

# **Leikkausvalaisimen valaistustasomittaus**

**Merivaara Oy**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2021

Juho Heinonen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Heinonen, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 30	
Työn nimi <b>Leikkausvalaisimen valaistustasomittaus</b> Merivaara Oy		
Tutkinto Insinööri (AMK), Konetekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Marko Haapaniemi, sähköinsinööri, Merivaara Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli tutkia vaihtoehtoja automatisoidun leikkausvalaisimen valaistustehon mittaustaitteiston toteutusta varten. Työn toimeksiantaja oli Merivaara Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa ja käyttöönottaa suunniteltu kokonaisuus, joka vapauttaa mittaajan työpanoksen mittauksen ajaksi.</p> <p>Laitteisto toteutettiin kahdella toisiinsa kiinnitetyillä lineaarijohteella, joita ohjaa erilliset moottorinohjaimet. Ylempään johteeseen on kiinnitetty valovoiman mittalaite, joka lähettää analogiaviestin ohjausjärjestelmään. Moottorinohjaimet ohjaavat johteiden askelmoottoreita ja ovat Modbus-kenttäväylällä kiinni Siemensin logiikassa.</p> <p>Mittauksesta saatu mittaustdata siirrettiin Excel-työkirjaan. Excelistä saatiin lopputuloksesta graafinen esitys, josta yhdellä silmäyksellä nähdään valaisimen valokuvion kunto ja muoto. Tämän pohjalta valon tekniikkaan voidaan tehdä muutoksia.</p> <p>Opinnäytetyö helpottaa tuotekehityksen aikaisia työvaiheita. Mittarin tekemien graafisten esitysten avulla valaisimen kunto voidaan todentaa. Laitteistoa voi jatkekehittää UPC/UA -serverin käyttöönotolla, jolla voidaan toteuttaa virtuaalinen käyttöliittymä.</p>		
Asiasanat automatisoitu, Excel, laadunvalvonta, leikkausvalaisin, valovoima		

## Abstract

Author(s) Heinonen, Juho	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 30	
Title of Publication <b>Automated illumination metering system for surgical lamps</b> Merivaara Oy		
Name of Degree Bachelor of Engineering (UAS)		
Name, title and organization of the client Marko Haapaniemi, Electrical engineer, Merivaara Oy		
Abstract <p>Merivaara Oy requested an automated system to test power of illumination of their surgical lamps. The goal of the thesis was to build and test a planned entity that would free the work input for the duration of the measurement.</p> <p>The equipment was implemented with two interconnected linear actuators controlled by separate motor controllers. Luminance measurement device, which sends an analog message to the control system, has been connected to upper conductor. The motor controllers that control stepper motors of the conductors are connected to the Siemens PLC via the Modbus fieldbus.</p> <p>Object was to import evaluated values into Excel worksheet to make graphical presentation of values, so that user can simply see the light pattern and condition of the lamp. Based of this, changes can be made to the technology of lamp.</p> <p>The thesis facilitates the work phases during product development. Graphic representations made by the system can be used to verify the condition of the lamp. The system can be further developed by using a UPC / UA server.</p>		
Keywords automated, Excel, luminosity, quality control, surgical lamp		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Toimeksianto .....	2
2.1	Leikkausvalaisimien laadunvalvonta .....	3
2.2	Standardit .....	4
3	Alkuseelvitys.....	5
3.1	Liiketoimintojen toteutus .....	5
3.1.1	XYZ-toteutus.....	5
3.1.2	XY-toteutus.....	5
3.2	Anturin määrittäminen.....	6
3.3	Ohjausjärjestelmän valinta.....	7
4	Kokoonpano .....	8
4.1	Manipulaattorin rakentaminen.....	8
4.1.1	Lineaarijohteiden asennus.....	9
4.1.2	Antureiden sijoittaminen .....	10
4.1.3	Ohjausjärjestelmän kotelointi.....	10
4.2	Liitännät ja kytkentäkaaviot.....	11
5	Ohjelmointi ja sovelluskehitys .....	15
5.1	Logiikan ja komponenttien konfigurointi .....	15
5.2	Ohjelmointi .....	20
5.2.1	Ohjelmoinnin aloittaminen.....	20
5.2.2	Ohjelman toimintaperiaate.....	21
5.2.3	Analogiaviestin käsittely.....	23
5.2.4	Tietokannan toteutus .....	25
5.3	Käyttöliittymä .....	25
5.4	Mittaustulosten käsittely.....	26
6	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	28
	Lähteet .....	30

## Liitteet

Liite 1. Ohjeet leikkausvalaisimen valaistustehomittarin käyttöön

Liite 2. Järjestelmän kytkentäkaavio

## 1 Johdanto

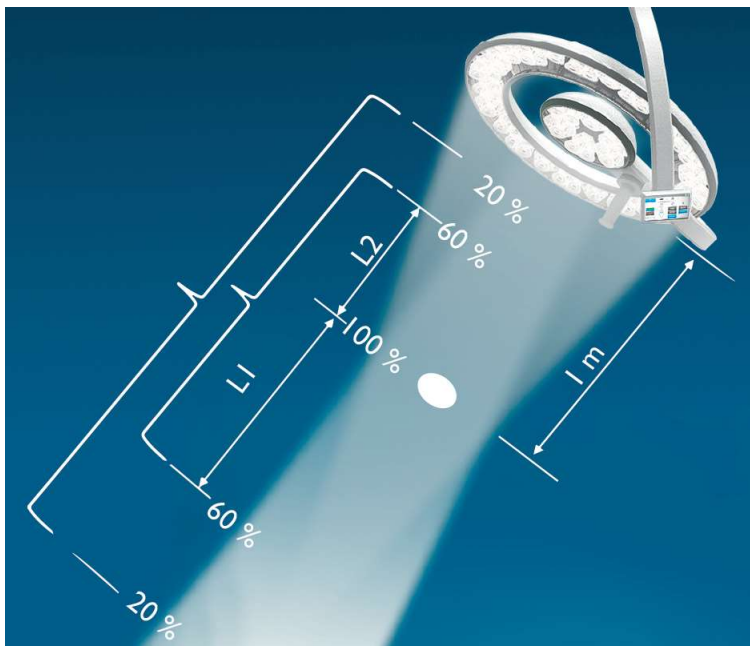
Merivaara Oy oli tehnyt oppilaitokselle opinnäytetyöpyynnön leikkausvalaisimen automatisoidusta valaistustehon mittauslaitteistosta. Laitteiston tarkoitus on helpottaa tuotekehityksen työtaakkaa muuttamalla aiemmin manuaalisesti toteutetun mittausprosessin automaattiseksi. Laitteisto vapauttaa mittaajan työpanoksen muihin työtehtäviin mittauksen ajaksi. Lisäksi järjestelmä tuottaa graafisen tulostettavan esityksen valaisimen valokuvioista. Graafisesta esityksestä pystytään varmentamaan valaisimen kunto, ja sillä pystytään osoittamaan valaisimen vaatimuksenmukaisuus (EN 60601-2-41.). Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kokonaisuus toimeksiantajan toiveet ja standardit huomioon ottaen. Opinnäytetyön monipuolisuus ja sairaalaympäristön asettamat vaatimukset tekivät työstä hyvän ja kiinnostavan opinnäytetyön.

### **Merivaara Oy**

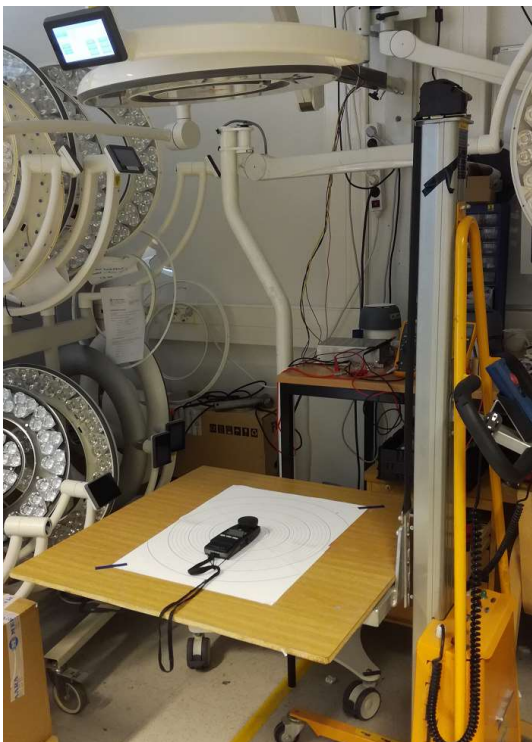
Merivaara Oy on suomalainen vuonna 1901 perustettu sairaala-alan yritys, joka valmistaa leikkausvalaisimia ja -tasoja. Yritys työllistää noin 70 henkilöä. Yrityksen pääkonttori, tuotekehitys, tuotanto, myynti ja markkinointi sekä huoltopalvelukeskus sijaitsevat Lahdessa. Yrityksellä on lisäksi tytäryhtiöt Britanniassa, Norjassa sekä Ruotsissa. (Merivaara 2021.)

## 2 Toimeksianto

Projektin tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Merivaaran leikkausvalaisimien tuotekehityksen käyttöön valaistustehon mittalaite. Projektin vaatimuksia säätää standardit ja loppukäyttäjien toiveet huomioidaan ratkaisussa. Valaistustason mittausta tarvitaan valaisimien laadun valvonnassa sekä erityisesti uusien tuotteiden kehitystoiminnassa. Mittauksella todennetaan sovelluksen vaatiman valaistustehon riittävyys kohdealueella eri etäisyyksillä valaisimesta. Kuvassa 1 näkyy valontehon mittapisteiden sijainti valokentässä, joiden etäisyydet on määritetty liitteessä 1. Nykyisellään mittaus tehdään manuaalisesti valaistustehomittarilla mitaten ennalta määritellyn tasokuvion mukaisesti (kuva 2). Laitteiston tärkein tavoite on vapauttaa tekijän työpanos muihin tehtäviin robotin hoitaessa pitkävetäisen ja hitaan prosessin.



Kuva 1. Valontehon mittapisteiden sijainti valokentässä



Kuva 2. Manuaalinen valotehon mittausjärjestelmä

Toimeksiannossa keskityttiin yhdessä tasossa tapahtuvaan mittausprosessiin ja siihen liittyviin minimivaatimuksiin. Mittaustulosten Exceliin tallentamisesta oli myös keskustelua taapamisessa, ja helpon visualisoinnin vuoksi päätettiin käyttää visualisointiin Exceliä mahdollisuuksien mukaan. Tämän jälkeen käytiin läpi valomittarin minimivaatimuksia sekä sitä koskevaa standardia (Liite 2). Merivaaran edustaja Marko Haapaniemi esitteli myös heillä tällä hetkellä käytössä olleen mittalaitteen ominaisuuksia ja nykyisiä toimintatapoja (Haapaniemi 2020.).

Mekaniikkaosuuden toteutus vaikutti selkeältä tässä vaiheessa, mutta ohjausjärjestelmäpuoli vaati laajempaa analysointia. Erilaisia ohjausjärjestelmiä kartoitettiin. Projektissa päätettiin toteuttamaan ohjaus Siemensin logiikkaohjauksella.

## 2.1 Leikkausvalaisimien laadunvalvonta

Leikkausvalaisimien jatkuva laadunvalvonta on välttämätöntä. Kilpailu alalla on kovaa ja omien tuotteiden vaatimustenmukaisuuden todentaminen on suuressa osassa tarjouskilpailuja. Valaisimille tehdään valotehonmittauksia kehitysvaiheessa, huoltojen yhteydessä sekä pistotarkastuksina tuotantoerissä yksittäisille valaisimille. Valaisimien tulee tasaisen ja riittävän valomäärän tuottamisen lisäksi myös suodattaa varjoja pois valokentästä, josta on erikseen määritelty standardissa. (EN 60601-2-41.)

