜ projektijuht Heiki Roomet, kes ehitas ja paigaldas uued torustikud, konstruktsioonid, segajad ja raamid. Süsteemi juhtimisprogrammi koostamisel aitas Electromatiks OÜ projektijuht Viljar Tõlp, kes juhendas tööstuskontrolleri programmeerimisel ja ühendamisel kasutajaliidesega. Väljatöötatud süsteem on kasutuses olnud juba üle poole aasta, mille jooksul on kontrollitud selle talitlus ja kasutajakogemus (*user experience*) ning sellega on püstitatud eesmärk täidetud.

## Lühendite ja tähiste loetelu

P&ID - Protsessi ja instrumentide diagramm (*Process and Instrumentation diagram*)

HMI – Kasutajaliides (human machine interface)

PID – Proportsionaalne, integreeriv ja diferentseeriv regulaator (Proportional-integral-derivative controller)

PLC – Programmeeritav loogika kontrolleri (Programmable logic controller)

T – Temperatuur

°C – Celsius kraad

V – Kiirus (m/s)

FBD – Funktsiooni plokkide skeem (Function block diagram)

LAD – Redel loogika skeem (Ladder logic diagram)

COM – Massiühendus (Common)

ENA - Enable – lubav signaal

DK – Kruvi- tüüpi segaja

AAK – Aroomi automaatika kilp

# SISSEJUHATUS

## Segamisprotsessi tehnilised väljakutsed

Vedelike ja erinevate viskoosete omadustega ainete koostisosade doseerimine ja segamine on laialt levinud probleem mitte ainult toiduainetööstuses vaid tööstuses üldisemalt. Käesoleva lõputööga on püütud leida tehniliselt ja majanduslikult mõistlik lahendus erinevate füüsikaliste omadustega viskoosete ainete automaatseks segamiseks ja doseerimiseks. Põhilised probleemid seoses erinevate viskoosete ainete kasutamisega tootmisprotsessis on seotud nende voolavuse, temperatuuritundlikkuse (hangumise oht), tootmisprotsessi (nõudlusest tuleneva) tsüklilise iseloomu ja inimlikest eksimustest tekkivate kvaliteedi ja toodangu rikkumise probleemidega. Käesoleva töö raames lahendati ühe tootmisliini süsteemi viskoosete ainete segamise ja doseerimise küsimus võimaldamaks vähendada inimlike eksimuste osakaalu tootmisprotsessis.

Vajadus antud projekti järele tekkis majanduslikel põhjustel, sest olemasoleva lahendusega pidid operaatorid segamise ja täitmise protsessi käsitsi juhtima. Sellest tulenes ebatäpsus ja toorainete ning valmistoodangu rikkumine. Dosaatorsüsteemi juhtimine on lahendatud tööstuskontrolleriga Siemens Simatic S7-1200 [1] ja kasutajaliidesega Weintek MT8090XE [2], millega teostatakse süsteemi juhtimine ning kõik vajalikud arvutused ja mõõtmised. Tööstuses on Programmeeritavate loogikakontrollerite (PLC) kasutamine üldlevinud, sest nendega saab teostada praktiliselt kõiki ülesandeid ja vajadusel on lihtne kontrollereid ümber programmeerida. Mootorite juhtimiseks on kasutatud sagedusmuundureid [3], millega saab mootorite ja pumpade tootlikust reguleerimisega abil reguleerida kogu süsteemi tootlikust.

## Automaatikasüsteemi tehnilised väljakutsed

Dosaatori juhtimine toimub väljutusmahuti nivooanduri info põhjal. Kui nivooandurilt tuleb signaal, et väljutusmahuti on tühi, siis lülitab automaatikasüsteem dosaatori ja segaja sisse ning avaneb doseerimisklapp RV. Samal ajal käivitub tahke aine doseerimise rootorsöötja. Šokolaadimass liigub läbi kruvi-tüüpi segaja, kus lisatakse aroomaine läbi dosaatorpumba ja kuhu lisatakse tahkeaine läbi tahkeaine kruvi-tüüpi segaja. Sealt jõuab segatud šokolaadimass väljutusmahutisse, kus jälgitakse selle täituvust nivooanduriga.

Masside torustik ja segajad on lisasoojendusega, kas isereguleeruva küttekaabliga või veesärgiga torustiku abil, et hoida šokolaadi vedelana. Väljaarendatud doseerimissüsteemiga doseeritakse šokolaadimassi nelja erinevat komponenti – tume, piim, valge ja kama. Kamale ei segata aroome ega tahkeid aineid ja seetõttu on sellel

ainult täitmisklapp, läbi mille doseeritakse kama otse väljutusmahutisse. Tumeda, piima ja valge šokolaadimassi doseerimise juhtimissüsteemid on identsed, kuid valgele šokolaadile saab vajadusel lisaks doseerida ka tumedat šokolaadi.

### **Kasutajaliidese ülesehitus**

Kasutajaliidese väljatöötamisel lähtuti segamisprotsessi ja automaatikasüsteemi vajadustest. Šokolaadimassi doseerimisel valitakse operaatorpaneelilt vastav komponent, mida soovitakse doseerida ja sisestatakse aroomi doseerimise parameetrid: erikaal ja aroomi- ning massiprotsendid vastavalt retseptile. Edasi lülitatakse dosaator ja segaja automaatrežiimi ja käivitatakse süsteem. Süsteem doseerib juhtimisalgoritmi järgi vastavalt šokolaadimassi, aroomi ja tahkeaineid, mis suunatakse väljutusmahutisse.

### **Toiduainetööstuse eripärad ja ohutus**

Lähtudes asjaolust, et tegemist on toiduainetööstusega, on järgitud standarditest tulenevaid toiduainetööstuse toiduohutusega seonduvaid nõudeid ja masinaohutusega seotud nõudeid.

# **1. AUTOMAATJUHTIMISSÜSTEEMI VÄLJATÖÖTAMINE**

## **1.1 Lähteandmete kogumine ja analüüs**

Lähteandmed koguti olemasoleva süsteemi vaatlusel ja töötajate kogemustel põhineva informatsiooni põhjal. Süsteemi tööd vaadeldi mitme nädala vältel ja kaardistati põhilised murekohad ning võimalikud kitsaskohad. Lähteandmete kogumisel selgitati välja, et šokolaadimassi tuleb hoida hangumise eest, et ei tekiks torustikus ummistusi. Uurimisel tuvastati, et olemasolevate lahendustena kasutatakse hangumise vastu isereguleeruvaid küttekaableid või veesärgiga torustikke. Isereguleeruvad küttekaablid on valitud võimsusega 10 W/m, mis on kommivabriku töötajate poolt eelnevate katsetuste teel välja selgitatud. Väiksema võimsuse puhul hakkas mass torudes hanguma ja suurema võimsuse juures hakkas mass torustikes kõrbema. Veesärgiga torustikud kujutavad endast doseeritava komponendi toru, mille ümber on teine toru, kus kahe toru vahelises osas ringleb soojendamiseks kuum vesi. Selline lahendus on šokolaadi hangumise vastu parim, sest väldib kõrbemise ohtu ja hoiab komponendimassi väga ühtlase temperatuuriga, kuid samas on see hinna poolest kallis. Olemasoleval süsteemil mõõdeti massi kogust kulumõõtjaga, kuid sellist lahendust uult seadmelt ei oodatud, sest mass kipub kulumõõtjas hanguma ja kleepuma mõõdistamissüsteemi osadele. Nii jõuti lahenduseni arvutada komponendimassi kulu pumba võimsuse järgi. Arvutamiseks kasutatakse pumba tootlikkuse graafikut, mille abil arvutatakse toruliini tootlikkus. Segamissüsteemi kaasaegsete lahenduste uurimisel kasutati toidu segamise juhtimise uuringut [4].

Vaatlusel tuvastati, et mahutisse doseerimine käib tsükliliselt vastavalt väljutusmahuti tasemeanduri signaalile. Kui tase langeb, siis lülitatakse süsteem tööle ja kui saab täis siis jälle seisma, lisaks on lülitustel viide, et süsteem ei hakkaks vastava taseme juures pulseerima.

Analüüsi tulemused näitasid, et ainete erinevate omaduste tõttu tuleb doseerimiseseade projekteerida selliselt, et vältida erinevate doseeritavate ainete omadustest tingitud ebahütlusi.

## **1.1 Süsteemi tehnilise lahenduse valik**

Erinevate omadustega tahkeainete ja šokolaadide segamiseks valiti kruvi-tüüpi segisti, sest selle segistiga segades, segunevad erinevate omadustega ained kõige paremini ja ei jää segunemata moodustisi. Seadmed paigaldati väljutusmahutile võimalikult

lähedale ja raamidele seadme kohal, et oleks võimalikult lühike löik segunenud šokolaadimassiga torustikke, sest iga retsepti vahetusega tuleb need torud ära pesta ja mida pikemad on torud seda keerulisem ja aeganõudvam see protsess on. Lisaks jälgiti segunenud šokolaadimassi torustiku planeerimisel, et torustik oleks kogu ulatuses kerge kaldega väljutusmahuti suunas, sellisel juhul valgub segu ja pesuaine jäägid torustikust välja ja ei jää mingeid jääke torustikku.



Joonis 1.1 Püstasetuses kruvi-tüüpi segistid.

Kruvi-tüüpi segistid on paigaldatud tehases püstisesse asendisse (vt fotol joonisel 1.1), kuna selline paigaldus on kompaktsem ja mahub tänu sellele võimalikult lähedale järgnevale kruvi-tüüpi segistile. Fotol on näha kolm kruvi-tüüpi segistit ja nende peal olevad segamismootorid, lisaks on näha punaste voolikutega soojendusvee pealevool veesärgile segistite ümber. Segistite ülemisse osasse pumbatakse šokolaadimass ja keskosasse pumbatakse dosaatorpumpadega vastav aroom, mis segisti pöörlemisel segunevad. Sealt edasi liigub segunenud šokolaadimass järgmisesse kruvi-tüüpi segistisse kus lisandub ka tahkeaine.

## **1.2 Doseerimissüsteemi väljatöötamine**

Selgitati välja lahendamist vajavad kitsaskohad segamissüsteemis. Järgnevalt on toodud ülevaade olulisematest tehnilisest väljakutsetest automaatjuhtimissüsteemi väljaarendamisel.

### **1.2.1 Doseerimiskoguse määramine vastavalt liini tootlikkusele**

Kasutatavad ained on erinevate füüsikaliste omadustega ja nende omadused sõltuvad mitmetest erinevatest parameetritest:

1. Temperatuurist  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ )(viskoossus ja voolavus);
2. Etteandesüsteemi kiirusest  $V$  (m/s) (massikulu ja etteande rõhk);
3. Füüsilised omadused (osakeste suurus, haakuvus, hõõrdumus jms);
4. Tootmissüsteemi tsüklilisus;
5. Erinevate segude hanguvus;

Erinevate doseeritavate ainete koguste määramiseks on kasutusel erinevad lahendused:

1. Šokolaadimassidel kasutatakse pumba pumpamis võimsuse ja tootlikkuse järgi arvutamist
2. Aroomide doseerimist arvutatakse ühe löögi kogusest dosaatoril
3. Tahketel ainetel arvutatakse kogus rootorsöötja etteandekiirusest

Šokolaadimasside puhul on oluline roll temperereerimis seadmel mida šokolaadi tootjad kasutavad. Temperereerimine on sulatatud šokolaadi jahutamine ja korduv soojendamine teatud temperatuuridel. Nimetatud menetlus seab korda sulamise tagajärjel tekkinud ajutise korratuse kakaovõi sisemises struktuuris ning kindlustab sellega šokolaadile kauni läike.

### **1.2.2 Eksimuste vähendamine doseerimisprotsessis**

Seadme automatiseerimise üheks täiendavaks probleemiks oli inimlikud eksimused doseerimises. Tuli ette olukordasid, kus sisestati valesid koostisosasid, valedes kogustes ja ka tootmisprotsessi iseärasustest valel ajal. Algsel lahendusel oli kasutatud kulumõõtjaid, mille mõõteseadmete külge hangus šokolaadimass ja sellest tulenevalt ei saadud õiget mõõtetulemust. Aroomi doseerimine oli lahendatud otse dosaatorpumpade



juhtpaneelidel, millede seadistusi tuli pidevalt muuta. See põhjustas toodangu kvaliteedi kõikumist ja riknemist.

### 1.2.3 Juhtimismudelite koostamine automaatsdoseerimiseks

Valemite koostamisel võeti aluseks tehase poolt etteantud valemi põhimõte, millest tuletati doseerimise juhtimise valem.

$$\text{doseeritav aroomi kogus} = \frac{\text{aroomiprotsent}}{100 * \text{massi kogus ühes vormis} * \text{liini kiirus} * 60} \quad (1.1)$$

Eeltoodud valem 1.1 järgi planeeriti doseeritavat aroomi kogust arvutada kolme suuruse järgi:

- Aroomiprotsent- mis näitab kui suurt osakaalu aroomi soovitakse massile lisada ja mille saab sisestada kasutajaliideselt
- Massi kogus ühes vormis- planeeriti arvestada ühe vormi koguse kohta ja vormid olid erinevate suurustega ( selle suuruse kaotasime hiljem ära kuna ei näinud vajadust ühe vormi kohta arvutamisel )
- Liini liikumiskiirus- kiirus millega liin töötab [m/s]

Kuid valemis olid puudu põhilised suurused, millega peaks aroomi kogust arvutama ja mõned suurused olid ebavajalikud, sest enne vormidesse valamist on mahuti juba valmis seguga. Seega liini enda kiirus ja vormide suurus ei ole vajalikud. On vajalik hoopis arvutada massi koguses olevat aroomiprotsenti ja sealt aroomi kogus 1 kg massi kohta. Massi koguse leidmiseks otsiti erinevaid lahendusi, kuid tavapärased massihulga mõõtmise lahendused antud olukorras ei toimunud, kuna šokolaadimass on väga viskoosne ja kleepub seadmete külge. Ühe variandina oli massivoolu hulga arvutamine tempereerija massipumba võimsuse ja jõudluse kaudu, see lahendus sai lõpuks valitud ehk siis „Liini tootlikus“ kg/h arvutatakse tempereerimise seadme pumba sagedusmuundurilt.

Aroomiprotsent on soovitatav aroomi osakaal lõpp produktis mis sisestatakse käsitsi vastavalt retseptile.

Erikaal on vastava aroomi erikaal mida parajasti lisatakse ja see sisestatakse käsitsi läbi HMI.

Massiprotsent on suhe komponendi massi ja kogumassi vahel. See sisestatakse käsitsi vastavalt põhimassi ja aroomi omadustele. Seda kasutatakse täpsema aroomi lisamise tulemuse saavutamiseks.

Lähtudes nendest suurustest koostatigi lõplik valem 1.2.

