

Juha Karjalainen

## **HMI-PANEELIN LISÄÄMINEN REUNANTUNNISTUSLAITTEIS- TOON**

# **HMI-PANEELIN LISÄÄMINEN REUNANTUNNISTUSLAITTEIS- TOON**

Juha Karjalainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Sähkö- ja automaatiotekniikan  
tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Juha Karjalainen

Opinnäytetyön nimi: HMI-paneelin lisääminen reunantunnistuslaitteistoon

Työn ohjaaja: Juha Korpimäki (OAMK), Timo Tanska (PLC)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 45

---

Opinnäytetyön aiheena oli HMI-paneelin lisääminen osaksi reunantunnistuslaitteistoa. Tavoitteena oli saada laserskannereiden tuottama pistepilvikuva näkymään paneelille reaaliajassa. PLC-Automation Oy:n toimistotiloissa luotiin testikokoonpano, jonka avulla voitiin tutustua skannereiden toimintaan käytännössä.

PLC-Automation Oy on asentanut erinäisille asiakkaille kyseisiä skannereita teollisuuden kappaleiden reunantunnistuksen tarpeita varten.

Työ aloitettiin perehtymällä huolellisesti skannereiden toimintaan ja konfigurointiin SOPAS-työkalulla, jonka jälkeen siirryttiin TIA Portal -ympäristön STEP 7:n ja WinCC:n avulla ohjelmoimaan pisteet paneelille. Työssä tutustuttiin yleisesti myös TIA Portalin toimintaan ja sen käytettävissä oleviin ohjelmointikieliin.

Lopputuloksena saatiin toimivat laserskannereiden pistepilvikuvat näkymään paneelin näytöllä.

---

Asiasanat: TIA Portal, laserskanneri, WinCC, LiDAR

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Automation Engineering

---

Author: Juha Karjalainen

Title of thesis: Adding an HMI panel to edge detecting equipment

Supervisor: Juha Korpimäki (OAMK), Timo Tanska (PLC)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 45

---

The objective of this thesis was to add an HMI panel to an already existing edge detecting equipment. HMI would need to show the point cloud produced by the laser scanners used in this project. The testing configuration for scanners was created in PLC-Automation Oy's premises

Previously PLC-Automation Oy has installed these scanners for customers in industry for the need of detecting edges of produced items.

Working of the thesis begun by thoroughly familiarizing the working principle of the laser scanners and learning how to configure them by using SOPAS Engineering Tool. Project also included getting familiar with overall use of TIA Portal, STEP 7 and WinCC. STEP 7 was used for the programming and calculation of the point cloud and WinCC was used to present the calculated points in the HMI panel.

As a result, point cloud image presentation was successful on the HMI panel from both laser scanners.

---

Keywords: TIA Portal, laser scanner, WinCC, LiDAR

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää PLC-Automation Oy:tä tästä opinnäytetyömahdollisuudesta. Työhön oli mukava perehtyä syvemmin ja nähdä laitteiston tuomat hyödyt mahdollisessa käyttökohteessa. Erityiskiitos kuuluu PLC:n Timo Tanskalle työn ohjauksesta, Jukka Mannermaalle TIA Portalin käyttöön liittyvistä neuvoista ja Mika Räisäselle skannereiden testaustelineen rakentamisesta.

9.2.2022

Juha Karjalainen

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	SOPAS ENGINEERING TOOL .....	9
3	LAITTEISTO .....	17
3.1	Laserskannerit.....	17
3.2	Ohjelmoitava logiikka .....	20
3.3	HMI-paneeli .....	21
3.4	Testilaitteisto .....	22
4	SIEMENS TIA PORTAL V17 .....	24
4.1	Laitteiden konfigurointi .....	24
4.2	Testaaminen.....	28
4.3	STEP 7 .....	29
4.3.1	Ohjelmalohkot.....	30
4.3.2	Ohjelmointikielet .....	31
4.3.3	Pisteiden laskenta .....	32
4.4	WinCC .....	34
5	POHDINTA .....	43
	LÄHTEET .....	44

## SANASTO

HMI	Human-Machine Interface – Ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä
LiDAR	Light Detection and Ranging – valotutka
Tag	TIA Portalissa käytettävä tunnistetieto

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laserskannaukseen perustuvaan reunantunnistulaitteistoon tutustuminen ja sen jatkokehittäminen. Tarkoituksena on lisätä HMI-kosketusnäyttöpaneeli laserskannereiden rinnalle. PLC-Automation Oy on asentanut näitä laserskannereita ennestään teollisuuden asiakkaille erinäisten kappaleiden reunantunnistusta varten. Reunantunnistus on tarpeen, jotta skannattava kappale kulkisi tuotantolinjalla mahdollisimman suorassa.

PLC-Automation Oy:n puolesta on jo aiemmin tehty skannereille ohjelmaa TIA Portalissa, jota käytän pohjana tässä opinnäytetyössäni. Aiemmin ei ole kuitenkaan paneelia lisätty osaksi skannerikokonaisuutta, joten siihen liittyvää aikaisempaa ohjelmaa ei ole.

PLC-Automation Oy:n toimistolla laitteistosta tehdään testikokoonpano, johon kuuluu kaksi skanneria, ohjelmoitava logiikka ja kosketusnäyttöpaneeli. Yksi oleellisista tavoitteista on saada lisättyä järjestelmään kosketusnäyttöpaneeli, josta käyttäjä voisi helposti tarkastella skannereiden toimintaa ja konfiguroida tiettyjä parametrejä.

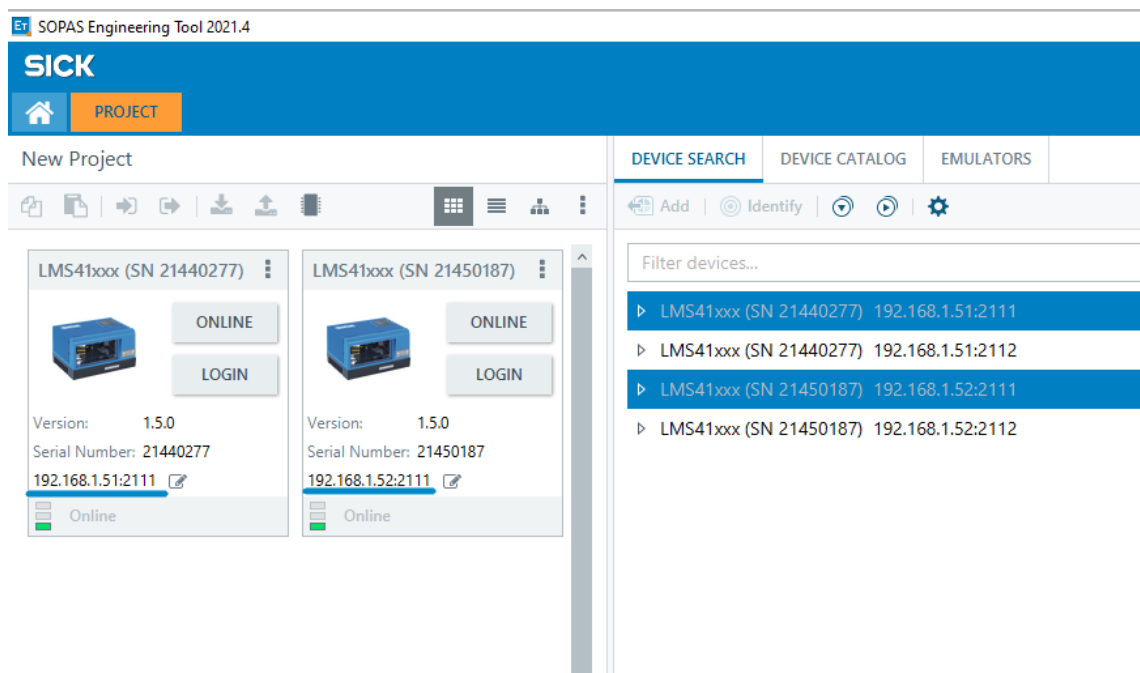
Työ toteutettiin PLC-Automation Oy:lle syksyn 2021 ja kevään 2022 aikana.



## 2 SOPAS ENGINEERING TOOL

Ennen kuin saatiin skannerit PLC Automation Oy:n toimistolle testikäyttöön, aloitettiin opinnäytetyön tekeminen sillä, että tutustuttiin huolella skannereiden käyttöohjeisiin ja toimintaperiaatteeseen.

Kun skannerit saapuivat toimistolle, niiden käyttöön perehdyttiin SOPAS Engineering Toolin avulla. Se on SICKin tarjoama konfigurointityökalu kaikille SICKin antureille. Työkalulla voidaan helposti muodostaa yhteys anturiin ja asentaa tarvittavat ajurit, jonka jälkeen anturi on käyttövalmis. Työkalu osaa automaattisesti löytää tietokoneeseen Ethernetin välityksellä kytketyt anturit ja asentaa oikeat ajurit, joten käyttäjälle ei jää muuta tehtävää kuin konfiguroida anturi tarpeidensa mukaan. Kuvassa 1 näkyy SOPAS-työkalun aloitusnäky. (1.)

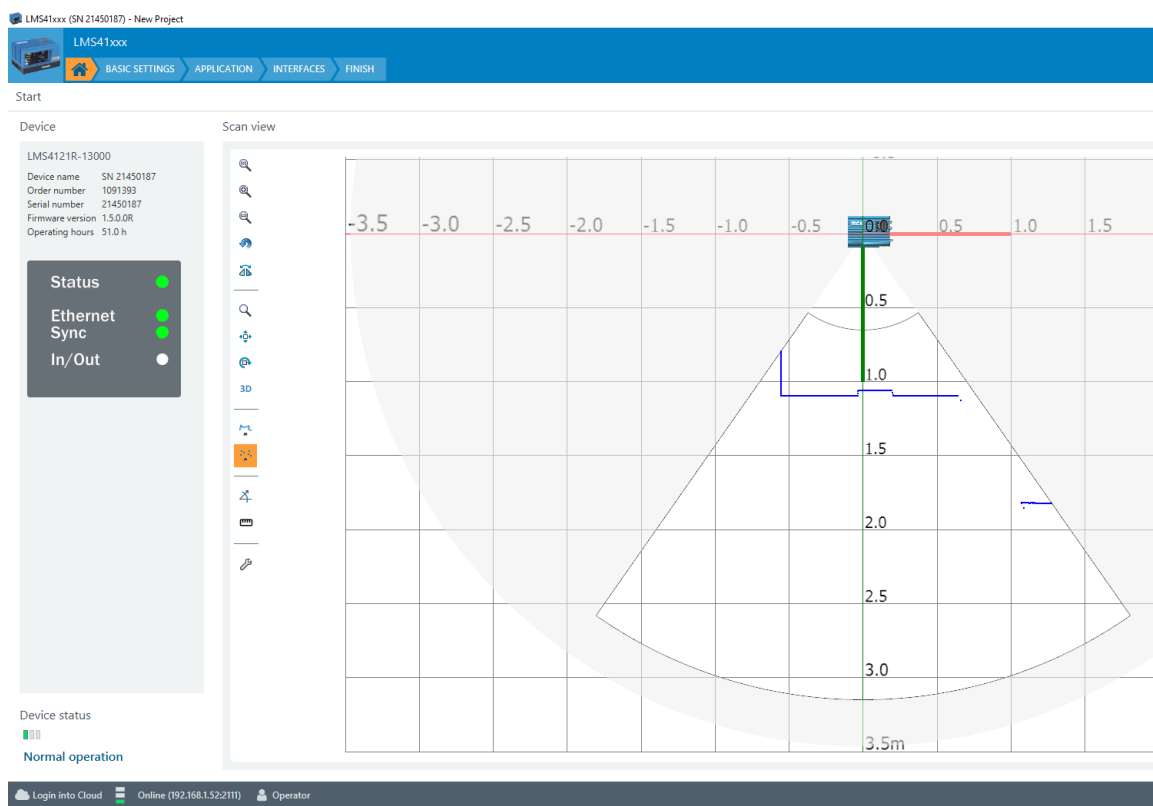


*KUVA 1. SOPAS-työkalun aloitusnäky*

SOPASin laitehaku löytää neljä laitetta, vaikka todellisuudessa vain kaksi laitetta on kytketty tietokoneeseen. Tämä johtuu siitä, että skannereissa on kaksi erillistä porttia, joihin yhdistää: 2111 ja 2112. Tuplaklikkaamalla oikealla olevia osoitteita

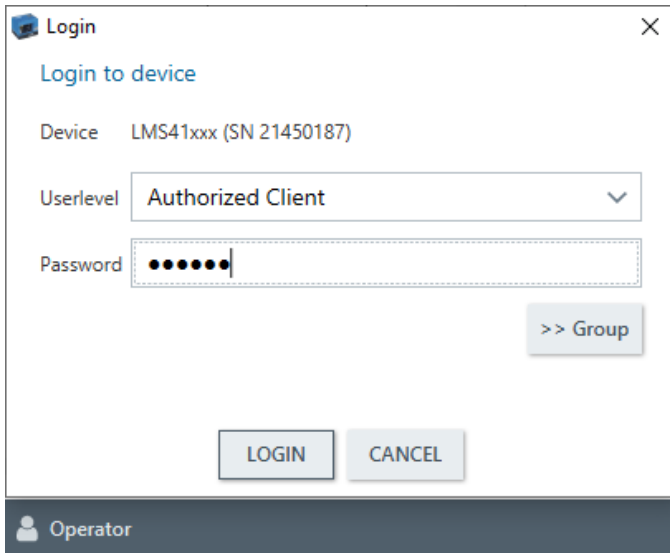
saadaan halutut laitteet vietyä projektiin vasemmalle. Valitaan projektiin porttia 211 käyttävät osoitteet.