## 2.2 Standardit

Standardissa EN 60601-2-41 on tarkkaan määritelty erilaisten vaadittujen mittauksien toteuttaminen. Standardissa määriteltyjä asioita ovat muun muassa seuraavat: valoalueella ei tule olla terävää reunaa ja valon tulee valaista myös onteloiden pohjia, kuitenkin minimoimalla kirurgin silmien rasitus. Valon tulee myös lämmittää kohdetta mahdollisimman vähän, etteivät kudokset kuivu leikkauksen aikana. Tämä ylimääräinen energia aiheuttaa myös epämukavuutta kirurgille. Valonsäteiden tulee olla riittävän hyvin suunnattu stereoskooppisen valonkuvan saamiseksi ja valaisimen tulee reagoida kenttään tuleviin esteisiin riittävän nopeasti valoalueen pysyessä selkeänä. Valaisimen tulee tuottaa koko värispektri. Ilman valonsäteen estäviä objekteja valaisimen keskivalaisuuden taso tulee olla 40 000 ja 160 000 luxin välillä. (EN 60601-2-41.)

Yhden ja kahden käyttäjän päätä simuloivien objektien avulla tehtävillä mittauksilla tutkitaan valon stereoskooppista toimintaa. Standardi käsittelee myös valaistuksen syvyyttä. Standardi määrittelee valon käyttöohjeiden sisältävän vähintään

- keskivalaisuuden perusmittatasossa
- valokentän halkaisijan perusmittatasossa
- valokentän halkaisijan, kun valaistusvoima saavuttaa 50% mitatusta keskivalaisuudesta
- jäljellä olevan valaistusvoiman kun yksi tai kaksi objektia peittää valonsäteen mitta-pisteen ollessa standardoidussa putkessa.

Edellä mainitut arvot ilmoitetaan prosentteina sekä millimetreinä. Keskivalaisuus mitataan ilman peittäviä objekteja. Standardissa on myös määritelty käytettävän valonmittauslaitteen vaatimukset. (EN 60601-2-41.)



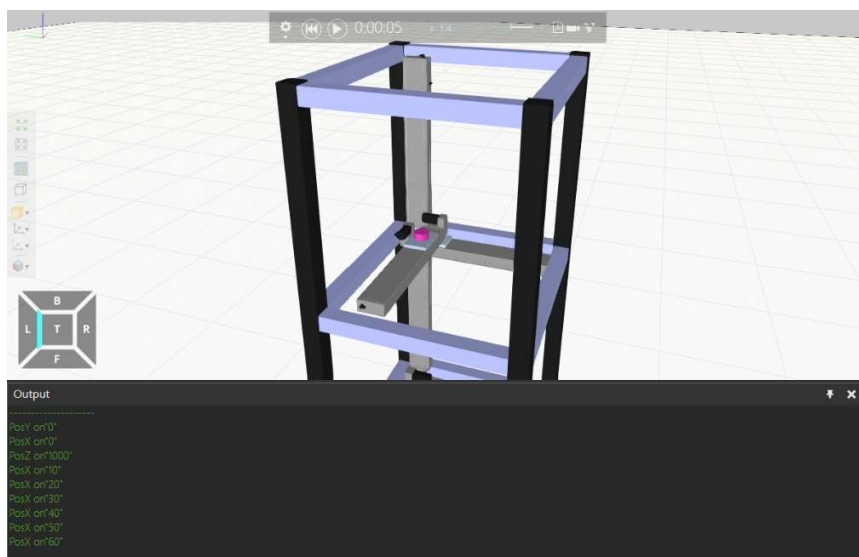
### 3 Alkuseelvitys

#### 3.1 Liiketoimintojen toteutus

Projektin alussa tärkein linjaus oli liiketoimintojen toteutuksen valinta. Aluksi oli esillä kolmen akselin toteutus. Tavoitteena oli saada toiminta-alueeksi vaakasuuntiin 600 mm ja korkeussuuntaan 2000 mm liikematkat. Liikkeet oli ajatuksena toteuttaa lineaarijohteilla, joita ohjataan askelmootoreilla.

##### 3.1.1 XYZ-toteutus

Kolmen liikeakselin toteutus oli pitkään tavoiteltu ratkaisu ja muutamasta yrityksestä saatiin alustavat tarjoukset laitekokonaisuudesta. Kustannus- ja käytännöllisyyssyistä päädyttiin kuitenkin jatkamaan selvitystä kahden liikeakselin versiosta. Alla olevassa kuvassa 3 on Visual Components -ohjelmalla toteutettu simulointi havainnollistamisen tueksi.



Kuva 3. Visual Components -ohjelmalla toteutettu suunnitelma kolmen akselin manipulaattorista

##### 3.1.2 XY-toteutus

Useita yhteydenottoopyyntöjä tehtiin ja tarjouslomakkeita täytettiin eri yritysten nettisivuilla. Opinnäytetyön toteutuksen aikana vallinneen koronatilanteen vuoksi lähes kaikki viestintä hoidettiin joko Teams-palavereissa tai sähköpostitse. Useita alustavia tarjouksia tuli eri

yrityksistä. Kaksi yhteydenottoa eteni yksityiskohtaisiin tarjouksiin saakka. Manipulaattori päädyttiin tilaamaan OEM Finland Oy:ltä.

Toimitus sisälsi Gantryn ZLW-0630-S ST23 ja ZLW-0630-S ST17 liukujohteet sekä Iguksen D1-moottorinohjainyksiköt. Moottorina X-akselilla on Iguksen MOT-AN-S-060-020-056-M-C-AAC -askelmoottori sekä Y-akselilla Iguksen MOT-AN-S-060-005-042-M-C-AAAC -askelmoottori.

### 3.2 Anturin määrittäminen

Erilaisia anturivaihtoehtoja tuntui aluksi olevan paljon ja niitä oli useassa paikassa myynnissä. Vaatimukseen ja standardeihin perehtymisen myötä sai huomattiin, että jokaisesta mittalaitteesta löytyi jokin rajoittava tekijä, joka olisi vaikuttanut mittalaitteiston toimivuuteen merkittävästi. Useissa vaihtoehtoissa oli joko valotehon ylärajaa rajoittava tai logiikkaan liitettävyyteen vaikuttava haaste. Kymmenien vaihtoehtojen jälkeen päädyttiin tutkimaan Merivaaralla käytössä olevan valotehomittarin ominaisuuksia, joka täytti standardit ja mittauskapasiteettivaatimukset, joten sillä pystyi paikantamaan liian kirkkaita pisteitä mitta-alueelta. Tällaiset pisteet voivat aiheuttaa heijastuksia ja kuumia pisteitä kudokseen. Merivaaran Minolta T-10A -valaistustehomittarilta saatiin mono miniplug -liittimellä jatkuva 0 - 3 V analogiaviesti, jonka saatiin liitettävä logiikan analogiatuloihin (Konica Minolta 2013. 34-35.). Logiikan analogiaviesti toimii 0 - 10 V alueelle, joten skaalauksessa osa resoluutiosta menetetään. Anturin mittapää liitetään Ethernet-yhteydellä varsinaiseen näyttöyksikköön, joten mittauksen aikaista seuranta voidaan tehdä helposti. Anturin valinnan myötä laitteen valaistustehon mitta-alueeksi tuli 2000 - 299 900 lx. Standardin määrittämä minimiarvo ylärajalle on 40 000 – 160 000 lx. Anturin mittapään kiinnitystä varten Merivaaralla 3D-tu-lostettiin (kuva 4) Y-akselin kelkkaan tuleva adapteri, jolla mittapää saatiin kiinnitettyä keskikohdasta kelkkaan. (EN 60601-2-41.)



Kuva 4. Anturin mittapään kiinnitystä varten 3D-tulostettu adapteri käytössä

### 3.3 Ohjausjärjestelmän valinta

Ohjausjärjestelmän valinta alkoi projektin alussa tehtyjen pohdintojen perusteella. Aluksi päädyttiin tekemään selvityksiä eri ohjausjärjestelmien ominaisuuksista sekä käytännöllisyydestä tähän projektiin. Vaihtoehtoisiksi valikoituivat Arduinon, Beckhoffin sekä Siemensin logiikat. Lopulta päädyttiin käyttämään Siemensin logiikkaa, sillä ohjelmointi TIA Portal -ohjelmisto on laajasti käytössä vastaavissa sovelluksissa. Sovellukseen kaavailtu S7-1200 logiikka on riittävän tehokas ja pystyy tallettamaan yhdestä mittauskerrasta tulevat arvot tarvittaessa logiikan omaan muistiin. Logiikka yhdistää tasomaisen mittauskuvion 3721 X- ja Y-paikkatietoa yhtä monen anturilukeman kanssa. Tämä oli tärkeä huomioida muistikapasiteetissa. Varsinaisen logiikan lisäksi tilattiin myös verkkokytkin, johon moottorinohjaimet saadaan kiinni logiikan kanssa samaan verkkoon.

## 4 Kokoonpano

### 4.1 Manipulaattorin rakentaminen

Laite rakennettiin erilliselle siirrettävälle nostimelle, jota pystyy itsenäisesti siirtelemään. Testausvaiheessa laitteisto kasattiin väliaikaisen tason päälle. Kuvassa 5 laite on käyttöön-ottoa varten kasattuna Merivaaran laboratoriossa.



Kuva 5. Laite rakennettuna Merivaaralla

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi asennuksen aikaisia haasteita ja huomioita. Kuvassa 6 näkyy mittauspisteellä tehty testiajo pöytävalaisimelle. Testimittauksella saatiin anturilta jänniteviestillä logiikalle mitattuja arvoja.



Kuva 6. Testimittaus pöytävalaisimelle

#### 4.1.1 Linearijohteiden asennus

Aluksi liitospalat kiinnitettiin akselin kumpaankin päähän, jonka jälkeen vastapalat asennettiin moottorin sekä vastakkaisen johteen akseliin. Merivaaralle laitteistoa testikäyttöön asennettaessa (kuva 7) molemmat X-liikkeen johteet ruuvattiin kiinnikkeillä eurolavaan kiinni. Y-akselin johde kiinnitettiin X-akselin johteiden kelkkoihin tulleisiin adaptereihin kiinni.