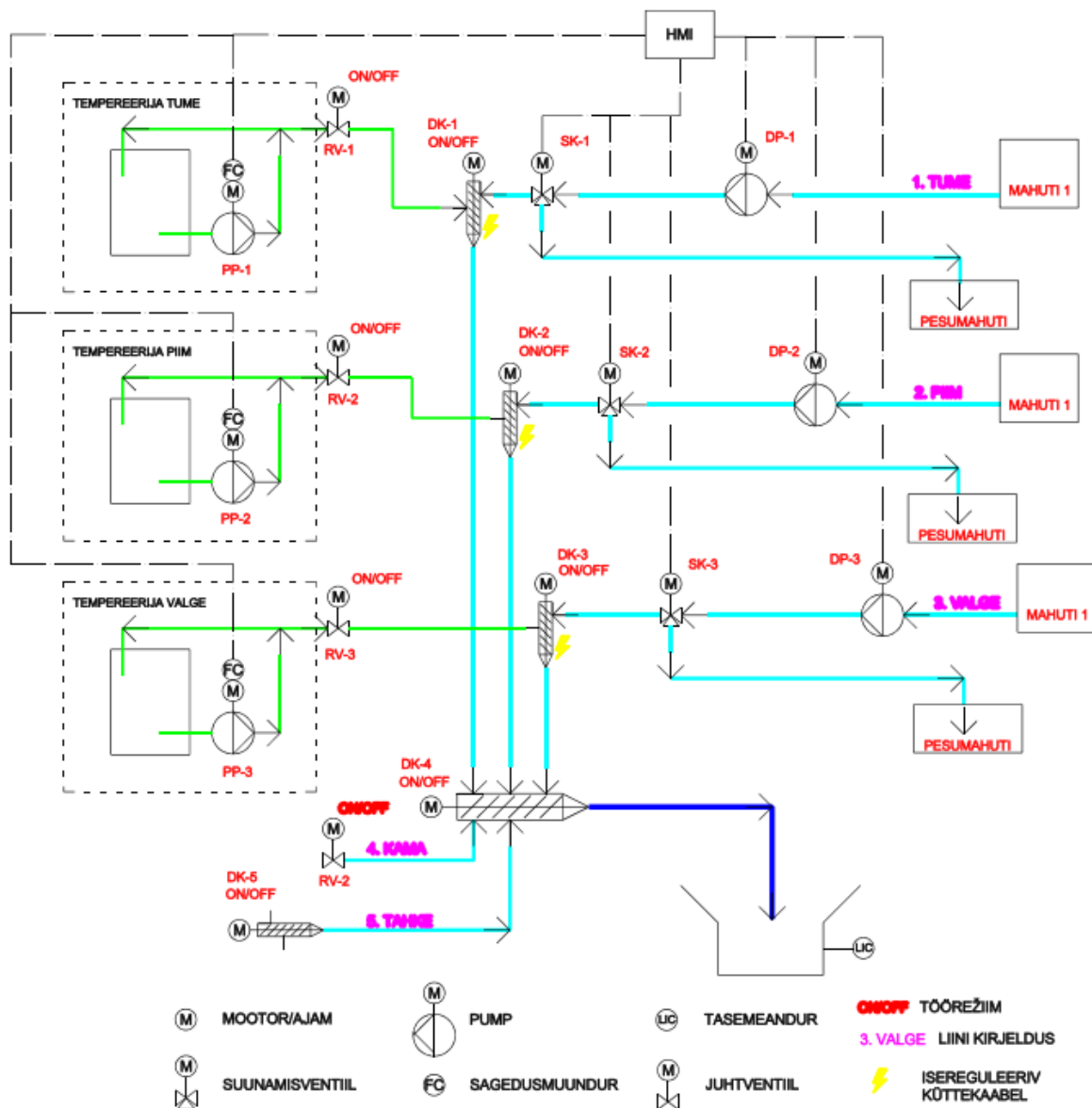
$$Q_{aroom} = \left(\frac{M\%}{100}\right) \times Q_{toot} \times \left(\left[\frac{100\%}{M\%} \times \frac{P_{aroom}}{100}\right] \div \gamma \times 1000\right) \quad (1.2)$$

Lõpliku valemi olulisemad parameetrid on:  $Q_{aroom}$  – doseeritava aine kogus (ml/h),  $M\%$  – massiprotsent(vastavalt retseptile),  $Q_{toot}$  – liini tootlikkus (kg/h),  $\gamma$  – erikaal (g/ml),  $P_{aroom}$  – aroomi lisamise protsent (vastavalt retseptile).

### 1.3 Juhtimissüsteemi struktuuri väljatöötamine

Joonisest 3.1. on näha, et temperereerimis seade tsirkuleerib vedelat šokolaadimassi kas massiringlus torustikus või laseb dosaator- ja segamissüsteemi. Seda juhib klapp RV-1. Vastavalt temperereerija pumpa pöörlemiskiirusele ja kasutatavale retseptile lisatakse DK-1 kruvi-tüüpi segajasse erinevaid lisandeid. Dosaatorpumba DP-1 kaudu lisatakse süsteemi aroomainet vastavalt antud retseptile ja arvutatud valemi kaudu. Aroomi doseerimisel peale dosaatorpumpa on magnetklapp SK-1 millest saab aroomaine suunata kas segajasse DK-1 või pesumahutisse. Pesumahutisse suunamine on vajalik aroomaine torustiku läbi pesemiseks, mida tehakse tootmise lõpetades. Kuna aroomained on üldjuhul siirupid, siis see on vajalik selleks, et torustikes olev jääk aroomaine ei hanguks ja torustike puhastamiseks. Šokolaadimass ja aroomaine segunevad DK-1 kruvi- tüüpi segajas ja suunduvad läbi torustiku segajasse DK-4 kus lisatakse läbi rootorsöötja DK-5 tahkeaine. DK-4 segajas segunevad eelnev segu šokolaadist ja aroomist ning tahke aine mis liiguvad seejärel mahutisse, kus kontrollitakse LIC-1 nivooanduriga mahuti taset ja vajadusel lülitatakse süsteem tööle, et täita mahuti ja seisma kui mahuti on täis.

Sama põhimõtte järgi töötavad kolm doseerimissüsteemi tumemass, piimamass ja valgemass. Erandina on kamamassi doseerimine, kuhu lisatakse vajadusel ainult tahket ainet.



Joonis 3.1. Seadme protsessiskeem

Seadme protsessiskeemil (P&I diagramm) joonisel 3.1 on piltlikult näidatud seadmete ja trasside omavahelised ühendused. Tempereerimis seadmed on ühendatud veesärgiga roostevabast metallist torudega läbi RV klappide kruvi- tüüpi segajatega, millest vastavalt vajadusele suunatakse šokolaad süsteemi. Tempereerijate sagedusmuundurid on ühendatud juhtsüsteemi tagasisidestusega, et jälgida ja juhtida massi tootlikkust. DP-1, DP2 ja DP3 dosaatorpumpadega doseeritakse aroomainet läbi SK-1, SK2 ja SK3 klappide segajatesse või pesumahutitesse. Dosaatorpumpade ja SK klappide juhtimised on ühendatud juhtimissüsteemi tagasisidestusega ühendustega, et jälgida ja kontrollida süsteemi tööd. Kruvi- tüüpi segajad on ühendatud isereguleeruva küttekaabliga varustatud roostevabast metallist torudega kruvi- tüüpi segajaga DK-4 kus segatakse

šokolaadimassile tahkeaine läbi DK-5 rootorsöötja ja suunatakse valmis šokolaadimass väljutusmahutisse.

## **1.4 Süsteemi komponentide valik**

### **1.4.1 Kasutajaliides**

Kasutajaliides ehk HMI valikul võeti arvesse antud keskkonda, kuna tegemist on toiduainetööstusega, siis valituks osutus suure IP klassi ja töökindlusega Weintek MT8090XE, 12-tolline puudetundliku ekraaniga kasutajaliides. Ühe hea omadusena on ka Etherneti kaudu ühildamise võimalus PLC-ga, mis teeb selle programmeerimise ja visualiseerimise oluliselt lihtsamaks, ning aitab kulutusi vähendada. Kasutajaliidese valikul arvestati ka tehasepoolset soovi kasutada Weintek kasutajaliidest, sest kommivabrikus on mitmel seadmel need juba kasutuses ja toimivad hästi.

### **1.4.2 Tööstuskontroller**

Tööstusliku kontrolleri ehk PLC valikul oli kõige suurem rõhk töökindlusel ja aspektil, et tehases on enamustes seadmetes kasutusel Siemensi seadmed, sellest lähtuvalt valiti Siemens Simatic S7-1200, mis on väga töökindel ja võimekas kontroller. Kontrolleri täpsema valiku tegemisel vaadeldi süsteemi töökiirust ehk mis kiirusega peavad süsteemi erinevad osad andmeid töötleva. Kuna süsteem ei nõua erilise kiirusega andmete töötlemist ja lülitusi, siis piisab antud projektis madalama klassi Siemensi kontrollerist.

Valiku tegemiseks vaadeldi sisenevate ja väljuvate signaalide olemust, millest sõltub lisamoodulite vajadus. Sisend- ja väljundsignaalid võivad olla erineva iseloomuga.

Digitaalsisenditel ja -väljunditel on kaks olekut kas „0” või „1” ehk kas signaal on või ei ole. Analoogsignaali võivad olla aga väga erinevate iseloomudega, kasutatavad analoogsignaali on 0-10V ja 4-20mA.

Lisaks on võimalik kontrollerile liita erinevaid kommunikatsiooni mooduleid kasutades teisi süsteeme ja laiendusi (kasutajaliideseid, teised kontrollerid või internet).

Kasutatavad kommunikatsiooni moodulid on Ethernet, Profibus, ModBus ja KNX.

Vaadeldavas doseerimise süsteemis kasutatakse analoog sisendsignaali 0-10V signaali ja kommunikatsiooni moodulitest Etherneti.

### **1.4.3 Nivooandur**

Tänapäeval pakutakse erinevate omaduste ja põhimõtetega mõõteseadmeid. Šokolaadi segu dosaatorseadme üheks põhikomponendiks on nivooandur, mis tagab eespool asuva seadmetrakti töö seiskamise, kui süsteemi järel asuv mahuti on täis. Valikus olid erinevat tüüpi andurid:

1. Liiniandur (saatja ja vastuvõtja) - kasutuses olev lahendus. Selle anduri plussideks on hind, töökindlus ning paigaldus ja seadistamine. Miinustena ei võimalda selle anduriga vaadelda mahuti hetke taset, kuid antud protsessis pole see ka vajalik. Vaatleme protsessi kahe taseme vahel, täis või tühi.
2. Ultraheli nivooandur - väga suure häälestamisvahemikuga ja täpne andur. Saab pideva signaali mahuti hetke olukorrast, üldjuhul 4-20mA signaaliga. Miinustena on seade väga kallis ja kuna meil nii täpset mõõtmist ei ole vaja, siis see andur ei osutunud valitud.
3. Elektrood nivooandur – üldjuhul kasutatakse kinnistes süsteemides. Hinna poolest pigem madal ja töökindel. Miinustena ei saa taset lihtsalt reguleerida, kuna vardad lõigatakse kindla pikkuse peale ja ei võimalda selle anduriga vaadelda mahuti hetke taset.

### **1.4.4 Aroomidosaator**

Aroomi doseerimiseks süsteemi oli vaja leida vastav doseerimisseade. Dosaator seadme valikul lähtuti doseeritavatest ainetest, milleks olid siirupi põhised aroomained. Siirupid on aga kontsentreeritud maitsestatud suhkrulahused, mis teevad tavaliste pumpade kasutamise problemaatiliseks. Lisaks on vaja doseerimisel suurt täpsust ja väikseid koguseid doseerida. Sellest lähtudes osutus valituks Solenoid Metering Pump [12], mille pumpamise meetod on vaakumpõhine ja täpsus väga hea. Sellise lahendusega pumbad on kõrge viskoossusega ainete doseerimiseks parim lahendus.

### **1.4.5 Rootorsöötja**

Šokolaadide ja aroomide doseerimisest erinev on aga tahkeainete doseerimine, siin ei saa kasutada tavapärast pumpa või dosaatorit mida kasutatakse vedelike doseerimisel. Valiku tegemisel lähtuti doseeritava tahkeaine tahkete osade suurusest, mis on graanuli laadsed maisipallid, purustatud pählid või šokolaadi nõöbid mis on kõik enamvähem sarnase suurusega. Sellest lähtudes leiti sobivaimaks lahenduseks rootorsöötjaga doseerimise lahendus. Eelistena teiste lahenduste kõrval oli rootorsöötjal doseerimis

täpsus ja asjaolu, et selle lahendusega ei rikutud tahkeainete struktuuri, mõne teise lahenduse puhul lõmastati või purustati doseeritavad ained liialt väikeseks massiks. Selline lõmastamine ja purustamine aga ei sobinud toodetavate produktide tootmisesse.

## 1.5 Kilbiskeemide koostamine

Doseerimisseadme juhtimisautomaatika kilp AAK1 koostamisel järgiti põhimõtet, et skeemide lugejal oleks võimalikult kergesti jälgitav ja selge ülevaade skeemidest. Skeemidel on välja toodud seadmete nimed ja elektrilised näitajad.

Tabel 2.1 Seadmete spetsifikatsioon

Jrk.	Kontuur	Element	Nimetus	Seade	Võimsus	Tootja
1	Tume	PP	Tempereeriija pump	SEW Eurodrive R57FDRP100M4	1.5 kW	SEW
2	Piim	DP	Dosaatorpump	Prominent Dosiertechnik D-69123 Heidelberg	0.1 kW	Prominent
3	Valge	DP	Dosaatorpump	Prominent Dosiertechnik D-69123 Heidelberg	0.1 kW	Prominent
4	Kama	DP	Dosaatorpump	Prominent Dosiertechnik D-69123 Heidelberg	0.1 kW	Prominent
5	Tume	SK	Jagamisklapp tumeda jaoks	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO
6	Piim	SK	Jagamisklapp piima jaoks	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO
7	Valge	SK	Jagamisklapp valge jaoks	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO
8	Tume	DK	Segamissõlm tumeda jaoks	SEW Eurodrive KHF37 DRN9054/TF/DH	1.1 kW	SEW
9	Piim	DK	Segamissõlm piima jaoks	SEW Eurodrive KHF37 DRN9054/TF/DH	1.1 kW	SEW
10	Valge	DK	Segamissõlm valge jaoks	SEW Eurodrive KHF37 DRN9054/TF/DH	1.1 kW	SEW
11	Segu	DK	Alumine segamissõlm	HMA2-90L-4	1.5 kW	Hoyer
12	Tahke	DK	Segamissõlm Tahke jaoks	SEW Eurodrive KHF37 DRN9054/TF/DH	1.1 kW	SEW
13	Segu	LIC	Tasemeandur	SICK WTB27-3P2443	0.1 kW	Sick
14	Tume	RV1	Tempereerijast pealeandmise klapp	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO
15	Piim	RV2	Tempereerijast pealeandmise klapp	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO
16	Valge	RV3	Tempereerijast pealeandmise klapp	FESTO MFH-3-1/8 7802 XN02 24VDC		FESTO

Kilbiskeemide koostamist alustati seadmete spetsifikatsiooni tabeli vaata tabel 2.1 koostamisega. Seadmete spetsifikatsiooni tabelis on toodud kõik kasutatavad seadmed ja nende kasutamise kontuur, seadme nimetus, tootja ja võimsus. Spetsifikatsioonist lähtudes koostati seadmete juhtimiseks juhtimiskilbi seadmete spetsifikatsiooni tabel vaata tabel 2.2. Tabelis on toodud seadmete tähis kilbiskeemides, nimetus skeemides, seadme nimetus, võimsus ja tootja.

