



# Logiikkaohjelmoitu laskuri OEE-laskentaan

Susanna Parviainen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

PARVIAINEN, SUSANNA  
Logiikkaohjelmoitu laskuri OEE-laskentaan

Opinnäytetyö 37 sivua  
Huhtikuu 2024

---

Tuotantohävikki ja sen hallinta ovat keskeisiä haasteita monille yrityksille nykypäivänä. Häviöt tuotannossa eivät ainoastaan lisää kustannuksia, vaan vaikuttavat myös tuottavuuteen, laatuun ja kilpailukykyyn. Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona sähköurakointia ja teollisuusautomaatiota päätoimialanaan harjoittavalle Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy:lle, jonka asiakkaalla ilmeni tarve automaatoratkaisulle tuotantohävikin seuraamiseksi.

Opinnäytetyönä toteutettu automaatiojärjestelmä toteutettiin ohjelmoitavien logiikoiden ja kohteesta heijastavien laser-antureiden avulla tuotantohävikin seuraamisen mahdollistavaksi työkaluksi. Logiikoihin toteutettiin ohjaus, joka ohjaa tuotantolinjalle sijoitettuja antureita laskemaan linjalla kulkevia tuotteita. Laskureiden laskemat arvot tuodaan asiakkaan saataville OPC UA -tiedonsiirtoprotokollan avulla. Asiakas tulee hyödyntämään antureilta saatavaa dataa tuotantolinjan kokonaistehokkuudesta kertovan OEE, Overall Equipment Efficiency -tunnusluvun määrittämisessä.

Opinnäytetyössä esitellään tuotannon kokonaistehokkuuden käsite OEE ja sen määrittäminen, sekä OPC UA -tiedonsiirtoprotokolla. Lisäksi käydään läpi tärkeimmät työn toteutuksen vaiheet eli logiikkaohjelman teko, logiikoiden käyttöön-otto sekä käytetyn laitteiston välisten sähköisten kytkentöjen suunnittelu. Ohjelmoitavina logiikoina käytettiin Siemensin S7-1200 -sarjan logiikoita, jotka ohjelmoitiin Siemensin TIA-Portal -ohjelmointiympäristössä. Tuotantolinjalle sijoitettavat kohteesta heijastavat laser-anturit ovat IFM:n valmistamat.

Projektin toteutus oli onnistunut. Logiikkaohjelma toteutettiin hyvien ohjelmointitapojen mukaisesti selkeäksi kokonaisuudeksi, joka on asiakkaan toiveen mukaisesti helposti muokattavissa tulevaisuudessa mahdollisesti muuttuvien tarpeiden myötä. Tulosten käsittelyssä ei salassapitosyistä oteta kantaa, onko automaatiojärjestelmä ollut hyödyksi halutulla tavalla, mutta logiikoille suoritetuin simuloinnin varmistuttiin kuitenkin siitä, että ohjelma on toimiva ja täyttää sille asetetut vaatimukset.

---

Asiasanat: automaatiotekniikka, insinööri, ohjelmoitava logiikka, ohjelmointi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering  
Automation Engineering

PARVIAINEN, SUSANNA:  
Logic Programmed Counter for OEE Calculation

Bachelor's thesis 37 pages  
April 2024

---

This thesis was commissioned by Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy, a company specializing in electrical contracting and industrial automation, whose client had a need for an automation solution to monitor production waste.

The topic of this thesis was to implement an automation system to monitor production waste. The automation system consists of programmable logic controllers and laser sensors. Control was programmed into the logic, directing sensors located on the production line to act as counters that count the products passing through the production line. These calculated values are made available for the client via the OPC UA data transfer protocol. The client will utilize the data obtained from the sensors to determine the Overall Equipment Efficiency (OEE), indicating the overall efficiency of the production line.

In this thesis, the concept of overall equipment efficiency and its determination, as well as the OPC UA data transfer protocol are presented. Following this, the main phases of the project are reviewed, including the creation of the logic program, the commissioning of the controller and the design of the wirings between the used hardware. Siemens S7-1200 series logic controllers were used as programmable logic controllers, programmed using Siemens' TIA Portal programming tool. The laser sensors placed on the production line are manufactured by IFM.

The project was successful. The logic program was implemented according to good programming practices as a clear entity that can be easily modified according to the client's wishes, possibly to accommodate future changing needs. Due to confidentiality reasons, no statement is made regarding whether the automation system has been beneficial as desired, but the simulations performed for the program nevertheless ensured that the program is functional and meets the set requirements.

---

Key words: automation, engineer, programmable logic, programming

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TOIMEKSIANTAJA .....	7
3	KOKONAISTEHOKKUUDEN TUNNUSLUKU - OEE.....	8
	3.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito - TPM.....	8
	3.2 Mihin OEE:ta käytetään? .....	9
	3.2.1 OEE-kertoimien määrittäminen.....	10
	3.2.2 OEE-tunnusluvun laskenta .....	11
4	OPEN PLATFORM COMMUNICATIONS - OPC .....	14
	4.1 Mikä on OPC?.....	14
	4.2 OPC Foundation .....	15
	4.3 OPC Classic.....	15
	4.3.1 OPC Data Access.....	16
	4.3.2 OPC Alarms and Events.....	17
	4.3.3 OPC Historical Data Access .....	18
	4.4 OPC Unified Architecture – OPC UA .....	18
5	TOIMINTAKUVAUS .....	20
6	LAITTEET .....	21
	6.1 Siemens Simatic S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relay.....	21
7	OHJELMOINTI.....	24
	7.1 Logiikkaohjelma .....	24
	7.2 OPC UA -palvelimen käyttöönotto.....	28
8	SÄHKÖSUUNNITTELU .....	32
9	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET.....	36

**LYHENTEET JA TERMIT**

AC	Alternative Current
CPU	Central Processing Unit
COM	Component Object Model
DC	Direct Current
DCOM	Distributed Object Model
DCS	Distributed Control System
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
mA	Milliampeeri
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Open Platform Communications
OPC UA	OPC Unified Architecture
PNP	Positive-Negative-Positive (transistor)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SOAP	Simple Object Access Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
V	Voltti

## 1 JOHDANTO

Tuotantohävikin hallinta on tärkeää yrityksen menestykselle nykyisillä markkinoilla. Häviöt tuotannossa ovat keskeinen haaste monille yrityksille, sillä ne eivät ainoastaan lisää kustannuksia, vaan vaikuttavat myös tuottavuuteen, laatuun ja kilpailukykyyn. Tämän opinnäytetyön aiheena on toteuttaa ohjelmoitavien logiikoiden ja kohteesta heijastavien laser-antureiden avulla automaatiojärjestelmä, joka liitetään osaksi tuotantolinjaa, tuotantohävikin seuraamisen mahdollistavaksi työkaluksi. Anturit seuraavat linjalla kulkevia tuotteita ja anturin tilatieto tuodaan OPC UA-rajapinnan kautta asiakkaan käyttöön. Saatua dataa tullaan hyödyntämään tuotantolinjan kokonaistehokkuudesta kertovan tunnusluvun, OEE:n, englanniksi Overall Equipment Efficiency laskennassa ja tätä kautta toivottavasti kokonaistehokkuuden ja tuottavuuden parantamisessa. Opinnäytetyön aiheena oleva työ toteutetaan toimeksiantona Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy:lle, joka toimittaa sen työn tilanneelle asiakkaalle.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi tärkeimmät työn toteutuksen vaiheet, eli logiikoiden ohjelmoiminen ja sähköisten kytkentöjen suunnittelu. Logiikkaohjelman toivotaan olevan helposti muokattavissa, mikäli sen käyttöä halutaan tulevaisuudessa, mahdollisesti muuttuvien tarpeiden myötä laajentaa. Työssä käytetään Siemensin S7-1200 -sarjan ohjelmoitavia logiikoita, jotka ohjelmoidaan Siemens TIA-Portal V17-ohjelmointityökalua käyttäen. Sähköisten kytkentöjen osalta selvitetään ja suunnitellaan antureiden kytkentä logiikan digitaalituloihin.

Opinnäytteen aiheena oleva työ toteutetaan avuksi OEE-laskentaan, jota varten kerätään dataa OPC UA-tiedonsiirtoprotokollaa hyödyntäen. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään pääpiirteittäin nämä todella moniulotteiset käsitteet, joka toivottavasti antaa lukijalle paremman ymmärryksen siitä, mitä ollaan tekemässä ja miksi.

## 2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii sähköurakointia ja teollisuusautomaatiota päätoimialanaan harjoittava Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy (LSA). Jo vuodesta 1990 lähtien sähköalan palveluita tuottanut Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy toimii Lohjalla ja sen lähialueilla kiinteistöjen ja teollisuuden kunnossapidossa, saneerauksissa ja uudisasennuksissa. LSA on erikoistunut moottori- sekä ohjauskeskusten suunnitteluun ja kokoonpanoon, joita toimitetaan maailmanlaajuisesti. (Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy 2024)

Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy tarjoaa monipuolisesti eri asiakastarpeisiin sähkö- ja automaatiojärjestelmien kokonaistoimitusta mahdollistaessaan asiakkailleen ”avaimet käteen” -ratkaisuja, yrityksen hoitaessa työt esisuunnittelusta käyttöönottoon ja loppudokumentaatioon asti. Yrityksen tarjoamia palveluita ovat muun muassa sähkö- ja automaatio suunnittelu ja keskusvalmistus. LSA tekee yhteistyötä johtavien laitevalmistajien, kuten Siemensin, ABB:n, Schneider Electricin ja Omronin kanssa. (Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy 2024)

LSA on ollut vuodesta 2023 lähtien osa ruotsalaista, teollisuusautomaatioon keskittyneitä yrityksiä perustavaa ja ostavaa Volito Automation AB:ta, Volito Automationin lunastaessa 100 prosenttia LSA:n osakekannasta. (Suomen yritysmyynti 31.5.2023)

Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy luokitellaan pienyritykseksi sen työllistäessä noin 30 henkilöä. Yrityksen liikevaihto vuonna 2023 oli 5,52 miljoonaa euroa. (Kaupalehti 2024)

### 3 KOKONAISTEHOKKUUDEN TUNNUSLUKU - OEE

Opinnäytetyön aiheena oleva automaatiojärjestelmä toteutettiin työkaluksi häviökin seurantaan ja antamaan dataa tuotannon kokonaistehokkuuden määrittämiseen. Tässä luvussa esitellään erityisesti teollisuudessa laajasti käytössä oleva tuotannon kokonaistehokkuuden tason määrittävä OEE, englanniksi Overall Equipment Efficiency.