Tuplaklikkaamalla vasemmalla olevia laitteita saadaan niiden laitekohtainen näkymä avattua erilliseen ikkunaan (kuva 2), josta voidaan havainnoida laitteen toimintaa ja määrittää erilaisia asetuksia anturille. Tässä tilassa laite on täysin toiminnallinen ja sinisellä näkyvä pistepilvi päivittyy reaaliajassa. Esimerkiksi kun kättä liikutetaan lasersäteen tiellä, se päivittyy tietokoneen näytölle liikkuvana muotona.



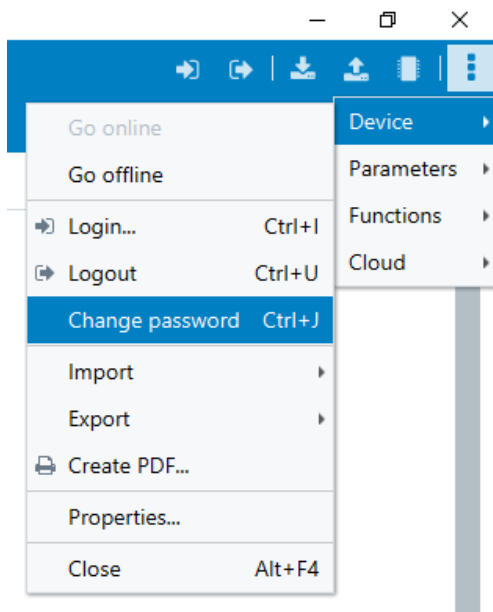
**KUVA 2. SOPASin laitekohtainen näkymä**

Jos halutaan päästä muokkaamaan skannerin asetuksia ja parametreja, täytyy ensin kirjautua sisään Operator-käyttäjistä Authorized Client -käyttäjäksi. Käyttäjän vaihtaminen tapahtuu klikkaamalla vasemmasta alakulmasta Operator-kuvaketta, jonka jälkeen kuvan 3 mukainen ponnahdusikkuna avautuu.



*KUVA 3. Laitteeseen kirjautuminen sisään*

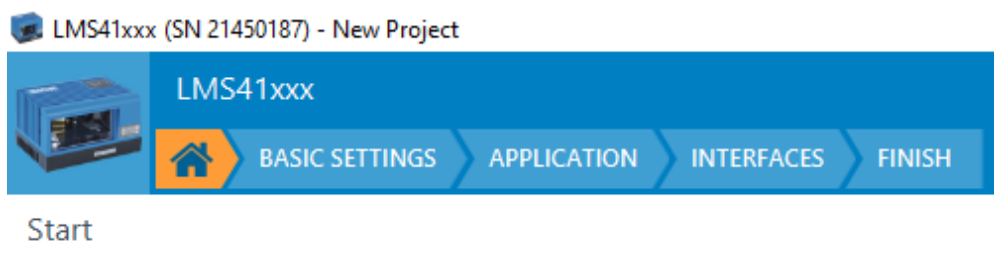
Authorized Client -käyttäjäksi pääsee kirjautumaan sisään salasanalla client (2, s. 39.) Salasanan voi tarvittaessa vaihtaa klikkaamalla pääikkunan oikeasta yläreunasta kolmea pistettä ja siirtymällä Change password -kohtaan (kuva 4).



*KUVA 4. Salasanan vaihtaminen*

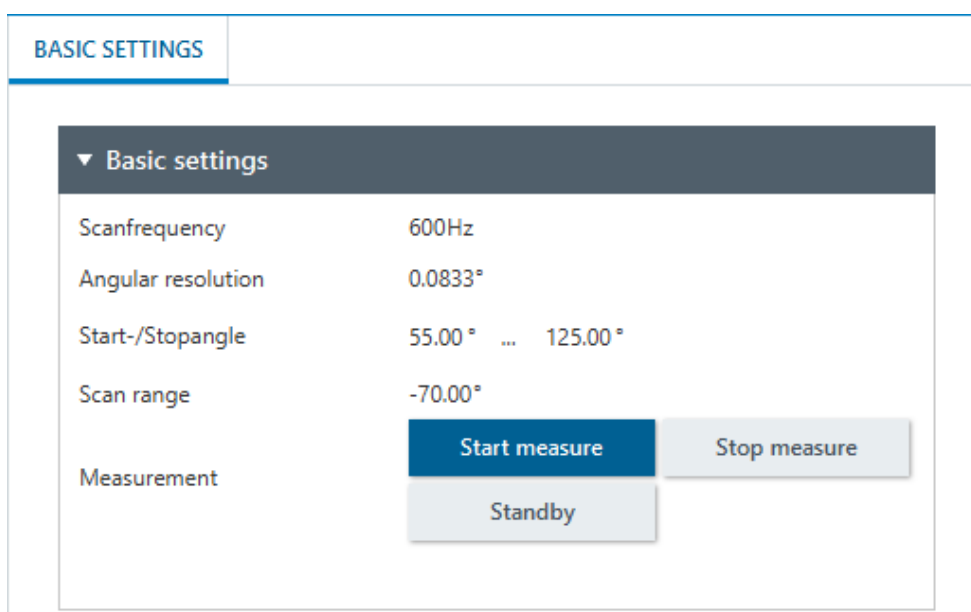
Kun laitteeseen on kirjaututtu sisään, pääsee laitteen asetuksia ja parametreja muokkaamaan helposti vasemman yläkulman eri välilehtiä käyttäen (kuva 5).

SOPAS-työkalussa on tarkoitus edetä välilehdissä vasemmalta oikealle, kun laitetta konfiguroidaan. Käydään läpi jokaisen välilehden tärkeimmät toiminnot.



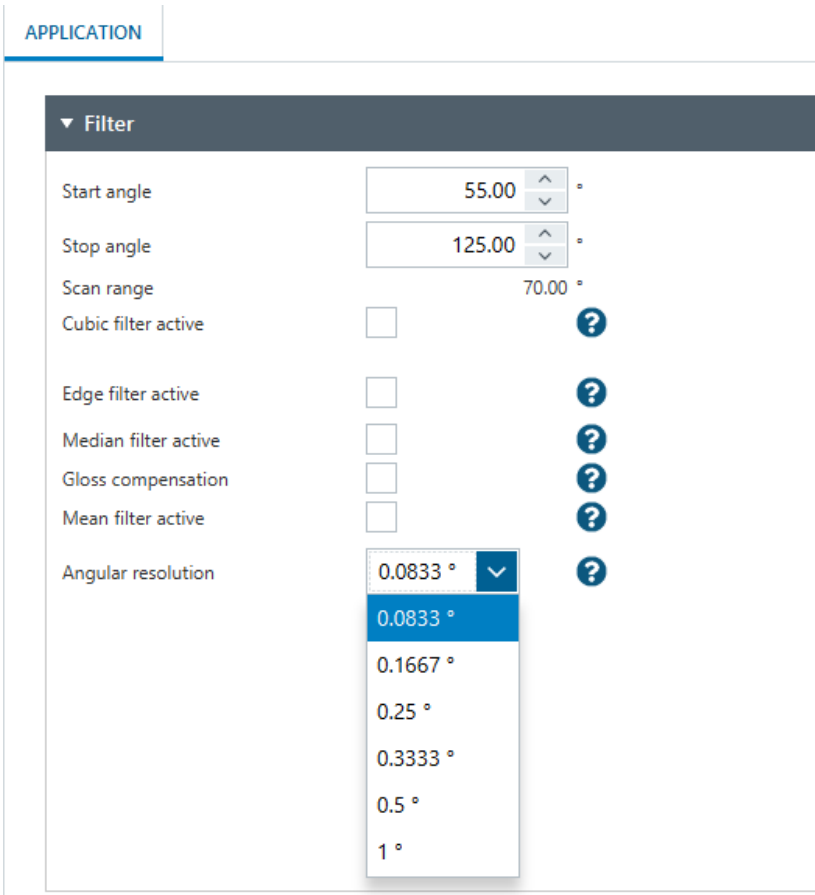
*KUVA 5. Välilehdet*

Basic Settings -välilehdeltä pääsee ohjaamaan anturia päälle ja pois kuvan 6 mukaisesti.



*KUVA 6. Basic Settings -välilehti*

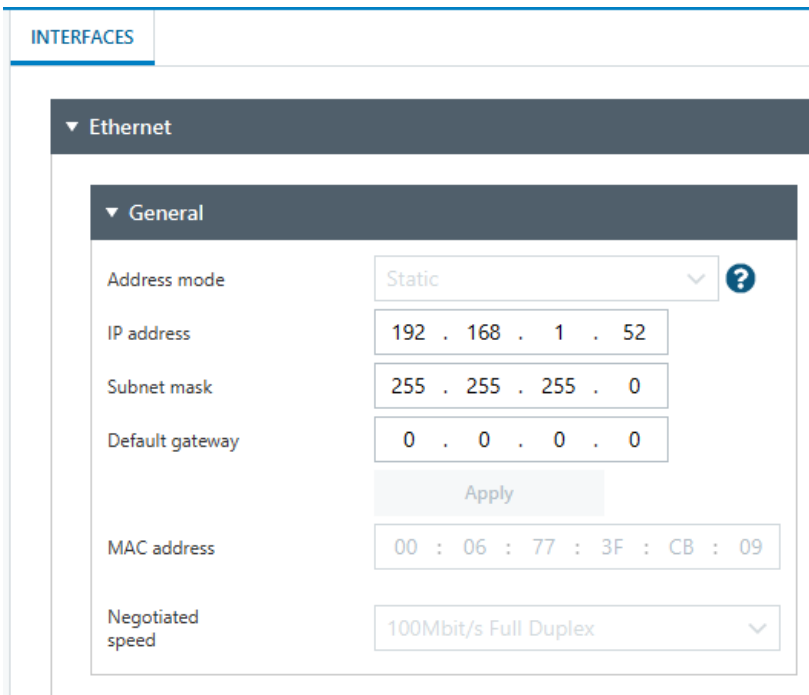
Application-välilehdeltä pääsee muuttamaan itse skannerin parametreja ja asettamaan tiettyjä suotimia, jos halutaan saada vaikkapa vähemmän kohiseva pistepilvi tai rajata skannausaluetta. Välilehdeltä voidaan säätää esimerkiksi kulmaaluetta ja kulmaresoluutiota. Kuvassa 7 on esitetty eri säätömahdollisuudet.



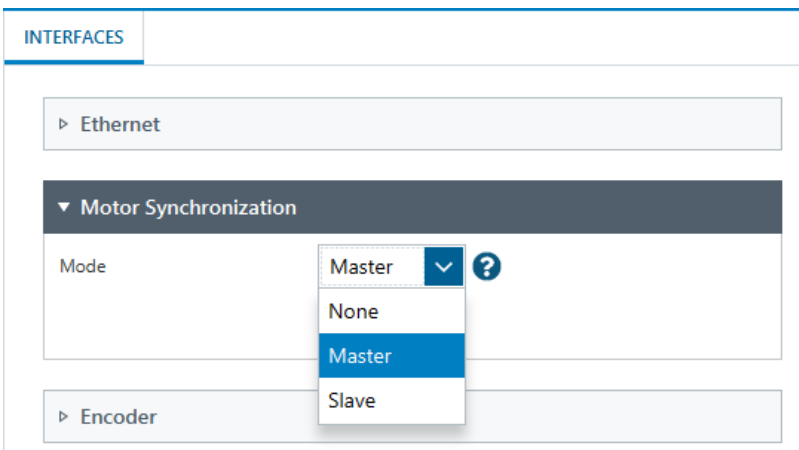
*KUVA 7. Parametrien muuttaminen*

Interfaces-välilehdellä voidaan kuvan 8 mukaisesti muuttaa skannerien IP-osoitetta. Skannerit voidaan myös synkronoida keskenään.