Tabel 2.2 Juhtimiskilbi seadmete spetsifikatsioon

Jrk.	Tähis	Nimetus	Seade	Võimsus	Tootja
1	S1	Pealüliti	OT25F3 ABB	25A	ABB
2	QM1	Mootorikaitselüliti	GV2ME04 Schneider	2.0-5.0A	Schneider
3	QM2	Mootorikaitselüliti	GV2ME04 Schneider	2.0-5.0A	Schneider
4	QM3	Mootorikaitselüliti	GV2ME04 Schneider	2.0-5.0A	Schneider
5	K1	Kontaktor	LC1D09P7 Schneider	9 kW	Schneider
6	K2	Kontaktor	LC1D09P7 Schneider	9 kW	Schneider
7	K3	Kontaktor	LC1D09P7 Schneider	9 kW	Schneider
8	F1	Kaitseautomaat	ABB S203-C25	25A	ABB
9	F2	Kaitseautomaat	ABB S203-C10	10A	ABB
10	F3	Kaitseautomaat	ABB S201-C2	2A	ABB
11	F4	Kaitseautomaat	ABB S201-C2	2A	ABB
12	F5	Kaitseautomaat	ABB S201-C2	2A	ABB
13	F6	Kaitseautomaat	ABB S201-C6	6A	ABB
14	F7	Kaitseautomaat	ABB S201-C6	6A	ABB
15	F8	Kaitseautomaat	ABB S201-C4	4A	ABB
16	F8.1	Kaitseautomaat	ABB S201-C2	2A	ABB
17	F8.2	Kaitseautomaat	ABB S201-C2	2A	ABB
18	T1	Toiteplokk	OMRON S8VK-C12024	5A	OMRON
19	A1	Kontroller	Siemens Simatic S7-1200 CPU 1214C	2A	SIEMENS
20	DS1	Kasutajaliides	Weintek MT8090XE	1,5A	WEINTEK
21	S2	E-STOP lüliti	Schneider XB4BS8445	0	Schneider
22	K4	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
23	K5	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
24	K6	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
25	K7	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
26	K8	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
27	K9	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
28	K10	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
29	K11	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
30	K12	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
31	K13	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON
32	K14	Relee	Omron MOS FET G3RV-SR700-D 24 VDC	6A	OMRON

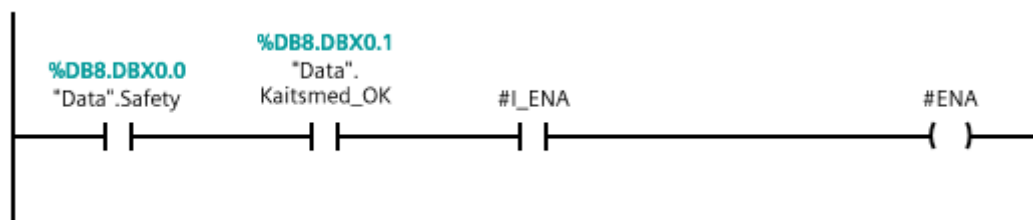
Juhtimiskilbi skeeme vaata lisas 3. Kilbiskeemide esimestel lehtedel on välja toodud peatoite ahelad, kaitseautomaadid ja mootorikaitselülidid, kust on näha mootorite, kaitseautomaatide ja mootorikaitselülitite nimed, võimsused ja tüübid. Skeemidel on näha toiteahelate kulgemine sisestusklemmidelt pealülitisse ja peakaitseautomaati ja sealt jaguneb laiali mootorikaitselülititele ja teistele kaitseautomaatidele. Mootoritel mida ei juhita sagedusmuunduriga on kilbis mootori kaitseks ees mootorikaitselüliti peale mida on kontaktorid millega lülitatakse mootorid tööle ja seisma. Kontaktoreid juhitakse kontrolleri väljundite kaudu läbi programmi. Kilbiskeemides on näha kaitseautomaadid mis on vastavalt tarbimisele ja seadmete kaitseks neile ette ühendatud. Juhtahelad, kontroller ja kasutajaliides on ohutuse tõstmiseks teostatud alalisvooluga 24V toitepingel läbi toiteploki T1 mis on näha kilbiskeemides kolmandal lehel. Neljandal lehel on toodud hädastopi ja teiste seadmete kontroll ahelad ja kontrolleri sisend ning väljund ahelate toiteühendus. Lehtedel viis kuni kümme on välja toodud kontrolleri sisendite ja väljundite ühendused kust on võimalik jälgida milliste sisendite ja väljundite alla vastavad seadmed on ühendatud. Viimase kahe lehekülje peal on välja toodud relee kontaktid vastavalt nende ühendustele.

## 2 JUHTIMISSÜSTEEMI TARKVARA VÄLJATÖÖTAMINE

### 2.1 Juhtimisprogrammi väljatöötamine

Doseerimissüsteemi programm teostati Siemens Simatic S7-1200 kontrolleri mõeldud tarkvaras STEP 7. Programmi ülesehitusel on kasutatud põhiliselt kahte programmeerimiskeelt, LAD (ladder logic) ehk redel loogika ja FBD (function block diagram) ehk funktsiooni plokkide skeem, mida omavahel kombineerides sai hästi jälgitava ja arusaadava programmi vaata lisas 2 Kontrolleri programm.

Programmi ülesehitusel alustati ohutuse tagamisest, ehk esimese lahendusena teostati häda-stopp ahelate ja turvavärava ahela kontroll, mille rakendumisel seade peab seiskuma.



Joonis 1.3 Häda-stopp ja turvaahelate kontroll

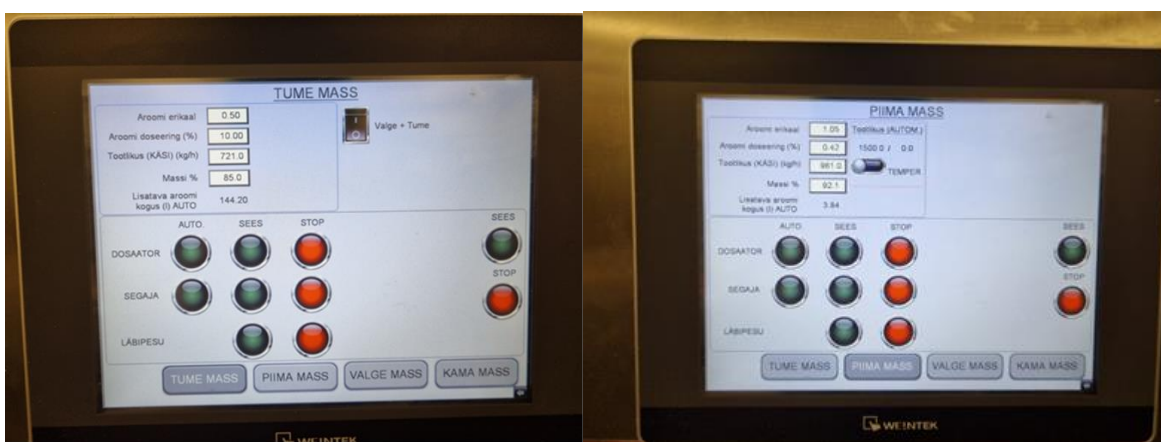
Joonisel 1.3 on näha esimesena „Safety“ sisend kust saadakse turvaahelate kontroll signaal peale mida on „Kaitsmed\_OK“ sisendsignaali mis näitab mootorikaitsmete olekut. Lisaks kontrollitakse süsteemile järgnevate seadmete olekut ja see signaal on joonisel „I\_ENA“ ning viimaseks kirjutatakse mälupeassa „ENA“. Edasises programmi kirjutamises kasutatakse seda süsteemi seiskamiseks. Programm on üles ehitatud „kontrolli ja rakenda“ põhimõttel, ehk kontrollitakse vastavaid seadmete olekuid ja kasutajaliidese seadistust ja siis rakendatakse läbi programmi vastavad väljundid.

Programmi koostamisel lähtuti juhtimisvalemist 1.2, mis saadi teiste valemite põhjal. Juhtsuuruste arvutusvalem on iseenesest suhteliselt lihtne, kuid enne arvutamist tuli kõik sisendi suurused õigete arväärtuste peale teisendada. Lisaks selgus kontrolleri ja kasutajaliidese programmeerimisel, et Weinteki kasutajaliidese jaoks on vaja osad suurused teisendada jällegi ümber ja kasutajaliidese sisestatud suurused mis suundusid kontrolleri suunas tuli teisendada kontrolleri suunas sobivaks.



## 2.2 Operaatorliidese disain

Operaatorliidese süsteemi visualiseerimisel jälgiti põhiliselt, et kasutajal oleks võimalikult mugav ja operatiivne sellega töötada. Visualiseerimisprogramm millega Weinteki operaatorliidest programmeeriti on EasyBuilder [2]. Selles programmis on lihtne kasutajaliidest disainida ja siduda andmetega mida saadab kontrolleri. Programmis on ka võimalus väiksemaid juhtimisprogramme luua, sama põhimõttega nagu kontrolleriis LAD ja FBD, kuid doseerimiseadme puhul ei ole selleks vajadust. Visualiseerimisel alustati esilehe loomisest kuhu asetati kõigi masside valiku nupud, kust vastavale massile vajutades avaneb vastava massi juhtimise leht.



Joonis 1.4 Operaatorliidese ekraani vaade tume ja piima mass



Joonis 1.5 Operaatorliidese ekraani vaade valge mass

Operaatorliidesele on alumises ääres neli valikut tumemass, piimamass, valgmass ja kamamass, olenevalt milline valik teha, avaneb vastava massi seadistus leht. Valides tumedamassi (Joonis 1.4 vasakpoolne vaade), kus on üleval vasakul äärel neli sisestusakent, kus saab sisestada vajalikke parameetreid. Ülevalt esimene on aroomi

erikaal, mis sisestatakse vastavalt aroomile operaatorite poolt, teise valikuna on aroomi doseering (%) mis sisestatakse vastavalt retseptile, kolmanda valikuna on tootlikus (kg/h) mida saab sisestada käsitsi ja ka võtta andmed tempereerijalt, kui selle kõrval olevast liugurist valida „temper“. Viimase valikuna saab sisestada massiprotsenti mis sisestatakse vastavalt retseptile. Järgmiseks on valiku nuppudega juhtimine dosaatorile, segajale ja läbipesu klapile, kus nupuga „sees“ lülitatakse vastav seade käsitsi sisse ja „stopp“ nupuga välja. Dosaatoril ja segajal on lisaks valik „auto“, millega lülitatakse vastav seade automaat režiimi kus juhitakse seda seadet automaatselt. Ekraani parempoolses servas on nupud „sees“ ja „stopp“, kust lülitatakse vastava komponendi süsteem sisse ja välja, enne sealt sisse lülitamist ei rakenda süsteem ühtegi valikut, kuid saab sisestada andmed ja valida töörežiimid. Lisaks on valgelmassil võimalik valida lisandiks ka tumemass, sellisel juhul tekivad valgemassi lehele juurde tumedamassi doseerimise valikud ja doseeritakse kahte šokolaadimassi ja nende aroome korruga.

## 3 KASUTUSJUHENDID JA OHUTUS

### 3.1 Aroomi doseerimise kasutusjuhend

Enne seadme sisse lülitamist veenduda:

- Süsteemi terviklikkuses ja korrasolekus (kaablid, seadmed, jne.)
- Eelnevate ja järgnevate seadmete valmisolekus ja funktsioneerimise toimivuses

Aroomidoseerimist ja segamist juhib aroomi automaatika kilp 1 ehk AAK1, kust juhitakse süsteemi puutetundliku ekraani kaudu. Kilbi peal on ka indikaatorlambid: roheline ja punane, mis näitavad vastavalt:

- roheline indikaatorlamp: seadme korrasolekut
- punane indikaatorlamp: süsteemis esinevat viga või E-Stopp lüliti rakendumist.

Puutetundlikul ekraanil on neli valikut: „TUME MASS“ „PIIMA MASS“ „VALGE MASS“ JA „KAMA“

Vastava „MASS“i nupu vajutamisel avaneb sellega seonduv juhtimis aken.

- „KAMA MASS“ valikul tekib aken kust saab sisse lülitada kama massi täitmise „SISSE“ nupu vajutamisega ja välja „VÄLJA“ nupu vajutamisega. Selle peale läheb „SISSE“ nupp põlema ja süsteem jääb ootama signaali tasemeandurilt, et täita kolu. Kui tuleb signaal, siis hakkab nupp „SISSE“ vilkuma ja avatakse Kama torustikus klapp, kust voolab kama mass täitmis kolusse.
- Tumeda, piima ja valge massi juhtimine on kõigil sama moodi, kuid valgel massil on võimalik lisada ka tumeda massi dosaatorist aroomi.

Valides vastava MASSI, esilehelt massil vajutades tekib aken, kust saab juhtida vastava massi doseerimist.

Igal massi lehel tuleb sisestada neli väärtust, et süsteem saaks arvutada doseeritava aroomi koguse. Vastava akna vajutamisel paneeli juhtaknal tekib displeile numbrite sisestus aken, kust tuleb sisestada soovitud väärtus ja vajutada „enter“ nupule.