OEE on osa kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon (TPM) strategiaa, joten ennen kokonaistehokkuuteen perehtymistä, tulee TPM käsitellä lyhyesti paremman ymmärryksen saavuttamiseksi. Tämän jälkeen käsitellään OEE, mihin sitä käytetään, sekä sen tunnusluvun muodostumiseen vaikuttavat osatekijät ja lopuksi syvennyttään mittausjärjestelmään kuvitteellisen laskentaesimerkin kautta.

#### 3.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito - TPM

Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, TPM, englanniksi Total Productive Maintenance on vuosien 1950–1970 aikana japanissa kehitetty strategia, jossa pyritään kunnossapitotoimin eliminoimaan häviöitä tuotannossa aiheuttavat tekijät ja näin parantamaan tuotannon kokonaistehokkuutta. (Wireman 2004, 5–6)

Laitteiden huollot ja korjaukset mielletään usein organisaation kunnossapito-osaston tehtäväksi, mutta TPM strategia pyrkii osallistamaan koko organisaation, aina ylimmästä johdosta operatiiviseen henkilöstöön asti mukaan kunnossapitotoimiin. TPM strategia korostaa siis yksilön merkitystä ja roolia suuressa kokonaisuudessa. Strategian yksi keskeinen tavoite on kouluttaa henkilöstö ottamaan vastuuta työympäristöstään ja käyttämiensä laitteiden kunnosta ja toimintakyvystä suorittamalla niille rutiinomaisia kunnossapitotoimia. Tämä lisää ymmärrystä laitteiden toiminnasta ja auttaa tunnistamaan mahdolliset, myöhemmin ongelmia aiheuttavat tekijät niiden varhaisessa vaiheessa. (EPA 2023)



Tuotantolinjan kokonaistehokkuuden kannalta parhaaksi mahdolliseksi tulokseksi katsotaan tilanne, jossa tuotantolinja tuottaa keskeytymättä, täydellä nopeudella vain laadukkaita tuotteita. Tällöin ei synny käyttö-, teho- tai laatuhäviöitä. Tällaiseen tilanteeseen TPM-strategiakin pyrkii. (EPA 2023)

### **3.2 Mihin OEE:ta käytetään?**

Kokonaistehokkuuden tunnusluku ja mittaustapa OEE on kansainvälisesti käytetty mittari niin yksittäisten koneiden kuin kokonaisten tehtaiden tuotannon tehokkuuden seurannassa. OEE-tunnusluku mittaa todellisuudessa tuotettujen, laatukriteerit täyttävien tuotteiden suhdetta, teoreettiseen maksimiin, jonka tuotantolinja voisi tuottaa. OEE-menetelmän keskeisenä tavoitteena on parantaa tuotantoa vähentämällä seisokkeja ja vikoja sekä lisäämällä nopeutta. (Lynch 2013, 30) Suomessa OEE:sta käytetään myös termiä KNL, joka muodostuu sanoista Käytettävyys, Nopeus ja Laatu. (Novotek 2024)

OEE toimii tärkeänä työkaluna aiemmin käsitellyssä TPM-kunnossapitostrategiassa, sillä OEE tunnistaa ne hävikkiä aiheuttavat kohteet, jotka kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon mukaan tulisi poistaa. OEE-tunnusluku muodostuu siis kolmesta eri hävikkiä aiheuttavasta osatekijästä, jotka ovat: käytettävyys (K), nopeus (N) ja laatu (L). Nämä osatekijät muodostavat kokonaiskuvan tuotannon tehokkuudesta, sekä sitä alentavista tekijöistä. Kaikki nämä osatekijät ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa, jonka takia haluttaessa parantaa tuotannon kokonaistehokkuutta, tulee kaikkia osatekijöitä parantaa. (Lean Production 2024)

### 3.2.1 OEE-kertoimien määrittäminen

OEE-tunnusluvun muodostavat kertoimet luokitellaan kolmeen eri kategoriaan. Kukin sisältää kaksi eri häviötä aiheuttavaa lähdettä, joiden avulla kerroin määritetään.

Käytettävyystekijä (K) sisältää tuotannon keskeytymisestä aiheutuvat häviöt, eli suunnitellut sekä suunnittelemattomat pysähdykset. Suunnitellut pysähdykset ovat niitä seisokkijaksoja, jolloin tuotanto pysäytetään suunnitellusta syystä, kuten tauoista tai ennakkoon tiedossa olevista huolto- tai laadunvalvontatoimenpiteistä johtuen. Nämä seisokkijaksot sisältyvät tuotantolinjan suunniteltuun käyntiaikaan. Suunnittelemattomat pysähdykset ovat puolestaan niitä seisokkijaksoja, jolloin tuotantolinjan toiminta keskeytyy ennalta arvaamattoman syyn, kuten laitteen rikkoutumisen, raaka-ainepulan tai tuotevaihdon yhteydessä syntyvien asetusajojen takia. Suunnittelemattomat seisokkijaksot sisältyvät tuotantolinjan toteutuneeseen käyntiaikaan. (LineView Solutions 26.2.2024)

OEE-tunnusluvun laskentaa varten käytettävyyserroin määritetään toteutuneen käyntiajan ja suunnitellun käyntiajan osamääränä seuraavasti:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Toteutunut käyntiaika}}{\text{Suunniteltu käyntiaika}} \quad (1)$$

jossa *Toteutunut käyntiaika* on tuotannon suunnittelemattomat seisokkijaksot huomioiva käyntiaika ja *Suunniteltu käyntiaika* on tuotannon ennakkoon suunnitellut pysähdykset sisältävä käyntiaika.

Nopeustekijä (N) sisältää häviöt, jotka saavat tuotannon suorituskyvyn laskemaan maksimaalista tasoa alhaisemmaksi. Suorituskykyä alentavat tuotantolinjan lyhyet pysähdykset, sekä läpimenoajan kasvaminen. Lyhyitä, alle viiden minuutin kestoisia pysähdyksiä syntyy esimerkiksi huonolaatuisen raaka-aineen aiheuttaessa ruuhkautumia kuljettimilla. Läpimenoaika, eli teoreettista maksimialikaa, joka kuluu yhden tuotteen valmistamiseen, kasvattaa muun muassa operaattorin tehottomuus, sekä laitteiden kuluneisuus. (LineView Solutions 26.2.2024)

Nopeuskerrointa (N) määrittäessä toteutunut tuotanto jaetaan nimellistuotantokyvyn ja toteutuneen käyntiajan tulolla seuraavasti:

$$Nopeus = \frac{Toteutunut\ tuotanto}{(Nimellistuotantokky \cdot Toteutunut\ käyntiaika)}, \quad (2)$$

jossa *Toteutunut tuotanto* on linjalla tuotettujen tuotteiden kokonaismäärä ja *Nimellistuotantokky* on teoreettinen maksimi, joka voidaan tietyllä aikavälillä tuottaa.

Laatutekijä (L) mittaa laatuhäviöitä, eli laatukriteereitä täyttämättömän, hylkyyn ajautuvan tuotannon määrää. Hävikiksi luetaan sekä hylätyt että uudelleentyöstöön menevät tuotteet. (LineView Solutions 26.2.2024) Laatukerointa määrittäessä tarkastellaan sekä tuotantolinjan ylös ajon, että vakiintuneen tuotannon aikana hylkyyn menneiden tuotteiden ja linjalla tuotettujen tuotteiden kokonaismäärän suhdetta seuraavasti:

$$Laatu = \frac{Hyväksytty\ tuotanto}{Toteutunut\ tuotanto}, \quad (3)$$

jossa *Hyväksytty tuotanto* on laatukriteerit täyttävien tuotteiden määrä ja *Toteutunut tuotanto* on tuotettujen tuotteiden kokonaismäärä, sisältäen siis myös laatukriteerit täyttämättömät tuotteet.

### 3.2.2 OEE-tunnusluvun laskenta

OEE-tunnusluku lasketaan aiemmin esiteltyjen hävikkiä aiheuttavien osatekijöiden, OEE-kertoimien tulona:

$$OEE = K \cdot N \cdot L, \quad (4)$$

jossa *K* on *Käytettävyysskerroin*, *N* on *Nopeuskerroin* ja *L* on *Laatukerroin*.

Seuraavana on esitetty esimerkki kuvitteellisen tuotantolinjan OEE-tunnusluvun laskemisesta. Laskentaan on käytetty alla olevan taulukon 1 lähtötietoja.

TAULUKKO 1. Lähtötiedot OEE-luvun laskentaan.

	ARVOT
Suunniteltu käyntiaika	8 h = 480 min
Suunnitellut pysähdykset	40 min
Suunnittelemattomat pysähdykset	30 min
Nimellistuotantokyky	60 kpl / min
Toteutunut tuotanto	20 123 kpl
Hylätty tuotanto	455 kpl

Käytettävyyserroin määritetään 1. kaavan mukaan seuraavasti:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Toteutunut käyntiaika}}{\text{Suunniteltu käyntiaika}}$$

$$K = \frac{(480 \text{ min} - 40 \text{ min} - 30 \text{ min})}{480 \text{ min}}$$

$$K = 0,8541$$

Nopeuskertoimen määrittämiseen käytetään 2. kaavaa:

$$\text{Nopeus} = \frac{\text{Toteutunut tuotanto}}{(\text{Nimellistuotantokyky} \cdot \text{Toteutunut käyntiaika})}$$

$$N = \frac{20\,123 \text{ kpl}}{(60 \text{ kpl/min} \cdot 410)}$$

$$N = 0,8180$$

Laatukerroin lasketaan kaavan 3. mukaan. Hyväksytty tuotanto on toteutuneen tuotannon ja hylätyn tuotannon erotus.

$$Laatu = \frac{Hyväksytty\ tuotanto}{Toteutunut\ tuotanto}$$

$$L = \frac{19\ 668\ kpl}{20\ 123\ kpl}$$

$$L = 0,9773$$

Sijoittamalla saadut kertoimet 4. kaavaan, saadaan OEE-luvuksi:

$$OEE = 0,8541 \cdot 0,8180 \cdot 0,9773$$

$$OEE = 0,6827$$

$$OEE = 68,27\ \%$$

Käyttämällä taulukon 1 lähtötietoja, saatiin kuvitteellisen tuotantolinjan OEE-tunnusluvuksi 68,27 %. Tämän esimerkin myötä konkretisoitui OEE-osatekijöiden vaikutus toisiinsa. Käytettävyys, nopeus ja laatu olivat kukin yksinään hyvää, yli kahdeksankymmenen prosentin tasoa, mutta niiden yhteisvaikutus ei saavuta samaa tasoa. Tämän takia, mikäli halutaan parantaa tuotannon kokonaistehokkuutta, tulee kaikkia osatekijöitä parantaa.