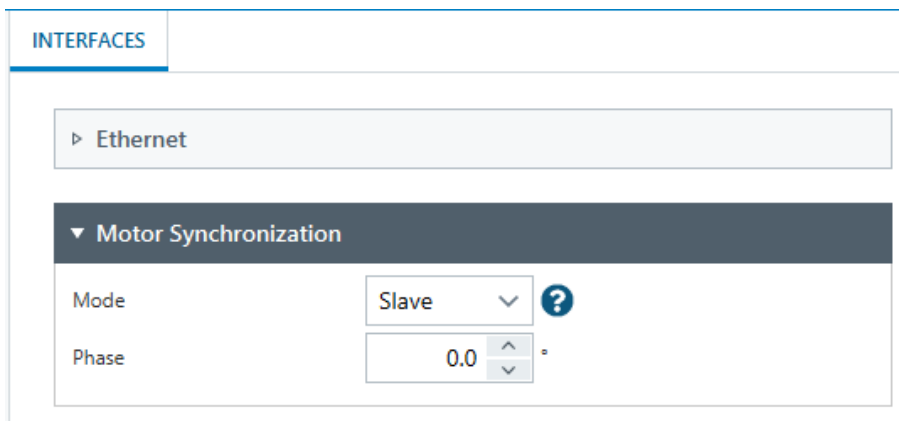
Skannereiden peilien synkronointi on tarpeen, jos kokoonpanossa on vähintään kaksi skanneria ja niiden lasersäteet ovat lähellä toisiaan tai menevät päällekkäin. Synkronoinnilla vältetään skannerien mittauspisteiden keskinäiset häiriöt. Käyttöohjeiden mukaisesti asetetaan edestäpäin katsottuna kaikista vasemmanpuoleisin skanneri Master-skanneriksi (kuva 9). Loput skannerit asetetaan Slave-skannereiksi (kuva 10). Synkronoitavien skannereiden lukumäärää ei ole rajattu, mutta rajoittavana tekijänä on maksimissaan 20 m:n syöttökaapelipituus, jota pitkin Master-skanneri lähettää synkronointisignaalin. (2, s. 28.)



*KUVA 8. IP-osoitteen muuttaminen*



*KUVA 9. Master-skannerin asettaminen*



*KUVA 10. Slave-skannerin asettaminen*

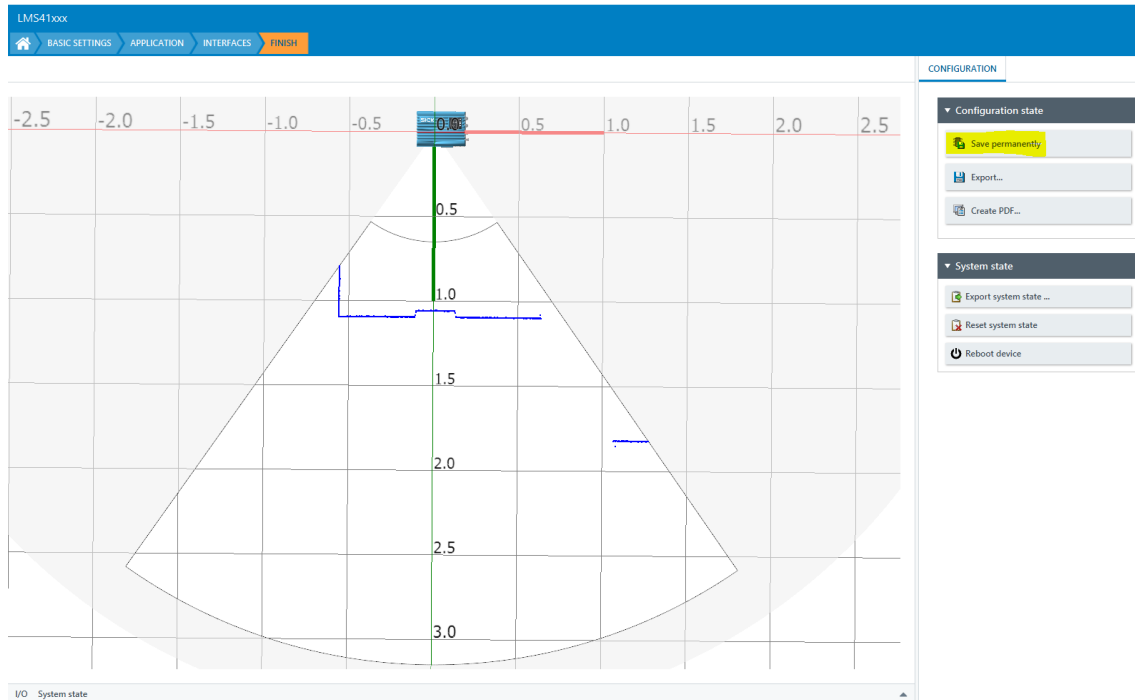
Slave-skannerien vaihekulmaa voidaan säätää ja sillä määritetään, kuinka paljon skanneri tulee Master-skanneria jäljessä. Tämän projektin tapauksessa vaihekulma voidaan jättää nolla-arvoon, koska molemmat skannerit laitetaan osoittamaan suoraan alaspäin eli nolla-asteeseen. (2, s. 28.)

Kun synkronointiasetukset on asetettu, voidaan synkronoinnin onnistuminen vahvistaa suoraan skannerin etupuolen Sync-valosta. Jos Sync-valo palaa jatkuvana vihreänä molemmissa skannereissa, on synkronointi onnistunut. Kuvassa 12 näkyy skannerin etupuolen merkkivalot. (2, s. 28.)



*KUVA 12. Synkronoitu skanneri*

SOPAS-työkalu ei automaattisesti tallenna muutettuja tietoja antureille vaan vii-  
meiseltä Finish-välilehdeltä voidaan konfiguroidut asetukset ja parametrit tallen-  
taa pysyvästi skannerille painamalla Save permanently -näppäintä. (Kuva 13.) (2,  
s. 42.)



**KUVA 13.** Konfiguraation tallentaminen

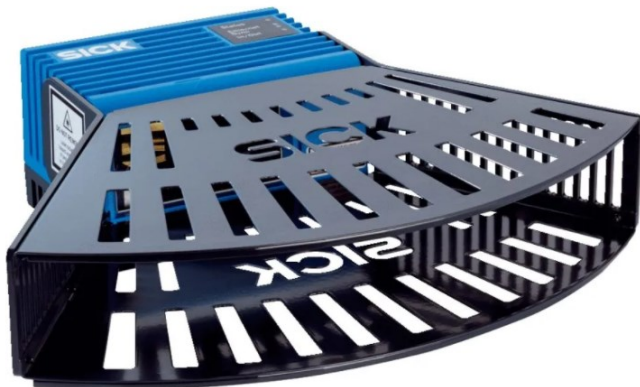


### 3 LAITTEISTO

Tässä pääluvussa käydään läpi laitteistoon kuuluvat komponentit: laserskannerit, ohjelmoitava logiikka ja HMI-paneeli. Lisäksi esitellään PLC-Automation Oy:n toimistolle rakennettu testilaitteistokokonaisuus.

#### 3.1 Laserskannerit

Kappaleen reunantunnistukseen käytetään SICKin valmistamaa 2D-LiDAR-anturimallia LMS4121R-13000 (kuva 14). Anturia voi käyttää yksinään tai niitä voidaan kytkeä monta rinnakkain, jotta voidaan skannata suurempia alueita tai kappaleita. Testikokoonpanossa käytettiin kahta anturia.



KUVA 14. LMS4121R-13000-anturi (3, s. 2)

Anturi käyttää LiDAR-tekniologiaa, jolla voidaan mitata etäisyyttä osuvaan kappaleeseen laservalon avulla. Mittaus perustuu laserin vaihesiirtymään, jolloin valon matka-ajasta ja käytetystä aallonpituudesta riippuen syntyy lähtevälle ja palaavalle lasersäteelle vaihe-ero (2, s. 15).

LMS4121R-13000-mallissa skannerin toimintasäde on 0,7 m–3 m ja se voi skannata maksimissaan 70 asteen kulman alueelta. Anturin maksimi kulmaresoluutio on  $1/12^\circ$  ( $0.0833^\circ$ ). Kulmaresoluutio tarkoittaa sitä, että jokaisen mittauspisteen

jälkeen kulman arvo muuttuu kulmaresoluution verran, kunnes kulma-alue on käyty kokonaan lävitse. (3, s. 2.)

1/12°:n kulmaresoluutiolla 70°:n kulma-alueelta saadaan kaavan 1 mukaisesti 841 eri mittauspistettä.

*KAAVA 1. Mittauspisteiden lukumäärän laskentakaava*

$$M = K_1/K_2 + 1$$

$M$  = mittauspisteet

$K_1$  = kulma-alue (°)

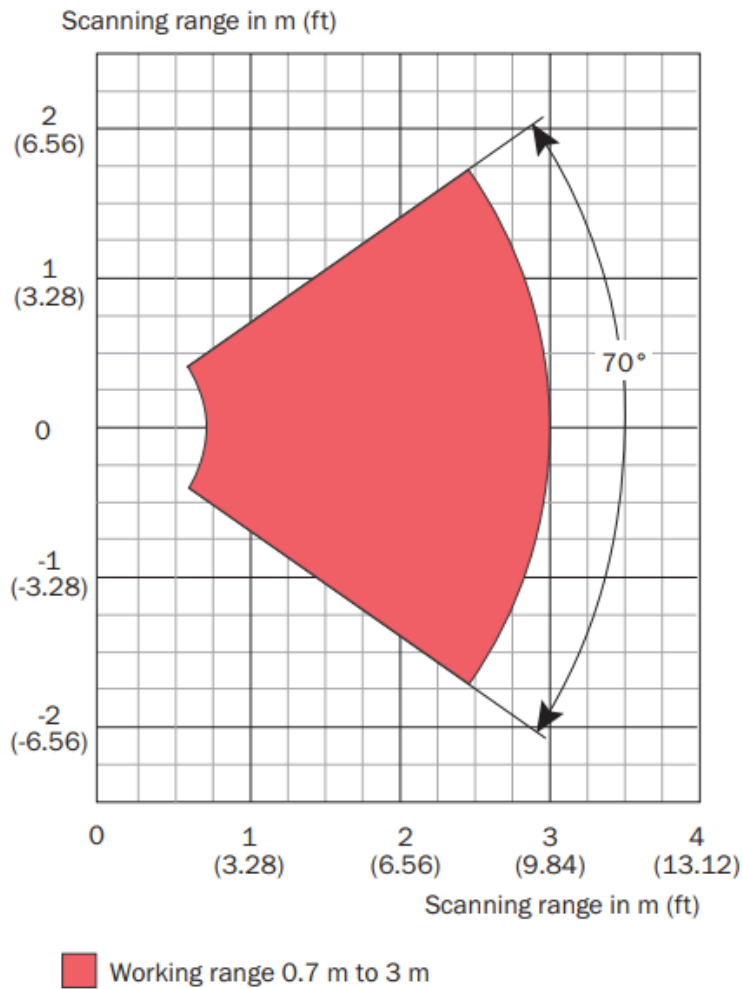
$K_2$  = kulmaresoluutio (°)

1 = vakioarvo, koska ensimmäinen skannaus alkaa kohdasta 0°

841 mittauspistettä on skannerin enimmäismäärä, mutta kulma-aluetta tai kulmaresoluutiota pienentämällä voidaan vaikuttaa pisteiden määrään, jos halutaan vähentää logiikan tai paneelin laskentakuormaa. Esimerkiksi 1°:n kulmaresoluutiolla pisteitä tulisi 71.

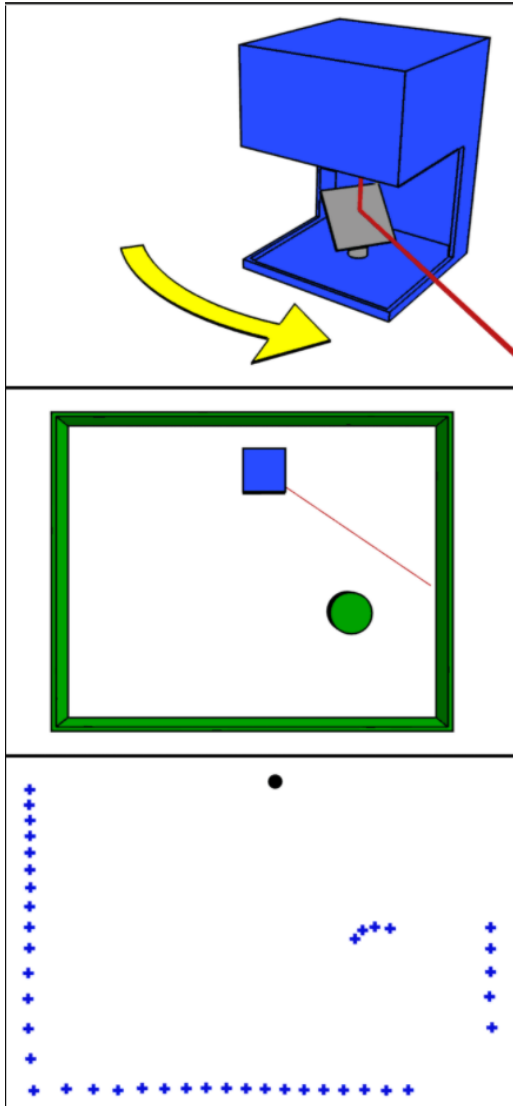
Kuvassa 15 on havainnollistettu skannerin toiminta-aluetta.