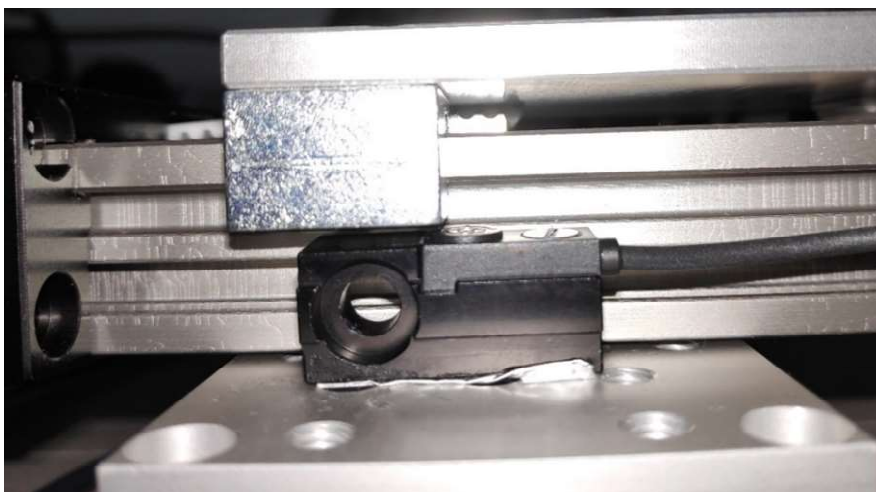


Kuva 7. Linearijohteiden asennus



#### 4.1.2 Antureiden sijoittaminen

Kumpaankin johteeseen kiinnitettiin yksi sulkeutuvalla kärjellä oleva PNP HALL -anturi. Antureiden sijoittamisessa oli erilaisia vaihtoehtoja riippuen sovelluksesta sekä preferensseistä. Anturit päädyttiin sijoittamaan johteiden alkupäähän moottorin pyörimissuunnasta määriteltynä. Antureita käytetään projektissa nollapisteen referenssinä. Alemman johteen uraan oli valmiiksi asennettu kiinnitysholkkeja, johon anturin sai kiinnitettyä. Anturi kiinnitettiin protovaiheen ajaksi kaksipuolisella teipillä alemman johteen adapteriin. Anturin etäisyys kelkkaan oli tarkka, eikä muutaman millin mittausetäisyydellä anturi enää kelkkaa tunnistanut (kuva 8). Iguksen katalogista (igus GmbH 2019, 1351.) löytyy anturin tarkat ominaisuudet ja kytkentä.



Kuva 8. Kuvassa näkyvällä tunnistustäisyydellä anturi ei havainnut kelkkaa

#### 4.1.3 Ohjausjärjestelmän kotelointi

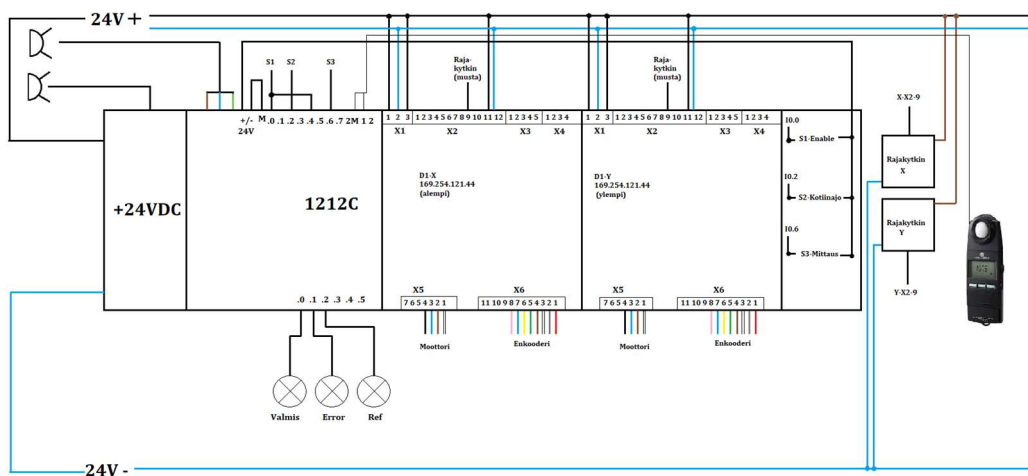
Laite toimii logiikka pois lukien 24 V tasajännitteellä. Tätä varten laitteeseen hankittiin muuntaja. Kytkentöjen tekemisen ja toiminnan toteamisen jälkeen hankittiin 35mm DIN-kisko, johon kaikki komponentit sai kiinnitettyä (kuva 9). Ohjausjärjestelmän kotelon etureunaan asennettiin kolme on/off -kytkintä, joilla ohjataan logiikan I0.0, I0.2, I0.4 ja I0.6 tuloja.



Kuva 9. Ohjauskeskus testiajossa

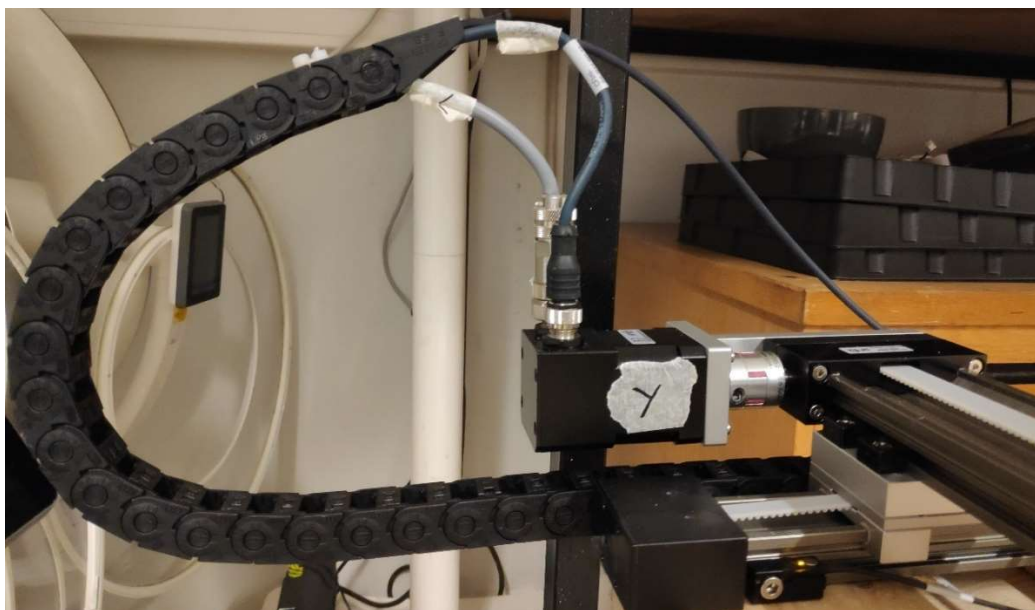
## 4.2 Liitännät ja kytkentäkaaviot

Laitteeseen kiinnitetään kaksi jännitesyöttöä. Toinen niistä tulee logiikalle ja toinen muuntajalle. Muuntajasta lähtevät +24 VDC ja 0 VDC tuodaan erilliselle kiskolle ohjausjärjestelmän käyttöön. Sieltä saadaan syöttöjännite ja 0 VDC raja-antureille. Myös molemmille moottoriohjaimille tuodaan syöttöjännite pinneihin X1.1, X1.3 ja X2.11 sekä 0 VDC pinneihin X1.2 ja X2.12. Molemmille moottoreille tulee kaksi kaapelia; 5-pinninen moottorin virtakaapeli, sekä 8-pinninen pulssianturin kaapeli. Pulssianturin kytkentäohjeita ei ollut moottoriohjaimen mukana tullessa manuaalissa, mutta netistä löytyi kunkin johdinvärin tarkoitus. Manuaalin X6-liitännän kuvauksien perusteella johtimet kytkettiin oikeisiin liittimiin (igus GmbH 2019, 19/96.). Alla olevassa kaaviossa 1 on esitetty järjestelmän johdotuskaavio, josta näkyy kytkennöissä käytetyt liittimet. Tämä kaavio on esitetty myös liitteessä 3.



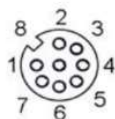
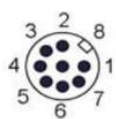
Kaavio 1. Järjestelmän johdotuskaavio

Antureiden ja moottorikaapelien juuttuminen lineaariyksikön väleihin estettiin asentamalla energiansiirtoketju Y-akseliin liitettävien kaapeleiden suojaksi (kuva 10). Myös mittapähän liitettävät kaapelit putkitettiin rikkoutumisen estämiseksi. Pulssianturin (taulukko 1) ja moottorikaapelin (taulukko 2) värikoodit on merkitty alla oleviin taulukoihin. Liitännät moottorinohjaimen on esitetty manuaalissa (igus GmbH 2019, 19/96.).



Kuva 10. Energiansiirtoketju johtojen suojausta varten

Pin assignment M12 encoder

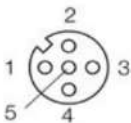
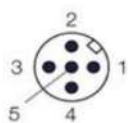


Encoder		Encoder cable
M12 8-pin		M12 8-pin
PIN	Signal	Colour
1	A	white
2	A/	brown
3	B	green
4	B/	yellow
5	0V	grey
6	N/	pink
7	N	blue
8	5V DC	red
housing	Shielding	Shielding

Taulukko 1. Pulssianturin kaapelin värikoodit (igus GmbH 2019)



## Pin assignment M12 motors



Bipolar motor	Motor cable		
M12 5-pin			M12 5-pin
PIN	Signal	Winding	Colour
1	A/	1	brown
2	A		white
3	B	2	blue
4	B/		black
5	PE		green-yellow
Connector housing	Shielding		-

Taulukko 2. Moottorikaapelin värikoodit (igus GmbH 2019)

Kummallekin raja-anturille (taulukko 3) tulee 24 VDC syöttöjännite (ruskea) ja 0 VDC (sininen). Signaali (musta) kytketään kummallekin moottorinohjaimelle X2.9 -pinniin. Jos käytettäisiin positiivisen pään kytkintä, kytkettäisiin tämä pinniin X2.8. Järjestelmä toimii TCP/IP SDO -ohjauksella, joten kaikki viestintä ohjaimien ja logiikan välillä tapahtuu Ethernet-yhteydellä. Kummastakin ohjaimesta, logiikasta sekä tietokoneesta yhdistetään Ethernet-kaapeli keskuksessa olevaan kytkimeen, joka yhdistää nämä yhdeksi verkoksi (kaavio 2). Tätä varten tietokoneen verkkokortille lisättiin uusi dynaaminen IP-osoite 169.254.121.1. Logiikan IP-osoitteeksi määriteltiin TIA Portalista osoite 169.254.121.33. X-yksikön ohjaimen osoitteeksi asetettiin 169.254.121.44 ja Y-yksikön osoitteeksi 169.254.121.45. Näin järjestelmän osat saatiin kommunikoidaan keskenään ja TCP-yhteydet näkymään aktiivisina TIA Portalissa. (igus GmbH 2019.)