Minkään vaikuttaessa heikentävästi OEE-tunnusluvun muodostaviin osatekijöihin, olisi OEE-luku 100 % ja täten niin sanottu täydellinen tuotanto saavutettu. Tällöin tuotantolinja tuottaisi yksinomaan laatukriteerit täyttäviä tuotteita, teoreettisella maksiminopeudella, ilman tuotantokatkoksia. Todellisuudessa tämä skenaario ei kuitenkaan ole saavutettavissa, mutta tosielämässä yli 85 prosentin OEE-luku katsotaan maailmanluokan tulokseksi. Valtaosa nykyajan valmistusprosesseista saavuttaa 65–85 % OEE-tason. (Symestic n.d.)

## 4 OPEN PLATFORM COMMUNICATIONS - OPC

Tässä luvussa käsitellään standardisoitu, OPC Foundation -järjestön ylläpitämä tiedonsiirtoprotokolla OPC UA. Ensin käsitellään OPC käsitteenä ja tutustutaan standardia ylläpitävään OPC Foundation -järjestöön. Tämän jälkeen tutustutaan pääpiirteittäin alkuperäiseen OPC Classic -määrittelyyn ja tästä päivitettyyn, nykyisin käytössä olevaan OPC UA-tiedonsiirtoprotokollaan.

### 4.1 Mikä on OPC?

OPC, englanniksi Open Platform Communications, on alustariippumaton yhteentoimivuusstandardi, joka mahdollistaa saumattoman tiedonsiirron ja datan käsittelyn useiden eri valmistajien laitteiden välillä. Alustariippumattomuus mahdollistaa OPC:n käytön monissa ympäristöissä, mikä on tärkeää teollisuusautomaatiossa, jossa on usein käytössä monia eri laitteita ja käyttöjärjestelmiä (OPC Foundation 2024c).

OPC-standardi koostuu erilaisista määräyksistä, eli tarkoista teknisistä ohjeista ja säännöistä, jotka ovat syntyneet yhteistyönä teollisuuden valmistajien, loppukäyttäjien ja ohjelmistokehittäjien toimesta. Nämä määräykset määrittelevät, miten palvelin ja asiakas (*server/client*) voivat kommunikoida keskenään luodun rajapinnan, eli kommunikointiväylän yli. (OPC Foundation 2024c)

Ensimmäinen, vuonna 1996 julkaistu OPC-standardi (nyk. OPC Classic) rajoittui vahvasti Windows-pohjaisten ohjelmien ja prosessilaitteiden väliseen käyttöön, sillä standardin määrittelyt perustuivat tuolloin Microsoftin kehittämiin DCOM-, COM- ja OLE -teknologioihin. Samana vuonna perustettiin OPC Foundation järjestö, joka aloitti toimenpiteet standardin virallistamiseksi. (OPC Foundation 2024c)

## 4.2 OPC Foundation

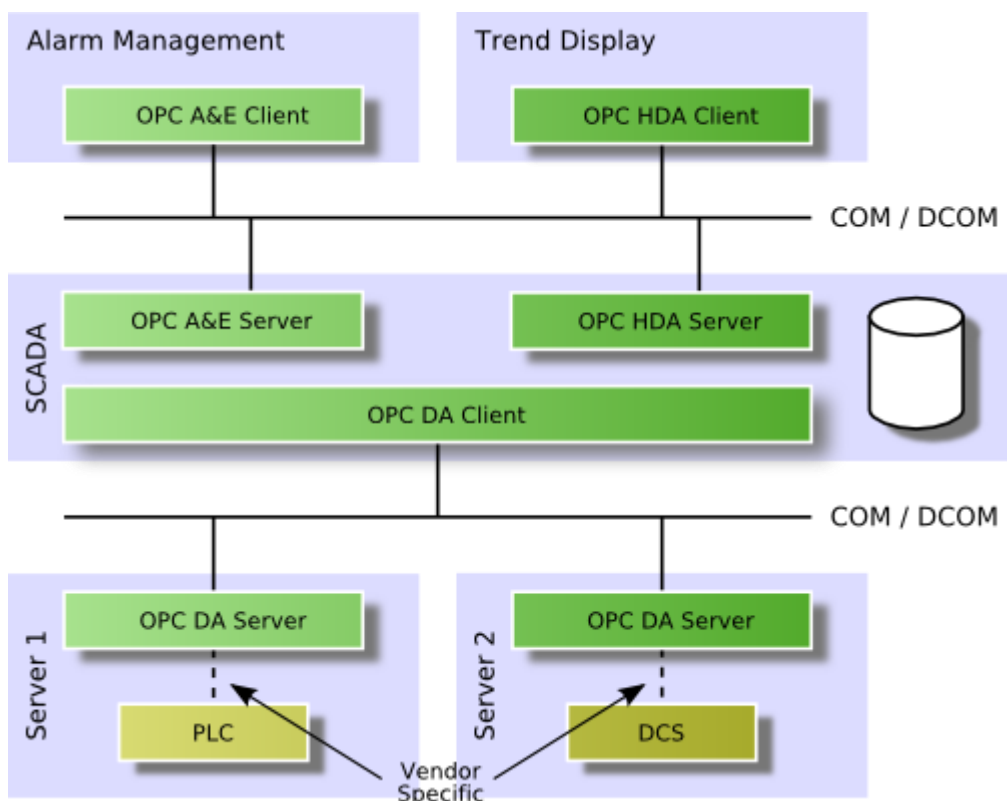
OPC Foundation on vuonna 1996 perustettu, voittoa tavoittelematon järjestö, jonka muodostaa yli 900 automaatioon erikoistunutta yritystä ja tutkimusorganisaatiota, mukaan lukien kaikki johtavat automaatiojärjestelmien ja instrumenttien valmistajat, kuten Siemens, Beckhoff, ABB ja Omron. (OPC Foundation. 2024a) OPC Foundation järjestön tehtävä on laatia ja ylläpitää siihen kuuluvien jäsenien yhteistoimin avoimia määrittelyjä automaatiosovellusten integrointiin ja prosessidatan turvalliseen ja luotettavaan siirtoon. (Suomen Automaatioseura ry n.d.)

## 4.3 OPC Classic

OPC Classic on laajasti teollisuuden automaatiosovelluksissa käytetty avoimen lähdekoodin ohjelmistorajapinta, joka mahdollistaa Windows-pohjaisten ohjelmien kommunikoinnin teollisuuden kenttälaitteiden, kuten ohjelmoitavien logiikoiden ja käyttöliittymien välillä. Teollisuuden sovellusten erilaisiin vaatimuksiin perustuen on kehitetty useita eri OPC-määrittelyjä, joista merkittävimmät ovat OPC Data Access (OPC DA), OPC Alarms & Events (OPC A&E) ja OPC Historical Data Access (OPC HDA). (Unified Automation n.d.)

OPC DA -määrittelyssä kuvataan datan lukeminen ja kirjoittaminen, A&E määrittää rajapinnan tapahtumapohjaiseen dataan pääsulle ja HDA tarjoaa työkalut varastoidun datan käsittelyyn. OPC Data Access on tärkein kaikista OPC-rajapinnoista ja muut rajapinnat on kehitetty oikeastaan vain OPC DA:ta tukeviksi lisäosiksi. (Unified Automation n.d.)

OPC-tiedonsiirron perustuessa asiakas/palvelin -malliin, tiedonvaihto tapahtuu käytännössä seuraavasti (kuva 1): OPC-palvelin (*server*) taltioi prosessidatan suoraan tiedonlähteeltä, kuten kohteesta heijastavalta laser-anturilta ja jakaa tiedon eteenpäin rajapintansa kautta. OPC-asiakas (*client*) ottaa yhteyden palvelimeen ja pääsee käyttämään palvelimen tarjoamaa dataa. (Unified Automation n.d.)



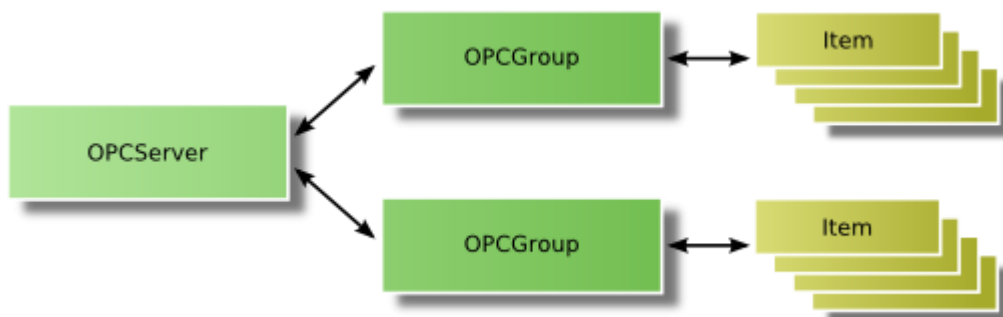
KUVA 1. OPC palvelin/asiakas kommunikointi. (Unified Automation n.d.)

#### 4.3.1 OPC Data Access

OPC Data Access on tärkein kaikista OPC-rajapinnoista. Se mahdollistaa prosessidatan muuttujien lukemisen, kirjoittamisen ja seurannan. Rajapinnan pääasiallinen käyttötarkoitus on siirtää reaaliaikaista dataa ohjelmoitavista logiikoista ja hajautetuista ohjausjärjestelmistä paikallisiin käyttöliittymiin. (Unified Automation n.d.)

OPC DA -käyttötapauksessa asiakas valitsee palvelimelta ne datamuuttujat (*OPC items*), joita haluaa lukea, kirjoittaa ja monitoroida. Asiakas muodostaa yhteyden palvelimelle luomalla OPC-palvelin-olion (*OPC Server Object*). Palvelin-olio on OPC-hierarkian ylimmän tason olio, joka tarjoaa keinot tietolähteen (*item*) paikantamiseen osoiteavaruudesta. Tietolähteitä voivat olla jokin muistialue ohjelmoitavassa logiikassa tai kenttälaitte. Varsinaiseen dataan kiinni pääsemiseksi, asiakas luo palvelin-olion kanssa samoilla asetuksilla olevia OPC-ryhmäolioita (*OPC-Group object*) tietolähteille. Alapuoellahavainnollistava esimerkki (kuva 2) OPC Data Access -rajapinnan toiminnasta. (Unified Automation n.d.)