## Työaluekaavio



*KUVA 15. Skannerin toiminta-alue (3, s. 5)*

Kuvassa 16 on esitetty anturin toimintaperiaate. Laitteen sisällä pyörii peili 100 Hz:n taajuudella, mutta kuvan 16 yhdestä peilipinnasta poiketen peilissä on kuusi erillistä pintaa, joista laseri heijastuu. Se luo 600 Hz:n skannaustaajuuden. (2, s. 20.)



KUVA 16. Anturin muodostama pistepilvi (4)

### 3.2 Ohjelmoitava logiikka

Suuren laskentatehon ja tiedonsiirtotarpeen vuoksi logiikaksi täytyy valita korkean suorituskyvyn SIMATIC S7-1500 -sarjan logiikka. Kaikista optimaalisin valinta olisi CPU 1518F-4 PN-DP sen suuren suorituskyvyn ja tiedonsiirtokyvyn takia. Testikokoonpanoon valikoitui kuitenkin CPU 1516F-3 PN-DP, koska tehokkaampaa mallia ei ollut saatavilla. Kuvassa 17 on esitetty testikokoonpanossa käytetty logiikka.



*KUVA 17. CPU 1516F-3 PN/DP (5)*

Kaikissa SIMATIC S7-1500 -sarjan logiikoissa on sisäänrakennettu näyttö, josta voidaan muuttaa tiettyjä logiikan asetuksia, diagnosoida virheilmoituksia ja vaihtokaikapa seurata logiikan sen hetkistä ohjelman kiertoaikaa. Logiikalle voi esimerkiksi näytön avulla antaa IP-osoitteen tai asettaa oikean kellonajan ja päivämäärän. Nämä samat asetukset voidaan myös määrittää suoraan TIA Portalissa, kunhan yhteys on muodostettu tietokoneen ja logiikan välille.

### **3.3 HMI-paneeli**

Testikokoonpanoon valittiin 12-tuumainen Siemensin Unified Comfort -sarjan paneeli MTP1200 (kuva 18). Unified Comfort -sarjan paneelit ovat Siemensin uusimpia ja monipuolisimpia paneeleita. Yksi paneelin valintakriteeri oli riittävä näytön resoluutio, jotta skannerin tuottama pistepilvi saataisiin tarpeeksi tarkasti näytettyä. MTP1200-paneelin resoluutio on 1280 x 800 pikseliä. (6.)



*KUVA 18. MTP1200 Unified Comfort -paneeli (6)*

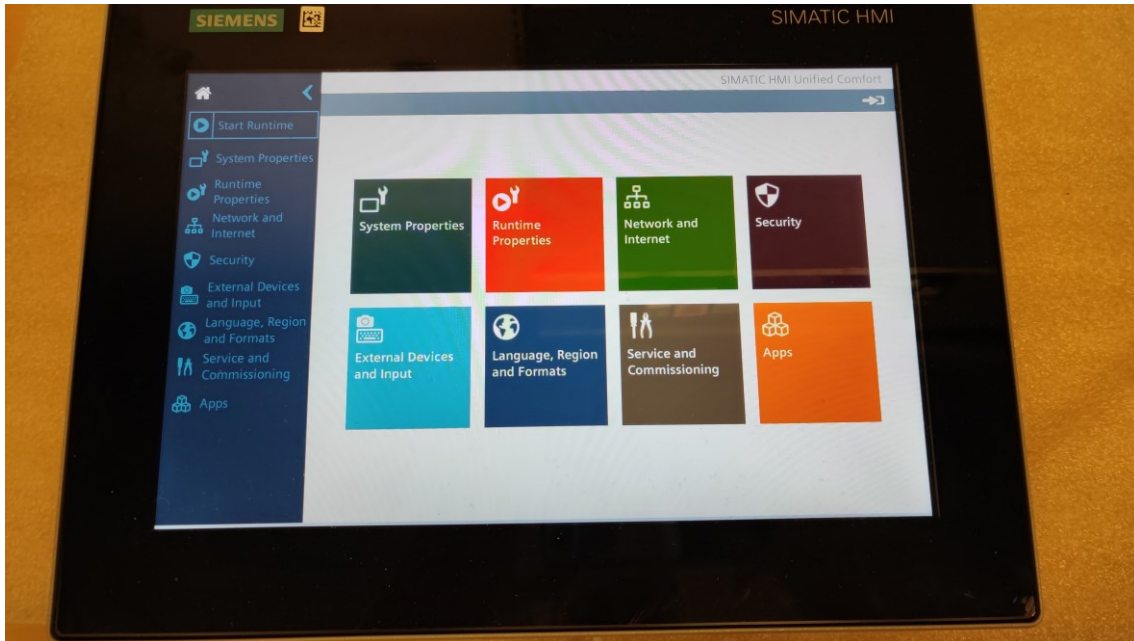
### **3.4 Testilaitteisto**

Kuvassa 19 nähdään toimistolle rakennettu skannereiden testikokoonpano, jossa voidaan käytännössä testata skannereiden toimintaa ja havainnoida skannereiden tuottamaa pistepilveä paneelilla. Tarkoituksena on saada muodostettua paneelille saman näköinen pistepilvi kuin on nähtävissä SICKin oman SOPAS-työkalun avulla. Kaikki laitteet on kytketty keskenään Profinet-yhteydellä.



*KUVA 19. Skannereiden testikokoonpano*

Kuvassa 20 näkyy paneelin aloitusnäyttö. Unified-paneelin omalta käyttöliittymältä voidaan jo asettaa tiettyjä perusasetuksia valmiiksi kuten tietoverkkoon liitetyvät yhteysasetukset.

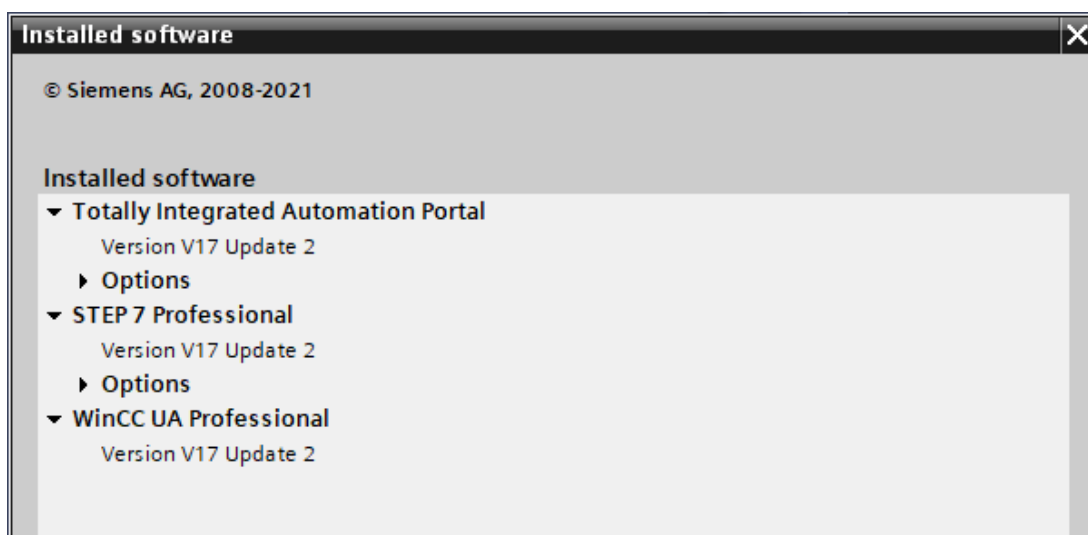


*KUVA 20. Paneelin aloitusnäkö*

## 4 SIEMENS TIA PORTAL V17

Logiikka ja HMI-paneeli ohjelmoitiin Siemensin omalla TIA Portal V17 -ohjelmointiympäristöllä, johon on sisällytetty aiempia erillisiä ohjelmia, jotta ohjelmoiminen ja käyttöympäristö olisivat selkeämpää, eikä tarvitsisi avalla monta eri sovellusta, vaan kaikki on yhden paketin sisällä. TIA Portal tulee englannin kielen sanoista Totally Integrated Automation Portal, joka tarkoittaa täysin integroitua automaatioportaalia (7).

Kuvassa 21 on esitetty tässä opinnäytetyössä käytetyt ohjelmat TIA Portal -ympäristön sisällä. STEP 7 -ohjelmaa käytetään logiikan ohjelmointiin ja WinCC-ohjelmaa paneelin ohjelmoinnissa.

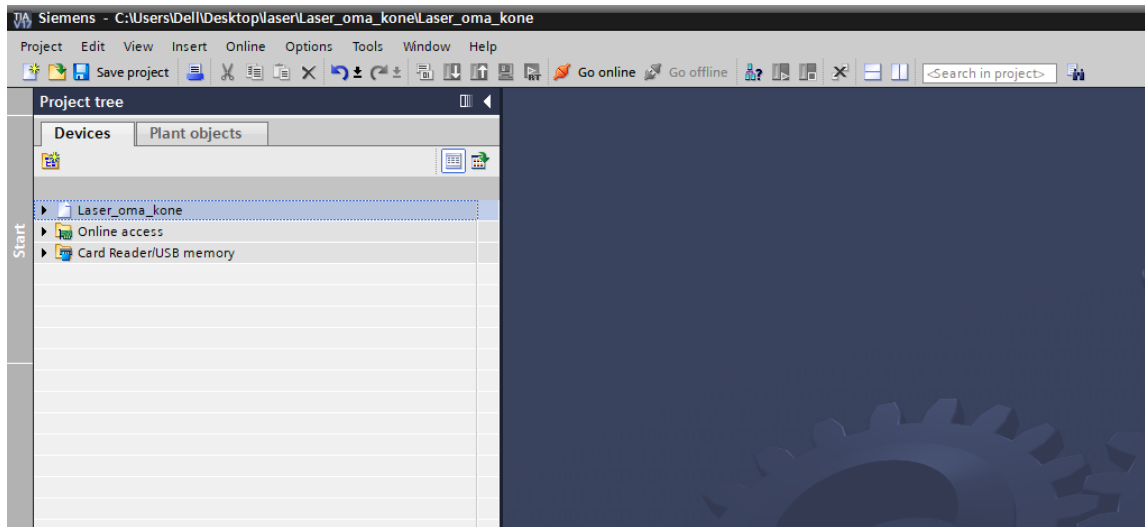


*KUVA 21. Käytetyt ohjelmat*

### 4.1 Laitteiden konfigurointi

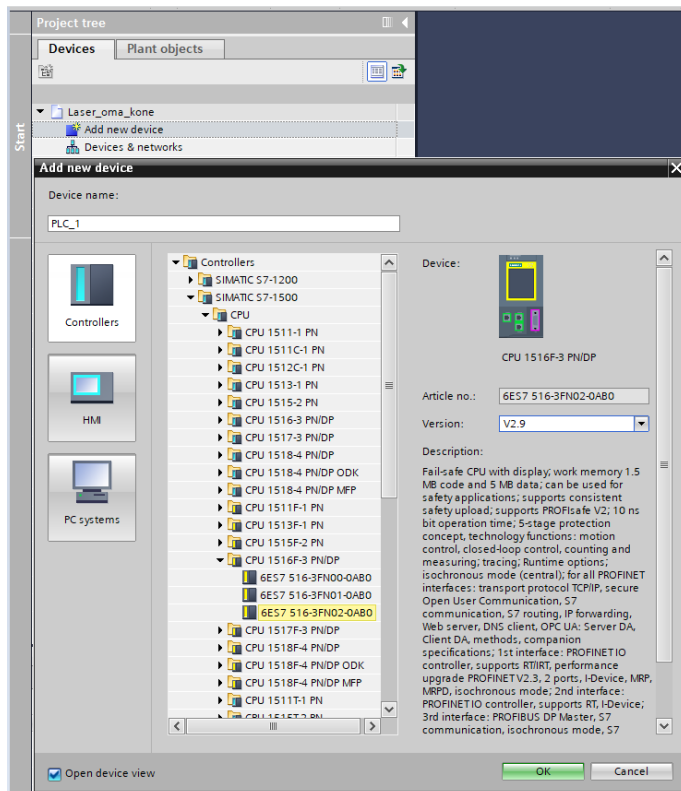
Kun TIA Portaliin on luotu projekti, on järkevin avata se projektinäkömässä, koska silloin nähdään kaikista selkeimmin yleiskuva projektista. Kuvassa 22 näkyy TIA Portalin projektinäkömä.