Kaavio 2. Järjestelmän verkkokaavio

### Pin assignment

Proximity switch	M8 3 pin	Proximity switch cable	
PIN	Signal	PIN	Colour
1	+	1	Brown
3	-	3	Blue
4	Load	4	Black



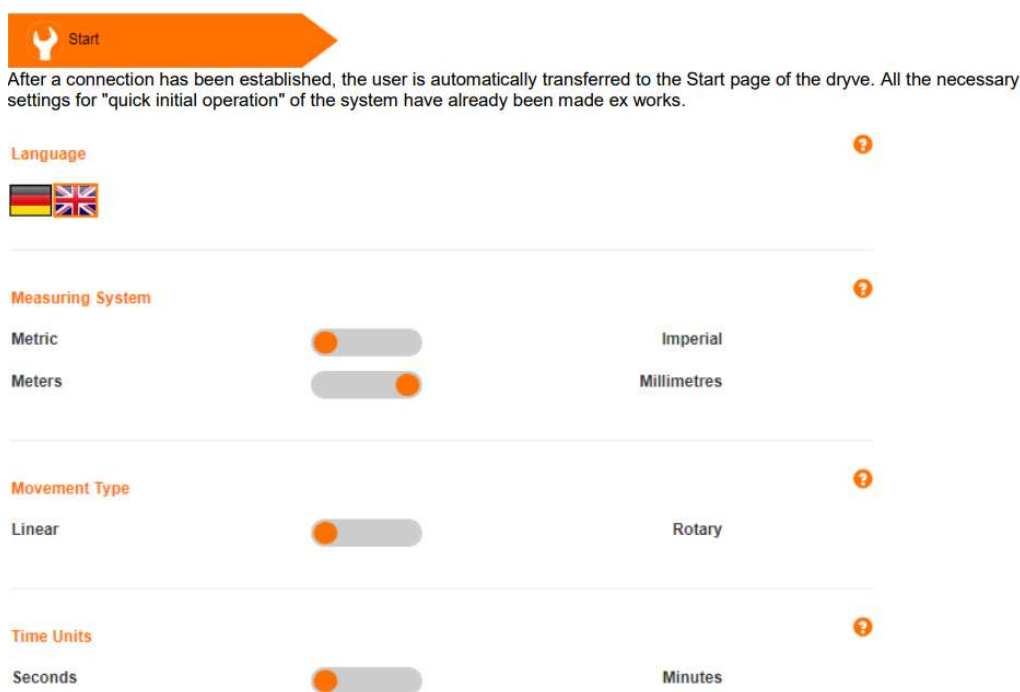
Matching cables are added by including the following attachments:

Taulukko 3. Raja-anturin kaapelin värikoodit (igus GmbH 2019)

## 5 Ohjelmointi ja sovelluskehitys

### 5.1 Logiikan ja komponenttien konfigurointi

Ensimmäiseksi konfiguroitiin moottorinohjaimien datasivuilta oikeat tiedot sovelluksesta ja moottoreista (igus GmbH 2019, 26-64/96.). Datasivulle pääsee kirjoittamalla selaimen hakupalkkiin IP-osoitteen, jonka moottorinohjain näyttää käynnistäessä. Ohjeen mukaisesti ensiksi asetetaan oikeat mitta- ja aikayksiköt sekä valitaan, onko kyseessä pyörivä vai lineaarinen liike. Tässä tapauksessa valittiin lineaariliike, ajaksi sekunnit ja mittaussjärjestelmäksi metrinen. Mittayksiköksi valittiin millimetrit. Nämä samat asetukset tehtiin molemmille yksiköille kuvan 11 mukaisesti. (igus GmbH 2019, 30-32/96.)



Kuva 11. D1-konfigurointi Aloitussivu (igus GmbH 2019)

Seuraavaksi määritettiin sovelluksen käyttämä moottori (kuva 12). Moottorityypiksi valittiin kummallekin ohjaimelle (ST) askelmoottori. Moottorin tarkennukseksi valittiin X-yksikölle moottorinumero MOT-AN-S-060-020-056-M-C-AAAC, ja Y-yksikölle MOT-AN-S-060-005-042-M-C-AAAC. Valinnan jälkeen sivusto konfiguroi automaattisesti moottorin virran, turboasetuksen virran, jarrun virran, askeltilan sekä yhden askeleen pyörähdysten asteissa. Alempaa "Feedback" -kohdasta säädetään liukuvalitsin päälle, sekä valitaan pulssianturi pudotusvalikosta. (igus GmbH 2019, 32-37/96.)

Motor	
Motor Type	ST (Stepper Motor) ▼
Article Number	MOT-AN-S-060-005-042-M-C-AAAC ▼
Motor Current (A)	1,1
Boost Current (A)	1,1
Holding Current (A)	0,55
Step Mode	Please Choose ▼
Step Angle	1,8° ▼
Apply Changes	

Kuva 12. D1-konfigurointi Moottori (igus GmbH 2019)

Axis-välilehdellä (kuva 13) määriteltiin liikenopeudet ja liikeradat. Ensiksi asetettiin iskun kokonaispituus millimetreissä sekä syöttönopeus. Syöttönopeus on kelkan liike yhden moottorin akselin pyörähdysten aikana. Se on suhteellisen yksinkertainen laskea, vaikka sitä ei olisi erikseen kerrottu (igus GmbH 2019, 61-62/96.). Arvion voi tehdä manuaalisesti pyöräyttämällä akselia yhden kierroksen ja mittaamalla toteutuneen liikkeen. Tämän jälkeen liikutetaan kelkkaa esimerkiksi 2000 mm. Jos kelkka ei päädy oikeaan pisteeseen, laskeetaan tavoitematkan ja toteutuneen matkan suhde. Tällä suhteella kerrotaan asetettu syöttönopeus ja oikea syöttönopeus saadaan laskutoimituksen vastauksena. Erikseen määritetään maksiminopeus, käsiajonopeus, maksimikihtyvyys, pysäytyksen nopeus, seuranta- virhe, paikoitusikkuna sekä paikoitusaika. Nämä on hyvä asettaa mahdollisimman realistiseksi, sillä jos esimerkiksi TIA Portalilla ohjelmoidessa tulee ohjelmointivirhe, laite ei riko itseään, vaan ilmoittaa liian suuresta arvosta. Raja-anturin paikaksi valitaan negatiivinen pääty. Tämä määritetään katsomalla moottoria akselin suunnasta. Jos moottorin tulee pyöriä vastapäivään saavuttaakseen alkupään, valitaan negatiivisen pään anturi. Referenssiksi valitaan "LSN (Limit Switch Negative)" ja offsetiksi 0 millimetriä. (igus GmbH 2019, 38-42/96.)

**Axis**

1. Enter the available stroke and the feed rate. The feed rate is the distance moved at one motor shaft rotation.
2. The "Movement Limits" must be specified to ensure a safe and reliable operation. If the user is operating the dryve D1 for the first time, choose low values such as:
  - Max. Velocity: 5 mm/s
  - Jog Velocity: 2 mm/s
  - Max. Acceleration: 100 mm/s<sup>2</sup>
  - Quick Stop: 1000 mm/s<sup>2</sup>
  - Following Error: 10 mm
  - Positioning Window: 0 mm
  - Positioning Time: 0 ms

**Axis**

Available Stroke (mm)  1

Feed Rate (mm)

---

**Motion Limits**

Max. Velocity (mm/s)  2

Jog Velocity (mm/s)

Max. Acceleration (mm/s<sup>2</sup>)

Quick-stop (mm/s<sup>2</sup>)

Following Error (mm)

Positioning Window (mm)

Positioning Time (ms)

Kuva 13. D1-konfigurointi Axis (igus GmbH 2019)

Communication-välilehdellä (kuva 14) määritetään, käytetäänkö ohjaimessa automaattista vai manuaalista IP-osoitetta. Manuaalisen IP-osoitteen käyttö on tärkeää, ettei TIA Portaaliiin tarvitse manuaalisesti muuttaa IP-osoitetta jokaisella käynnistyskerralla. X-yksikön osoitteeksi asetettiin 169.254.121.44 ja Y-yksikön osoitteeksi 169.254.121.45. Tämän jälkeen asetetaan aliverkon peite, yhdyskäytävä sekä isännän nimi. Alempaa tältä sivulta asetetaan Modbus TCP -asetus päälle. Jos manuaalisesti muodostettuun IP-osoitteeseen ei saa enää yhteyttä, moottoriohjaimen etureunassa "igus" -tekstin alla on reset-painike, jota 3 sekuntia painamalla moottoriohjain palauttaa yhteysasetukset oletuksiksi. Nappia 10 sekuntia painamalla ohjain palauttaa tehdasasetukset. (igus GmbH 2019, 42-46/96.)

**Ethernet TCP/IP**

Automatic IP  Manual IP

IP-Address

Subnet Mask

Gateway

Hostname

Apply Ethernet Settings

**Preferred IP Address Assignment Method Selection**

1. Select "Automatic IP" or "Manual IP"
2. In the case of "Automatic IP", no further settings must be made  
*Please go straight to point 6*
3. Entry of the desired "IP Address"
4. Entry of the desired "Subnet Mask"
5. Entry of the desired "Standard Gateway"
6. Possible entry of the desired "Host Name"
7. Application of the TCP/IP settings via the "Reboot" button

Kuva 14. D1-konfigurointi IP-osoite (igus GmbH 2019)


Inputs/Outputs -sivulta asetetaan "DI 7 Enable" päälle, tämä asetus sallii virran syötön moottorille. Täällä voidaan myös simuloida digitaalitulojen eri asentoja. Näin voidaan simuloida esimerkiksi raja-anturin kytkeytymistä päälle tai virran katkaisua kesken toiminnan. Valittavissa on myös laskevan tai nousevan reunan kytkentä digitaalituloihin. (igus GmbH 2019, 46-52/96.)

Drive Profile -sivulla (kuva 15) voidaan kokeilla lineaariyksikön liikkeitä käytännössä. Pudotusvalikosta valitaan "Binary", jonka jälkeen oikeassa alareunassa olevien käsiajopainikkeiden pitäisi näkyä aktiivisina, kun DI 7 -tulo on asetettu päälle. Painikkeita painamalla lineaariyksikkö liikkuu. Tähän taulukkoon on mahdollista tehdä liikekäskyjä, ja Iguksen verkkosivuilta löytyy simulaatioympäristö tämän harjoitteluun. Tätä sovellusta varten pudotusvalikosta valitaan TCP/IP -vaihtoehto. (igus GmbH 2019, 52-57/96.)

**Drive Profile**

A first test run can be carried out in order to test the wiring.

1. In the drop-down menu, select the "Binary" travel profile.
2. Use the "clockwise" and "counter-clockwise" buttons under the table to move the motor.
3. Check to make sure that the "Clockwise" button moves the motor shaft clockwise. If this is not the case, disconnect the power supply and check the wiring.



Now, an example of parameterisation can be carried out.

4. Using the buttons, move the carriage or rotation arm manually to the middle of the distance available for travel.
5. Create the motion sequence shown in the table.
6. Select Row 1 by clicking in the number field of the row.
7. Start the program with the "Start" button.  
The program can be stopped with the "Stop" button. If the program were to be started again, it would continue from the marked row.

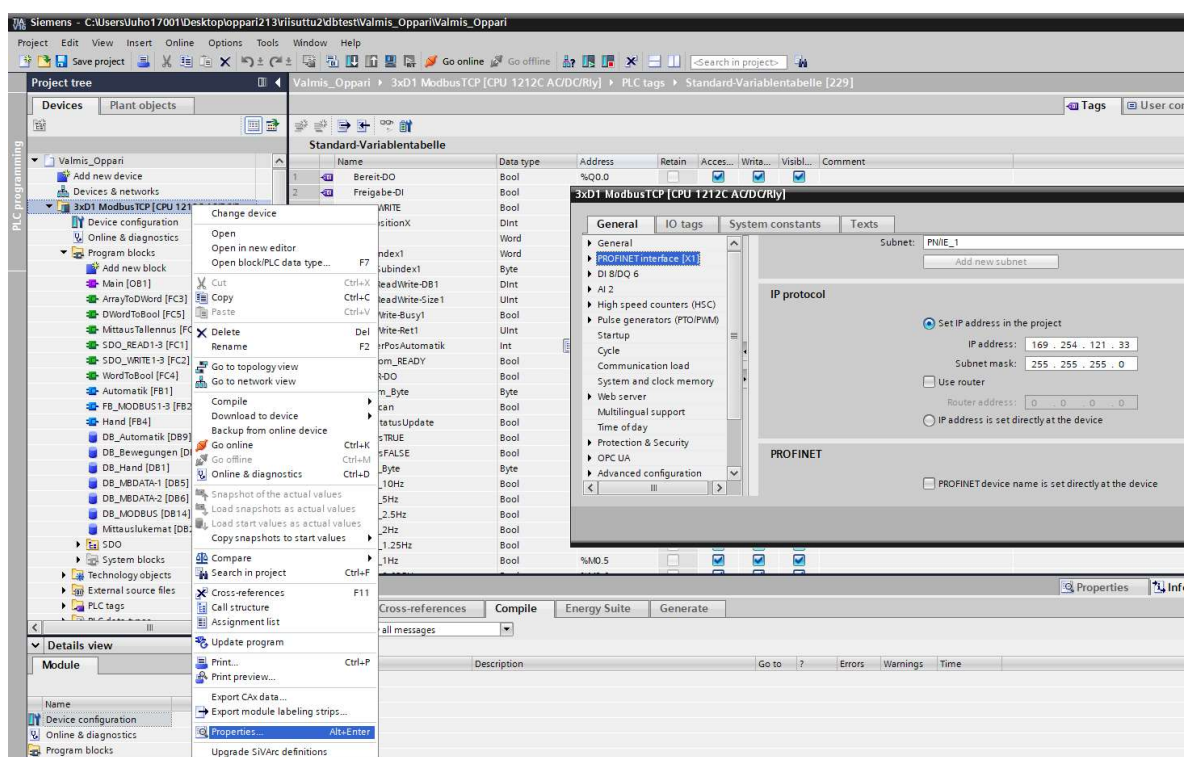
Mode	Position (mm)	Acceleration (mm/s <sup>2</sup> )	Velocity (mm/s)	Deceleration (mm/s <sup>2</sup> )	Pause (ms)	Next
HOM	SCP				0	2
ABS	10	5	5	5	1000	3
REL	-10	5	5	5	1000	2

Test Function: Start, Stop, Quick-Stop

Position Adoption: Home, Touch

Kuva 15. D1-konfigurointi "Drive Profile" (igus GmbH 2019)

TIA Portalin avausvaiheessa ohjelma kysyy, haluatko avata vanhan projektin vai luoda uuden. Uutta luodessa ensiksi kannattaa valita käytössä oleva logiikka. Tässä vaiheessa valitaan valikosta 1212C AC/DC/Rly -logiikka, ja malliksi 6ES7 212-1BE40-0XB0. Versioksi valitaan uusin, ohjelmointihetkellä v4.4. Vasemman reunan valikosta oikealla klikkauksella lisätyn logiikan kohdalla saadaan auki valikko, josta avataan ominaisuudet-valikko (kuva 16). Täältä määritetään logiikan IP-osoite. Aktivoidaan valinta ”Set IP-address directly at project” ja asetetaan osoitteeksi 169.254.121.33. Reititin-valinnan voi jättää tyhjäksi. (Siemens 2021.)



Kuva 16. TIA Portal IP-osoitteen määrittäminen

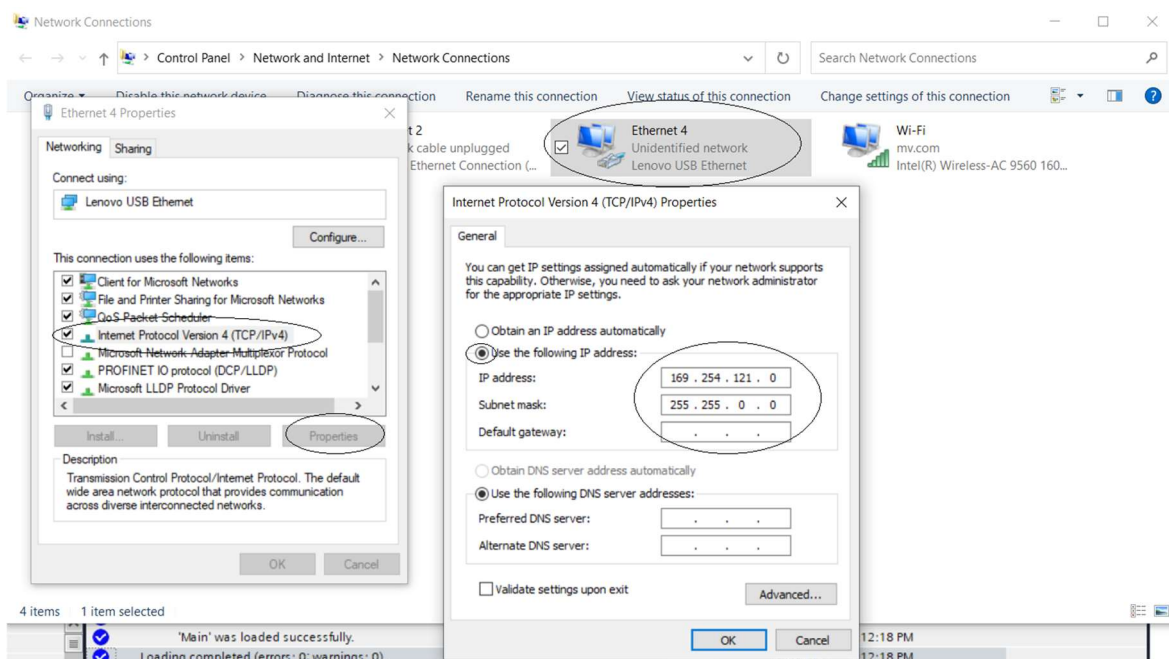
## 5.2 Ohjelmointi

### 5.2.1 Ohjelmoinnin aloittaminen

Siemensin TCP/IP-yhteydellä toteutettu sovellusohjelmointi oli haastava toteuttaa erityisesti moottoriohjaimien ja logiikan välisen kommunikoinnin toteuttamisosuudessa. Selvitystä tehtiin kyselemällä eri ihmisiltä ja myyjä- sekä valmistajayrityksiltä, mutta oikeanlaisia toteutuksia ei tuntunut löytyvän Modbusia, TCP/IP:tä ja SDO:ta koskien. Lopulta Iguksen Saksan moottorinohjainyksikön yhteyshenkilöön Peter Seiferiin saatiin yhteys. Seifer toimitti esimerkkiohjelman, jossa ohjataan kolmea lineaariyksikköä (Seifer, 6.5.2021.). Myös tärkeät protokollien muunnososuudet oli tehty tähän ohjelmaan. Ohjelma ei suoraan kuitenkaan toiminut kahden yksikön sovellukselle, vaan sitä piti muuttaa merkittävästi. Siemensin teknisen tuen Joni Karhusen kanssa käydyn haastattelun avustuksella Siemensin logiikan ja Iguksen moottoriohjainten välinen kommunikointi saatiin toteutettua (Karhunen, 12.5.2021.).

Yhteyden toimintaa varten tietokoneen verkkoadapterille piti tehdä uusi dynaaminen IP-osoite (kuva 17), jotta kaikki järjestelmän osat saadaan samaan verkkoon. Ensiksi piti avata verkkoasetukset, josta avattiin sovitinasetukset. Sovitinasetuksista valittiin oikea sovitin, joka tässä tapauksessa oli "Lenovo USB Ethernet". Sovittimen ominaisuudet-osiosta avataan "Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)" -osion ominaisuudet. Ominaisuuksista valitaan manuaalinen IP-osoite ja se määritetään yhteensopivaksi muiden järjestelmän komponenttien osoitteiden kanssa. IP-osoitteeksi asetettiin osoite 169.254.121.0 ja aliverkon peitteeksi 255.255.0.0. Verkk asetukset pitää sulkea kokonaan, jotta osoite päivittyy verkkosovittimelle. (Pureinfotech 2021.)





Kuva 17. IP-osoitteen määrittäminen verkkoadapterin asetuksista

## 5.2.2 Ohjelman toimintaperiaate

Ohjelman toiminta perustuu TCP/IP-yhteyteen. Ensimmäisenä tehdään TCON-komponentit kummallekin moottorihajaimelle. Tälle määritetään kaikki parametrit, ja on tärkeää asettaa "CONNECT"-parametrin datatyyppiä "tcon\_ip\_v4". Tämän parametrin lisätietoihin kirjoitetaan oikea osoite. Yhteyden luomisen jälkeen SDO -write ja -read aliohjelmat kirjoittavat ja lukevat moottorihajainten eri objekteja. Näitä objekteja lukemalla ja kirjoittamalla logiikka voi muokata robotin nopeuksia, kiihtyvyyksiä, kohteita ja ajotiloja sekä lukea moottorin raja-antureiden tilaa, pulssianturin ilmoittavaa sijaintia, nykyistä nopeutta, kiihtyvyyttä sekä mahdollisia vikatiljoja. TCP/IP:n suurin hyöty on se, että moottorihajaimen ja logiikan väliin tarvitsee vain Ethernet-yhteyden. Näin keskus voi olla tuotantokeskuksen toisessa päässä ja manipulaattori voi olla esimerkiksi reitittimessä kiinni. Logiikan tuloihin kytketään ainoastaan käynnistyssignaaleja ja lähtöihin vain tilavalvoja. Seuraavissa kuvissa on esitetty SDO:n objektiluettelo (kuva 20), esimerkki "Profile Position Mode"-tilan parametrisoinnista (kuva 18) ja esitetty Statuswordin sisältö (kuva 19). (igus GmbH 2019, 65-87/96.)

## 6.4.8 Profile Position Mode

The Profile Position Mode is used for the execution of positioning movements. To perform positioning movements, the parameters for position, velocity, acceleration and deceleration must be entered. The value 1 must be set in object 6060h "Modes of Operation" so that this mode can be used.

### Positioning movement Execution

The following objects are to be parameterised

Object	Name	Description
6092h:01h	Feed_constant_Feed	Shaft feed rate
6092h:02h	Feed_constant_Shaft_revolutions	Shaft revolutions
607Ah	Target Position	Indication of the New Target Position
6081h	Profile Velocity	Speed
6083h	Profile Acceleration	Acceleration
6084h	Profile Deceleration	Deceleration
6040h	Controlword	Start Command via Bit 4

### Additional requirements

CANopen communication set active on "Communication" page  
CANopen set dominant on "Drive Profile" page  
Set Digital Input DI / "Enable"

If "Absolut Positioning" (Controlword 6041h, Bit 6 not set) is used a previous homing is strictly necessary (Statusword 6041h, Bit 10 and 12 set). While using "Relative Positioning" (Controlword 6041h, Bit 6 set) a previous "Homing" is not necessary.

## Kuva 18. Esimerkki Profile Position Mode -parametrisoinnista (igus GmbH 2019)

### Statusword

The Statusword provides general operating state information of the drive D1.

Bit assignment of Statusword 6041h

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<i>ms</i>		<i>oms</i>		<i>lla</i>	<i>tr</i>	<i>rm</i>	<i>ms</i>	<i>w</i>	<i>sod</i>	<i>qs</i>	<i>ve</i>	<i>f</i>	<i>oe</i>	<i>so</i>	<i>rtso</i>
MSB															LSB

Bit	Description	Different meaning "Mode Specific"		
		Homing	Profile Position	Profile Velocity
0	Ready to Switch On	-	-	-
1	Switched On	-	-	-
2	Operation Enabled	-	-	-
3	Fault	-	-	-
4	Voltage Enable	-	-	-
5	Quick Stop	-	-	-
6	Switch On Disabled	-	-	-
7	Warning	-	-	-
8	Manufacturer Specific	-	-	-
9	Remote	0: DI 7 logical 0	0: DI 7 logical 0	0: DI 7 logical 0
		0: DI 7 logical 1	0: DI 7 logical 1	0: DI 7 logical 1
10	Target Reached	Refer to "Homing" (p.77)	0: Target not reached	0: Target not reached
		Refer to "Homing" (p.77)	1: Target reached	1: Target reached
11	Internal Limit Active	-	-	-
12	Operation mode specific	Refer to "Homing" (p.77)	0: Wait for new setpoint	0: Speed ≠ 0
		Refer to "Homing" (p.77)	1: Setpoint applied	1: Speed = 0
13	Operation mode specific	-	-	-
14	Manufacturer Specific	-	-	-
15	Manufacturer Specific	-	-	-

Bit assignment, Statusword 6041h, data package	Meaning
<b>Bit 15 → Bit 0</b>	
xxxx xxxx x0xx 0000b	Not Ready to Switch On
xxxx xxxx x1xx 0000b	Switch On Disabled
xxxx xxxx x01x 0001b	Ready to Switch On
xxxx xxxx x01x 0011b	Switched On
xxxx xxxx x01x 0111b	Operation Enabled
xxxx xxxx x00x 0111b	Quick Stop Active
xxxx xxxx x0xx 1111b	Fault Reaction Active
xxxx xxxx x0xx 1000b	Fault

## Kuva 19. Statusword SDO:n esityskuva (igus GmbH 2019)

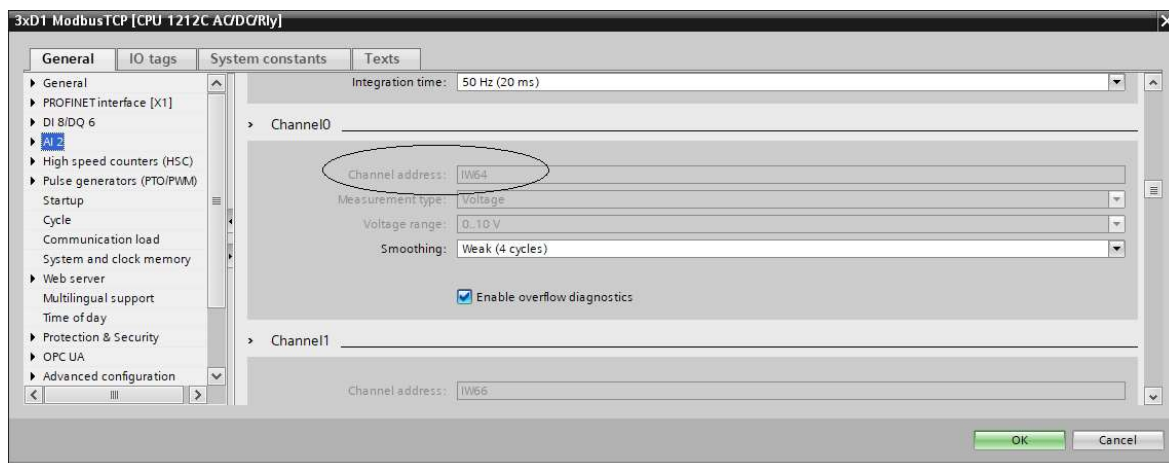
1000h	Device Type	1402h	3 <sup>rd</sup> RPDO communication parameter	6064h	Position actual value
1001h	Error Register	1403h	4 <sup>th</sup> RPDO communication parameter	6067h	Position window
1003h	Pre-defined error field	1600h	1 <sup>st</sup> RPDO mapping parameter	6068h	Position window time
1005h	COB-ID SYNC message	1601h	2 <sup>nd</sup> RPDO mapping parameter	606Ch	Velocity actual value
1006h	Communication cycle period	1602h	3 <sup>rd</sup> RPDO mapping parameter	607Ah	Target position
1007h	Synchronous window length	1603h	4 <sup>th</sup> RPDO mapping parameter	6081h	Profile velocity
1008h	Manufacturer device name	1800h	1 <sup>st</sup> TPDO communication parameter	6083h	Profile acceleration
1009h	Manufacturer hardware version	1801h	2 <sup>nd</sup> TPDO communication parameter	6084h	Profile deceleration
100Ah	Manufacturer software version	1802h	3 <sup>rd</sup> TPDO communication parameter	6092h	Feed constant
100Ch	Guard time	1803h	4 <sup>th</sup> TPDO communication parameter	6098h	Homing method
100Dh	Life time factor	1A00h	1 <sup>st</sup> TPDO mapping parameter	6099h	Homing speeds
1014h	COB-ID EMCY	1A01h	2 <sup>nd</sup> TPDO mapping parameter	609Ah	Homing acceleration
1015h	Inhibit time EMCY	1A02h	3 <sup>rd</sup> TPDO mapping parameter	60FDh	Digital inputs
1016h	Consumer heartbeat time	1A03h	4 <sup>th</sup> TPDO mapping parameter	60FEh	Digital outputs
1018h	Identity object	6040h	Controlword	60FFh	Target velocity
1200h	1 <sup>st</sup> SDO server parameter	6041h	Statusword	6502h	Supported drive modes
1400h	1 <sup>st</sup> RPDO communication parameter	6060h	Modes of operation		
1401h	2 <sup>nd</sup> RPDO communication parameter	6061h	Modes of operation display		

Kuva 20. Taulukko saatavilla olevista objekteista (igus GmbH 2019)

Kun SDO-yhteydet on saatu toimimaan, voidaan tehdä liiketoiminnot akseleille. Periaatteenä on aina kohdepaikan saavutettua odottaa hetki, että mittarilukema ehditään kirjoittaa tietokantaan. Tämän jälkeen lisätään %MW3100 PointerPosAutomatic -arvoon 1. Tätä toistetaan, kunnes tämä arvo on 60. Sen jälkeen arvo palautetaan noltaan, ja %MW3104 AXELS-DONE -arvoon lisätään 1. Kun molemmat muuttuvat ovat arvoltaan 60, ohjelma on valmis ja se jää viimeiseen mittapisteeseen valmistuneen mittauksen merkiksi. Edellä mainitut %MW -arvot kerrotaan 100:lla, josta saadaan kelkan kohdepositio milleinä. (Siemens 2021.)

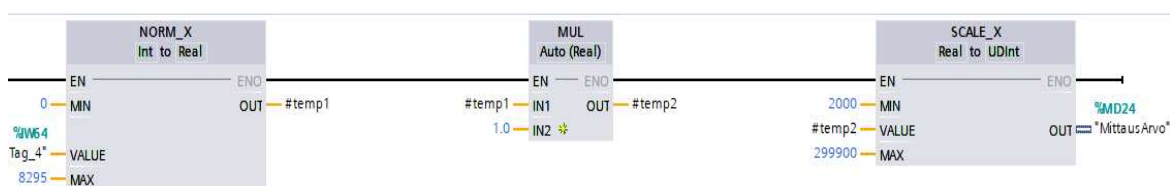
### 5.2.3 Analogiaviestin käsittely

Mittapäältä tulee kaksijohtiminen kaapeli logiikalle. Kaapelin päät kytketään logiikan analogiosaan siten, että miinusjohdin kytketään 2M-liittimeen ja plusjohdin AI.0 -liittimeen. Toisessa päässä kaapelia on mono miniplug-liitin, joka kytketään mittapäässä olevaan liittimeen. TIA Portalissa logiikan ominaisuussivulta löytyy "AI2" niminen valikko (kuva 21), josta löytyy osoite, jonne analogiatulo kirjoittaa anturin lähettämän jänniteviestin. (Siemens 2021.)



Kuva 21. Analogiaviestin osoite TIA Portalissa

Analogiaviestin pitää ensin skaalata oikealle jännitealueelle (kuva 22). Logiikan sisääntulo on 0 – 10 VDC alueella toimiva, mutta anturi lähettää 0 – 3 VDC jänniteviestin. Skaalaus tehdään laskemalla 30% alkuperäisestä 10 VDC mittausalueen maksimiarvosta. 27 648 on kyseisen alueen maksimiarvo, jolloin 30% alueesta 0-8 295. Nämä arvot syötetään NORM\_X -parametrin sisääntuloihin minimi- ja maksimiarvoon. Sisääntulo (Int) muunnetaan reaalityyppiseksi, joka ilmaisee monta prosenttiyksikköä viesti on lasketusta maksimiarvosta. Tämän jälkeen seuraavalla toiminnolla voidaan hienosäätää tulosta kertomalla se pienellä korjauskertoimella, jos anturin näytöllä ja logiikan tuloksessa on eroja. (Siemens 2021.)



Kuva 22. Analogiaviestin skaalaus TIA Portalissa

Viimeisessä vaiheessa SCALE\_X -parametrillä muunnetaan laskettu arvo siten, että jos luku on 0, anturin lukemaksi tulee 2 000, ja jos luku on 1, anturin lukemaksi tulee 299 900. Loput lukuarvot asettuvat lineaarisesti tälle välille. Muistipaikkaa "%MD24 Mittausarvo" käytetään anturilukemia tallentaessa. (Siemens 2021.)

## 5.2.4 Tietokannan toteutus

Mittaustulosten tallennusta varten TIA Portalin täytyi tehdä tietokanta (DB), jonka muuttujaksi asetettiin "Array[0..60, 0..60] of UDInt". Tätä varten piti määrittää kaksi indeksiä, joilla on omat laskurit. Käytin ohjelmassa valmiiksi olleita X- ja Y-muuttujien arvoja näiden indeksien määrittämiseksi. Kun mittapää on ollut kohteessa 1800ms, ohjelma kirjoittaa mitatun arvon tietokantaan määriteltyyn kohtaan. Kun ohjelma on ajettu kokonaan läpi, tai tavoiteltu mittaustulos on ajettu läpi, tietokantaan tehdään "snapshot" logiikassa olevissa mitatuista arvoista (kuva 23). (Siemens 2021.)

Name	Data type	Start value	Snapshot	Monitor value	Retain	Accessible f...
Static						
[X,Y]	Array[0..60, 0..60] of UDInt					
[X,Y][0.0]	UDInt	0	0	0		
[X,Y][0.1]	UDInt	0	3	3		
[X,Y][0.2]	UDInt	0	25	25		
[X,Y][0.3]	UDInt	0	47	47		
[X,Y][0.4]	UDInt	0	69	69		
[X,Y][0.5]	UDInt	0	90	90		
[X,Y][0.6]	UDInt	0	113	113		
[X,Y][0.7]	UDInt	0	134	134		
[X,Y][0.8]	UDInt	0	156	156		
[X,Y][0.9]	UDInt	0	179	179		
[X,Y][0.10]	UDInt	0	199	199		
[X,Y][0.11]	UDInt	0	221	221		
[X,Y][0.12]	UDInt	0	242	242		
[X,Y][0.13]	UDInt	0	263	263		
[X,Y][0.14]	UDInt	0	283	283		
[X,Y][0.15]	UDInt	0	302	302		
[X,Y][0.16]	UDInt	0	323	323		
[X,Y][0.17]	UDInt	0	343	343		

Kuva 23. TIA Portal tietokanta ja snapshotin luonti

## 5.3 Käyttöliittymä

Laitetta käytetään kannettavalla tietokoneella, jolla muodostetaan yhteys logiikkaan. TIA Portalista asetetaan logiikka online-tilaan, jonka jälkeen logiikka voidaan asettaa "RUN"-tilaan esimerkiksi avaamalla MAIN[OB1] ohjelmanosan, asettamalla monitorointitilan päälle, sekä painamalla oikeasta reunasta "RUN"-painiketta. Samassa paikassa on myös MRES (Memory Reset) -painike, jolla saa esimerkiksi edelliset mittaustulokset pyyhittyä tietokannasta pois (kuva 24). (Siemens 2021.)



Kuva 24. Logiikan ohjauspaneeli, monitorointi päällä



Ohjauskeskuksessa on kolme kytkintä, joilla käynnistetään akselien referenssiajo sekä mittausohjelma. Ensimmäinen kytkin kytkee digitaalitulot I0.0 Enablen sekä I0.4 Automaatin päälle. Tämä käynnistää moottorit ja referenssivalo palaa jatkuvana. Kun keskimmainen kytkin käytetään On-asennossa, manipulaattori aloittaa kotipisteeseen ajon. Se ajaa hitaasti molemmat kelkat raja-antureiden päälle, ja sen jälkeen peruuttaa pois anturin päältä. Tämä piste on [0,0], kunnes referenssiajo toteutetaan uudelleen. Valmis- sekä referenssivalo palavat yhtäjaksoisesti, kun referenssiajo on tehty. Tämän jälkeen käytetään kolmas kytkin On-asennossa. Pienen lähtöviiveen jälkeen ohjelma aloittaa pisteiden läpikäymisen, ja ajaa aina yhden Y-akselin työkierron (61 mittauspistettä) kokonaan läpi, jonka jälkeen X-akseli siirtyy yhden askeleen eteenpäin. (Siemens 2021.)

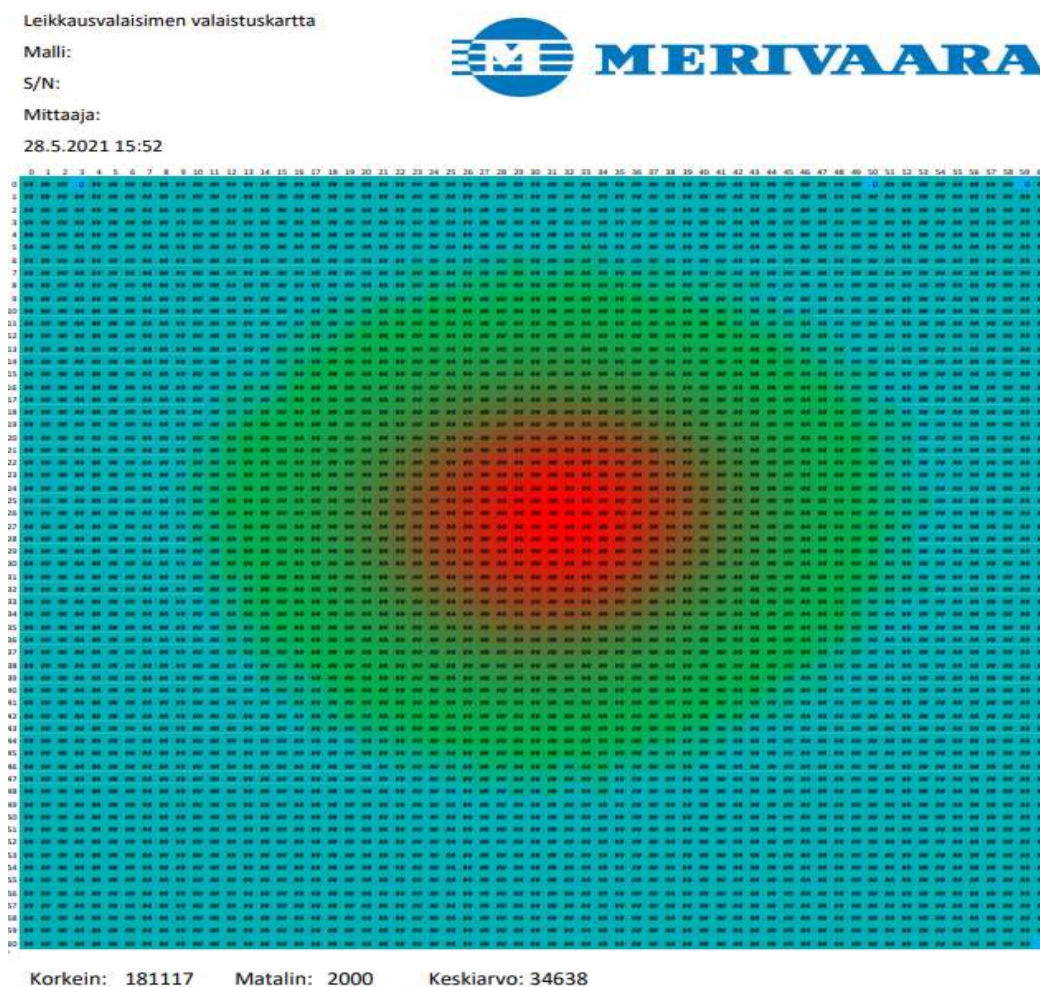
#### 5.4 Mittaustulosten käsittely

Mittaustulosten tietokantaan tallentamisen jälkeen tulokset siirretään Excelin datansyöttö-sivulle, jossa niistä koostetaan graafinen kuvaaja. Kuvassa 25 näkyy mittauksen aikana luotu graafinen esitys leikkausvalaisimen valokentästä. Kesken mittauksen voidaan luoda "snapshot" mitatuista arvoista, eikä sen luominen vaikuta lopulliseen kuvaajaan. (Siemens 2021.)



Kuva 25. Leikkausvalo valaistustehomittauksessa Merivaaralla

Kun mittausdatat on saatu kirjattua tietokantaan ja arvoista on tehty ”snapshot”, voidaan mittausarvot kopioida Excel-taulukkoon. Mittauksissa käytettävällä tietokoneella on työpöydällä on Excel-pohja, johon mittausarvot siirretään. Excelistä tallennetaan ensin kopio, jonka nimeksi voidaan antaa esimerkiksi laitteen sarjanumero. Tämän jälkeen avataan taulukosta ”Datansyöttö”-välilehti. TIA Portalista tietokannan kohdalta maalataan ”Name”- sekä ”Snapshot”-sarakkeet, ja kopioidaan nämä painamalla CTRL+C. Excelistä maalataan ”Datansyöttö”-välilehdeltä A1-solu, johon tiedot liitetään painamalla CTRL+V. Tällöin ”Grafiikka”-välilehdellä oleva kuvaaja (kuva 26) päivittyy automaattisesti. Kuvaajasta lasketaan automaattisesti korkein ja matalin arvo sekä keskiarvo. Laskukaavoja voidaan muokata tarpeen mukaan, jos esimerkiksi mittauksesta on tehty vain osa, tai jos tuloksissa halutaan tarkkailla vain tiettyä aluetta. Jos on epäiltävissä, että jonkin pisteen mittaustulos on väärä esimerkiksi jonkin ulkoisen tekijän takia, voidaan tulos mitata manuaalisesti ja muokata tulos ”Datansyöttö”-välilehdeltä oikean solun kohdalta. (Siemens 2021.)



Kuva 26. Valmis mittausgrafiikka yllä olevasta mittauksesta

## 6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Noin seitsemän kuukautta kaikkiaan kestänyt projekti on ollut mielenkiintoinen ja on tarjonnut paljon myös käytännön haasteita. Itsenäinen projektityöskentely tilaajalle on erilaista esimerkiksi tavalliseen opiskeluprojektiin verrattuna. Omaa työskentelyä on pitänyt aikatauluttaa, sillä kukaan ei varsinaisesti painosta tekemään toimenpiteitä projektin eteen. Välilaveroon valmistautuessa on hyvä kuitenkin olla paljon erilaisia asioita valmisteltuna. Projektin alussa näitä asioita olivat eri ratkaisuvaihtoehtojen kartoitus, vertailut, hinta-arviot, kulu- tuotto-arviot sekä eri toimittajien kartoitus ja alustavien tarjousten vertailu. Kun alustavaa suunnitelmaa projektin totuttamisesta oli tehty ja toimeksiantajan kanssa sovittu toteutustavasta, alkoi tarkemmin eri yritysten valmiiden manipulaattorien ja lineaariyksiköiden vertailu. Tiedot näihin oli saatu yksityiskohtaisista tarjouksista sekä myyjien kanssa käydyistä keskusteluista. Myös eri anturiratkaisujen ja ohjausjärjestelmien vertailu oli tärkeä osa tutkimusvaihetta.

Kun komponentit olivat valittu ja yhteensopivuudet tutkittu, Merivaara teki vielä omat selvi-tyksensä ja tilasi niiden pohjalta päätetyt osat. Tämän jälkeen laitteisto rakennettiin koe- käyttöä ja testimittauksia varten. Laitteisto rakennettiin Merivaaralla eurolavalle. Tämä lava on nosturin kyydissä, joten eri korkeuksista voidaan tehdä mittauksia ja laitteiston siirtely onnistuu helposti. Laitteen käyttöä varten tehtiin erillinen käyttöohje (Liite 1), jossa käydään laitteiston toiminta ja mittauksen käynnistys askeleittain läpi.

Projekti on opettanut oman työn aikatauluttamista ja saanut huomaamaan, että tietyissä asioissa kannattaa kysyä apua asiantuntijoilta. Tarjouspyyntöjen laatiminen ja niiden esit- täminen tilaajayritykselle on ollut uutta ja mielenkiintoista. Olen myös tyytyväinen, että lait- teisto saatiin toimimaan Ethernet-yhteyden välityksellä haasteista huolimatta.

### Tavoitteista

Projektin perimmäisenä tavoitteena oli tehdä automatisoitu valaistustehon mittalaite, joka vapauttaa tekijän työpanoksen mittauksen ajaksi tuottavampiin työtehtäviin. Tämä tavoite on saavutettu täysin. Kolmen liiketoiminnon manipulaattoria ei toteutettu, koska kustannus- ja käytännöllisyysyistä se todettiin turhaksi. Tavoitteena oli tuottaa graafinen kuvaaja mit- tauksesta ja sen tulostus onnistuu Excel-työkirjasta. Mielestäni projekti saavutti annetut ta- voitteet hyvin.

### Kehitysideoita

Laitteessa on kehityskohteita, joista osa on jäänyt toteuttamatta käytännöllisyys-, osa aika- taulu- ja osa kustannussyistä. Esimerkiksi tietokannan voisi toteuttaa logiikasta erillisenä



tietokantana, jolloin TIA Portal päivittäisi automaattisesti tietokantaan mittausarvot eikä käyttäjän tarvitsisi niitä manuaalisesti hakea (Siemens 2021.). Analogiaviestissä käytettävä kaapeli voisi olla suojattu, jotta mittaus ei ottaisi häiriötä ulkoisista tekijöistä. Suojattu kaapeli voi auttaa mittauslukeman lukunopeuteen. Ylemmän lineaarijohteen raja-anturille voisi teettää johteen uraan sopivan kiinnitysholkin. Mittarin stabiloitumisaikoja tutkimalla mittausprosessia voisi todennäköisesti nopeuttaa joitakin prosentteja. Keskuksen ulkoasua voi myös parantaa haluttaessaan joko siirtämällä järjestelmän oikeaan keskuskaappiin tai asentamalla nykyiseen keskuksen johtokouruja. Myös erillisten tilavalojen asennus koteloon on mahdollista suoraan logiikan digitaalilähdöistä (Liite 3). Valoanturin päivitys hyvän vaihtoehdon löytyessä on myös mahdollista. Suuremman jännitealueen signaali parantaa viestin resoluutiota ja erilaisia valon muodon mittauksia on myös mahdollista toteuttaa erilaisilla antureilla.

Siemensin järjestelmä tukee myös UPC/UA -serveriä, jolla Excelin tiedonsiirtoa voidaan jatkokehittää molempiin suuntiin toimivaksi. Tämän käyttöliittymän kautta voisi kehittää ohjelman parametrisointia, sekä esimerkiksi rajata ohjelmallisesti mitta-alueita, ajaa tarkastuksen vuoksi mittapään tiettyyn pisteeseen tai muuttaa mittapisteiden keskinäisiä etäisyyksiä.

## Lähteet

Haapaniemi, M. 2020. Sähköinsinööri. Merivaara Oy. Haastattelu 28.10.2020.

IEC 60601-2-41. Medical electrical equipment. Viitattu 31.5.2021.

igus GmbH 2019. Operating Manual dryve D1 V 2.0 ENG. Viitattu 31.5.2021. Saatavissa <https://docs.rs-online.com/47e3/0900766b816cdf34.pdf>

igus GmbH 2021. DryLin catalog. Viitattu 31.5.2021. Saatavissa <https://toolbox.igus.com/i/1198479-drylin-catalog/469?>

Karhunen, J. 2021. Tekninen tuki. Siemens. Haastattelu 12.5.2021.

Konica Minolta 2013. T10-A manuaali. Viitattu 31.5.2021. Saatavissa [https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/t-10a\\_instruction\\_eng-8l301px0b2.pdf](https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/t-10a_instruction_eng-8l301px0b2.pdf)

Merivaara Oy 2021. Viitattu 9.6.2021, Saatavissa <https://www.merivaara.fi/yritys/rekrytointi/>

Pureinfotech 2019. "How to configure dynamic IP address (DHCP) using Control Panel". Viitattu 9.6.2021. Saatavissa <https://pureinfotech.com/change-static-dynamic-ip-address-windows-10/>

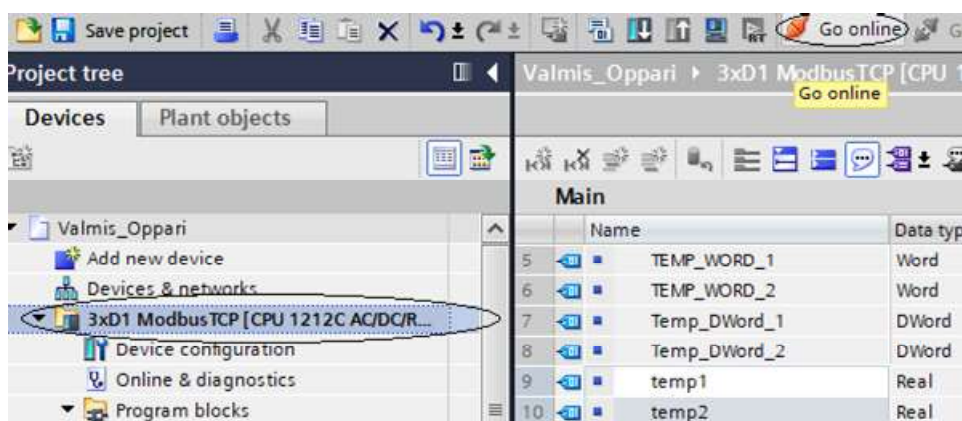
Siemens 2021. TIA Portal -ohjelmiston sisäänrakennettu Information System. Viitattu 31.5.2021.

Seifer, P. 2021. dryve team. igus GmbH. Haastattelu 6.5.2021.

## Liite 1. Ohjeet leikkausvalaisimen valaistustehomittarin käyttöön

## Ohjeet leikkausvalaisimen valaistustehomittarin käyttöön

1. Kiinnitä muuntajan ja logiikan sähköjohdot.
2. Tarkista että vihreä Ethernet-kaapeli on tietokoneessa kiinni, ja että kaikki 4 Ethernet-kaapelia ovat kiinni keskuksen kytkimessä.
3. Avaa työpöydältä TIAPORTAL\_VALMIS -kansioista Valmis\_Oppari -kansio, josta löytyy Valmis\_Oppari.ap16.
4. Tietokone avaa tiedoston automaattisesti TIA Portalissa.
5. Klikkaa "open the project view"
6. Valitse vasemmasta valikosta 1212C logiikka, jonka jälkeen yläreunan "Go Online"-painike aktivoituu. Paina tämän jälkeen sitä. (kuva 1)



Kuva 1; CPU Online tilaan

7. Tämän jälkeen edellisen painikkeen oikealla puolella oleva "Start CPU"-painike aktivoituu, klikkaa sitä. (kuva 2)



Kuva 2; CPU RUN -tilaan

8. Logiikka menee "RUN"-tilaan, jos on/off -kytkin ei ole päällä, logiikasta kuuluu "releen nakutus". Laita kytkin tarvittaessa päälle.
9. Seuraavaksi käytä kotiin ajo -kytkin on-asennossa. Kun kotiin ajo on suoritettu, valot Q0.0 ja Q0.2 palavat, laite odottaa käskyä aloittaa mittauksen. (kuva 3)



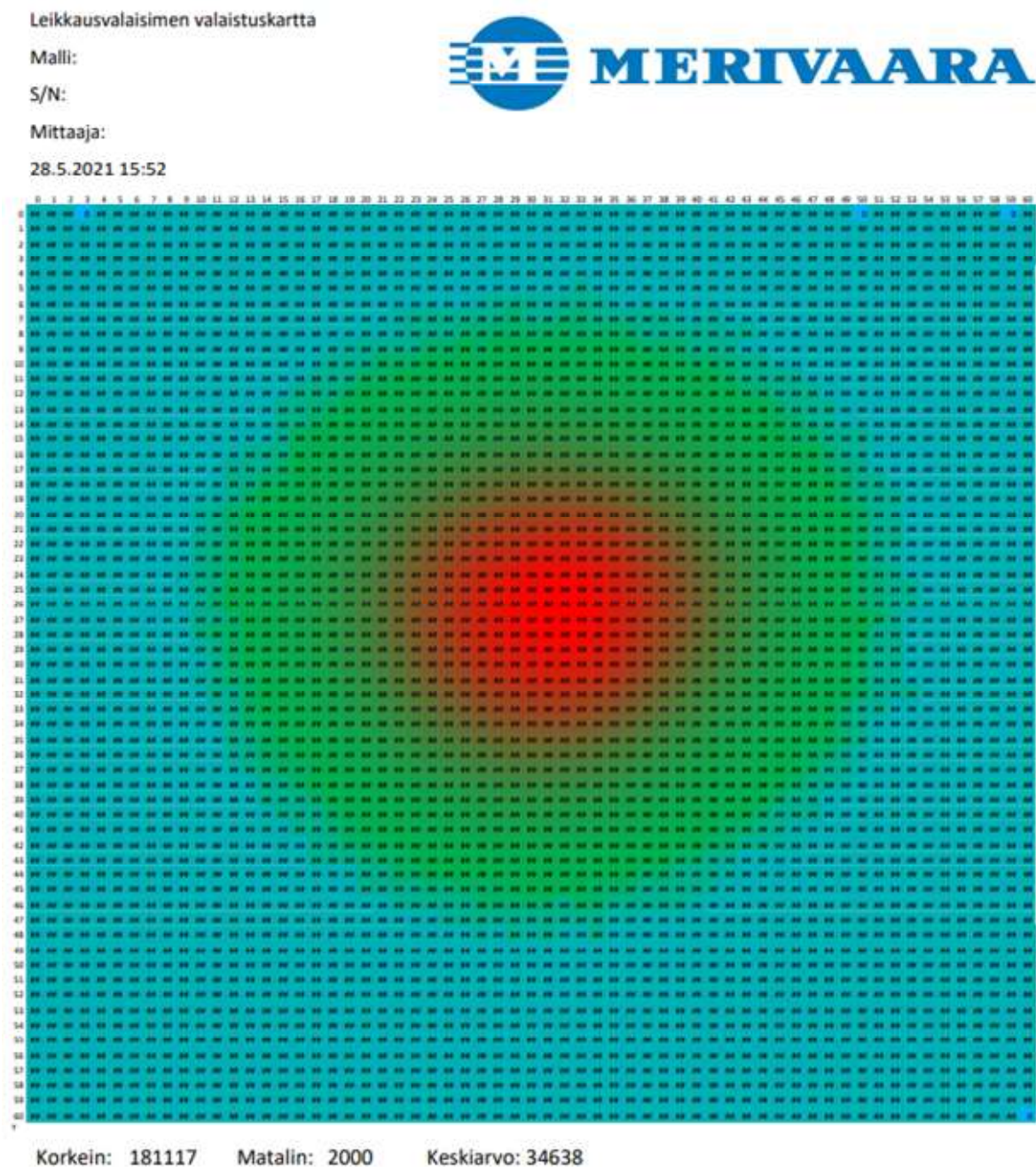
Kuva 3; Kotiin ajo suoritettu

10. Kytke Komica Minolta T10-A päälle, odota kalibrointi. Vedä liukukansi tämän jälkeen alas, ja etsi nuolilla alue 299900 ja paina "SET" -painiketta. Jos nuolista ei tapahdu mitään, irrota mono miniplug -liitin mittapäästä ja kiinnitä se uudelleen. Näytön alareunassa oleva "MANU." -teksti näkyy, jos laite tunnistaa analogialähdön. Irrota mittapään suojus.
11. Käytä mittauskytkin on-asennossa, laite pienen alkuviiheen jälkeen aloittaa mittauksen.
12. Kun haluttu alue on mitattu kokonaan, avaa "TIAPORTAL\_VALMIS"-kansioista "OppariDatanHallinta"-työkirja. Tallenna ensiksi kopio esimerkiksi laitteen sarjanumerolla haluamaasi paikkaan.
13. Avaa Datansyöttö-välilehti, jonka jälkeen siirry TIA Portaliin.
14. Avaa vasemmasta valikosta ensiksi pudotusvalikko logiikan kohdalta, ja sen jälkeen "Program blocks"-valikko. Etsi ja avaa "Mittauslukemat [DB2]". Laajenna [X,Y]-pudotusvalikko, sitten paina "Snapshot of actual values"-painiketta. (kuva 4)

Name	Data type	Start value	Snapshot	Monitor value	Retain	Accessible f...
1 Static						
2 [X,Y]	Array[0..60, 0..60] of UDInt					
3 [X,Y][0,0]	UDInt	0	0	0		
4 [X,Y][0,1]	UDInt	0	3	3		
5 [X,Y][0,2]	UDInt	0	25	25		
6 [X,Y][0,3]	UDInt	0	47	47		
7 [X,Y][0,4]	UDInt	0	69	69		
8 [X,Y][0,5]	UDInt	0	90	90		
9 [X,Y][0,6]	UDInt	0	113	113		
10 [X,Y][0,7]	UDInt	0	134	134		
11 [X,Y][0,8]	UDInt	0	156	156		
12 [X,Y][0,9]	UDInt	0	179	179		
13 [X,Y][0,10]	UDInt	0	199	199		
14 [X,Y][0,11]	UDInt	0	221	221		
15 [X,Y][0,12]	UDInt	0	242	242		
16 [X,Y][0,13]	UDInt	0	263	263		
17 [X,Y][0,14]	UDInt	0	283	283		
18 [X,Y][0,15]	UDInt	0	302	302		
19 [X,Y][0,16]	UDInt	0	323	323		
20 [X,Y][0,17]	UDInt	0	343	343		

Kuva 4; Snapshotin tekeminen

15. Avaa Excel, ja liitä painamalla CTRL+V kun Datansyöttö-välilehden A1-solu on aktiivinen.
16. Kuvaaja päivittyy Grafiikka-välilehdelle automaattisesti.
17. Lisää mitatun kohteen ja mittaajan tiedot lomakkeeseen. Alareunassa laskettuja kaavoja voit muokata tavoitellun mitta-alueen mukaisiksi. (kuva 5)



Kuva 5; Kuvaaja mitatusta valaisimesta

18. Jos epäilet mittavirhettä jossain pisteessä, voit manuaalisesti tarkastaa pisteen ja korjata arvon etsimällä oikean pisteen Datansyöttö-välilehdeltä.
19. Voit pysäyttää logiikan TIA Portalista, ja sulkea ohjelman.

Liite 2. Järjestelmän kytkentäkaavio