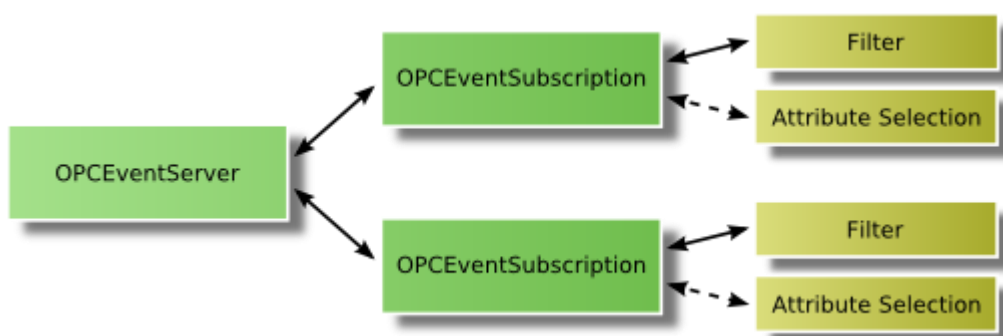


KUVA 2. OPC-asiakkaan luomat oliot OPC-palvelimelta datan saamiseksi. (Unified Automation n.d.)

#### 4.3.2 OPC Alarms and Events

OPC A&E rajapinta mahdollistaa tapahtuma- ja hälytysilmoitusten vastaanottamisen. Tapahtumat (Events) ovat yksittäisiä ilmoituksia, jotka informoivat asiakasta tapahtuman esiintymisestä. Hälytykset (Alarms) puolestaan ovat ilmoituksia, jotka ilmoittavat asiakkaalle prosessin tilan muutoksesta. Ilmoitusluontoinen hälytys voi tulla esimerkiksi säiliön pinnankorkeuden tason ylittäessä tai alittaessa sille asetetut rajat. (Unified Automation n.d.)

Tapahtuma- tai hälytysilmoitusten saamiseksi palvelimelta, OPC A&E asiakas ottaa yhteyden OPC A&E palvelimeen luomalla *OPCEventServer* -olion (kuva 3). Yhteyden muodostamisen jälkeen asiakas luo *OPCEventSubscription* -olion, joka mahdollistaa ilmoitusten vastaanottamisen. (Unified Automation n.d.)



KUVA 3. OPC A&E -asiakkaan luomia olioita ilmoitusten vastaanottamiseksi. (Unified Automation n.d.)

OPC DA -määrittelyn toiminnasta poiketen, OPC A&E määrittelyssä ei ole mahdollista kohdistaa pyyntöä tiettyyn datamuuttuun, vaan palvelin lähettää asiakkaalle kaikki palvelimella olevat ilmoitukset, ellei asiakas rajoita lähetettävien ilmoitusten määrää suodattamalla dataa tapahtumatyyppin tai prioriteetin mukaan. (Unified Automation n.d.)

### 4.3.3 OPC Historical Data Access

OPC Historical Data Access-määrittely tarjoaa pääsyn jo tallennettuun dataan. Historiatietoja voidaan hakea yhtenäisellä tavalla, oli kyseessä sitten yksinkertainen lokiratkaisu tai monimutkainen valvomojärjestelmäarkkitehtuuri. (Unified Automation n.d.)

OPC Data Historical Access-määrittely mahdollistaa historiatietojen lukemisen kolmella eri menetelmällä. Ensimmäinen menetelmä hakee dataa arkistosta, missä asiakas määrittää muuttujat, sekä aikavälin, josta haluaa dataa saada ja palvelin toimittaa tämän tilauksen. Toinen menetelmä lukee yhden tai useamman muuttujan arvoa tietyllä aikavälillä. Kolmas menetelmä summaa yhteen tietyllä aikavälillä saatuja muuttujan arvoja. OPC HDA sisältää edellä mainittujen toimintojen lisäksi myös menetelmät tietojen lisäämiseksi, korvaamiseksi ja poistamiseksi historiatietokannasta. (Unified Automation n.d.)

OPC HDA -määrittelyssä OPC-asiakas ottaa yhteyden HDA-palvelimelle luomalla *OPCHDAServer*-olion. Tämä olio tarjoaa kaikki yllä esitellyt menetelmät historiatietojen hakemiseen. (Unified Automation n.d.)

## 4.4 OPC Unified Architecture – OPC UA

OPC Unified Architecture on paranneltu versio edeltäjästään, OPC Classicista. OPC UA on vuonna 2008 julkaistu, täysin alustariippumaton, palvelukeskeinen arkkitehtuuri, joka yhdistää kaikki yksittäiset OPC Classic -määrittelyt yhdeksi kokonaisuudeksi. OPC UA on osa automaatioalan laitteisto- ja ohjelmistotoimittajien tukemaa kansainvälistä IEC 62541 -standardia. (OPC Foundation. 2024b)

Sidonnaisuus Windows-alustaisiin järjestelmiin ja Microsoftin COM/DCOM -teknologioihin alkoi rajoittamaan OPC Classic -määrittelyn soveltuvuutta jatkuvasti kehittyviin automaatiojärjestelmiin, jonka takia kehitettiin korvaava ratkaisu, OPC UA -määrittely.

OPC UA mahdollistaa tiedonsiirron verkkopohjaisilla tietoliikenne -standardeilla, kuten SOAP ja HTTP, tai TCP-protokollalla, mikä takaa tehokkaan, suojatun ja luotettavan viestinnän sovellusten välillä. Vaihdos Microsoft-teknologiasta uuteen, alustariippumattomaan teknologiaan, laajentaa standardin käyttömahdollisuuksia niin yksittäisissä laitteissa ja ohjaimissa kuin SCADA ja DCS valvonta- ja ohjausjärjestelmissä. (Mahnke, Leitner & Damm 2009, 16)

Tiedonsiirtomenetelmien lisäksi, klassista OPC:ta tehokkaamman OPC UA:sta tekee sen parempi kyky tiedon mallintamiseen. OPC UA yhdistää edeltäjänsä, OPC Classicin määrittelyt yhdeksi kokonaisuudeksi, sisällyttäessä reaaliaikaisen ja jatkuvasti muuttuvan datan, tapahtuma- ja hälytysilmoitukset, sekä historiatiedot yhteen samaan osoiteavaruuteen. (Mahnke, Leitner & Damm 2009, 17)

## 5 TOIMINTAKUVAUS

Asiakkaan toiveena oli saada tuotantolinjalleen automaatiojärjestelmä linjalla syntyvän tuotantohävikin seuraamiseksi. Asiakas käyttää automaatiojärjestelmän keräämää dataa aiemmin, OEE-kertoimien määrittämisestä kertovassa kappaleessa esitellyn laatukertoimen määrittämiseen, jota asiakas tarvitsee suorittaakseen OEE-laskentaa.

Automaatiojärjestelmä toteutetaan kahden ohjelmoitavan logiikan ja tuotantolinjalle sijoitettavien kohteesta heijastavien laser-antureiden avulla. Antureita on yhteensä 12 kappaletta, kummallekin logiikalle kuusi kappaletta. Anturit kytketään ohjelmoitavan logiikan digitaalituloihin ja ne lähettävät tilatietoa 0/1 logiikalle. Anturin lähettämä tilatieto kaiutetaan OPC UA -rajapintaan, mistä asiakas saa datan hyödynnettäväkseen.

Logiikkaohjelma suunnitellaan laskemaan tuotantolinjalla kulkevia tuotteita. Kaikki anturit toimivat itsenäisinä laskureina, joilta ohjelma vastaanottaa tilatiedon 0/1, jonka mukaan logiikkaohjelma tekee lisäyksen laskuriin. Kun anturi ei havaitse tunnistusalueellaan mitään, tilatieto on 0. Kun se havaitsee tuotteen, tilatieto on 1 ja ohjelma lisää laskuriin yhden kappaleen tuotetta. Jokaiselle laskurille ohjelmoitiin myös resetointitoiminto. Kun laskuri saavuttaa ennalta määritetyn takaisinkääntöarvon, laskuri nollaantuu ja laskenta alkaa uudestaan arvosta nolla.

Jotta laskureiden laskemien arvojen siirtoon voidaan käyttää OPC UA -tiedonsiirtoprotokollaa, työssä käytettävät ohjelmoitavat logiikat määritetään OPC UA -palvelimiksi. Asiakas tulee itse määrittämään järjestelmänsä OPC UA -asiakkaan, jonka avulla palvelimien tarjoama data noudetaan.

## 6 LAITTEET

Tässä kappaleessa esitellään työssä käytetyt laitteet, eli Siemensin Simatic S7-1200 -sarjan ohjelmoitava logiikka ja IFM:n valmistama OGH700 -mallin kohteesta heijastava laser-anturi. Ohjelmoitava logiikka on laajasti teollisuuden automaatiojärjestelmien ohjaamiseen käytetty mikroprosessoripohjainen tietokone ja kohteesta heijastavia laser-antureita käytetään tyypillisesti kappaleiden tunnistamiseen ja havaitsemiseen.

### 6.1 Siemens Simatic S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relay

Työssä käytettiin Siemensin Simatic S7-1200 sarjaan kuuluvaa, CPU 1212C AC/DC/Relay -ohjelmoitavaa logiikkaa (kuva 4). Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden mallin nimessä esiintyvät kirjainmerkinnät viittaavat logiikan käyttöjännitteeseen (AC), sisäisten digitaalitulojen käyttöjännitteeseen (DC) ja lähtöjen tyyppiin (Relay). (Berger, H. 2013, 44) Tämän logiikan käyttöjännite on siis 230V AC, tulot toimivat +24V tasajännitteellä ja lähdöt ovat relelähtöjä. Kyseinen logiikka valikoitui tähän työhön, koska se on laskentateholtaan riittävä ja suunniteltu käytettäväksi juurikin pienten ja keskisuurien automaatiojärjestelmien ohjauksessa, joka tämäkin työ on.

Hyvän tähän käyttötarkoitukseen tästä kompaktista logiikasta tekee myös se, että sen keskusyksikkö on varustettu sisäänrakennetuilla digitaalituloilla, eli erillisiä tulo- tai lähtökortteja ei tarvittu. Työssä käytettävät anturit voidaan siis kytkeä suoraan logiikan digitaalituloihin. Lähtökortteja ei tämän työn tapauksessa tarvittaisi muutenkaan, sillä logiikan lähtöihin ei kytketä mitään. Logiikka sisältää myös +24V jännitelähteen, josta työssä käytettävät anturit saavat vaatimansa käyttöjännitteen, eikä täten erillistä virtalähdettä tarvittu. (Siemens 2019, 25)



KUVA 4. Siemens S7-1200 1212C AC/DC/Relay. (Siemens AG 2024)

Tuotantolinjalla kulkevia tuotteita seuraavat kuusi IFM:n valmistamaa OGH700 -mallin kohteesta heijastavaa laser-anturia. Antureiden pääasiallinen tehtävä on mitata prosessin tilasta kertovia suureita, joita voivat olla esimerkiksi pinnankorkeus, lämpötila tai kappaleen läsnäolon havainnointi, niin kuin tässä työssä. Mittausanturit välittävät prosessista mittaamansa tiedon keskusyksikölle, kuten ohjelmoitavalle logiikalle, joko analogisena, 4–20 mA:n virtaviestinä tai digitaalisena 0/1-arvona. (Kunnossapito menestystekijä n.d.)