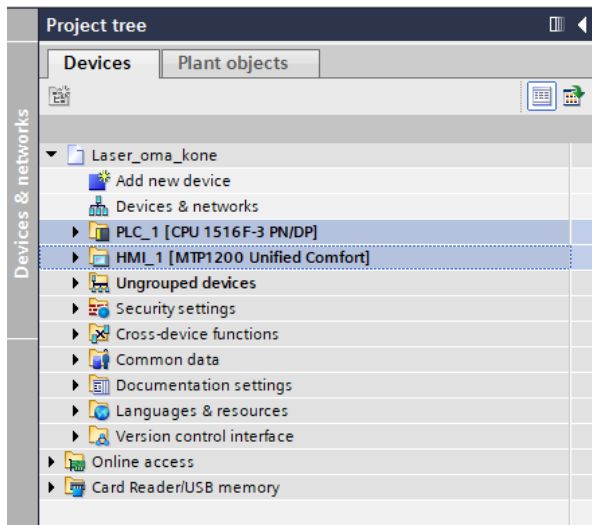
KUVA 22. TIA Portalin projektinäkömä

TIA Portalin käyttö aloitetaan sillä, että lisätään ensiksi tarvittavat laitteet projektiin. Laitteet voidaan lisätä laajentamalla projekti auki pienestä nuolesta ja valitsemalla kohta Add new device, jolloin aukeaa kuvan 23 mukainen ponnahtusikkuna. Valitaan luettelosta oikea logiikka projektiin.



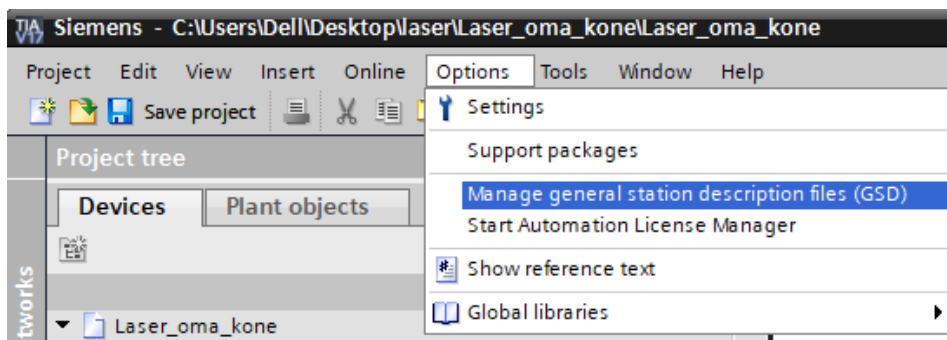
KUVA 23. Logiikan lisääminen projektiin

Paneeli lisätään samalla tavalla projektiin. Kun laitteet on lisätty projektiin, ne tulevat näkyviin ikkunan vasempaan reunaan (kuva 24).



*KUVA 24. Logiikka ja paneeli projektissa*

Jos halutaan lisätä TIA Portaliin muita kuin Siemensin laitteita, täytyy laitteen General Station Description (GSD) file eli laitekuvaustiedosto ladata kyseisen laitteen valmistajan sivuilta. Lataamisen jälkeen tiedosto voidaan tuoda TIA Portaliin kuvan 25 mukaisesti. (8.)



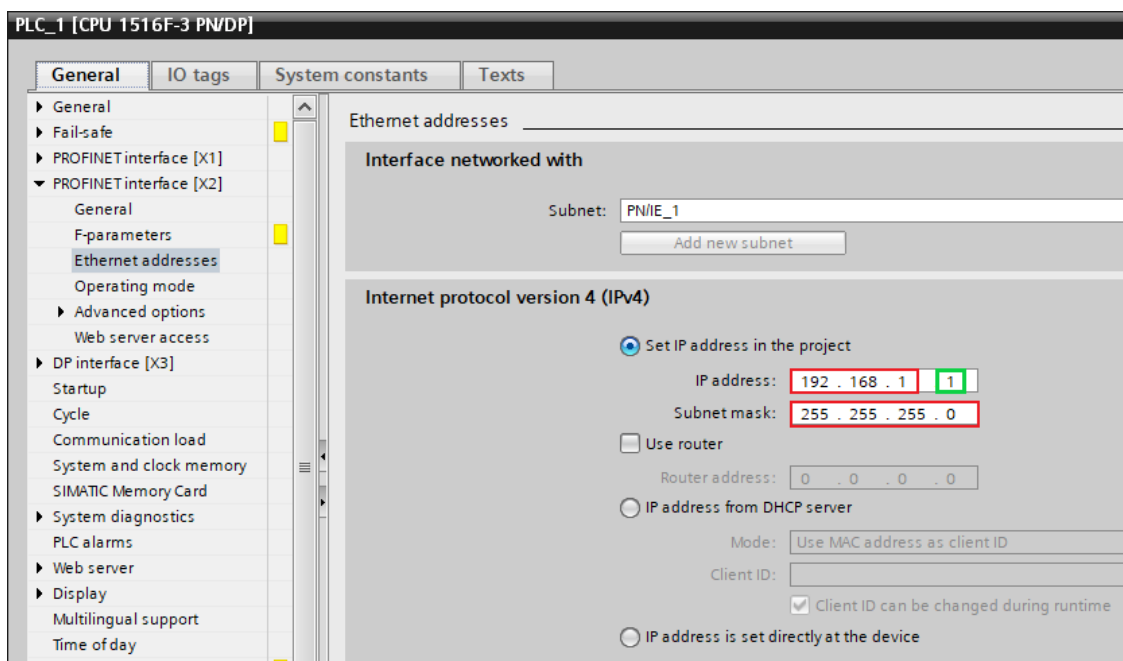
*KUVA 25. GSD-tiedoston tuonti TIA Portaliin*

Näille kyseisille laserskannereille ei kuitenkaan ole saatavissa GSD-tiedostoa, koska lähtökohtaisesti nämä skannerit on suunniteltu käytettäväksi PC-pohjaisissa sovelluksissa suuren datamäärän vuoksi, mutta skannerit toimivat myös nykyisten tehokkaidenkin logiikkojen perässä. (9.)

Skannereita ei siten ole tässä tapauksessa tarpeen tuoda samalla tavalla projektiin kuin logiikkaa tai paneelia, vaan riittää kun saadaan asetettua TCON-datalohkon avulla yhteysasetukset oikein. Tarkastellaan seuraavaksi, miten kaikki tarvittavat laitteen saadaan kommunikoidaan keskenään.

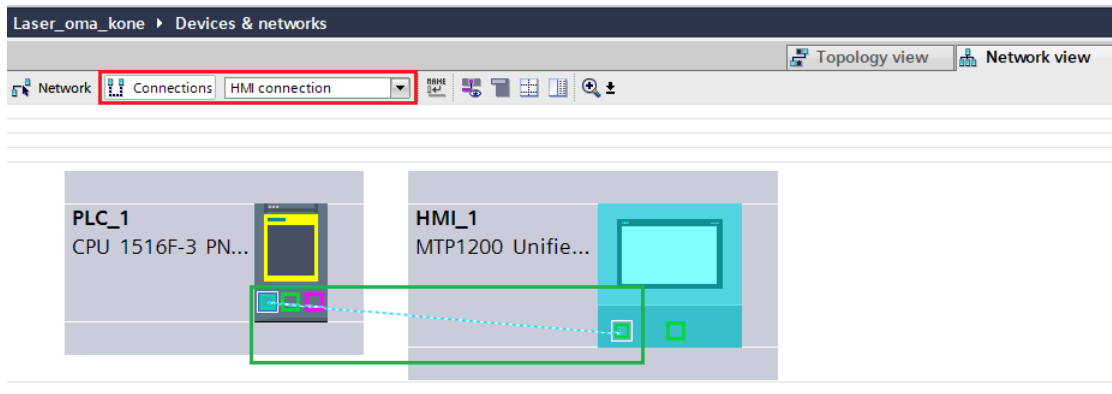
Klikkaamalla projektissa olevia laitteita ja painamalla Alt + Enter saadaan auki kuvan 26 Properties-ponnahdusikkuna, jossa voidaan asettaa IP-osoite laitteelle. Kaikissa laitteissa tulee punaisen laatikon sisällä olevien osoitetietojen olla samoja, tällöin kaikki laitteet toimivat saman aliverkon alla ja kommunikointi onnistuu. Vihreän laatikon sisällä oleva luku erottelee laitekohtaiset osoitteet ja siksi sen täytyy olla kaikissa laitteissa yksilöllinen.

Annetaan logiikalle osoitteeksi 1 ja paneelille 2. Paneelin IP-osoitteen muuttaminen tapahtuu samalla tavalla kuin logiikan.



#### *KUVA 26. IP-osoitteen asettaminen*

Kun logiikalle ja paneelille on annettu IP-osoitteet, voidaan niiden välille luoda yhteys. Yhteyden luonti tapahtuu klikkaamalla vasemmalta projektista Devices & networks ja valitsemalla yhteystyypiksi HMI connection, jonka jälkeen voidaan vetää yhteys paneelille kuvan 27 tavalla.



KUVA 27. Yhteyden luominen logiikan ja paneelin välille

Jotta TIA Portalissa voidaan kommunikoida laserin kanssa, täytyy käyttää TCON-datalohkoa, johon asetetaan määritetyt IP-osoitteet (kuva 28.) Ensimmäiselle skannerille annetaan osoitteeksi 51 ja toiselle 52.

LiDAR2_TCON (snapshot created: 12/8/2021 7:27:50 AM)									
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Interfaceld	HW_ANY	72	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	ID	CONN_OUC	16#000C	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	ConnectionType	Byte	16#0B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ActiveEstablished	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	ADDR	Array[1..4] of B...		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	ADDR[3]	Byte	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	ADDR[4]	Byte	52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	RemotePort	UInt	2111	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	LocalPort	UInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

KUVA 28. TCON-datalohko

## 4.2 Testaaminen

Koska skannereille on jo aiemmin PLC:n toimesta luotu TIA Portalilla toimiva ohjelma, käytetään sitä pohjana skannereiden testauksessa.

Kun ohjelma on onnistuneesti ladattu logiikalle, skannereiden tuottamaa dataa voidaan katsoa datalohkoista TCON1\_Rec\_Data ja TCON2\_Rec\_Data, jonne tallentuu skannereiden jokaisen 841 pisteen etäisyystiedot. Ennen kuin mitään

kuitenkaan nähdään, täytyy aktivoida Monitor all -silmälasikuvake vasemmasta yläkulmasta (kuva 29), jotta pystytään havainnoimaan muuttuvaa dataa.

Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervision
37	Struct	92.0								
38	Array[1..3000] of U...	92.0								
39	DATA[1]	92.0	22288	22288						
40	DATA[2]	94.0	22304	22304						
41	DATA[3]	96.0	22331	22331						
42	DATA[4]	98.0	22371	22371						
43	DATA[5]	100.0	22383	22383						
44	DATA[6]	102.0	22409	22409						
45	DATA[7]	104.0	22430	22430						
46	DATA[8]	106.0	22432	22432						
47	DATA[9]	108.0	22454	22454						
48	DATA[10]	110.0	22491	22491						
49	DATA[11]	112.0	22489	22489						
50	DATA[12]	114.0	22530	22530						
51	DATA[13]	116.0	22561	22561						
52	DATA[14]	118.0	22576	22576						
53	DATA[15]	120.0	22589	22589						
54	DATA[16]	122.0	22626	22626						
55	DATA[17]	124.0	22642	22642						
56	DATA[18]	126.0	22659	22659						
57	DATA[19]	128.0	22680	22680						
58	DATA[20]	130.0	22704	22704						
59	DATA[21]	132.0	22739	22739						
60	DATA[22]	134.0	22738	22738						
61	DATA[23]	136.0	22764	22764						
62	DATA[24]	138.0	22802	22802						
63	DATA[25]	140.0	22809	22809						
64	DATA[26]	142.0	22837	22837						
65	DATA[27]	144.0	22859	22859						
66	DATA[28]	146.0	22880	22880						
67	DATA[29]	148.0	22919	22919						
68	DATA[30]	150.0	22956	22956						
69	DATA[31]	152.0	22955	22955						
70	DATA[32]	154.0	22982	22982						

**KUVA 29.** Skannerin tuottama data, jota voidaan seurata Monitor value -sarakeesta

Oranssi väri TIA Portalissa kertoo siitä, että ollaan Online-tilassa, jolloin toiminnan havainnointi on mahdollista. Skannerin oikeasta toiminnasta voidaan varmistua sillä, että asetetaan kappale esimerkiksi yhden metrin päähän skannerin nolapisteestä. Tällöin niissä datapisteissä, joiden lasersäteet osuvat kappaleeseen, pitäisi Monitor Value -kohdassa näkyä arvo 10000.

### 4.3 STEP 7

STEP 7 on Siemensin SIMATIC-tuotesarjan logiikoiden ohjelmointiin tarkoitettu ohjelma, joka on osa TIA Portalin kokonaisuutta. STEP 7:stä on saatavilla kaksi eri versiota: Basic ja Professional. Basic-versiolla voidaan ohjelmoida vain S7-

1200-sarjan logiikoita. Professional-versio on monipuolisin ja sillä voidaan ohjelmoida kaikkia S7-sarjan logiikoita, kuten tässä projektissa käytettyä S7-1500-sarjan logiikkaa. (10, s. 5.)