Sisestatavad väärtused:

1. Aroomi erikaal 0,00
  2. Aroomi doseering % 0,00
  3. Tootlikus kg/h 000,0 Tootlikkuse taga on lüliti mille vajutamisel saab valida, kas sisestatakse see käsitsi või tuleb tootlikkuse kogus Tempereerijalt
  4. Massi % 00,0
- Igal massi lehel kuvatakse kahte näitu:
    1. Tootlikus kg/h
    2. Lisatava aroomi kogus l/h

- Igal massi lehel saab valida, mil viisil juhitakse vastava MASSI Segajat:
  1. Auto - segaja töötab pidevalt kui start nupp on sisse vajutatud;
  2. Sees – segaja töötab
  3. Väljas – segaja ei tööta
- Igal massi lehel saab valida, mil viisil juhitakse vastava MASSI Dosaator pumpa:
  1. Auto – Dosaator doseerib vastavalt seadistustele aroomi segajasse kui on start nupp vajutatud sisse ja liinilt tuleb start signaal.
  2. Sees – Dosaator pump töötab täis võimsusel.
- Väljas – Dosaator pump on väljalülitatud
- Igal massi lehel saab valida, kas Läbipesu klapist on aroom suunatud segajasse või läbipesu peale. Kui Läbipesu on väljas siis suunatakse segajasse ja kui sees siis läbipesu ringi.
- Igal „massi lehel“ (segatavate komponentide omaduste lehel [erikaal, erimass, tihedus]) saab valida, kas Süsteem on sisselülitatud või väljalülitatud vastavate nuppudega. Kui süsteemi nupp on väljas siis dosaator, segaja ja massi klapp ei rakendu. Kui lülitatakse süsteemi nupp sisse siis hakkavad vastavalt valitud viisile tööle kõik vastavad seadmed.
- Kui ühel lehel on sisse lülitatud Süsteemi nupp siis teistel lehtedel ei saa ühtegi valikut teha. Enne teistel massi lehtedel alustamist tuleb eelmisel süsteemi nupp välja lülitada.
- Valge massi lehel on lisaks võimalik nupuga VALGE + TUME MASS sisse lülitamisel lisada valgele massile tumeda massi dosaatorist aroomi. Sellisel juhul tuleb täita VALGE + TUME MASS lehe osas samamoodi 3 sisestatavat väärtust ja valida, mil viisil töötab dosaator ja magnet klapp. Seda valikut saab sisse ja välja lülitada ka Tumeda massi lehel.

## **3.2 Seadme ohutus**

Seadme ohutusküsimustes on lähtunud seadme ohutus standardist, elektriõhutus nõuetest [5] ja kommivabriku ohutusjuhenditest [6]. Seadme peamiseks ohu allikateks on elektri jõul töötavad seadmed. Ühe suurima ohu, elektrilöögi kaitseks on kõikide seadme elektrit juhtivate osade ühendamine läbi potentsiaaliühtlustus juhtmestiku, potentsiaaliühtlustuslatile, sellega tagatakse seadmetele piisav maandus ja kaitse inimestele elektrilöögi vastu. Teise suurema ohuna on DK-4 kruvi- tüüpi segaja, mis on horisontaal paigutuses ja pealt avatud. Sellest tuleneva ohu tõkestamiseks on kasutatud piiratud ala, millele sissepääsuvärv on varustatud ohutuslülitiga. Kui värv avada rakendub ohutuslülit ja süsteem pannakse seisma ning juhtkilbi uksel läheb põlema punane tuli ja operaatorliidese ekraanile ilmub vea nimetus. Lisaks jälgiti süsteemi valmistamisel ohutuse seisukohast operaatorite liikumist seadmete vahel, et ei tekiks takistusi liikumisel või muid vigastusi.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja töötada täisautomaatne segamissüsteem erineva viskoossusega šokolaadide, tahkeainete ja aroomide segamiseks Kalevi kommivabrikule. Vajadus tekkis seoses sooviga parandada toodangu kvaliteeti ning vähendada praagi osakaalu ja operaatorite töökoormust.

Antud eesmärgi saavutamise tegi keeruliseks erinevate ainete füüsikalised omadused millest lähtuvalt tuli leida ainete doseerimiseks erinevad doseerimislahendused, mille sobivuse välja selgitamiseks tuli analüüsida ja katsetada erinevaid variante, et jõuda sobivate lahendusteni. Šokolaadide suurele viskoossusele ja hanguvusele, osutus nende doseerimise parimaks lahenduseks šokolaadimassi koguse välja arvutamine tempereerimis seadme pumba võimsuse ja tootlikkuse kaudu, sest šokolaadimass kippus tavapäraste kulumõõtjate mõõdistamisseadmetele hanguma. Aroomainete suure viskoossuse ja väikese koguse tõttu valiti nende doseerimiseks vaakumi põhised dosaatorpumbad [12]. Tahkeainete lisamiseks süsteemi valiti rootorsöötjaga doseerimis lahendus, kuna selline doseerimis viis ei lõhkunud tahkeainete struktuuri ja andis piisava doseerimis täpsuse.

Doseerimissüsteemi üheks tähtsaimaks osaks oli juhtimismudeli ehk doseerimis koguste välja arvutamise valemi väljatöötamine. Esialgne valem 1.1 saadi küll Kalevi kommivabrikust, kuid selles ilmnisid erinevad arvutus käigu ja lähteandmete valiku vead, mis tõttu tekkis vajadus koostada uus valem segamissüsteemi erinevate ainete doseerimise välja arvutamiseks. Pika uurimise ja erinevate arvutuste läbi töötamise tulemusena saadi valem 1.2 kus arvutatakse aroomi doseerimise kogust  $Q_{aroom}$  (ml/h). Valemis on küllaltki palju operaatori poolt sisestatavaid parameetreid mis teevad retsepti vahetamise natuke keerukamaks kuid see valem sobis kõigile kasutatavatele retseptidele ja see tõttu võeti kasutusse. Järgnevalt koostati doseerimissüsteemile juhtimissüsteemi struktuur ja protsessiskeem mille alusel koostati seadmete ja juhtkilbi komponentide spetsifikatsiooni tabelid ja nende alusel juhtimiskilbi skeemid. Juhtimisloogika ja juhtkilbiskeemidest lähtuvalt töötati välja juhtimisprogramm ja kasutajaliidese visualiseerimine. Kasutajaliidese juhtimisloogika teostati võimalikult lihtsaks ja arusaadavaks operaatoritele, et viia miinumini kasutamise vigade tõenäosus. Kogu töö vältel jälgiti, et oleks täidetud toiduainetööstuses kehtivad normid ja masinaehituses nõutavad ohutus ja kasutus reeglid. Koostati seadmele kasutusjuhend ja instrueeriti operaatorid süsteemi kasutama.

Ühe lisana mis segamissüsteemile parendusena planeeritakse teha on erinevate retseptide kontrolleri mälus talletamine. See läbi saaks operaator kasutajaliidesest hõlpsasti valida vastava retsepti millega tööle hakatakse ja ei peaks iga kord kõiki parameetreid eraldi sisestama. Sarnaseid tööstusliine on Kalevi kommivabrikus ja ka teistes toiduainetööstustes veel, kuhu saab osalise ümber ehitamisega sarnaseid süsteeme integreerida.

Kokkuvõtteks võib öelda, et projekt oli edukas ning varasemalt käsitsi juhitud segamis ja doseerimisprotsess on asendatud tunduvalt efektiivsema ja täpsema automatiseeritud süsteemiga, mis on kahandanud valmistoodangu praagi teket ja riknemist. Antud automatiseeritud süsteem on olnud Kalevi kommivabrikus kasutusel aasta ning on toiminud ka praktikas sama edukalt, kui antud lõputöös kirjeldatud.

## SUMMARY

The aim of this work was to find out a fully automatic system for mixing chocolates, solids and aromas of different viscosities for the Kalev candy factory. The need arose in connection with the desire to improve the quality and importance of production in the scrap and the workload of operators. The task was set by Mart Mahhov from the Kalev candy factory, under whose guidance the existing description of the situation and the solution of the vision dosing system were obtained.

Achieving this goal was made difficult by the different physical properties, which required a dose of the substances for different dosing solutions, the suitability of which required analysis and testing of different variants and finding suitable solutions. Due to the high viscosity and hardness of chocolates, the best solution for their dosing proved to be the calculation of the amount of chocolate mass through the pump power and productivity, as the chocolate mass tended to freeze on the measuring devices of the flow meters. Due to the high viscosity and small amount of aromatic substances, they are vacuum-based dosing pumps for dosing [12]. A rotary feeder dosing solution was chosen for the solids addition system because such a dosing regimen has not broken the solids structure and the accuracy of determining the adequate dose.

One of the most important parts of the dosing system was the development of a control model, i.e. a formula for calculating dosing quantities. The original formula 1.1 was obtained from the Kalev candy factory, but it showed various errors in the calculation procedure and the selection of the source data, which necessitated the preparation of a new formula for calculating the dosage of different substances in the mixing system. After a long study and various calculations, formula 1.2 was obtained, where the amount of aroma dosing  $Q_{\text{aroma}}$  (ml / h) is calculated.

The formula has quite a few parameters that can be entered by the operator, which makes changing the recipe a bit more complicated, but this formula was suitable for all the recipes used and was therefore introduced. Next, the structure and process diagram of the control system for the dosing system were prepared, based on which the specification tables of the equipment and the components of the control panel were selected and the control panel diagrams were prepared. Based on the control logic and control panel diagrams, a control program and user interface visualization was developed. The UI control logic was made as simple and understandable as possible for operators to minimize the likelihood of operating errors. Throughout the work, it was monitored that the standards in force in the food industry and the safety and operating



rules required in mechanical engineering were met. An instruction manual was prepared for the device and the operators were instructed to use the system.

One of the additions that planned is an improvement to the mixing system is to store different recipes in the memory of the controller. This would allow simplify selection of the appropriate recipe to work with from the user interface and would not have to enter all the parameters separately each time by the operator. There are other similar industrial lines in the Kalev candy factory and in other food industries, where systems similar to partial reconstruction can be integrated.

In conclusion, the project was a success and the previously manual mixing, dosing process was replaced by a much more efficient, and accurate automated system, which has reduced the formation and spoilage of finished products. This automated system has been in use at the Kalev candy factory for a year and has worked as successfully in practice as described in this thesis.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Siemens Simatic S7- 1200 Programmable controller, System Manual, 04/2012, A5E02486680-06
2. Weintek MT8090XE EasyBuilder Pro User Manual V6.05.01, 2013
3. SEW Eurodrive System Manual 07/2013 20188145/EN
4. Advances in control of food mixing operations Patrick Cullen, Serafim Bakalis and Carl Sullivan 2017
5. Madalpingelised elektripaigaldised (2019). Osa 4-41: Kaitseviisid. Kaitse elektrilöögi eest, EVS-HD 60364-4.41: 2019, Tallinn: Eesti Standardikeskus. (standard)
6. Masinate ohutus. Masinate elektriseadmed. Osa 1: Üldnõuded EVS-EN 60204-1, 2018
7. Masinaohutus. Kaitsepiiretega ühendatud blokeerimisseadised. Kavandamise ja valiku põhimõtted. EVS-EN ISO 14119, 2013
8. Masinate ohutus. Projekteerimise, riskide hindamise ja riskide vähendamise üldised põhimõtted. EVS-EN ISO 12100, 2010
9. Seadme ohutuse tagamise juhend, 2019 (Orkla Eesti AS)
10. Toiduohutuse juhtimissüsteemid. Nõuded kõikidele organisatsioonidele toidu käitlemisahelas. EVS-EN ISO 22000, 2018
11. Toidutöötlemismasinad. Toidu dosaatorid. Ohutus- ja hügieeninõuded. EVS-EN 15180, 2014
12. Solenoid Metering Pump gamma/ XL Operating instructions BA G 059 05/19 EN
13. OMRON Slim IO Relay G2RV-SR/G3RV-SR Operating Manual, 2018
14. OMRON Switch Mode Power Supply S8VK-C12024 Datasheet, 2013
15. SCHNEIDER GV2ME04 Motor circuit breaker. Product datasheet, 2021

## LISAD

### Lisa 1 Aroomi doseerimise kasutusjuhend

Enne seadme sisse lülitamist veenduda:

- Süsteemi terviklikkuses ja korrasolekus (kaablid, seadmed, jne.)
- Eelnevate ja järgnevate seadmete valmisolekus ja funktsioneerimise toimivuses

Aroomidoseerimist ja segamist juhib aroomi automaatika kilp 1 ehk AAK1, kust juhitakse süsteemi puutetundliku ekraani kaudu. Kilbi peal on ka indikaatorlambid: roheline ja punane, mis näitavad vastavalt:

- roheline indikaatorlamp: seadme korrasolekut
- punane indikaatorlamp: süsteemis esinevat viga või E-Stopp lüliti rakendumist.

Puutetundlikul ekraanil on neli valikut: „TUME MASS“ „PIIMA MASS“ „VALGE MASS“ JA „KAMA“

Vastava „MASS“i nupu vajutamisel avaneb sellega seonduv juhtimis aken.

- „KAMA MASS“ valikul tekib aken kust saab sisse lülitada kama massi täitmise „SISSE“ nupu vajutamisega ja välja „VÄLJA“ nupu vajutamisega. Selle peale läheb „SISSE“ nupp põlema ja süsteem jääb ootama signaali tasemeandurilt, et täita kolu. Kui tuleb signaal, siis hakkab nupp „SISSE“ vilkuma ja avatakse Kama torustikus klapp, kust voolab kama mass täitmis kolusse.
- Tumeda, piima ja valge massi juhtimine on kõigil sama moodi, kuid valgel massil on võimalik lisada ka tumeda massi dosaatorist aroomi.

Valides vastava MASSI, esilehelt massil vajutades tekib aken, kust saab juhtida vastava massi doseerimist.

Igal massi lehel tuleb sisestada neli väärtust, et süsteem saaks arvutada doseeritava aroomi koguse. Vastava akna vajutamisel paneeli juhtaknal tekib displeile numbrite sisestus aken, kust tuleb sisestada soovitud väärtus ja vajutada „enter“ nupule.

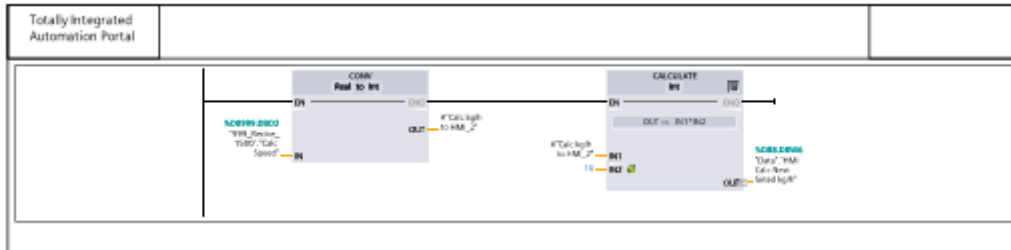
Sisestatavad väärtused:

5. Aroomi erikaal 0,00
  6. Aroomi doseering % 0,00
  7. Tootlikus kg/h 000,0 Tootlikkuse taga on lüliti mille vajutamisel saab valida, kas sisestatakse see käsitsi või tuleb tootlikkuse kogus Tempereerijalt
  8. Massi % 00,0
- Igal massi lehel kuvatakse kahte näitu:
    3. Tootlikus kg/h
    4. Lisatava aroomi kogus l/h
  - Igal massi lehel saab valida, mil viisil juhitakse vastava MASSI Segajat:
    4. Auto - segaja töötab pidevalt kui start nupp on sisse vajutatud;
    5. Sees - segaja töötab
    6. Väljas - segaja ei tööta
  - Igal massi lehel saab valida, mil viisil juhitakse vastava MASSI Dosaator pumpa:
    3. Auto - Dosaator doseerib vastavalt seadistustele aroomi segajasse kui on start nupp vajutatud sisse ja liinilt tuleb start signaal.
    4. Sees - Dosaator pump töötab täis võimsusel.
  - Väljas - Dosaator pump on väljalülitatud
  - Igal massi lehel saab valida, kas Läbipesu klapist on aroom suunatud segajasse või läbipesu peale. Kui Läbipesu on väljas siis suunatakse segajasse ja kui sees siis läbipesu ringi.
  - Igal „massi lehel“ (segatavate komponentide omaduste lehel [erikaal, erimass, tihedus]) saab valida, kas Süsteem on sisselülitatud või väljalülitatud vastavate nuppudega. Kui süsteemi nupp on väljas siis dosaator, segaja ja massi klapp ei rakendu. Kui lülitatakse süsteemi nupp sisse siis hakkavad vastavalt valitud viisile tööle kõik vastavad seadmed.