Tässä työssä käytetyt anturit poikkeavat tyypillisistä optoelektrisistä lähetin-/vastaanotinpari -antureista, niiden sisältäessä samassa kotelossa kaikki kohteesta heijastavalle laser-anturille ominaiset perusanturielementit, eli valolähttimen, vastaanottimen, mittauselektronikan sekä vaihto- ja tasavirtavahvistimen (kuva 5) Erillisiä verkko- ja kytkentälaitteita tai kytkentävahvistimia ei siis tarvita. (Gradia n.d., 10)

Laser-anturin toiminta perustuu moduloituun, eli tietyllä taajuudella lähetettävään pulssimuotoiseen valoon. Anturista lähtevä laser säteilee etulinssin kautta tunnistettavaan kohteeseen ja tämä kohteesta takaisin heijastunut valo kulkeutuu toisen etulinssin kautta vastaanottimeen, jossa se mitataan sähköisesti. Sähköisen mittauksen tulos muuttaa anturin kytkentätilaa (0/1). Kohteen poistuessa anturin laservalon alta, alkuperäinen kytkentätila palautuu. (Gradia n.d., 11).



KUVA 5. IFM OGH700 laser-anturi. (IFM 13.4.2023)

## 7 OHJELMOINTI

Tässä luvussa käydään läpi logiikoiden ohjelmointi, eli logiikkaohjelman teko ja OPC UA -palvelimen käyttöönotto. Asiakkaalle toimitettiin kaksi samanlaista Siemensin S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relay -logiikkaa, jotka ovat toiminnaltaan identtisiä. Ei siis ole tarpeen käydä samoja ohjelmoinnin vaiheita läpi kahdesti, vaan käsitellään vain yhden logiikan ohjelmointi.

### 7.1 Logiikkaohjelma

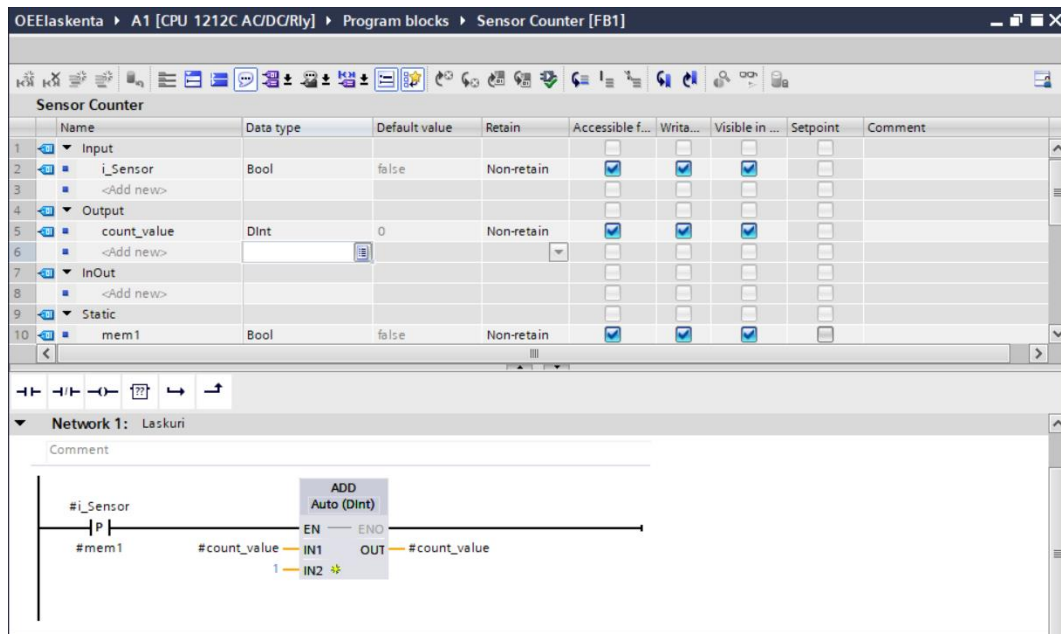
Logiikan ohjelmointi tehtiin Siemensin valmistamille laitteille tarkoitetulla, TIA-Portal V17 -ohjelmointityökalulla. Logiikkaohjelma toteutettiin kahden Function Block ohjelmalohkon avulla. Ensimmäiseen Function blockiin (kuva 6) ohjelmoitiin laskurin toiminta, joka liitetään jokaiseen yksittäiseen laskuriin, eli anturiin. Laskuri toteutettiin positiivisen nousevan reunan -ja ADD-funktion avulla. Positiivisen nousevan reunan funktiota käytetään määritetyn operandin signaalitilan (0/1) muuttumisen havaitsemiseen. Funktio vertaa määritetyn operandin sen hetkistä tilaa operandin aiemman ohjelmakierron tilaan, joka on tallennettu funktion toisena operandina toimivaan muistibittiin. Mikäli funktio havaitsee signaalin tilan muuttuneen, kyseessä on positiivinen nouseva reuna. Nousevan reunan -funktiota käytettäessä, tulee ohjelmalohkon sisäisiin muuttujiin määrittää juuri mainitut operandit. Ohjelmalohkon tulomuuttujaksi määritetty *i\_Sensor* toimii nousevan reunan ensimmäisenä operandina ja muistibitti *mem1* toisena operandina.

Nousevan reunan tapahtuessa, tämä signaalin muutos menee tulotietona ADD-funktiolle. ADD-funktion toiminnallisuutta varten ohjelmalohkon sisäiseen muuttujalistaan lisättiin lähtömuuttujaksi operandi *count\_value*. Kun ADD-funktion ensimmäinen tulo *IN1* menee päälle, funktion toiseen tuloon *IN2* määritetty arvo 1, lisätään laskurin arvoon.

Eli kun tuotantolinjalle sijoitettu anturi havaitsee tuotteen, tapahtuu nouseva reuna ja laskurin arvo lisääntyy yhdellä. Nousevaa reunaa käytetään siksi, että



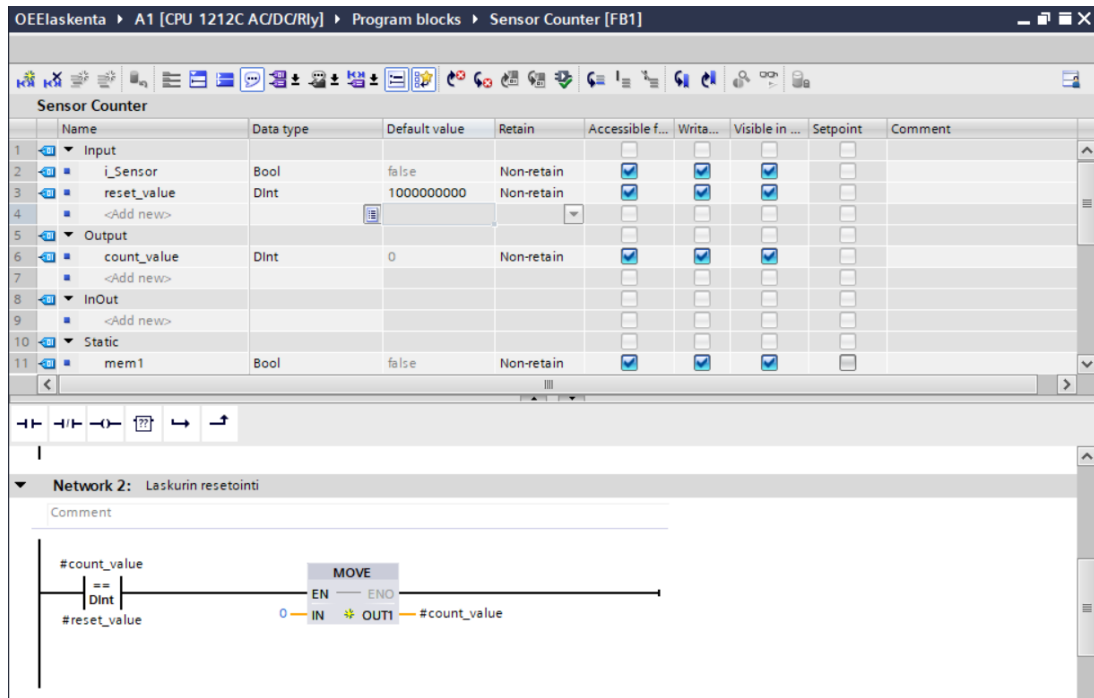
nousevan reunan bitti on päällä vain yhden ohjelmakierron ajan. Näin varmistetaan siitä, että ohjelma tekee vain yhden lisäyksen laskuriin sinä aikana, kun anturin tunnustusalueella on tuote.



KUVA 6. Laskurin toiminta.

Ohjelmaan haluttiin toiminto myös laskurin resetoinnille. Koska muuttujilla on tietty määrä dataa, jota ne voivat säilyttää, ei laskurin arvoa voida kasvattaa loputtomiin. Tämän takia laskurin arvo on käännettävä takaisin nolnaan tietynä hetkenä. Asiakkaan toiveesta laskurin takaisinkääntöarvoksi määritettiin yksi miljardi (1000000000).

Laskurin resetointi toteutettiin vertaa-funktion ja *MOVE*-käskyn avulla (kuva 7). Vertaa -funktio vertaa laskurin arvoa ennalta määritettyyn takaisinkääntöarvoon. Näiden arvojen ollessa yhtä suuret, tässä tapauksessa yksi miljardi, vertailun ehto täyttyy ja funktio palauttaa loogisen operaation arvon 1. Tämä lähtötieto menee tulotietona *MOVE*-käskylle, joka siirtää arvon nolla sen lähtönä olevaan laskurin arvoon (*count\_value*) ja näin resetoi laskurin.



	Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Input								
2	i_Sensor	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	reset_value	DInt	1000000000	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Output								
6	count_value	DInt	0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	InOut								
9	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Static								
11	mem1	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

The screenshot also shows a ladder logic network labeled 'Network 2: Laskurin resetointi'. It features a 'MOVE' instruction. The EN (Enable) input of the MOVE block is connected to a normally open contact labeled '#count\_value == DInt'. The OUT1 output of the MOVE block is connected to a coil labeled '#reset\_value'.