### **4.3.1 Ohjelmalohkot**

Jotta STEP 7:llä voidaan tehdä ohjelmaa, täytyy käyttää erilaisia ohjelmalohkoja, joiden sisälle itse ohjelma voidaan luoda. Käydään lyhyesti läpi käytössä olevat ohjelmalohkot.

#### **Organization Blocks (OB)**

Organisaatiolohkot muodostavat ohjelmoinnin perustan ja toimivat käyttöliittymänä käyttöjärjestelmän ja käyttäjän tekemän ohjelman välillä. Tärkein organisaatiolohko on OB1, joka tarvitaan, jotta käyttäjän tekemä ohjelma voidaan suorittaa. Pienikokoiset ohjelmat voidaan suoraan tehdä OB1:sen alle, mutta isommissa kokonaisuuksissa on suositeltavaa jakaa ohjelmaosuudet pienempiin lohkoihin, joita sitten voidaan kutsua OB1:ssä. (11, s. 36–39.)

#### **Functions (FC)**

Funktiot eli toiminnot ovat lohkoja, joilla ei ole lainkaan omaa muistia. Niissä ei ole itsessään mahdollisuutta tallentaa dataa, mutta ne voivat käyttää erikseen luotavia globaaleja datalohkoja säilyttääkseen dataa. Funktioiden sisälle voidaan tehdä ohjelmaa, jota on myöhemmin mahdollista kutsua ja suorittaa eri lohkoissa. (11, s. 39.)

#### **Function Blocks (FB)**

Toimilohkot ovat kuin funktiota, mutta omalla muistilla. Toimilohkot tallentavat tulo- ja lähtöparametrit niiden omiin instanssidatalohkoihin, joten niiden tiedot säilyvät myös ohjelman suorituksen jälkeenkin. Toimilohkossa voidaan käyttää myös väliaikaisia tag-tietoja, jotka ovat saatavilla vain yhden logiikan kierron ajan. (11, s 40.)

## **Global Data Blocks (DB)**

Datalohkoja käytetään tallentamaan ohjelman dataa. Jokainen ohjelmalohko voi käyttää datalohkon tietoja. (11, s. 41.)

### **4.3.2 Ohjelmointikielet**

STEP 7:ssä on käytettävissä useita erilaisia graafisia sekä tekstipohjaisia ohjelmointikieliä. Ohjelmalohkon eri verkoissa ei ole pakko käyttää vain yhtä kieltä, vaan kieltä voidaan vaihdella tarpeen mukaan.

#### **Ladder Diagram (LAD)**

Tikapuukaavio on yksi graafisista ohjelmointikielistä ja se muistuttaa ulkonäöltään piirikaaviota. Ohjelman vasemmassa reunassa sijaitsee virtakisko, johon voidaan kytkeä erilaisia elementtejä, kuten avautuvia ja sulkeutuvia koskettimia. Koskettimia voidaan kytkeä sekä sarjaan että rinnakkain, jotta saadaan haluttu toiminto aikaiseksi. (11, s. 7857.)

#### **Function Block Diagram (FBD)**

Toimilohkokaavio on myös yksi graafisista ohjelmointikielistä. Toimilohkokaaviossa käytetään koskettimien sijaan erillisiä lohkoja kuten AND ja OR, joilla luodaan ohjelmaa. FBD:llä voidaan myös helposti suorittaa matemaattisia laskuja erillisen MATH-lohkon avulla. (11, s. 7919.)

#### **Structured Control Language (SCL)**

Jäsentynyt ohjauskieli on korkeatasoinen tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka perustuu Pascal-kieleen. SCL-kieli soveltuu hyvin esimerkiksi matemaattisten laskujen ohjelmointiin, sillä isotkin kokonaisuudet saadaan mahtumaan pieneen tilaan. SCL-kielen etuna on myös sen mahdollisuus käyttää erilaisia loop-toistolausekkeita. (11, s. 8023.)

## Statement List (STL)

Lausekelista on tekstipohjainen ohjelmointikieli, jota luetaan ylhäältä alaspäin yksi rivi kerrallaan. Yhdellä rivillä voi olla vain yksi komento ja muuttuja kerrallaan. (11, s. 7975.)

## GRAPH

GRAPH-kieltä käytetään sekvenssiohjelmien teossa. Sekvenssit on jaettu yksittäisiin askeliin, joiden ehtojen tulee täytyä, jotta ohjelmassa voidaan edetä seuraavaan askeleeseen. (11, s. 8097.)

## Cause-Effect-Matrix (CEM)

CEM-kieli on uusin ohjelmointikieli, joka tuli saataville TIA Portalin versiossa 17. CEM-kielellä voidaan helposti määrittää suoria syy-seuraussuhteita ohjelmassa. (11, s. 8219.)

### 4.3.3 Pisteiden laskenta

Pisteiden sijaintien laskemista täytyi lähestyä trigonometrian avulla, sillä tiedossa on haluttu kulma-alue sekä etäisyystieto. Näiden avulla voidaan kaavan 2 ja kaavan 3 mukaan laskea tietyn pisteen X- ja Y-koordinaattitiedot. Kulman yksikkönä käytetään radiaaneja, sillä TIA-Portalissa ei voi suoraan laskea asteluvuilla.

*KAAVA 2. X-koordinaatin laskentakaava paneelille (12)*

$$X = \sin(\alpha)c/40+640$$

X = pisteen paikka vaaka-akselissa

$\alpha$  = kulma (rad)

c = etäisyys ( $10^{-4}$  m)

40 = suhdeluku

640 = X-akselin offset-arvo



### KAAVA 3. Y-koordinaatin laskentakaava paneelille (12)

$$Y = \cos(\alpha)c/40+30$$

Y = pisteen paikka pystyakselissa

$\alpha$  = kulma (rad)

c = etäisyys ( $10^{-4}$  m)

40 = suhdeluku

30 = Y-akselin offset-arvo

Pisteiden laskennasta luotiin erillinen logiikkaohjelma, joka päätettiin salassa pidettäväksi. Ohjelmassa käytettiin LAD- ja SCL-kieliä.

Pisteiden lasketut koordinaattitiedot tallentuvat erilliseen datalohkoon (kuva 30), jota voidaan myöhemmin käyttää, kun siirrytään WinCC:llä paneelin konfigurointiin.

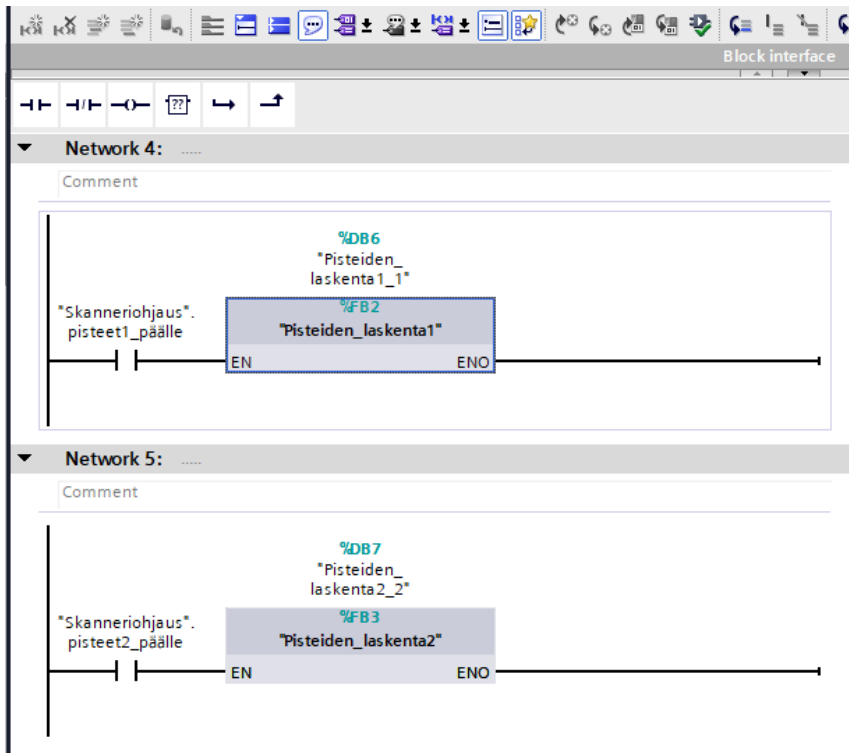
Skanneri_1_Koordinaatit		
	Name	Data type
1	Static	
2	X-koordinaatti	Array[1..841] of Int
3	X-koordinaatti[1]	Int
4	X-koordinaatti[2]	Int
5	X-koordinaatti[3]	Int
6	X-koordinaatti[4]	Int
7	X-koordinaatti[5]	Int
8	X-koordinaatti[6]	Int
9	X-koordinaatti[7]	Int
10	X-koordinaatti[8]	Int
11	X-koordinaatti[9]	Int
12	X-koordinaatti[10]	Int
13	X-koordinaatti[11]	Int
14	X-koordinaatti[12]	Int

KUVA 30. Tallennetut koordinaatit datalohkossa

Molemmat ohjelmat on tehty Function Block -lohkojen sisälle, jotka on siirretty Main-ohjelmaan, jotta logiikka voi käyttää niitä (kuva 31). Laskentalohkoille on

edellä annettu sulkeutuvalla koskettimella ehto, jonka pitää toteutua, jotta ohjelma ajetaan.

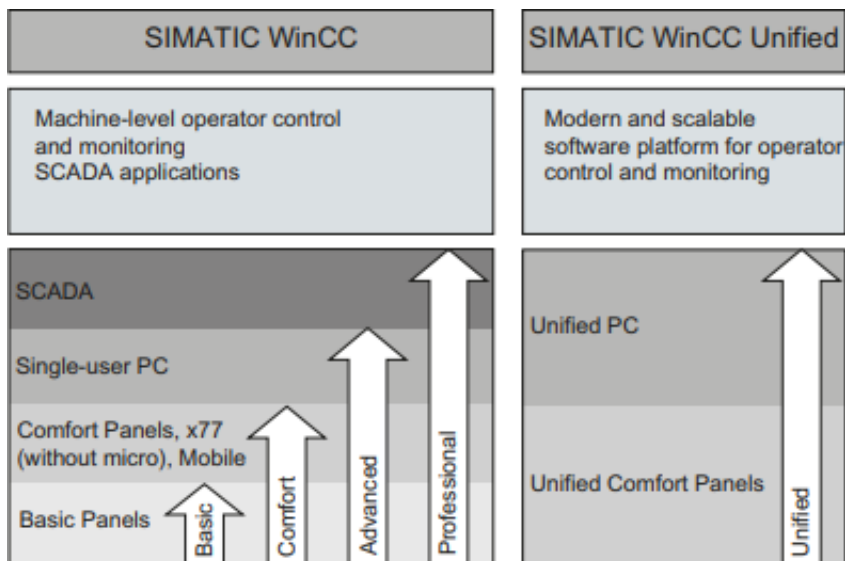
Ehdoilla mahdollistetaan laskentaohjelman ajaminen vain silloin, kun on tarve, jotta säästetään logiikan laskentakuormaa ja kiertoaikaa. Tässä tapauksessa ohjelma ajetaan vain silloin, kun paneelilla on kyseisen skannerin näkymä auki.