- Kui ühel lehel on sisse lülitatud Süsteemi nupp siis teistel lehtedel ei saa ühtegi valikut teha. Enne teistel massi lehtedel alustamist tuleb eelmisel süsteemi nupp välja lülitada.
- Valge massi lehel on lisaks võimalik nupuga VALGE + TUME MASS sisse lülitamisel lisada valgele massile tumeda massi dosaatorist aroomi. Sellisel juhul tuleb täita VALGE + TUME MASS lehe osas samamoodi 3 sisestatavat väärtust ja valida, mil viisil töötab dosaator ja magnet klapp. Seda valikut saab sisse ja välja lülitada ka Tumeda massi lehel.

# Lisa 2 Kontrolleri programm

Totally Integrated Automation Portal									
<b>Temper NEW [FB6]</b>									
<b>Temper NEW Properties</b>									
<b>General</b>									
Name	Temper NEW	Number	6	Type	FB				
Numbering	Manual								
<b>Information</b>									
Title		Author		Comment					
Version	0.1	User-defined ID		Family					
<b>Name</b>	<b>Data type</b>	<b>Default value</b>	<b>Retain</b>	<b>Accessible from HMI/OPC UA/Web API</b>	<b>Write-able from HMI/OPC UA/Web API</b>	<b>Visible in HMI engineering</b>	<b>Setpoint</b>	<b>Supervision</b>	<b>Comment</b>
Input									
Output									
InOut									
▼ Static									
▼ Communication Control 1									
TON_TIME	TON_TIME		Set in IOB	True	True	True	True		
PT	Time	T#0ms	Set in IOB	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Set in IOB	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Set in IOB	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Set in IOB	True	False	True	False		
▼ Communication Control 2									
TON_TIME	TON_TIME		Set in IOB	True	True	True	True		
PT	Time	T#0ms	Set in IOB	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Set in IOB	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Set in IOB	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Set in IOB	True	False	True	False		
Calc kg/h to HMI_1	Int	0	Set in IOB	True	True	True	True		
Calc kg/h to HMI_2	Int	0	Non-retain	True	True	True	False		
Temp									
Constant									
<b>Network 2: Communicatio Control With Newer Temperer</b>									
<b>Network 3: Calculate Kg/h to HMI value - Actual</b>									
<b>Network 4: Calculate Kg/h to HMI value - Seted</b>									



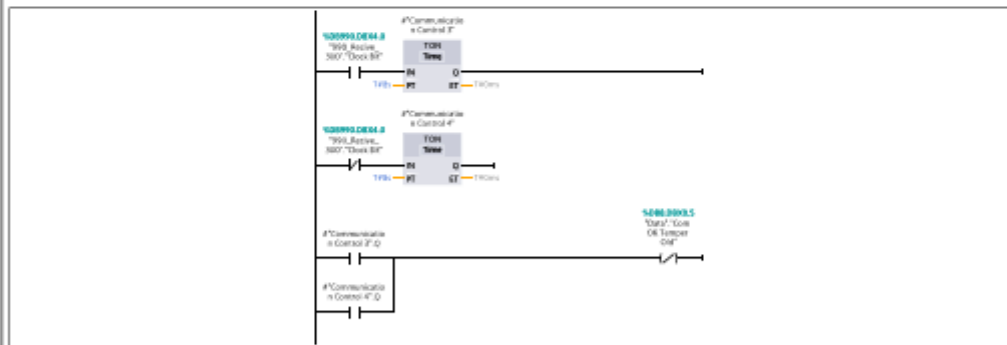
### Tempter OLD [FB7]

#### Tempter OLD Properties

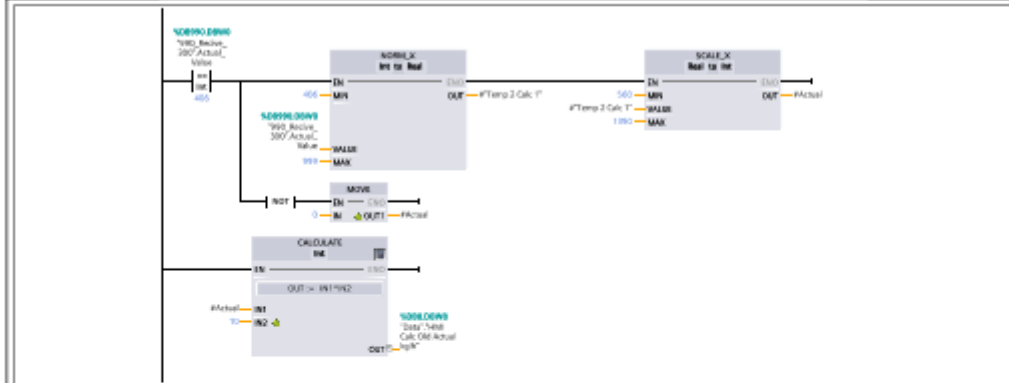
General									
Name	Tempter OLD	Number	7	Type	FB	Language	LAD		
Numbering									
Title	Manual								
Information									
Version	0,1	Author	User-defined ID	Comment					

Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Write-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Setpoint	Supervision	Comment
Input									
Output									
In/Out									
▼ Static									
▼ Communication Control 3									
TON_TIME	TON_TIME		Set in IOB	True	True	True	True		
PT	Time	T#0ms	Set in IOB	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Set in IOB	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Set in IOB	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Set in IOB	True	False	True	False		
▼ Communication Control 4									
TON_TIME	TON_TIME		Set in IOB	True	True	True	True		
PT	Time	T#0ms	Set in IOB	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Set in IOB	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Set in IOB	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Set in IOB	True	False	True	False		
Temp 2 Calc 1	Real	0,0	Set in IOB	True	True	True	False		
Temp 2 Calc 2	Real	0,0	Set in IOB	True	True	True	False		
Actual	Int	0	Set in IOB	True	True	True	False		
Seted	Int	0	Set in IOB	True	True	True	False		
Temp									
Constant									

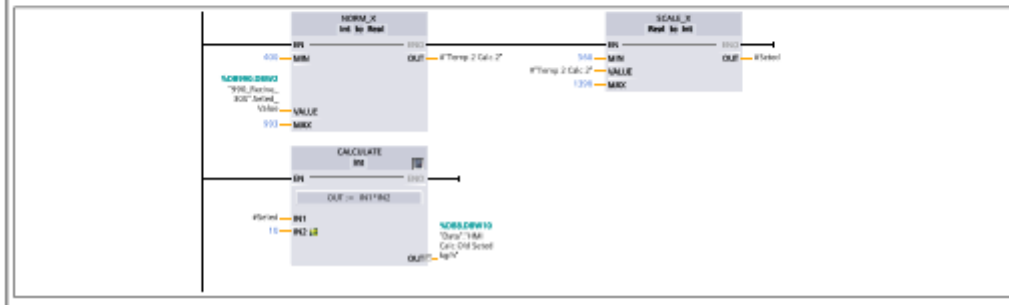
#### Network 2: Communicatio Control With OLDER Tempter



#### Network 3:



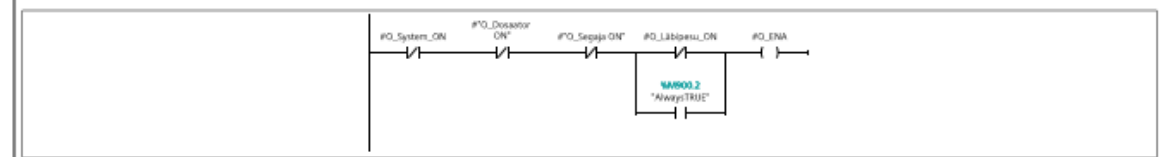
Network 4:



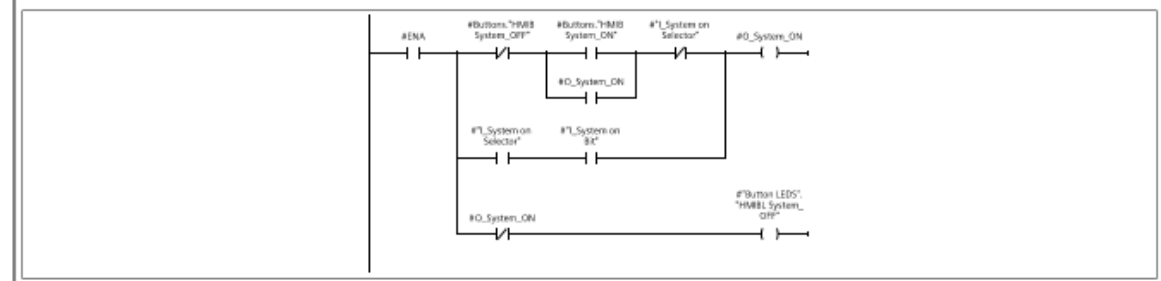
Network 1: ENA



Network 2:

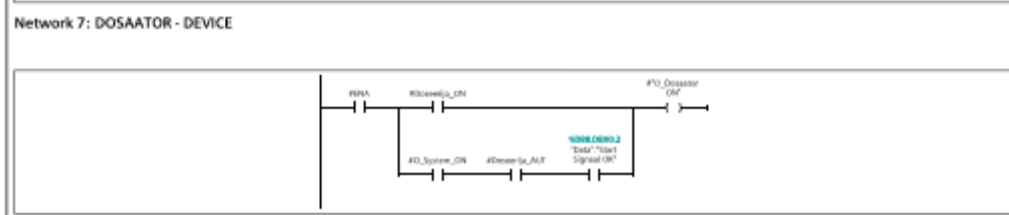
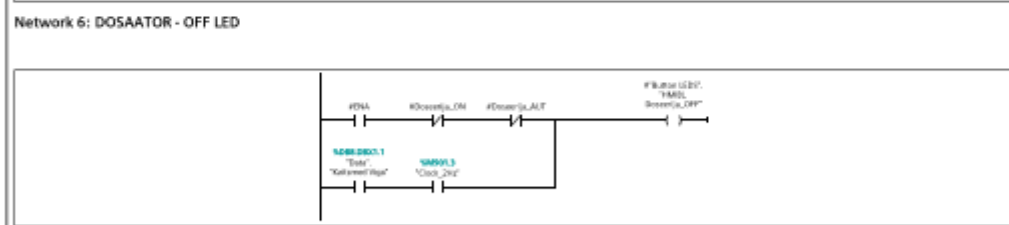
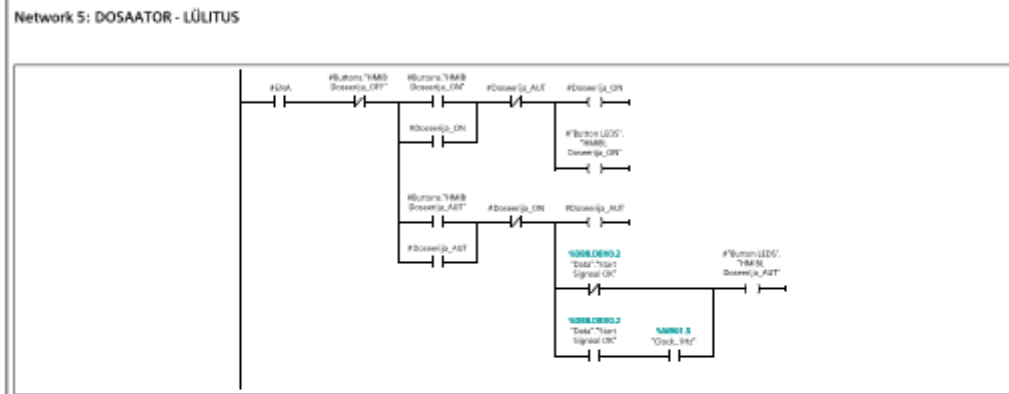
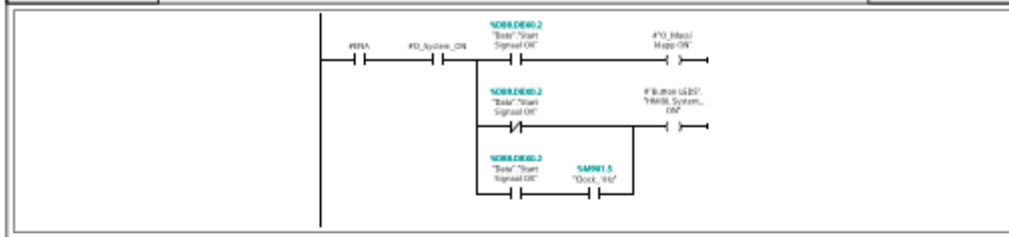