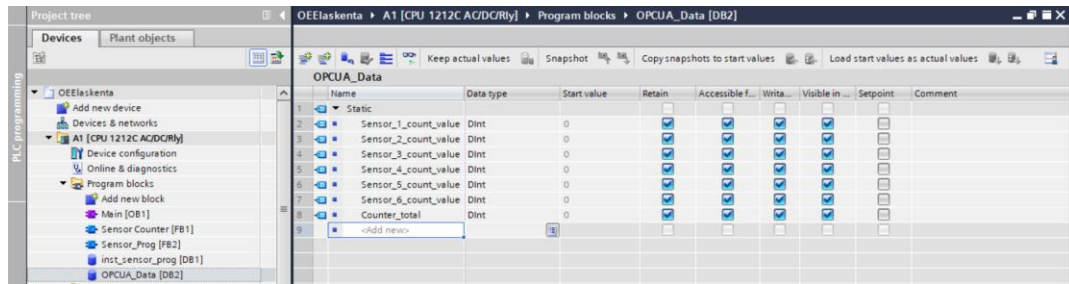
KUVA 7. Laskurin resetointi.

Toiseen Function block ohjelmalohkoon ohjelmoitiin jokainen laskurina toimiva anturi, eli kuusi laskuria. Kukin laskuri ohjelmoitiin omaan lohkoonsa, joissa kutsutaan aiemmin luotua, laskurin laskenta- ja resetointitoiminnot sisältävää FB1-ohjelmalohkoa. Jokaisen laskurin jokaisella ohjelmakierrolla laskemat arvot tallentuvat multi-instanssi datablokkiin (kuva 8).

inst_sensor_prog									
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Input								
2	Output								
3	InOut								
4	Static								
5	Sensor Counter_Instance	Array[0..5] of *Sens...			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Sensor Counter_Instance[0]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Sensor Counter_Instance[1]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Sensor Counter_Instance[2]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Sensor Counter_Instance[3]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Sensor Counter_Instance[4]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Sensor Counter_Instance[5]	*Sensor Counter			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

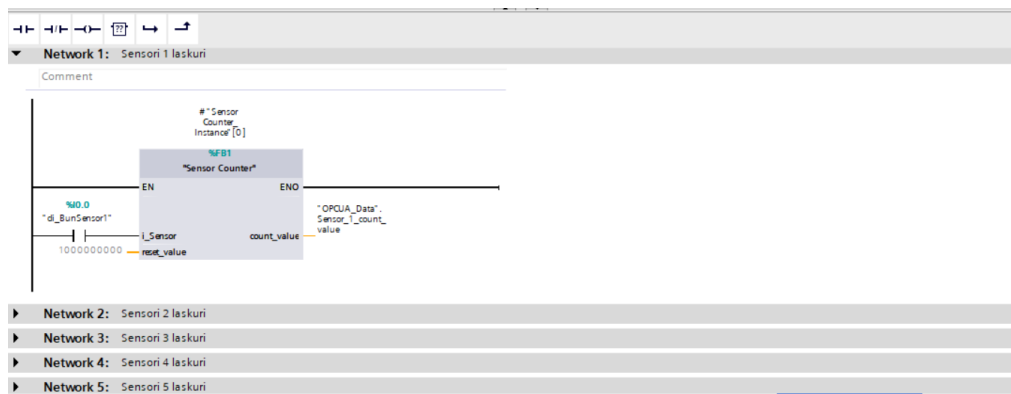
KUVA 8. Laskinkohtaiset muisti-instanssit.

Lisäksi luotiin toinen datablokki (kuva 9) OPC UA -tiedonsiirtoväylän kautta siirrettävälle datalle, eli antureiden laskemille arvoille. Datablokki sisältää muistipaikan jokaisen anturin laskemille arvoille, sekä näiden arvojen summalle.



KUVA 9. Muisti-instanssi OPC UA-tiedonsiirtoväylän kautta siirrettävälle datalle.

Alla esitetty (kuva 10) yksi kuudesta laskurista. Laskurin tulona on tuotantolinjalla sijaitseva anturi. Laskurin lähtö on laskurin arvo, joka tallennetaan OPC UA-datablokkiin. Kaikki laskurit ovat toiminnaltaan samanlaisia, joten ei ole tarpeellista esitellä jokaista laskurin sisältämää lohkoa erikseen.



KUVA 10. Lohkot antureiden laskimille.

Viimeiseen lohkoon ohjelmoitiin OPC UA-rajapinnan kautta siirrettävän datan, eli laskureiden laskemien arvojen summa (kuva 11). Ohjelmointikielenä käytettiin tekstipohjaista SCL-ohjelmointikieltä, koska toteutettu matemaattinen operaatio on yksinkertainen ja SCL mahdollisti sille hyvin selkeän esitysmuodon.

```

Network 7: Total count
Comment
1 "OPCUA_Data".Counter_total := "OPCUA_Data".Sensor_1_count_value + "OPCUA_Data".Sensor_2_count_value +
2 "OPCUA_Data".Sensor_3_count_value + "OPCUA_Data".Sensor_4_count_value +
3 "OPCUA_Data".Sensor_5_count_value + "OPCUA_Data".Sensor_6_count_value;

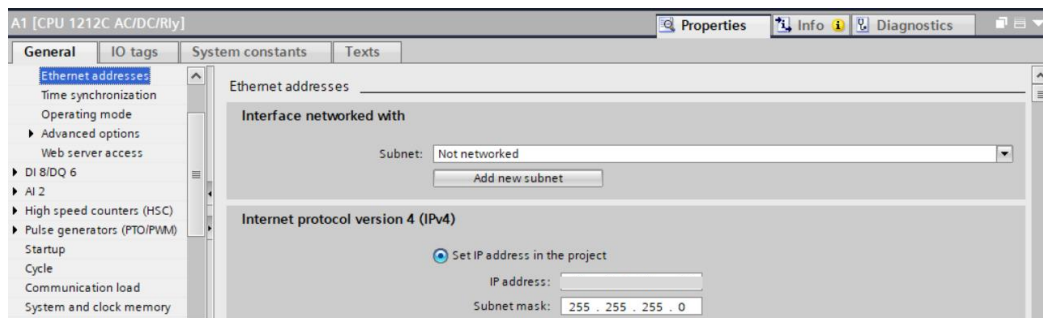
```

KUVA 11. Koodi OPC UA-datan yhteenlaskulle.

## 7.2 OPC UA -palvelimen käyttöönotto

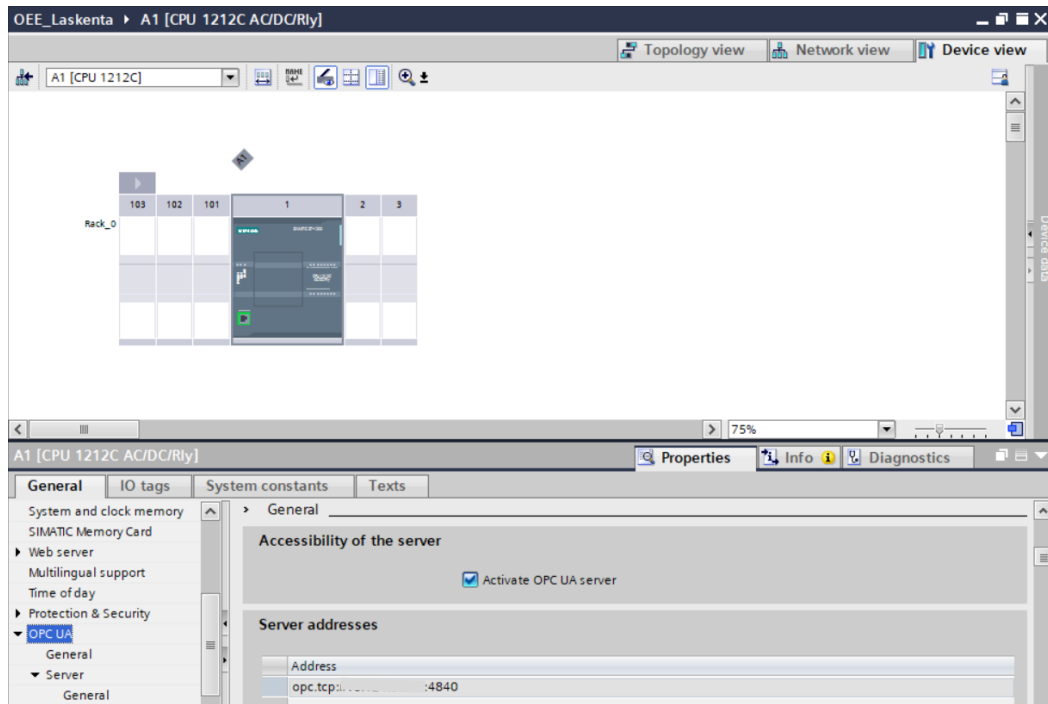
Useimmissa, kuten myös tässä työssä käytetyissä Siemensin ohjelmoitavissa logiikossa on integroituna OPC UA. Jotta asiakas pääsee käsiksi ohjelmoituun logiikkaan tallennettuun dataan, tuli ohjelmoidut logiikat määrittää OPC UA -palvelimiksi. OPC UA -palvelin on OPC UA -palvelin/asiakas-suhteen passiivinen osapuoli. Se hyväksyy, validoi ja suorittaa OPC UA -asiakkaalta saapuvat pyynnöt. Asiakas tulee myöhemmin itse määrittämään oman järjestelmänsä laitteen OPC UA -asiakkaaksi päästäkseen noutamaan dataa OPC UA -palvelimelta.

Käyttöönotossa lähdettiin liikkeelle määrittämällä ohjelmoitavalle logiikalle sen identiteetti, eli IP-osoite. Logiikan IP-osoitteeksi määritettiin työn tilaajan ilmoittama osoite (kuva 12). Kuvassa IP-osoite on peitetty salassapitosystiä.



KUVA 12. IP-osoitteen määrittäminen.