Kuva 31. Laskentalohkot ohjelmassa

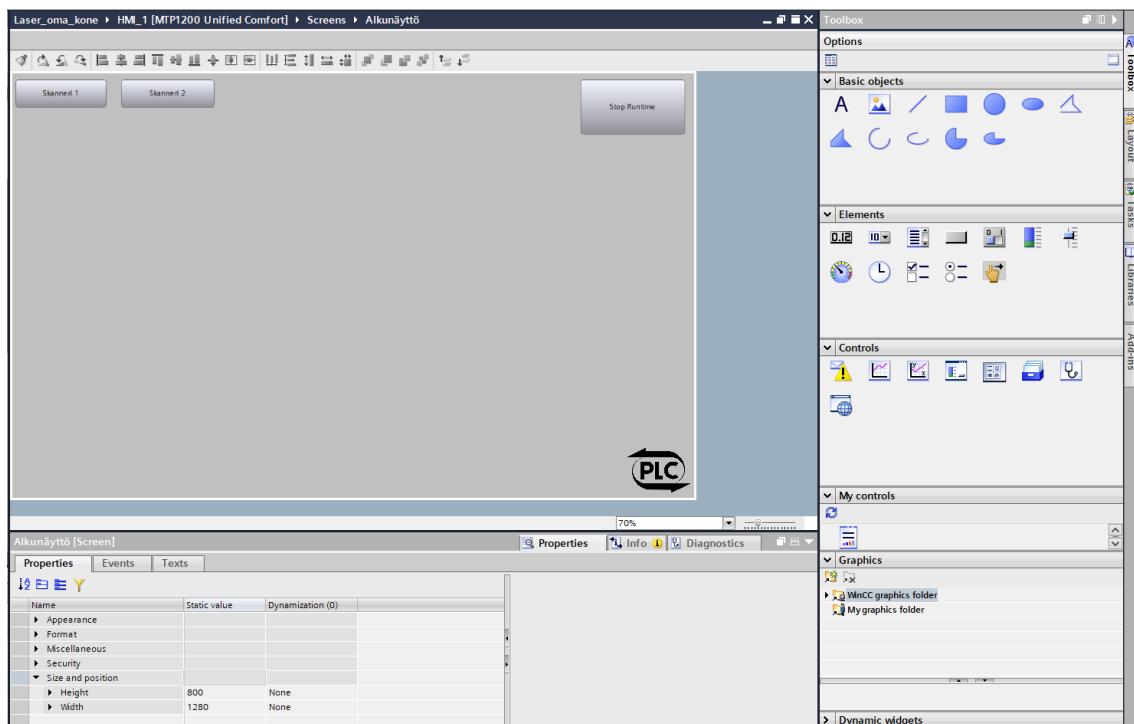
#### 4.4 WinCC

WinCC on SIMATIC-sarjan paneeleille tarkoitettu konfigurointityökalu, jolla luodaan käyttöliittymiä paneeleille. Se on myös osa TIA Portalin ympäristöä, kuten STEP 7. Kuvassa 32 nähdään WinCC:n eri versiot alkaen Basic-versiosta aina Professional- ja Unified-versioihin asti. WinCC Unified on uusin lisäys sarjan valikoimaan. Kyseistä ohjelmaa käytetään tässä projektissa, koska vain Unified-versiolla voidaan konfiguroida Unified-paneeleja. (10, s. 6.)



KUVA 32. WinCC:n eri versiot (10, s. 5)

Kuvassa 33 näkyy WinCC:n aloitusnäyttö, johon on jo luotu muutamia elementtejä, kuten eri skannerinäkömään siirtyminen ja Stop Runtime -painike, joka lopettaa paneelilla ohjelman näyttämisen.



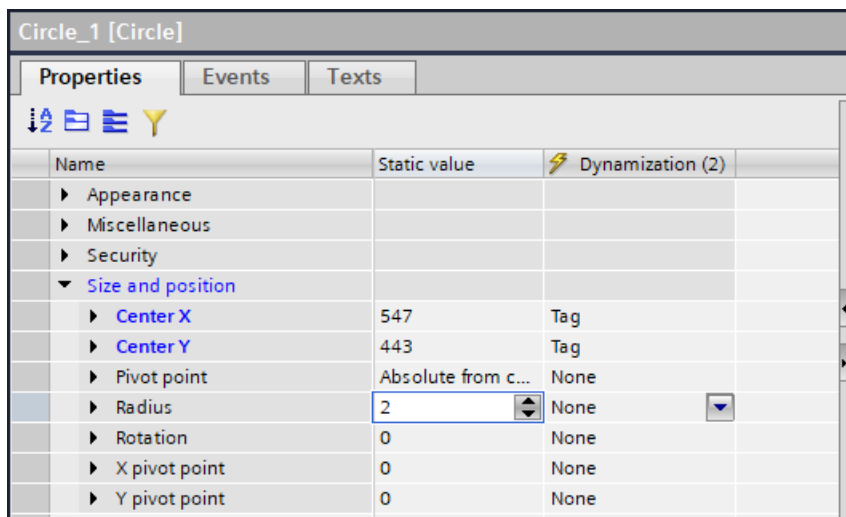
KUVA 33. WinCC:n aloitusnäyttö

Toolbox-välilehdeltä voidaan luoda erilaisia esineitä ja elementtejä, kuten yksinkertaisia viivoja, neliöitä ja ympyröitä tai vaikka kytkimiä, painikkeita ja mittareita.

Kaikille luoduille esineille ja elementeille voidaan osoittaa jotain tietoa, jonka perusteella vaikkapa ympyrän väri tai paikka muuttuu. Yksinkertaisimmillaan esimerkiksi kosketintieto voitaisiin tuoda ympyrälle, jonka väri muuttuisi vihreästä punaiseksi, kun koskettimen asentoa muutetaan. Opinnäytetyön tapauksessa halutaan, että pieni piste liikkuisi XY-koordinaatistossa skannerilta tulevan etäisyystiedon mukaisesti samalla tavalla kuten SOPAS-työkalun pistepilvinäkylässä.

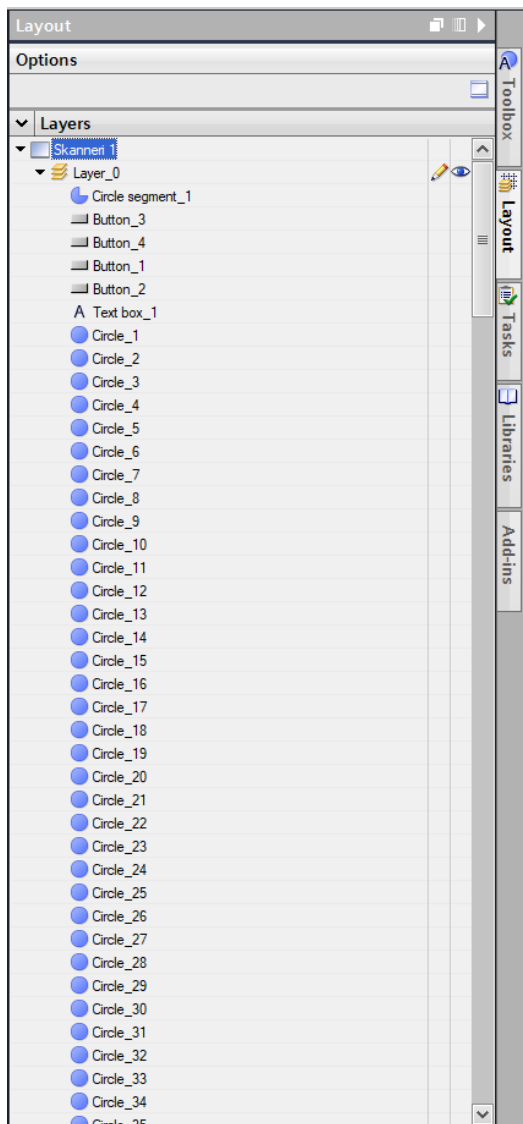
Ideaalitilanne olisi saada paneelin näytölle näkyviin kaikki laserin tuottamat 841 pistettä, mutta ongelmaksi kuitenkin tulee paneelin näyttökohtaiset rajoitukset. Paneelin yhdelle näytölle voi asettaa enintään 800 esinettä ja 600 tag-tietoa (13, s. 176). Jokainen piste tarvitsee sekä X- että Y-koordinaattitiedon eli tag-tiedon. Jos pisteitä olisi 841, se tekisi yhteensä 1682 tagia yhdelle näytölle, joka täten reilusti ylittäisi tagien enimmäismäärän. Kun tämä rajoitus tiedettiin, päädyttiin näytölle luomaan 211 pistettä eli joka neljäs piste.

Pisteen luominen tapahtuu valitsemalla Toolbox-välilehdeltä ympyrän kuvakkeen ja viemällä se näytölle. Pistelle voidaan tämän jälkeen määrittää erilaisia staattisia ja dynaamisia arvoja Properties-välilehdeltä (kuva 34). Suurin osa arvoista voidaan jättää staattisiksi, kuten pisteen väri ja koko, mutta pisteen X- ja Y-sijaintiin tarvitaan dynaamisia arvoja, koska pisteet halutaan liikkumaan laskettujen koordinaattien mukaisesti.



*KUVA 34. Pisteiden arvojen muuttaminen*

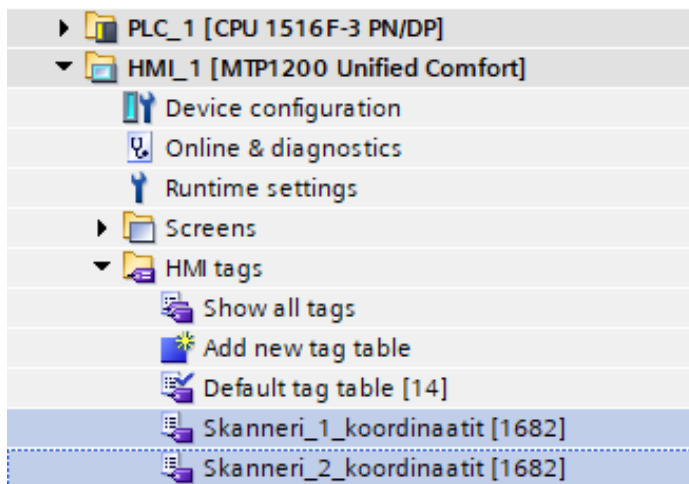
Kun halutut pisteen staattiset arvot on asetettu, kuten koko ja väri, voidaan piste kopioida useaksi samanlaiseksi pisteeksi. Tehdään yhteensä 211 pistettä. Luodut objektit nähdään Layout-välilehdeltä (kuva 35).



*KUVA 35. Luodut pisteet*

Jos jälkikäteen halutaankin muuttaa pisteiden jotain tiettyä arvoa, se voidaan helposti toteuttaa valitsemalla kaikki halutut pisteet ja muuttamalla haluttua arvoa Properties-välilehdeltä. Muutettu arvo tallentuu kaikkiin valittuihin pisteisiin.

Aiemmin lasketut ja tallennetut skannerikohtaiset koordinaattitiedot täytyy tuoda WinCC:n puolelle ennen käyttöä. Tuonti tapahtuu yksinkertaisesti raahaamalla koko datalohko HMI tags -kansion alle (kuva 36.)



KUVA 36. HMI tags

Nyt WinCC:n puolella on käytössä kaikki 1682 skannerikohtaista koordinaattitietoa, joista tässä tapauksessa käytetään vain neljännes.

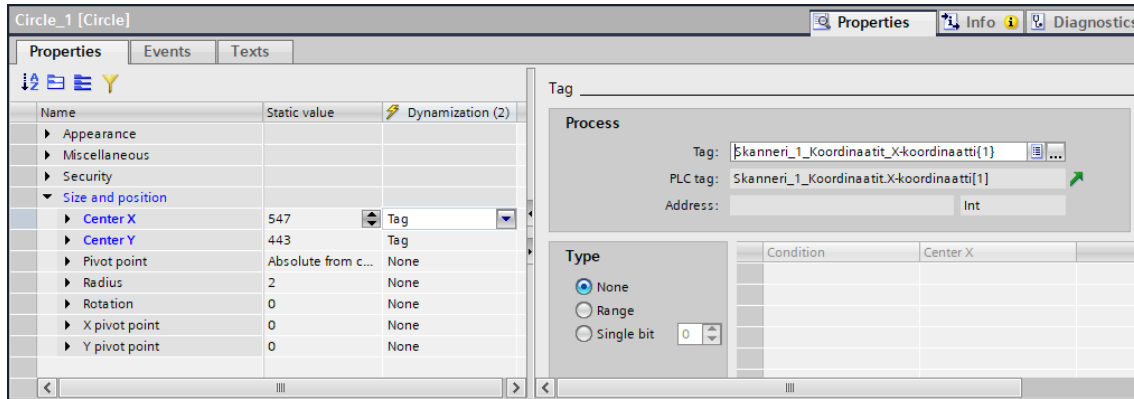
Muutetaan vielä kaikkien koordinaattitagien Acquisition cycle -arvoa eli päivitysaikaa (kuva 37). Oletuksena arvo on 1 sekunti, mutta silloin tagin tieto eli pisteiden paikka päivittyisi vain 1 sekunnin välein, jolloin pistepilven kuva tulisi erittäin viiveellä. Vaihdetaan arvoksi 100 ms, joka on nopein arvo, jota voidaan käyttää.

Laser\_oma\_kone ▶ HMI\_1 [MTP1200 Unified Comfort] ▶ HMI tags ▶ Skanneri\_1\_koordinaatit [1682]

Skanneri_1_koordinaatit				
	Name	Dat...	Access mode	Acquisition cycle
	Skanneri_1_Koordinaatit_X-koordinaatti{1}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{357}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{356}	Int	<symbolic access>	T250ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{355}	Int	<symbolic access>	T500ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{354}	Int	<symbolic access>	T1s
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{353}	Int	<symbolic access>	T2s
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{352}	Int	<symbolic access>	T5s
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{351}	Int	<symbolic access>	T10s
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{350}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{35}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{349}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{358}	Int	<symbolic access>	T100ms
	Skanneri_1_Koordinaatit_Y-koordinaatti{348}	Int	<symbolic access>	T100ms

KUVA 37. Tagien päivitysajan muuttaminen

Jotta pisteet saadaan liikkumaan laskettujen koordinaattien mukaisesti, täytyy niille antaa dynaamiset X- ja Y-arvot käyttäen tag-tietoja, joihin koordinaattiarvot on tallennettu. Kuvan 38 mukaisesti pisteelle annetaan koordinaattikohtainen dynaaminen tag-tieto.

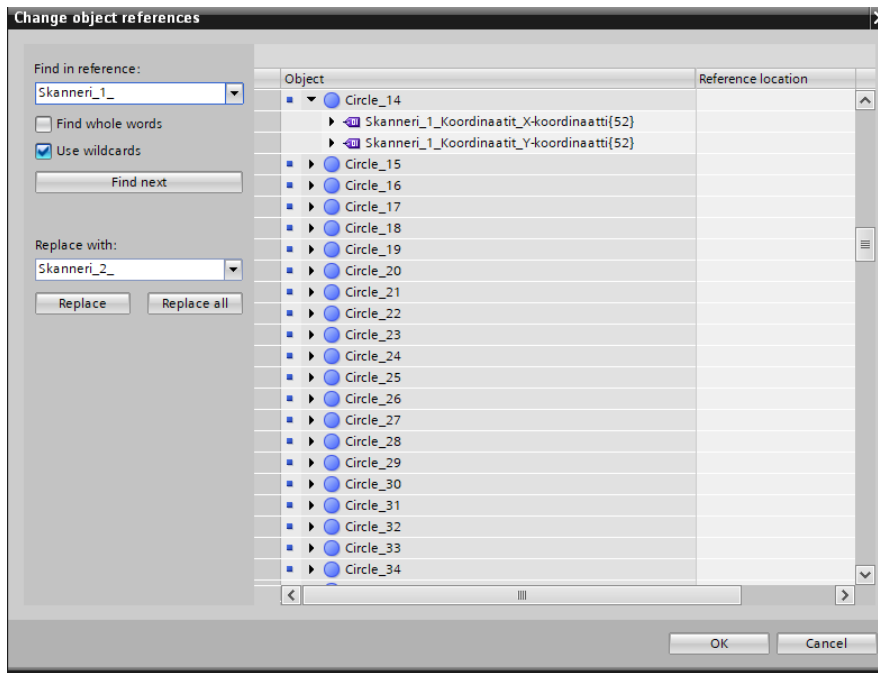


*KUVA 38. Dynaamisen arvon asettaminen.*

Tiedot joudutaan antamaan jokaiselle pisteelle manuaalisesti, mikä on hieman työlästä. Olisi todennäköisesti mahdollista WinCC:n Script-kieltä käyttäen tehdä ohjelma, joka osaisi luoda tarvittavan määrän pisteitä, ja osoittaa niille oikeat tag-tiedot, mutta sen opettelu olisi vienyt tarpeettoman paljon aikaa, koska sen käytöstä ei ole ollenkaan kokemusta.

Kun ensimmäiselle skannerille on saatu pisteet täysin luotua ja oikeat arvot asetettua, pisteet voidaan suoraan kopioida toisen skannerin näytölle. Tag-tiedot joudutaan vaihtamaan vastaamaan toisen skannerin koordinaatteja, mutta tätä ei enää tarvitse manuaalisesti tehdä vaan voidaan käyttää apuna Change object references -ikkunaa, joka saadaan auki oikean hiiren painikkeen valikosta (kuva 39). Vaihdetaan kaikki Skanneri\_1\_ nimitystä käyttävät tag-tiedot käyttämään tietoa Skanneri\_2\_.

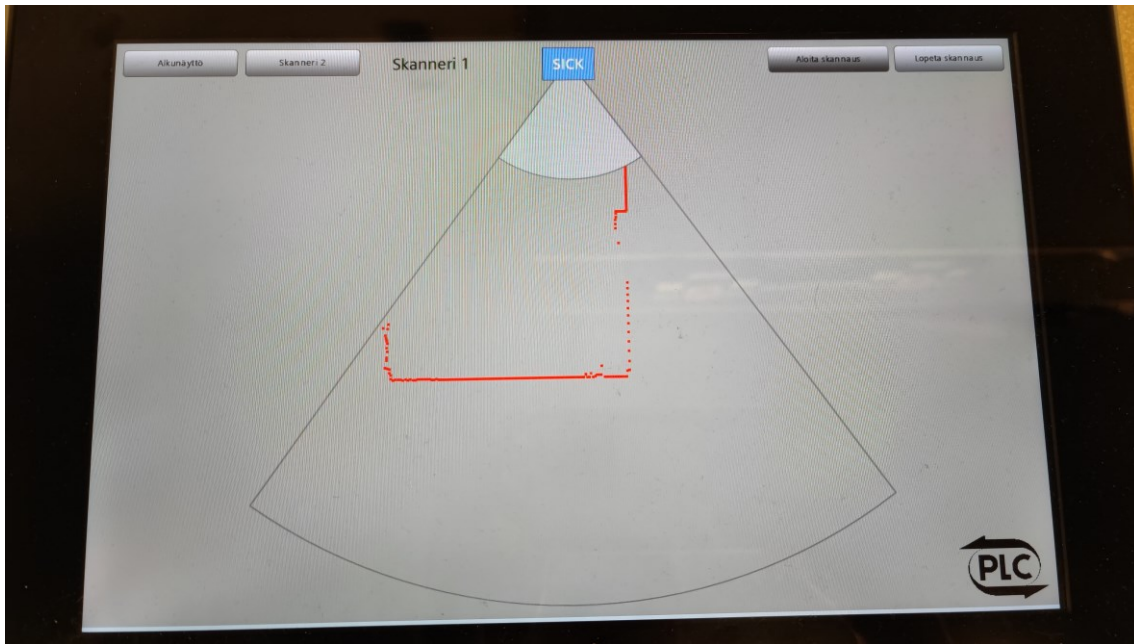




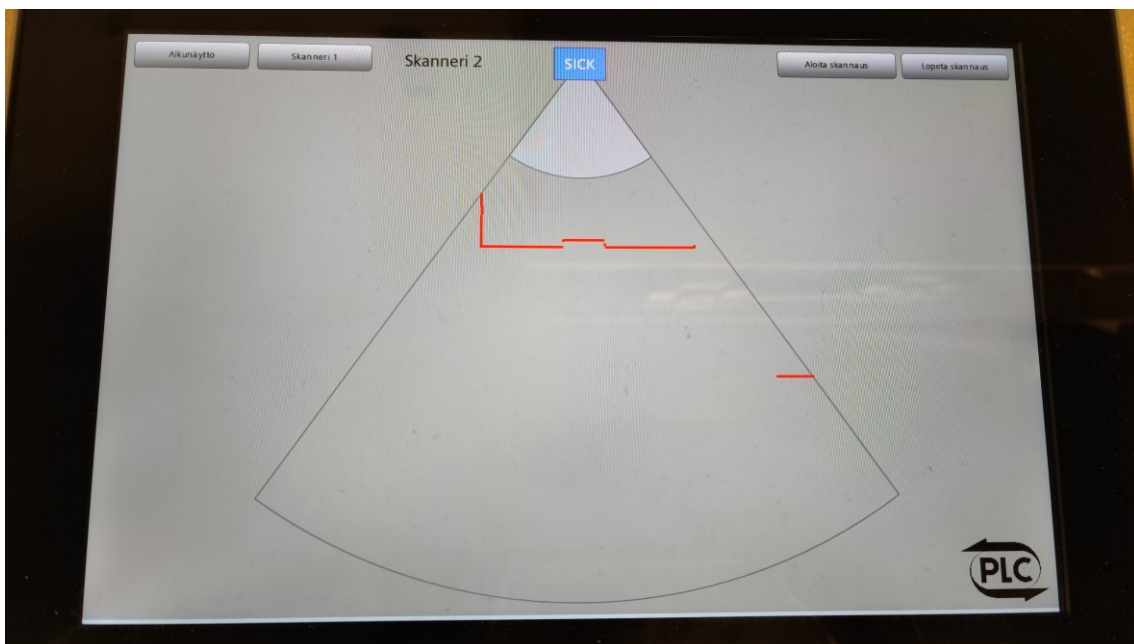
*KUVA 39. Pisteiden tietojen vaihtaminen*

Kun molemmille skannerin näytöille on konfiguroitu pisteet ja niille annettu oikeat tiedot, voidaan ohjelma ladata paneelille ja seurata skannerien toimintaa reaaliajassa. Kuvissa 40 ja 41 näkyvät molempien skannereiden tuottamat pistepilvet.

Jos verrataan paneelin näyttämää kuvaa SOPAS-työkalun näkymään, huomataan, että kuvat näyttävät suurin piirtein samoilta, ainut eroavaisuus käytännössä on pistepilven tarkkuudessa.



*KUVA 40. Skannerin tuottama pistepilvi paneelilla*



*KUVA 41. Skannerin tuottama pistepilvi paneelilla*

## 5 POHDINTA

Työn päätavoitteena oli saada lisättyä reunantunnistuslaitteiston osaksi HMI-paneeli, josta voitaisiin tarkastella ja havainnoida skannerin sen hetkistä toimintaa. Tarkoituksena oli myös saada skannerien parametrien konfigurointi ja reunantunnistusohjelman tiedot paneelin näytölle, mutta työn aikataulusta johtuen se jouduttiin vielä jättämään pois. Konfigurointimahdollisuus tullaan lisäämään järjestelmään myöhemmin.

Työssä oli erittäin mielenkiintoista päästä tutustumaan LiDAR-tekniikalla toimiviin laserskannereihin käytännössä ja huomata, kuinka tarkkoihin mittauksiin niillä voidaan päästä.

Isona haasteena työssä oli saada kiinni siitä ajatuksesta, että millä tavoin ja mitä kaavoja käyttäen voitaisiin saada monta pistettä liikkumaan dynaamisesti paneelin näytöllä, jotta kuvasta tulisi oikean näköinen.

Työssä auttoi jo TIA Portalin perusteiden osaaminen koulun kursseilta, mutta itse WinCC:n käyttämisestä ja paneelin ohjelmoinnista ei ollut lainkaan kokemusta, joten se täytyi opetella perusteista lähtien.

## LÄHTEET

1. SICK 2022. SOPAS Engineering Tool. Hakupäivä 25.1.2022.  
<https://www.sick.com/fi/fi/sopas-engineering-tool/p/p367244>
2. SICK 2021. LMS4000 2D LiDAR sensors. Käyttöohjeet. Hakupäivä 24.1.2022. [https://cdn.sick.com/media/docs/0/90/790/operating\\_instructions\\_lms4000\\_2d\\_lidar\\_sensors\\_en\\_im0079790.pdf](https://cdn.sick.com/media/docs/0/90/790/operating_instructions_lms4000_2d_lidar_sensors_en_im0079790.pdf)
3. SICK 2022. LMS4121R-13000 LMS4000. Tuotetietolehtinen. Hakupäivä 24.1.2022. [https://cdn.sick.com/media/pdf/3/53/053/dataSheet\\_LMS4121R-13000\\_1091393\\_fi.pdf](https://cdn.sick.com/media/pdf/3/53/053/dataSheet_LMS4121R-13000_1091393_fi.pdf)
4. Wikipedia 2022. Lidar. Kuvakaappaus. Hakupäivä 24.1.2022. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>
5. Siemens 2021. 6ES7516-3FN02-0AB0. Hakupäivä 24.1.2022.  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7516-3FN02-0AB0>
6. Siemens 2022. 6AV2128-3MB06-0AX0. Hakupäivä 24.1.2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/1430611?pti=td&dl=en&lc=en-EG>
7. Siemens 2022. Totally Integrated Automation (TIA) Portal. Hakupäivä 24.1.2022. <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/tia-portal.html>
8. Hegamurl 2019. TIA Portal: How to import GSD (General Station Description) Files. Video. Hakupäivä 31.1.2022. [https://www.youtube.com/watch?v=a7Dw50NCD\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=a7Dw50NCD_o)
9. Sarviaho, Ville 2021. Area Sales Manager. SICK Oy. Sähköpostikeskustelu 30.11.2021.

10. Siemens 2021. System overview of STEP 7 and WinCC. Programming and Operating Manual. Hakupäivä 2.2.2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109798671/simatic-step-7-basic-professional-v17-and-simatic-wincc-v17?dti=0&lc=en-AE>
11. Siemens 2021. Programming the PLC. Programming and Operating Manual. Hakupäivä 7.2.2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109798671/simatic-step-7-basic-professional-v17-and-simatic-wincc-v17?dti=0&lc=en-AE>
12. TIM 2022. Kolmioiden geometriaa. Hakupäivä 2.2.2022. <https://tim.jyu.fi/view/tau/toisen-asteen-materiaalit/matematiikka/geometria/kolmioiden-geometriaa#ryiDmQITaPzf>
13. Siemens 2021. SIMATIC HMI. HMI devices. Unified Comfort Panels. Operating Instructions. Hakupäivä 3.2.2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109795870/unified-comfort-panels?dti=0&lc=en-EG>