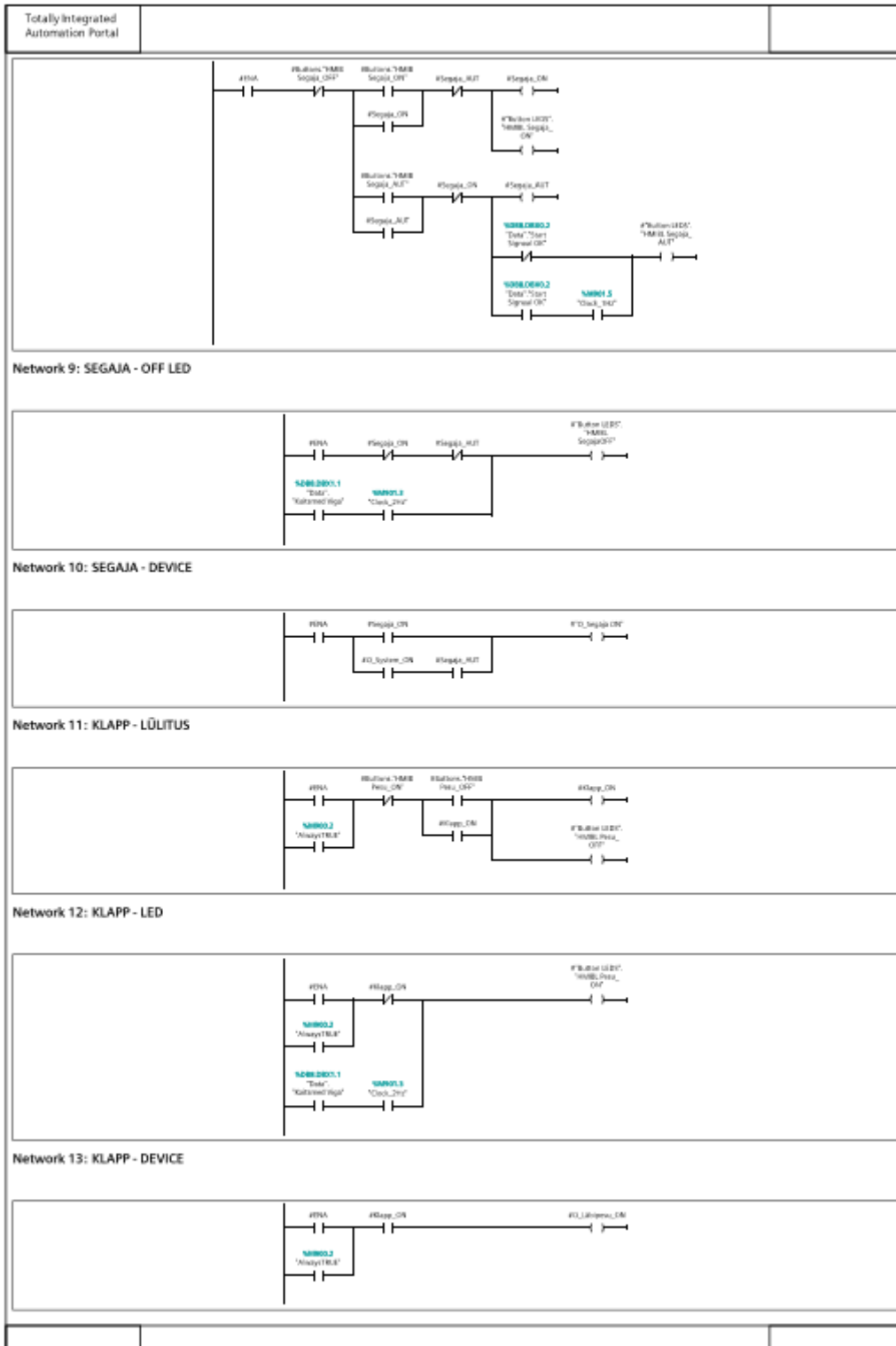
Network 3: SYSTEEM - LÖLITUS



Network 4: MASSI KLAPP

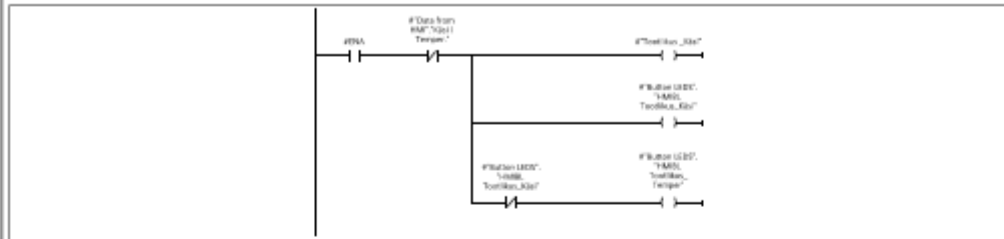






**Network 14: TOOTLIKUS - AUTO / KÄSI**

AUTO – Kui väljund on kõrge  
 KÄSI – Kui väljund on madal



**Network 15:**



**Network 16: Ekraanilt tulevate väärtuste teisendamine**

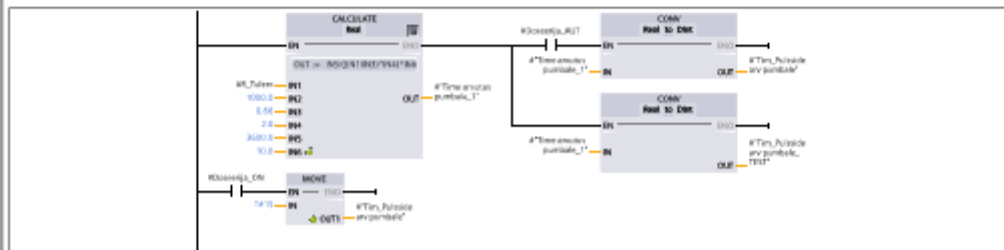
```

0001 #R_Arooni_eriikaal := (INT_TO_REAL(#Data from HMI"."Arooni_eriikaal))/100.0 ;
0002 #R_Arooni_Doseering_% := (INT_TO_REAL(#Data from HMI"."Arooni_Doseering_%)) / 100.0;
0003 #R_Tootlikus_kg := (UINT_TO_REAL(#Tootlikus_Value*)) / 10.0;
0004 #R_Massiprotsent := (UINT_TO_REAL(#Data from HMI"."Massiprotsent)) / 10.0;
0005 // #R_Tootlikus_kg := (UINT_TO_REAL(#Data from HMI"."tootlikus_kg")) / 100.0;
0006
    
```

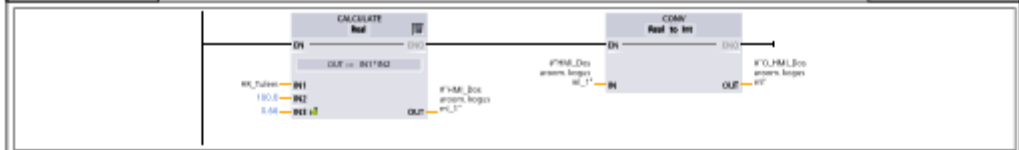
**Network 17: Üldine arvutus**



**Network 18: #Tim\_Pulsside arv pumbale**



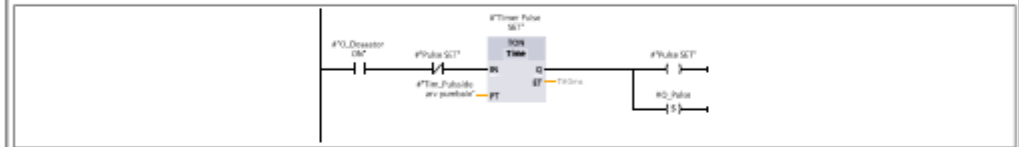
**Network 19: Üldise tulemi teisendus HMI jaoks**



Network 20: #IO\_Pulside arv pumbale\*



Network 21: Pulse SET



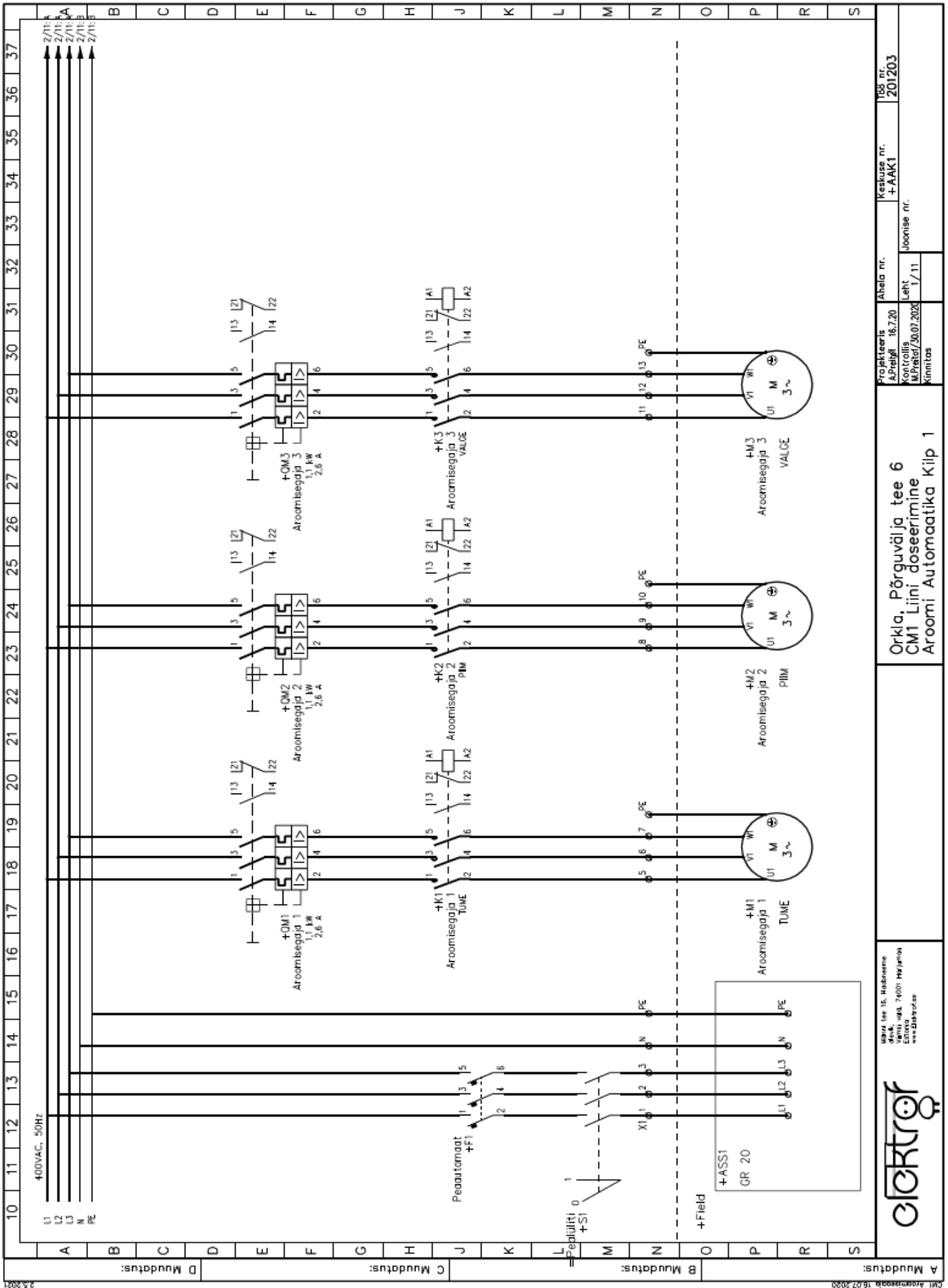
Network 22: Pulse RST



Network 23: Block HMI Window Write



# Lisa 3 Kilbiskeemid



A Muudatus: 1  
B Muudatus: 2  
C Muudatus: 3  
D Muudatus: 4

2.5.2021

CM1 Aegumisaeg: 16.07.2020

www.105.ee  
www.105.ee  
www.105.ee

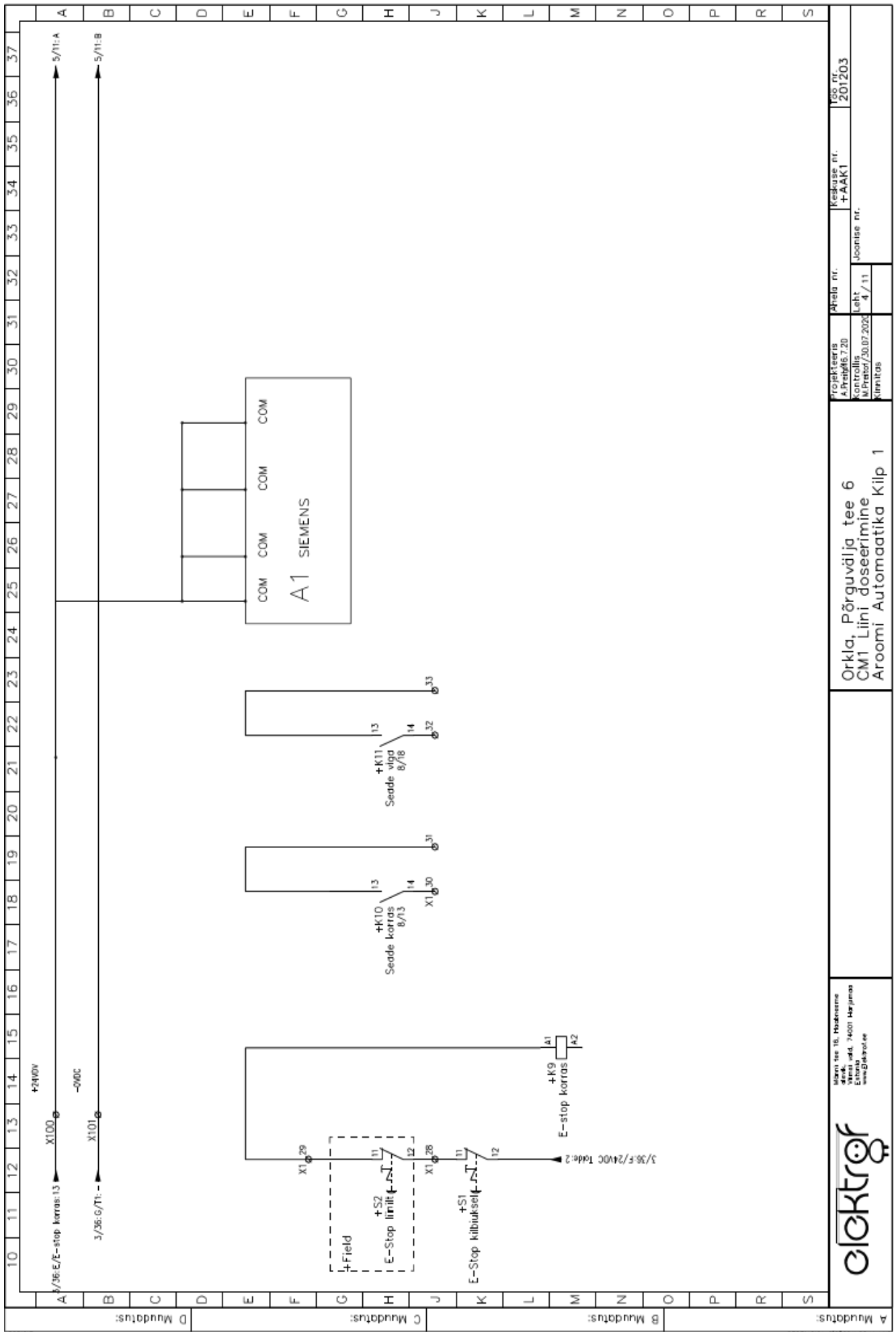


Orkla, Põrguväija tee 6  
CM1 Liini doseerimine  
Aroomi Automaatika Kiilp 1

Projekteeris AP-Peigi	16.7.20	Alala nr.	Keskuse nr. +AAK1	168 nr. 201203
Kontrollis M.Petrov	30.07.2020	Leht	Joomise nr.	
Kinnitas	1/11			