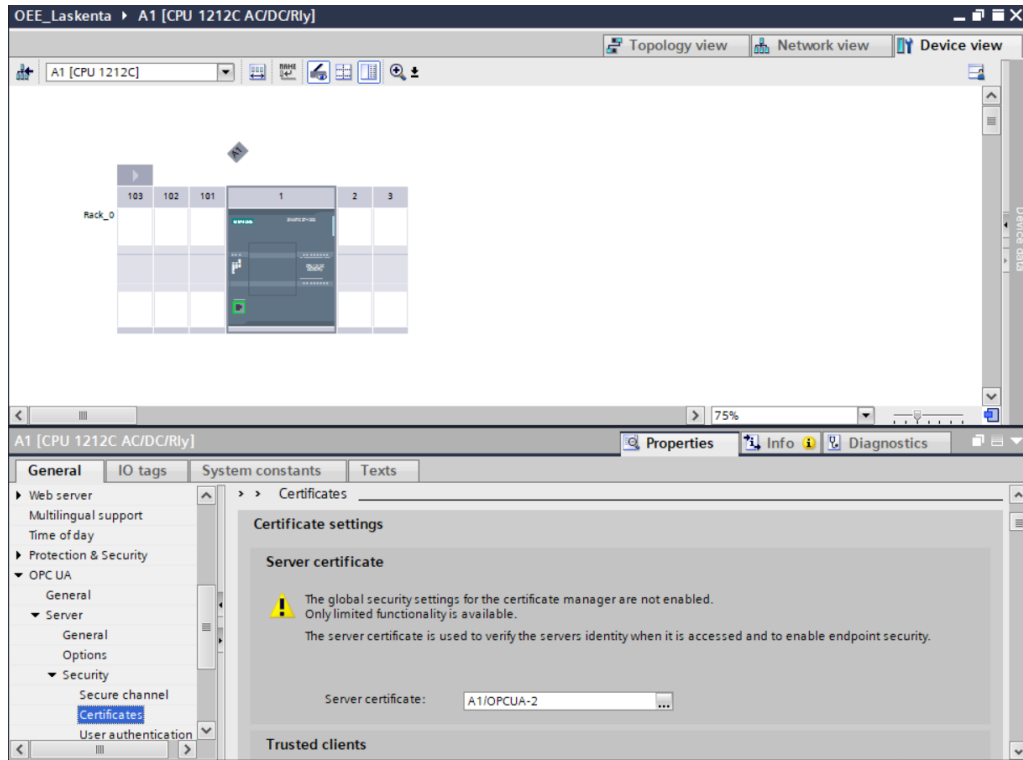
IP-osoitteen määrittämisen jälkeen, aktivoitiin OPC UA-palvelin. Palvelimen aktivoimisessa tulee kiinnittää huomiota palvelimen aktivoimisen sallimisen alapuolella olevaan osoitteeseen (kuva 13), sillä OPC UA -asiakas muodostaa yhteyden OPC UA-palvelimeen tämän osoitteen perusteella. OPC-palvelimen osoite sisältää IP-osoitteen ja porttinumeron.



KUVA 13. OPC UA-palvelimen aktivointi.

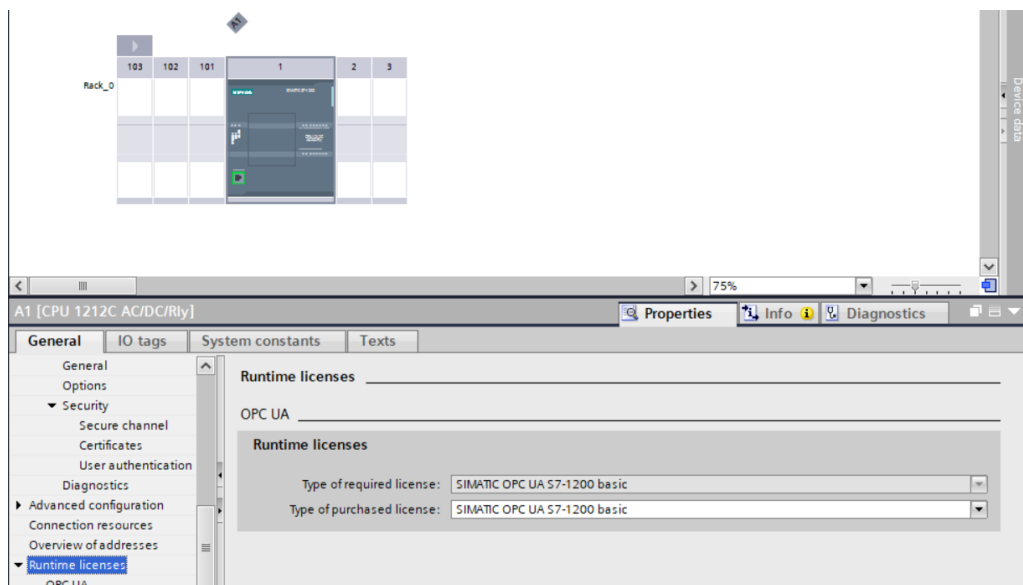
TIA-Portal generoi OPC UA-palvelimen aktivoimisen yhteydessä automaattisesti palvelin sertifiikaatin (kuva 14), eli eräänlaisen digitaalisen varmenteen, jota käytetään varmistamaan turvallinen kommunikointi OPC UA -palvelimen ja -asiakkaan välillä asymmetrisen salaustekniikan avulla. Sertifiikaatti pitää sisällään tiedot sertifiikaatin haltijasta, myöntäjästä ja yksilöllisen avaimen, jota käytetään digitaalisten allekirjoitusten varmentamiseen, jotka on luotu siihen liittyvällä yksityisellä avaimella.

Sertifikaatti on välttämätön OPC UA -palvelimen ja OPC UA -asiakkaan välisen viestinnän salaamisessa. (PTC 3.10.2023)



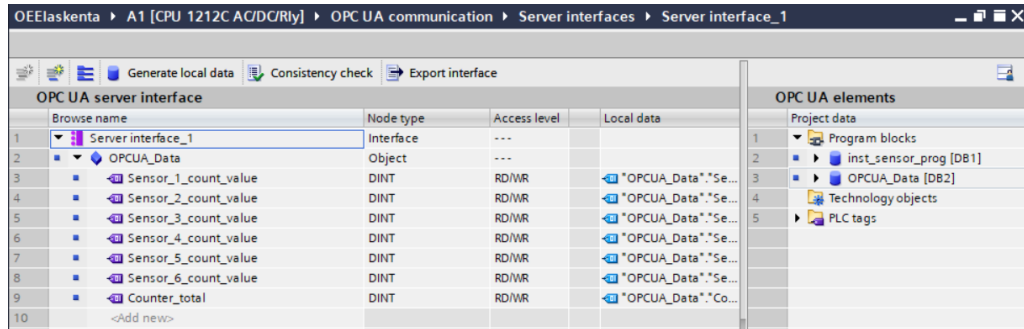
KUVA 14. OPC UA-palvelin sertifikaatin generointi.

Seuraavaksi lisättiin OPC UA -protokollan käytön mahdollistava ajolisenssi (kuva 14). Ajolisenssi oikeuttaa työssä käytetyn ohjelmoitavan logiikan toimimisen OPC UA -palvelimena ja sallii tiedon vaihdon palvelimen ja asiakkaan välillä.



KUVA 15. Ajolisenssien määrittäminen.

OPC UA -palvelimen tarjoamaa dataa, eli laskureiden laskemia arvoja varten luotiin rajapinta, josta tieto on OPC UA -asiakkaan noudettavissa (kuva 16). Rajapintaan tuotiin aiemmin luotu, laskureiden laskemia arvoja muistiin tallentava OPC UA instanssi datablokki.



KUVA 16. OPC UA-palvelin rajapinta.

Näillä konfigurointitoimenpiteillä alustettiin OPC UA -rajapinta käyttövalmiiksi. Työn tilaajan tehtäväksi jää OPC UA -asiakkaan määrittäminen, jonka myötä avautuu pääsy OPC UA -palvelimelle datan noutamiseksi.

## 8 SÄHKÖSUUNNITTELU

Asiakkaalle haluttiin toimitettavan kaksi ohjelmallisesti identtistä ja käyttövalmista Siemensin S7-1200 1212C AC/DC/Relay ohjelmoitavaa logiikkaa, sekä liitäntäkaaviot antureiden ja logiikoiden välisistä johdotuksista. Toinen logiikoista haluttiin asennettavaksi koteloon ja toisen asiakas sijoittaa itse haluamalleen paikalle. Asennustyön suorittaa muu, asiakkaan määräämä taho.

Sähkösuunnittelua lähdettiin tekemään selvittämällä laitevalmistajien manuaaleista suunnittelun kannalta olennaisia asioita, kuten laitteiden käyttöjännitteet ja miten ne tulee kytkeä. Kuten aiemmin laitteet esittelevässä kappaleessa todettiin, logiikka tarvitsi käyttöjännitteeksi 230 V vaihtojännitteen. Anturit puolestaan selvitettiin toimivan 10–36 V tasajännitteellä.

Manuaalista selvisi IFM:n OGH700 anturin ulostulon olevan kytkentätyypiltään PNP, eli sen signaalijohdin kytkeytyy positiiviseen jännitteeseen, tarkoittaen, että esineen tullessa anturin havaintoalueelle, anturin lähtö kytkeytyy +24 voltin jännitteellä. Anturissa on pistokeliitäntä liitäntäkaapelille (kuva 17). 1. nastaan kytetään +24 V jännitteen johdin, 4. nastaan signaalijohdin ja 3. nastaan 0 V jännitteen johdin.

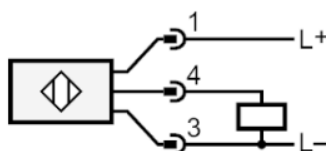
### OGH700

Kohteesta heijastava laser-anturi

OGHLFPKG/US100



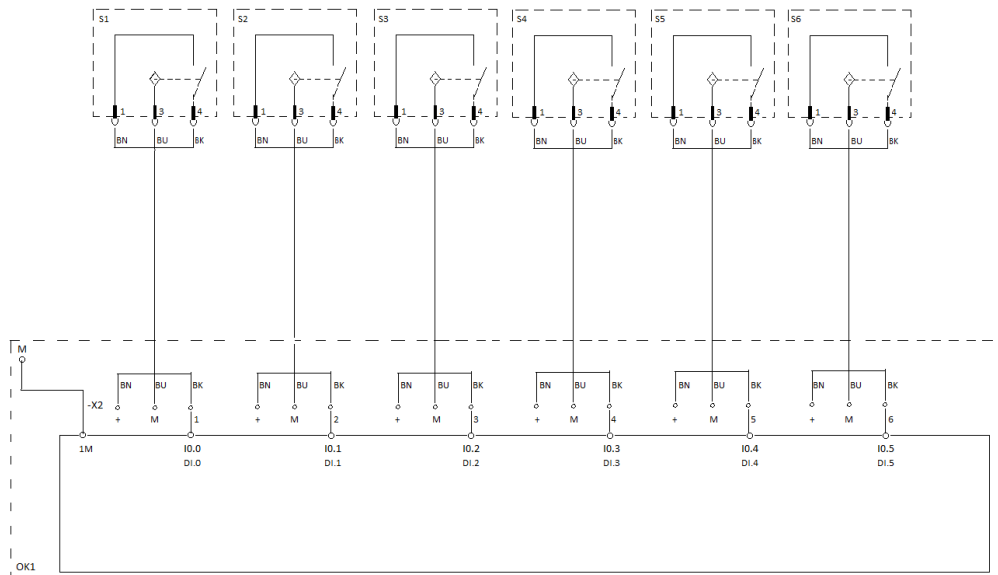
Liitäntä



KUVA 17. IFM OGH700 anturin ulostulon liitäntä. (IFM 2024)



Työssä käytettävän ohjelmoitavan logiikan sisältäessä 24 voltin jännitelähteen, voitiin suunnitella antureiden käyttöjännite otettavaksi suoraan logiikalta, eikä täten erillistä virtalähdettä tarvittu. Alla esitetty kytkentäkaavio (kuva 18) antureiden kytkemisestä ohjelmoitavan logiikan digitaalituloihin.



KUVA 18. Antureiden kytkentä ohjelmoitavan logiikan digitaalituloihin.

Kyseessä on kolmijohdin anturi, eli se sisältää johtimen +24 V jännitteelle, 0 V jännitteelle, sekä anturilta lähtevälle signaalille. Näitä vastaavat liityntäkaapelin johtimien värit ovat BN (+24V), BU (0V) ja BK (signaali). Anturin signaalijohdin kytkeytyy ohjelmoitavan logiikan digitaalituloon. Positiivisen ja negatiivisen jännitteen johtimet viedään riviliittimille.

Toinen logiikka tuli asentaa koteloon, joten seuraavaksi alkoi ohjauskeskuksen suunnittelu. Logiikan lisäksi keskukseen tulisi riviliittimiä logiikan syöttöjännitteelle ja antureiden liitännälle, sekä yksi johdonsuojakatkaisija suojaamaan logiikkaa oikosululta ja ylikuormitukselta. Tähän tarkoitukseen riitti kooltaan melko pieni kotelo. Komponenttien sijoittaminen keskukseen suunniteltiin yhteistyössä keskuksen koonneen sähköasentajan kanssa.



KUVA 19. Ohjauskeskus.

Yläpuolella valmis keskus (kuva 19). Koteloon asennettiin taustalevy ja siihen asennuskiskot komponenttien kiinnittämiseksi. Ohjelmoitava logiikka ja sitä suojaava johdonsuojakatkaisija sijoitettiin keskuksen yläosaan. Logiikka johdotettiin käyttövalmiiksi kytkemällä sen tulot aiemmin esitetyn kytkentäkaavion mukaisesti. Kytkeytyt johdot vietiin keskuksen alaosassa oleville riviliittimille, joten asiakkaan päässä asennuksen suorittavan tahon tehtäväksi jäi vain syöttöjännitteen tuominen logiikalle ja antureiden kytkeminen riviliitinpakkaan. Keskuksen pohjaan porattiin reiät Ethernet-kaapelin ja riviliittimiin kytkettävien johtojen läpiviemiseksi. Riviliittimien sijainti keskuksen alaosassa, lähellä läpivientejä, helpottaa johtojen niihin kytkemistä ja pitää keskuksen yleisilmeen selkeänä ja siistinä. Koska keskus on materiaaliltaan terästä, tuli sen runko, ovi ja taustalevy maa-doittaa asianmukaisesti.

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää automaatiojärjestelmä, joka mahdollistaa tuotantolinjalla syntyvän hävikin seuraamisen. Automaatiojärjestelmä toteutettiin ohjelmoitavien logiikoiden sekä kohteesta heijastavien laser-antureiden avulla ja tämä liitetään osaksi tuotantolinjaa. Anturit ohjelmoitiin toimimaan laskureina, jotka laskevat linjalla kulkevia tuotteita, ja nämä lasketut arvot tuodaan OPC UA -palvelimena toimivien ohjelmoitavien logiikoiden avulla asiakkaan saataville. Asiakkaan tavoitteena on hyödyntää tätä dataa tuotantolinjan kokonaistehokkuudesta kertovan OEE-tunnusluvun laskennassa ja tätä kautta toivottavasti tuotannon kokonaistehokkuuden parantamisessa.

Projekti onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Logiikkaohjelman toteutus on hyvien ohjelmointitapojen mukaisesti selkeä kokonaisuus, joka on toiveen mukaisesti helposti muokattavissa, tulevaisuudessa mahdollisesti muuttuvien tarpeiden myötä. Salassapitosyistä ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa, onko toteutettu automaatiojärjestelmä ollut hyödyksi halutulla tavalla, mutta ennen ohjelmoitujen logiikoiden toimittamista asiakkaalle, logiikoiden käyttöönoton yhteydessä, logiikkaohjelmalle suoritetuin simuloinnein varmistuttiin kuitenkin siitä, että ohjelma on toimiva ja täyttää sille asetetut vaatimukset.

Projekti mahdollisti sopivasti jo opittujen taitojen hyödyntämisen, sekä syvensi tietämystä muun muassa ohjelmoitavien logiikoiden käyttömahdollisuuksista. Pääsin haastamaan itseäni ottamalla vastuuta niin ohjelmoinnista kuin sähköisten kytkentöjenkin suunnittelusta, joista jälkimmäisestä minulla ei juurikaan aiempaa kokemusta ollut. Projektin läpivienti oli siis kokonaisuudessaan hyvin opettavainen ja mielenkiintoinen kokemus.

## LÄHTEET

- Berger, H. 2013. Automating with SIMATIC S7-1200. 2. painos. E-kirja. Viitattu 29.3.2024. [https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=GRre5hCku-PEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=siemens+s7-1200+&ots=0WA-vbJkvQs&sig=1bnP7Xn40EYsc72BS7EXBXkezKM&redir\\_esc=y#v=onepage&q=siemens%20s7-1200&f=false](https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=GRre5hCku-PEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=siemens+s7-1200+&ots=0WA-vbJkvQs&sig=1bnP7Xn40EYsc72BS7EXBXkezKM&redir_esc=y#v=onepage&q=siemens%20s7-1200&f=false)
- Gradia. n.d. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Verkkosivu. Viitattu 3.2.2014. <https://blogit.gradia.fi/sahkonet/wp-content/uploads/sites/80/2016/11/anturit.pdf>
- EPA. 2023. Lean Thinking and Methods – TPM. Verkkosivu. Viitattu 21.1.2024. <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-tpm>
- IFM. 13.4.2023. Kohteesta heijastava laser-anturi. Verkkosivu. Viitattu 4.2.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/OGH700?tab=details>
- IFM. 2024. OGH700 datalehti. Pdf-dokumentti. Ladattavissa. Viitattu 4.2.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/OGH700?tab=documents>
- Kauppalehti. 2024. Verkkosivu. Viitattu 19.1.2024. <https://www.kauppalehti.fi/yri-tykset/yrittys/lohjan+sahko+ja+automaatio+oy/22672676>
- Kunnossapito menestystekijä. n.d. Anturin kytkeminen logiikkayksikköön. Verkkosivu. Viitattu 4.2.2024. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a4\\_anturin\\_kytkeminen\\_logiikkayksikkoon.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a4_anturin_kytkeminen_logiikkayksikkoon.html)
- Lean Production. 2024. TPM. Verkkosivu. Viitattu. 23.1.2024 <https://www.lean-production.com/tpm/>
- LineView Solutions. 26.2.2024. OEE-Formulas you need to know. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2024. <https://news.lineview.com/oe-formulas-you-need-to-know>
- Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy. 2024. Verkkosivu. Viitattu 19.1.2024. <https://lsa.fi/yrittys/>
- Lynch, M. 2013. Lean Manufacturing Essentials: Hands-on Help for Small Manufacturers and Smart Technical People. E-kirja. Viitattu 22.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.everand.com/read/236482416/Lean-Manufacturing-Essentials-Hands-on-help-for-small-manufacturers-and-smart-technical-people-No-Nonsense-Manuals-1#>
- Mahnke, W., Leitner, S & Damm, M. 2009. OPC Unified Architecture. Berliini: Springer.
- Novotek. 2024. KNL/OEE. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2024. <https://www.novotek.fi/etusivu/ratkaisut-ja-tuotteet/knl-oe/>

- OEE. n.d. OEE-Factors. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2024.  
<https://www.oeefactors.com/oeefactors/>
- OPC Foundation. 2024a. Members. Verkkosivu. Viitattu 27.1.2024.  
<https://opcfoundation.org/members>
- OPC Foundation. 2024b. Unified Architecture. Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024.  
<https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>
- OPC Foundation. 2024c. What is OPC?. Verkkosivu. Viitattu 29.1.2024.  
<https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- Polycase. 10.9.2021. What Is a Programmable Logic Controller (PLC)?. Verkkosivu. Viitattu 3.2.2024. <https://www.polycase.com/techtalk/electronics-tips/what-is-a-programmable-logic-controller.html>
- PTC. 3.10.2023. OPC UA Certificate Explained. Verkkosivu. Viitattu 14.2.2024.  
<https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/opc-ua-certificate-explained>
- Siemens. 2019. S7-1200-sarjan ohjelmoitava logiikka. Käyttöohje. Viitattu 3.2.2024.  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/129/109764129/att\\_974298/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/129/109764129/att_974298/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf)
- Siemens AG. 2024. Simatic S7-1200, CPU 1212C AC/DC/Relay. Verkkosivu. Viitattu 29.3.2024.  
<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/279623?pdtd=td&dl=en&lc=en-FI>
- Suomen Automaatioseura ry. n.d. OPC-toimikunta. Verkkosivu. Viitattu 27.1.2024. <https://www.automaatioseura.fi/sas/jaostot/opc/>
- Suomen yritysmyynti. 31.05.2023. Ruotsalainen Volito Automation Ab osti Lohjan Sähkö ja Automaatio Oy:n osakekannan. Verkkosivu. Viitattu 19.1.2024.  
<https://www.suomenyritysmyynti.fi/ajankohtaista/ruotsalainen-volito-automation-ab-osti-lohjan-sahko-ja-automaatio-oy-n-osakekannan.php>
- Symestic. n.d. What Characterizes a good OEE Score. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2024. <https://www.symestic.com/en-us/blog/what-characterizes-a-good-oeef-score>
- Unified Automation. n.d. Introduction to OPC Classic. Verkkosivu. Viitattu 29.1.2024.  
<https://documentation.unified-automation.com/uagateway/1.4.5/html/L2ClassicOpc.html>
- Wireman, T. 2004. Total Productive Maintenance. E-kirja. Viitattu 14.3.2024. Saatavilla. [https://books.google.fi/books/about/Total\\_Productive\\_Maintenance.html?id=UfKRG56P1-QC&redir\\_esc=y](https://books.google.fi/books/about/Total_Productive_Maintenance.html?id=UfKRG56P1-QC&redir_esc=y)