2.5.2021 A Muudatus: B Muudatus: C Muudatus: D Muudatus: 15.07.2020

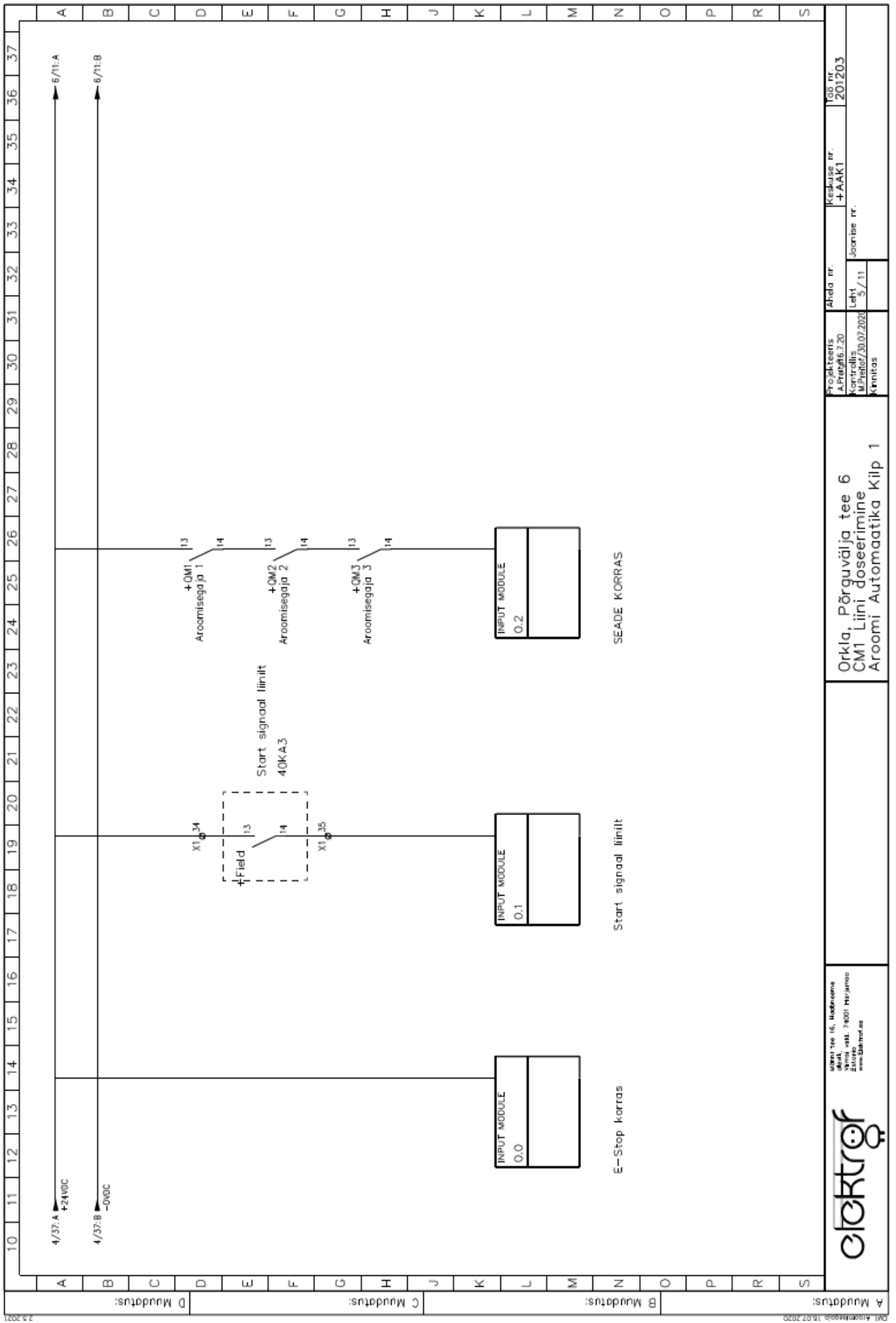
**elektror**

Müüni tee 16, Hadesaare  
 avarik, Harjumaa, 74001 Harjumaa  
 Puh: +372 7372 111  
 E-post: info@elektror.ee

Orkla, Põrguväija tee 6  
 CM1 Liini doseerimine  
 Aroomi Automaatika Kiilp 1

Projektsoris	Ahela nr.	Keskuse nr.	1500 nr.
A.Preibl/6.7.20		+AAK1	201203
Kontrollis	Leht	Loonise nr.	
M.Preibl/30.07.2020	4 / 11		
Kinnitas			





Elektrifitseerimise  
 ja automaatika  
 spetsialistid  
 www.elektrof.ee

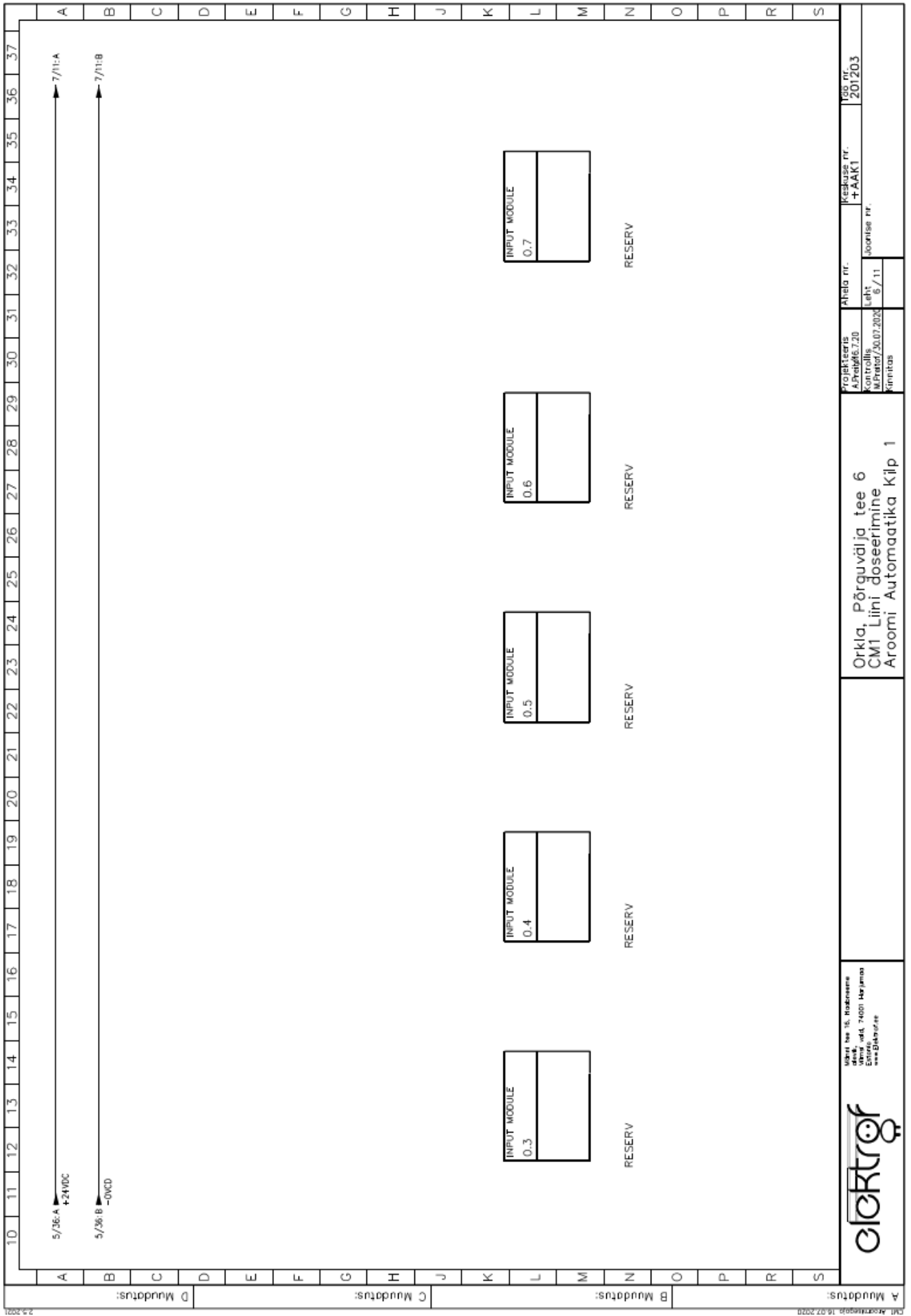
Orkla, Põrguvälja tee 6  
 CM1 Lini doseerimine  
 Aroomi Automaatika Kilp 1

Projektseis  
 A: Projekt 16.7.20  
 Kontrollis  
 M: Peet 05/30.07.2020  
 Kinnitas

Alala nr.  
 Leht 5 / 11

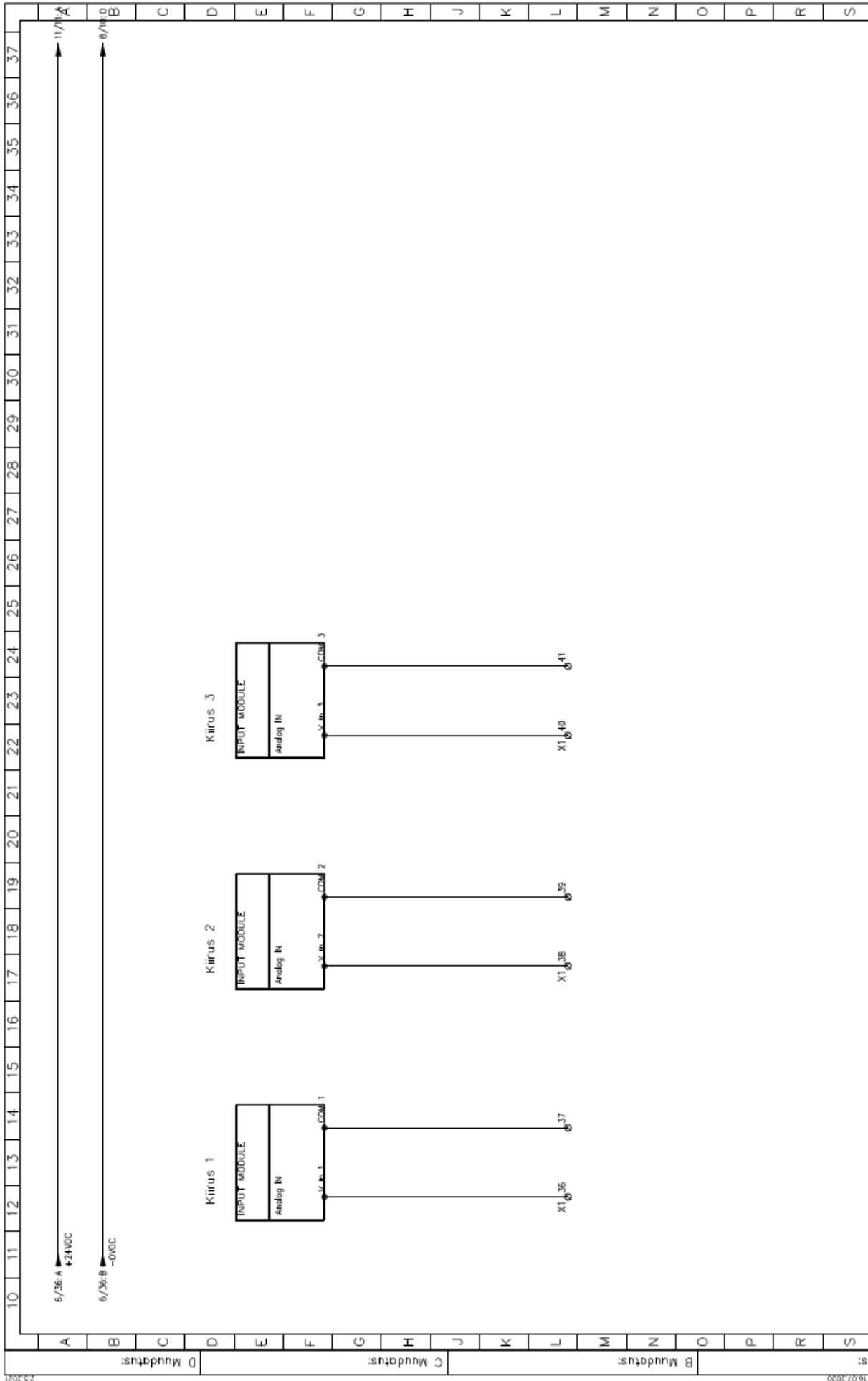
Keskuse nr.  
 +AAK1

Job nr.  
 201203

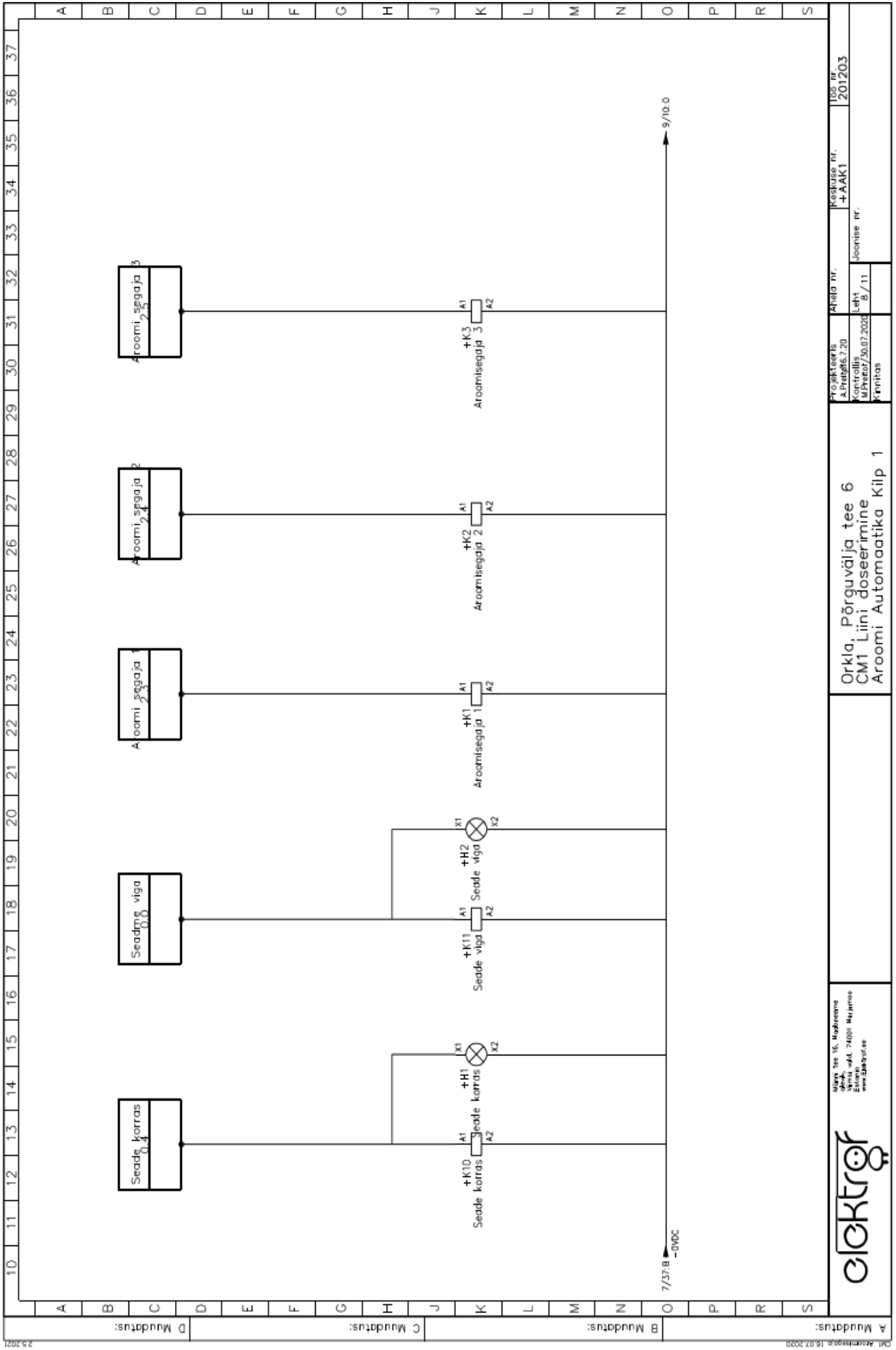


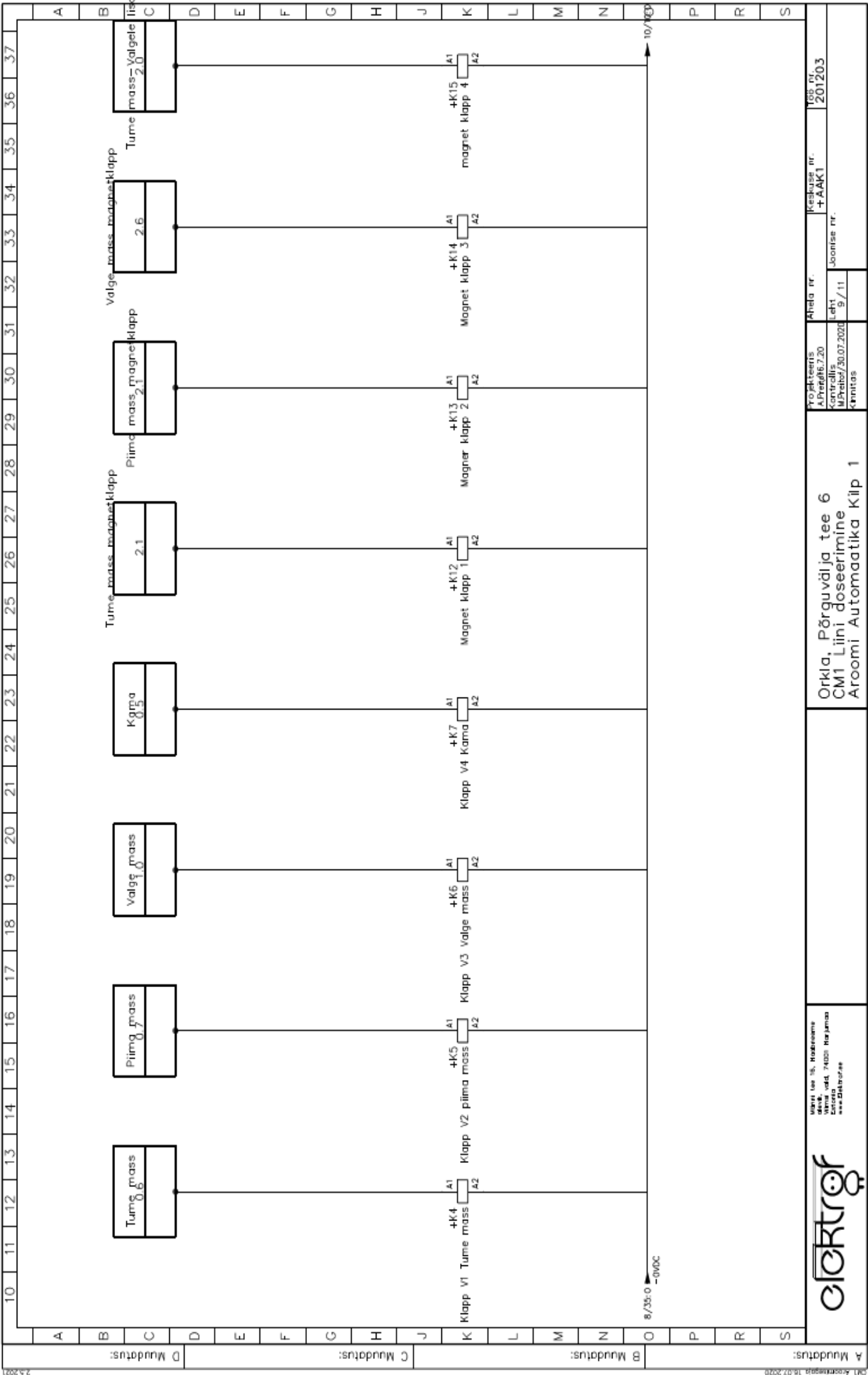
2.3.2023

CM1 Raakvere 16.07.2023



A Muudatus:		Projekts: A.Pratol/6.7.20		Ahhela nr.		Keskuse nr.		165 nr.	
B Muudatus:		Kontroll: M.Pratol/30.07.2020		Leht: 7 / 11		+AAK1		201203	
C Muudatus:		Kiinnitus		Isoorise nr.					
D Muudatus:									
								Orkla, Põrguväija tee 6 CM1 Lini doseerimine Arooni Automaatika Kiip 1	
								 <p>Elektror AS Mäe tee 16, Haldrevere 10001, Tallinn Tel: +372 6600 140 www.elektror.ee</p>	





A	Muudatus:	8/35:0 -0/0C
B	Muudatus:	
C	Muudatus:	
D	Muudatus:	
E	Muudatus:	
F	Muudatus:	
G	Muudatus:	
H	Muudatus:	
I	Muudatus:	
J	Muudatus:	
K	Muudatus:	
L	Muudatus:	
M	Muudatus:	
N	Muudatus:	
O	Muudatus:	
P	Muudatus:	
Q	Muudatus:	
R	Muudatus:	
S	Muudatus:	



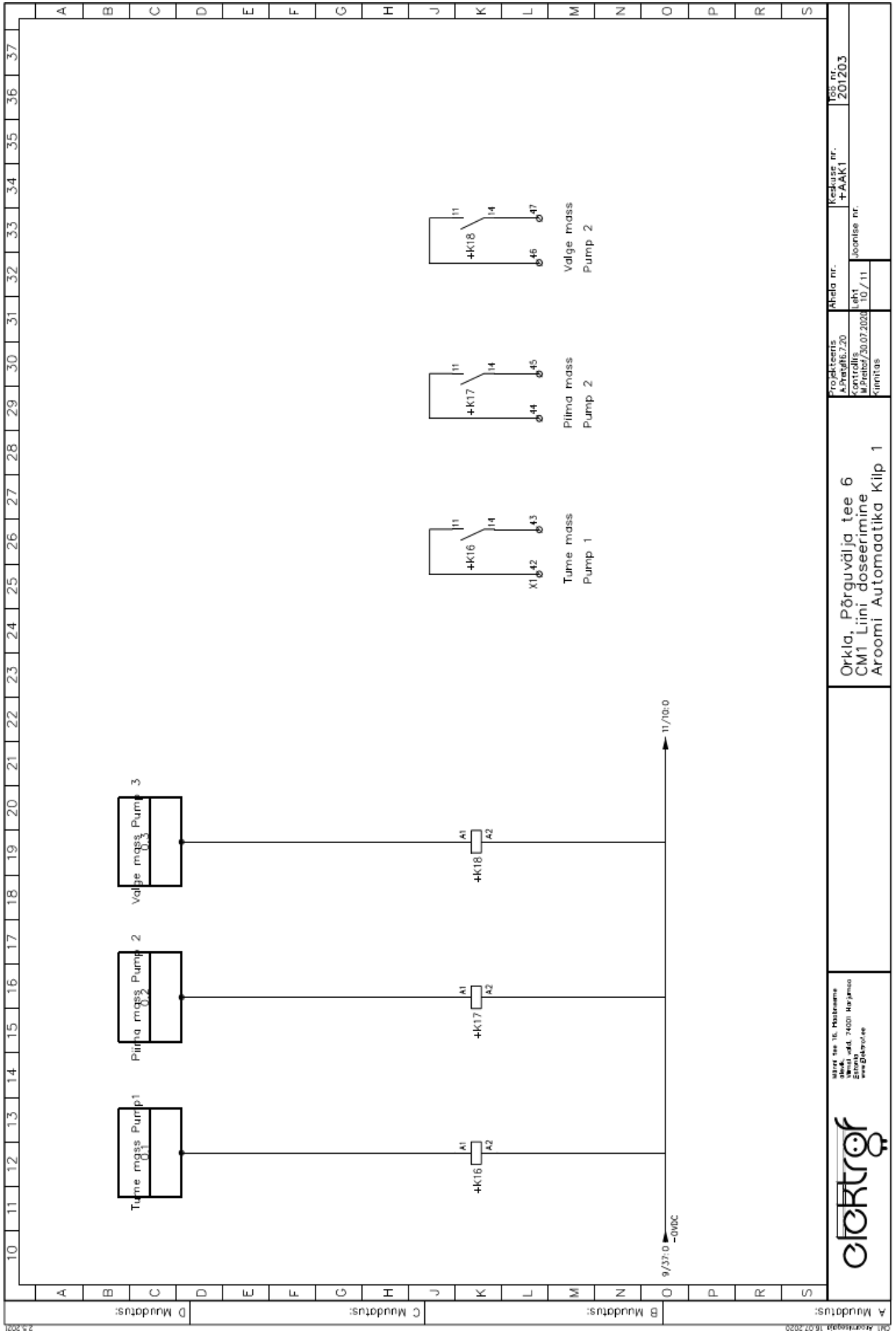
Orkla, Põrguvälja tee 6  
CM1 Liini doseerimine  
Aroomi Automaatika Kilp 1

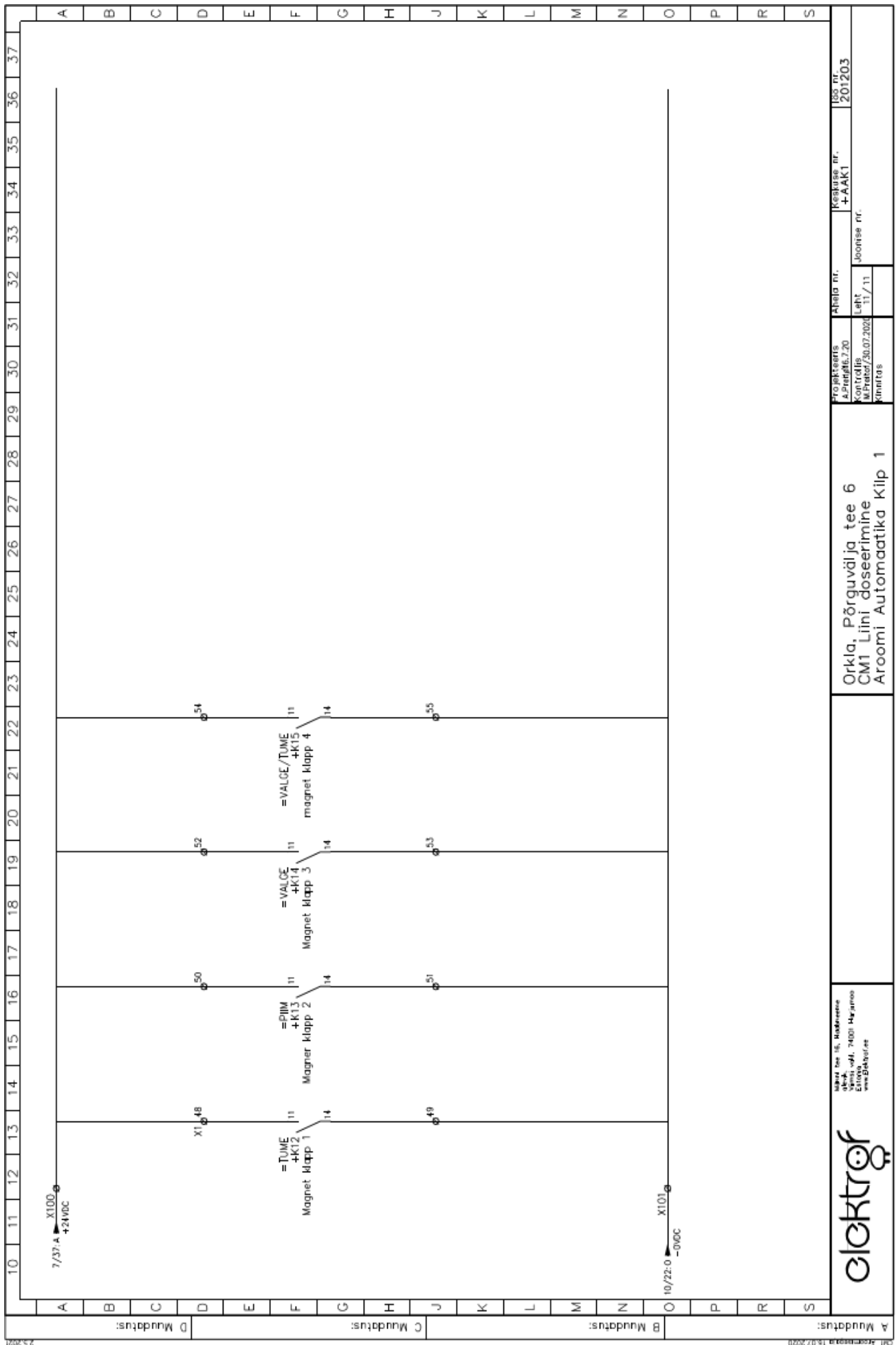
Projektsiooni  
A. Hargne, 1.20  
Määritud  
M. Pärast, 30.07.2020  
Kinnitatud

Arhivi nr.  
Leht / 11  
9 / 11

Keskuse nr.  
+AAK1  
Joonise nr.

Veel nr.  
201203





Elektrifikaasiosüsteemide  
projektamine ja ehitamine  
Sõnni tee 4, 74101 Hageri  
www.elektro.ee

Orkla, Põrguväija tee 6  
CM1 Liini doseerimine  
Aroomi Automaatika Kiip 1

Projektsiooni A.Priede/6.7.20	Alajaotise nr. +AAK1	155 nr. 201203
Kontrakti M.Priede/30.07.2020	Joonise nr.	
Kinnitas	11/11	

A Muudatus: B Muudatus: C Muudatus: D Muudatus: