



MIIKA HONKALA

# **Konenäön hyödyntäminen tuote- pakkauksen laadunvalvonnassa**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2023

## TIIVISTELMÄ

Honkala, Miika: Konenäön hyödyntäminen tuotepakkauksen laadunvalvonnassa

Opinnäytetyö, AMK

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Kesäkuu 2023

Sivumäärä: 41

Opinnäytetyössä tehtiin nimettömälle asiakkaalle konenäköjärjestelmä, joka toteuttaa tuotepakkauksen laadunvalvontaa. Konenäköjärjestelmä lukee tuotepakkauksen 2D-koodin sekä päivämäärän. Järjestelmä päivittää tuoteajon tilaa SQL-tietokantaan, sekä kerää raportin tuoteajon laadunvalvonnasta SQL-tietokantaan.

Työssä tavoiteltiin yksinkertaista ja siirrettävää laadunvalvontajärjestelmää. Järjestelmää on tarkoitus tulevaisuudessa hyödyntää useammilla tuotelinjoilla.

Tavoitteisiin päästiin pienten mutkien kautta. Opinnäytetyössä saatiin luotua konenäköön perustuva järjestelmä, joka valvoo tuotepakkausta tavoitteiden mukaisesti.

Avainsanat: Konenäkö, SQL-tietokanta, Laadunvalvonta, Automaatio

## Abstract

Honkala, Miika: Utilization of machine vision in product packaging quality control

Bachelor's thesis

Electrical and automation

June 2023

Number of pages: 41

In the thesis, a machine vision system was made for an anonymous customer, which implements quality control of product packaging. The machine vision system reads 2D-code and date of the product packaging. The system updates the status of the production run to the SQL database and collects a report on the quality control of the production run to the SQL database.

The aim of the work was a simple and portable quality control system. The system is intended to be used in more product lines in the future.

The goals were reached through small detours. In the thesis, it was possible to create a system based on machine vision that monitors the product packaging according to the goals.

Keywords: Machine vision, SQL database, Quality control, Automation

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni toimeksiantajaa Insecon Oy:tä tästä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö heillä.

Kiitän myös Omron Electronics Oy:tä tuesta ja yhteistyöstä ongelmatilanteissa.

Erityiskiitos Insecon Oy:n toimitusjohtajalle Mika Nurmiselle sekä opinnäytetyön ohjaajalle Joonas Kortelaiselle.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 LAADUNVALVONTA .....	8
3 KONENÄKÖ.....	10
3.1 Kamera .....	10
3.2 Valaistus.....	11
3.3 Kuvankäsittely .....	12
3.4 Analysointiohjelmisto .....	13
3.5 Prosessinohjausjärjestelmä.....	13
3.6 Käyttöliittymä .....	13
3.7 OCR .....	13
3.8 Datamatriisi .....	14
4 SQL.....	15
4.1 Käyttökäskyt.....	15
4.2 Määrittelykäskyt.....	16
5 PROJEKTIN VAIHEET .....	17
5.1 Suunnitteluvaihe.....	17
5.2 Toteutusvaihe.....	17
5.3 Käyttöönotto .....	18
6 LAITTEET .....	19
6.1 Ohjelmoitava logiikkaohjain.....	19
6.2 Konenäkökamera .....	19
6.3 EtherCAT käyttöliittymä.....	20
6.4 Kytkin.....	21
6.5 Käyttöliittymä .....	21
6.6 Kuvausvalo.....	22
7 LOGIIKKAOHJELMAN TOTEUTUS .....	23
7.1 SQL-tietokannan yhteyden avaus .....	23
7.2 SQL-tietokannan luenta.....	25
7.3 Konenäön luennan ohjelma.....	26
7.4 Tuoteajon päivitys .....	30
7.5 SQL-tietokannan yhteys .....	31
8 KONENÄKÖOHJELMAN TOTEUTUS.....	34
8.1 Kokonaisuus.....	34
8.2 2D-koodi .....	35
8.3 Päivämäärä .....	36

9 YHTEENVETO.....	38
LÄHTEET.....	39

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Insecon Oy, on saanut asiakkaalta pyynnön toteuttaa tuotteen pakkauksen laadunvalvontaa helpottava konenäköratkaisu. Insecon Oy on kumppaniyritys, joka keskittyy teollisuusasiakkaisiin ja tarjoaa sähkö-, instrumentointi- ja automaatioalan elinkaaripalveluita. Palvelut ovat todella monipuolisia ennakkohuolloista kunnossapitoon sekä suunniteluun ja asennuksiin. (Insecon Oy, n.d.)

Asiakas, jolle työ tehdään, haluaa pysyä nimettömänä, mikä hieman rajoittaa opinnäytetyössä näytettäviä materiaaleja. Tavoitteena on luoda konenäköjärjestelmä, joka lukee tuotepakkauksen 2D-koodia, josta saadaan tuotteen tiedot, sekä tiedetään, että ajossa on oikea tuotepakkaus. Kamera lukee myös tuotteen päivämäärän, jolla tarkkaillaan musteprintterin jäljen laatua ja kohdistusta. Jokaisen tuoteajon tilaa muutetaan SQL-tietokannassa ajon eri vaiheissa, sekä SQL-tietokantaan syötetään jokaisen ajon jälkeen ajosta kerätty laadunvalvontaa helpottava raporttisarake. Tuotelinjalle lisätään myös majakavallo, joka ilmoittaa, jos jokin tuote on väärä tai päivämääräprintti on huono. Tavoitteena on rakentaa järjestelmä, jota voidaan hyödyntää useilla tuotelinjoilla ja asiakkaan eri tehtaissa. Järjestelmän avulla säästetään useiden virheellisten tuotteiden läpipääsy linjalla sekä pystytään jälkikäteen tarkastelemaan raporttitaulusta tuotteiden ajosta kertynyttä laadunvalvontayhteenvetoa.

## 2 LAADUNVALVONTA

Laatu on todella vanha käsitteenä. Aristoteles antoi käsitteelle kaksi ominaista piirrettä, kuinka kappale erottuu muista kappaleista, sekä kuinka kappale nähdään hyvänä ja pahana. Tätä laatu on myös nykypäivänä, mitä kohteessa pidetään hyvänä ja sille ominaisena. Laatu nähdään myönteisesti ja käsite ymmärretään yleisesti onnistumisen ja hyvän käsitteenä. Käsite kuitenkin riippuu todella paljon tilanteesta, jossa sitä pohditaan. Erilaiset tilanteet tuovat paljon eriäviä käsityksiä sekä näkökulmia. (Anttila & Jussila, 2016.) Jokainen ihminen arvioi laatua päivittäin niin tietoisesti kuin tiedostamatta. Ihminen luultavasti arvioi laatua esimerkiksi vihanneksen oston yhteydessä sen ulkonäön perusteella. Laadunarviointi on siis mukana meidän elämässämme päivittäin eri asioiden yhteydessä.

Laadunvalvonta on suhteellisen laaja prosessi. Tuotannossa olevien tekijöiden laatua tarkastelee jonkinlainen kokonaisuus. ISO 9000 -standardi käsittelee laadunvalvonnan osaksi laadunhallintaa, joka määräytyy laatuvaatimusten täyttymykseen. Tämä tarkastelumalli standardissa keskittyy kolmeen näkökantaan, jotka käsitellään standardissa ISO 9001. Ensimmäinen näkökanta käsittelee osatekijöitä niin kuin työnhallintaa, tarkennettuja ja ankarasti valvottuja prosesseja, suorituskyky- ja eheyskriteereitä, valvontaa ja tietueiden tunnistamista. Toinen näkökanta keskittyy pätevyyteen, jota tarkastellaan tiedon, kokemuksen, taidon, ja pätevyyden kannalta. Kolmannessa näkökannassa käsitellään ihmisten keskeisiä vuorovaikutteisia elementtejä kuten luottamus, rehellisyys, organisaatiokulttuuri, tiimihenki, motivaatio, henkilöstö ja hyvänlaatuiset suhteet. (Wikipedia, 2023.)

Laadunvalvontaa voidaan harjoittaa tuotantoteollisuudessa joko automaattisesti tai manuaalisesti. Usein manuaalista laadunvalvontaa suorittaa ihminen. Ihminen voi käyttää apunaan mm. jotain mittauslaitetta, jolla voidaan tarkistaa pituuksia tai kappaletta katselemalla voi silmällä tarkistaa epäkohtia muodossa, värissä tai pinnalla. Tämä on kuitenkin todella hidasta ja epäyhtenäistä. Automaattisessa laadunvalvonnassa voidaan käyttää apuna esimerkiksi



konenäköjärjestelmää. Konenäköjärjestelmä on erityisen hyödyllinen siitä, että sillä on erittäin nopea tahti tarkastaa tuotteet eikä konenäkö voi uupua toisin kuin ihminen. (Ruokamo, 2021, S.7.)

### 3 KONENÄKÖ

Konenäkö on teknologia, jota voidaan käyttää arvioimaan, tarkistamaan ja tunnistamaan asioita joko pysäytyskuvista tai videokuvasta. Konenäköjärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden kuvien kaappaamiseen, käsittelyyn sekä analysointiin. Konenäköjärjestelmä koostuu yleisesti digitaalisista kameroista, kuvien käsittelylaitteista ja analysointiohjelmistoista. Kamera ottaa kuvan esimerkiksi esineestä tai vaikka ympäristöstä, minkä jälkeen ne lähetetään tietokoneelle analysoitavaksi. (Techopedia, 2014.) Konenäköjärjestelmä usein sisältää laitteistoa kuten kameras, valaistuksen, kuvankäsittelyn, mittausohjelmiston, prosessinohjausjärjestelmän sekä käyttöliittymän (Kuva 1).



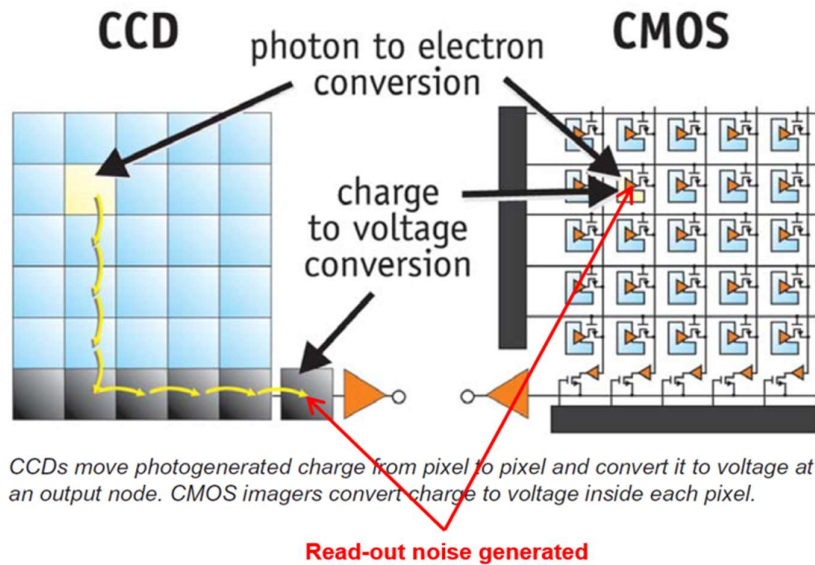
Kuva 1. Esimerkkikuva konenäköjärjestelmästä (Edu, n.d.)

#### 3.1 Kamera

Kamera on ratkaiseva tekijä konenäköjärjestelmän kannalta. Kameroita on monenlaisia eri tarkoituksiin, joten konenäkökameraa valittaessa tulee tietää, minkälaiseen käyttötarkoitukseen se tulee.

Kameroissa on erilaisia kennoja, kuten CCD-kenno ja CMOS-kenno. CCD-kenno on kennotyypeistä yleisin, vaikka CMOS-kenno on nopeampi ja kennoon saa suoraan älyä. (Gatan, n.d.) CCD-kennosta valonsäteiden aiheuttamat varauksenmuutokset luetaan yleensä sarake kerrallaan jännitteinä AD-

muuntimelle toisin kuin CMOS-kennolta, josta varaukset voidaan lukea jännitteiksi kaikista valoilmaisimista kerrallaan (Kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki CCD-kennon ja CMOS-kennon varauksista (Gatan, n.d.)

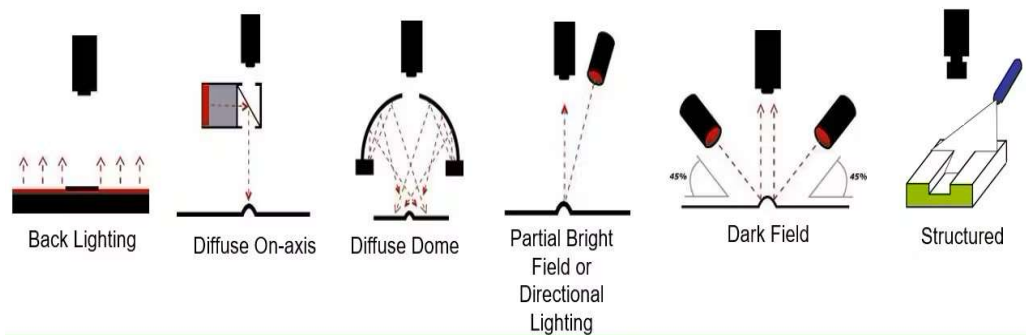
On myös erilaisiin kuvaustapoihin soveltuvia kameroita kuten matriisikamera ja viivakamera. Matriisikameralla kuvattaessa kuvaelementit ovat matriisimuodossa eli päällekkäin ja vierekkäin. Matriisikameralla saadaan kuvasta kaksiulotteinen. Matriisikamera on konenäön käytetyin kuvaustapa. Viivakameran kuvasta tulee taas puolestaan yksiulotteinen, joka tarkoittaa yhtä viivaa. Viivakameran yleisimmät käyttökohteet ovat ohi kulkevien kohteiden kuvaus. Viivakameraa käytetään esimerkiksi paljon paperin valmistuksessa. Kameroita lajitellaan myös niin, että ovatko ne värikameroita vai harmaasävykameroita. Harmaasävykameralla voidaan saavuttaa tarkempi kuva kuin värikameralla. (SAMK automaation tutkimusryhmä, n.d.)

### 3.2 Valaistus

Konenäköjärjestelmän yksi suurimmista tekijöistä on valaistus. Kameralle pitää olla kuvattavalle kohteelle valittu valaistus, jotta kuvasta saadaan tarvittavat tiedot. Valaistuksella saadaan tehtyä erilaisia menettelyjä kuvaa varten kuten varjojen minimointi, heijastuksien eliminointi, reunojen tarkkuuden

lisääminen, taustan ja kohteen erotus, halutun piirteen kontrastin parantaminen sekä haluttujen piirteiden näkyvyyden parantaminen. (Vision-systems, 2019.)

Erilaisia valonlähteitä konenäölle ovat esimerkiksi loisteputket, xenon-valot, laserit, LED valot, infrapunavalaisimet, halogeenit, ultravioletti valot sekä monimetallilamput. Valaisutekniikoita on myös useampia (Kuva 3), joilla voidaan tuoda ilmi erilaisia kappaleiden ominaisuuksia. Sivuvallolla voidaan tutkia pinnan virheitä. Taustavallolla voidaan kuvata esimerkiksi läpinäkyvästä kohteesta jotkin näkyvät kohdat paremmin. Diffuusikupolivalaistuksessa haetaan kuvausvalolta mahdollisimman vähän heijastuksia. Aksiaalisella diffuusivalaistuksella säteenjakajalla kohdistetaan valonsäteet kohtisuoraan kuvattavaan kohteeseen. (Vision-systems, 2019.)



Kuva 3. Erilaisia valaisutekniikoita (Vision-systems, 2019)

### 3.3 Kuvankäsittely

Kameralta saatu kuva menee muistiin, jonka jälkeen kuvankäsittelyllä otetaan kuvasta halutut kohdat ja poistetaan tarpeettomat. Kuvankäsittelyssä poistetun datan suodatuksella saadaan tiedonsiirtoa nopeutettua ja ainoastaan hyödyllinen informaatio jää talteen. (Ruokamo, 2021, s.9–10.)

### 3.4 Analysointiohjelmisto

Analysointiohjelmistolla tehdään konenäköohjelma, joka analysoi kuvan niillä määrittelyillä, mitä ohjelmaan on asetettu. Analysointiohjelmiston ohjelmoinut henkilö tekee ohjelmaan ne toiminnot, joita hyödynnetään saamaan tarvittava tieto kuvasta, jonka kamera lähettää ohjelmistolle (Ruokamo, 2021, s.10).

### 3.5 Prosessinohjausjärjestelmä

Konenäköjärjestelmässä prosessinohjausjärjestelmä saa tietoa mittausohjelmistolta, jota se hyödyntää ohjausjärjestelmän määritettyjen toimintojen avulla (Ruokamo, 2021, s.10). Voidaan esimerkiksi hylätä jokin tuote tai voidaan kerätä raportteja tuotteiden laadusta laadunvalvontaa varten.

### 3.6 Käyttöliittymä

Käyttöliittymä on yksi osa konenäköjärjestelmää. Vaikka se ei aina ole pakollinen osa järjestelmää, se voi auttaa esimerkiksi käyttäjälle kuvattavan tuotteen raportoinnissa, jonka avulla käyttäjä ehtii huomaamaan virheitä tuotteissa. Käyttöliittymän avulla prosessin käyttäjä voi esimerkiksi seurata tai muokata prosessin toimintaa. (Ruokamo, 2021, s.10.)

### 3.7 OCR

OCR (Optical Character Recognition) eli tekstintunnistus on teknologia, millä tunnistetaan koneellisesti luotua tekstiä tai merkkejä. Tekstintunnistusohjelmat pystyvät valikoimaan kameran kuvista tarvittavia tietoja (Adobe, n.d.).

Ensiksi OCR-ohjelmisto analysoi kuvan ja lajittelee esimerkiksi vaaleat alueet taustaksi ja tummat tekstiksi tai merkiksi. Sitten työkalu tasoittaa merkkien tai kuvien reunoja ja poistaa mahdollisia digitaalisia kuvapisteitä sekä korjaa kuvauksen aikana tulleet kohdistusongelmat kallistamalla kuvaa. Viimeisenä työkalu erittelee luetut tekstit tai merkit omiin osiin, jonka jälkeen se tunnistaa ne

vertaamalla niitä kuvioihin, joita työkalulla on tallennettuina. Sitten analysoinnin jälkeen työkalu tuo pihalle valmiin luennan tuloksen, joka voi olla esimerkiksi päivämäärä kuten tässä opinnäytetyössä. (Adobe, n.d.)

### 3.8 Datamatriisi

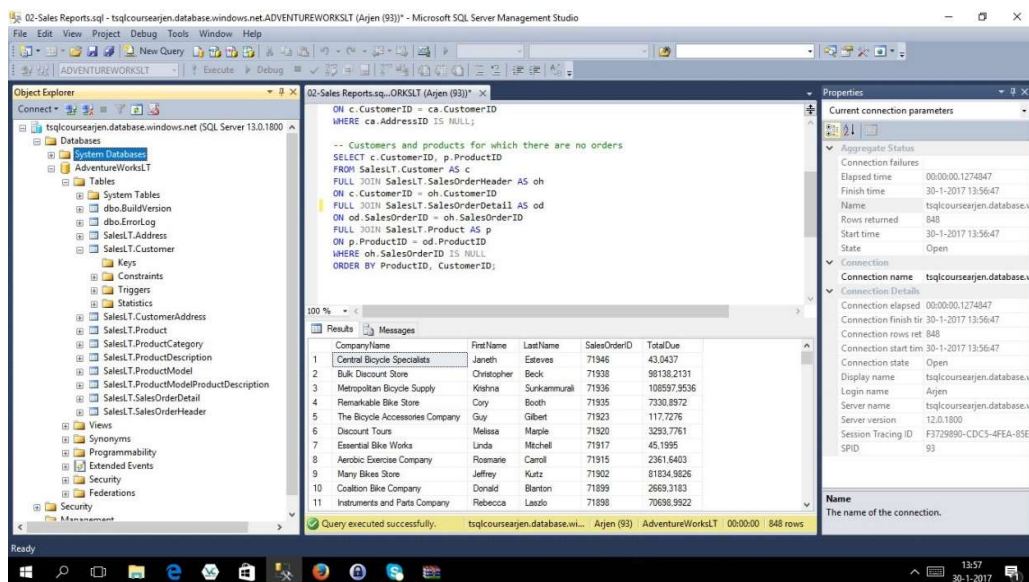
Datamatriisi on kaksiulotteinen matriisisymboli, joka voi olla vaihtelevan kokoinen. Datamatriisi pystyy tukemaan jopa 2335 merkkiä millä vain kielellä. Datamatriiseja on käytetty laajasti teollisuudenaloilla, koska teollisuudessa usein tarvitaan pieniä suurikapasiteettisia tunnistussymboleja. (BarTender, n.d.)

Tässä työssä käytettiin konenäköohjelmassa 2D-koodinlukua. 2D-koodi on datamatriisi, joka tunnistettiin 2D-koodin lukutyökalulla. Työkalu lukee datamatriisin ja tunnistaa sen sisällön. Tässä tilanteessa datamatriisi sisälsi vain neljännumeroisen "String"-muuttujan.

## 4 SQL

SQL eli Structured Query Language on standardoitu kyselykieli, joka on kehitetty teknologiayritys IBM:n eli International Business Machines Corporationin toimesta 1970-luvulla. Kyselykieli kehitettiin tutkimuslaboratoriossa System R-tietokantajärjestelmää varten. Sillä voidaan tehdä vaihtelevia hakuja, lisäyksiä ja muutoksia relaatiokantaan. (Wikipedia, 2022.)

Tietokantoja voi muokata erilaisilla SQL-tietokannan muokkausohjelmistosovelluksilla. Sovelluksista yksi yleisimmistä on Microsoft SQL Server Management Studio (Kuva 4). Työtä tehdessä käytettiin Microsoftin sovellusta testauksessa, jolla selvitettiin, toimivatko komennot logiikkaohjaimelta tietokantaan. Asiakkaalla on myös käytössä tämä sovellus.



Kuva 4. Microsoftin SQL-tietokannan muokkausohjelmistosovellus (Stack overflow, 2017)

### 4.1 Käyttökäskyt

Käyttökäskyjä on kyselykielessä useita. Käyttökäskyistä tärkeimpinä pidetään SELECT, UPDATE, INSERT ja DELETE (ThoughtCo, 2020). SELECT-käsky valitsee sarakkeet kyselyyn, UPDATE-käsky päivittää valitun sarakkeen,

INSERT-käskey syöttää valittuun sarakkeeseen ja DELETE-käskey poistaa valittun sarakkeen.

#### 4.2 Määrittelykäskey

Tiedon määrittelykäskeyistä tärkeimmät ovat CREATE TABLE ja CREATE VIEW, jotka luovat uusina tietokantaobjekteina taulun tai näkymän (ThoughtCo, 2020). Määrittelykäskeyissä on tarkoituksena luoda taulu tai näkymä.



## 5 PROJEKTIN VAIHEET

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Insecon Oy, sai asiakkaalta tilauksen, joka mahdollistaisi konenäöllä toteutetun kokonaisuuden tuotepakkauksen luenasta, jolla voitaisiin suorittaa laadunvalvontaa. Tarkoituksena oli luoda laadunvalvontaa parantava ja helpottava kokonaisuus, joka kirjoittaisi raporttitauluja SQL-tietokantaan sekä muuttaisi tietokannassa olevien ajojen tiloja.

### 5.1 Suunnitteluvaihe

Aluksi suunnitteluvaiheessa pidettiin muutama kokous asiakkaan kanssa projektiin liittyen ja hyvin nopeasti päästiin tulokseen, että asiakkaalla oli valittuna jo laitteet, joilla kokonaisuus toteutettaisiin, sillä heidän tehtaallaan oli jo samanlaisia laitteita ja niitä löytyi valmiiksi varastosta. Työryhmän tehtäväksi jäi käytännössä toteuttaa ohjelmoitavan logiikkaohjaimen- ja konenäkökameran sovellus. Sovittiin, että rakennetaan toimistolle niin sanottu testilaboratorio, jossa pystyy testaamaan kokonaisuuden toimintaa. Testilaboratoriossa oli kohdetta vastaava kokonaisuus ilman kuljetinta, jossa tuotteet liikkuvat linjalla eteenpäin.

### 5.2 Toteutusvaihe

Projektin alussa ensimmäiset hetket olivat laitteisiin tutustumista ja selvitystyötä. Insecon Oy:ssä ei ollut henkilöitä, jotka olisivat aiemmin toteuttaneet Omronin laitteilla konenäkösovellusta, joten tämä oli niin sanotusti ensimmäinen kerta, kun tällaista lähdettiin toteuttamaan.

Ensimmäiseksi piti tehdä toimiva konenäkösovellus kameraan, jotta voitaisiin lukea tuotepakkauksia onnistuneesti ja saada kameralta tulevat tiedot logiikkaohjaimen. Eniten vaikeuksia oli konenäön ja logiikkaohjaimen kommunikoinnin kanssa, sillä konenäöltä tulevia tietoja ei saatu näkymään

logiikkaohjaimessa. Tähän kommunikointiongelmaan saatiin tukea Omronin tuesta, jonka jälkeen saatiin yhteydet toimimaan EtherCAT:in kautta.

Logiikkaohjaimen sovelluksen rakentaminen alkoi, kun oli saatu kamera kommunikoimaan logiikan kanssa. Silloin luotiin yhteys tietokantaan ja tarkistettiin, että luenta, päivitys ja kirjoitus SQL-tietokantaan onnistui. Kun tietokannan yhteydet saatiin toimimaan, ohjelma rakennettiin loppuun ilman ihmeellisempiä ongelmia. SQL-tietokannan lukemisen kanssa ilmeni muutamia ongelmia, jotka saatiin ratkottua Omronin tuen kanssa. Ongelmana olivat lähinnä tietokannan ja logiikassa olevien muuttujien eroavaisuudet, sillä kannassa sekä logiikassa täytyy olla sana sanalta ja kirjain kirjaimelta samat muuttujanimet, jotta komennot voidaan toteuttaa.

Käyttöliittymästä sovittiin asiakkaan kanssa niin, että tehtäisiin niin sanottu koekäytönäyttö, joka sisältäisi luentojen raportit livenä, ”Placenumbers” eli linjaston numeron syöttökentän ja samanlaiset merkkivalot kuin majakassa. Tämän avulla voitaisiin näytöstä tutkia luentaa ja tulevaisuudessa rakennettaisiin käyttöliittymä lopulliseen vaiheeseen, kun asiakas päätyy lopputulokseen siitä, mitä käyttöliittymään haluaa.

### 5.3 Käyttöönotto

Käyttöönotto sujui yllättävän hyvin ilman ihmeellisempiä ongelmia. Tämä johtui osittain siitä, että testilaboratoriossa päästiin testaamaan kokonaisuutta niin hyvin. Ensimmäinen oli hieman säätöä kameran kuvan kanssa. Kameran valotusta jouduttiin säätämään ennen, kun saatiin kamera lukemaan kirkkaasti. Tämä oli oletettavissa, sillä testilaboratoriossa oli erilainen valotus kuin kohteessa. Sitten kommunikoinnin kanssa ilmeni, että SQL-tietokannassa oli yksi muuttuja eri nimellä kuin käytössä olleessa testikannassa. Tämä saatiin kuitenkin korjattua nopeasti ja koekäyttöä voitiin jatkaa. Päivämäärän luennasta oletettiin suurempaa heittoa, kuin todellisuudessa tuli. Tämä oletus johtui siitä, että musteprintterin jälki saattaa olla hieman huonoa joskus. Luenta kuitenkin onnistui paremmin kuin oletettiin. Muuten kokonaisuus toimi hienosti ja moitteetta.

## 6 LAITTEET

Työssä käytetään laitekoonpanoa, johon kuuluu ohjelmoitava logiikkaohjain, konenäkökamera, EtherCAT-käyttöliittymä, kytkin, käyttöliittymä ja konenäkövalaisin. Näillä laitteilla pystytään tekemään konenäköjärjestelmä, joka tarkkailee tuotteen kannen laatua.

### 6.1 Ohjelmoitava logiikkaohjain

Logiikkaohjain, jota työssä käytetään, on Omron NX102-9020 (Kuva 5). Ohjain on modulaarinen CPU, joka omaa tietokantayhteyden, 5 MB ohjelmamuistin, 33.5 MB muuttujamuistin, sisään rakennetun EtherCAT:in ja kaksi Ethernet-porttia (OPC-UA ja Ethernet/IP). (Omron, n.d.)



Kuva 5. Vastaava ohjelmoitava logiikkaohjain (Omron, n.d.)

### 6.2 Konenäkökamera

Työssä käytettävä konenäkökamera on Omron FHV7-C032 (Kuva 6). Kame-  
ralla on todella korkea suorituskyky. Kamera on 3,2-megapikselinen ja

kykenee ottamaan 55 kuvaa sekunnissa. Fotodiodin koko kamerassa on 3,45 µm. IP-luokitus on IP40. Kommunikointiprotokollia ovat Ethernet/IP, Ethernet TCP/IP, PROFINET slave ja Serial RS-232C, sekä kommunikointioptiona EtherCAT slave. Kameralla voidaan tehdä seuraavia toimintoja: koodin tarkistus, koodin lukeminen, laskenta, mittaustarkastus, OCR/OCV, 2D-robotin opastus, liimausaineen tarkastus, vikojen tarkastusta ja läsnäolon/poissaolon tarkastus. (Omron, n.d.)



Kuva 6. Työssä käytettävä konenäkökamera (Omron, n.d.)

### 6.3 EtherCAT käyttöliittymä

Konenäkökameran ja ohjelmoitavan logiikkaohjaimen välistä kommunikointia hoitaa Omron FHV-SDU30 (Kuva 7). EtherCAT käyttöliittymä ohjaa kameraa ja kommunikoi EtherCAT:in avulla logiikkaohjaimen kanssa.



Kuva 7. Työssä käytettävä EtherCAT käyttöliittymä (Omron, n.d.)

## 6.4 Kytkin

Kommunikointia välitetään Omronin Ethernet-kytkimen avulla (Kuva 8). Kytkimessä on viisi RJ45-porttia, jotka toimivat 700 Mbps nopeudella. (Omron, 2015.)



Kuva 8. Työssä käytettävä kytkin (Omron, 2015)

## 6.5 Käyttöliittymä

Käyttöliittymäpaneelina on käytössä Omron NA5-7W001S-V1 (Kuva 9). Paneeli on kosketusnäyttöinen, värillinen HMI. Näyttö on seitsemäntuumainen ja sen IP-luokitus on IP65. Ethernet portteja on kaksi, USB portteja kolme ja yksi RS-232 portti. (Omron, n.d.)



Kuva 9. Työssä käytettävä käyttöliittymä paneeli (Omron, n.d.)

## 6.6 Kuvausvalo

Valaisimena käytetään ADVANCED ILLUMINATION QM116 nelisuuntaista valaisinta (Kuva 10). Valossa on neljä yksittäistä AL116-valaisinta, jotka ovat alustalla, jota voi suunnata. Valaisimet kääntyvät 180 astetta. IP-luokka valaisimessa on IP50 ja IP65. (OEM, n.d.)



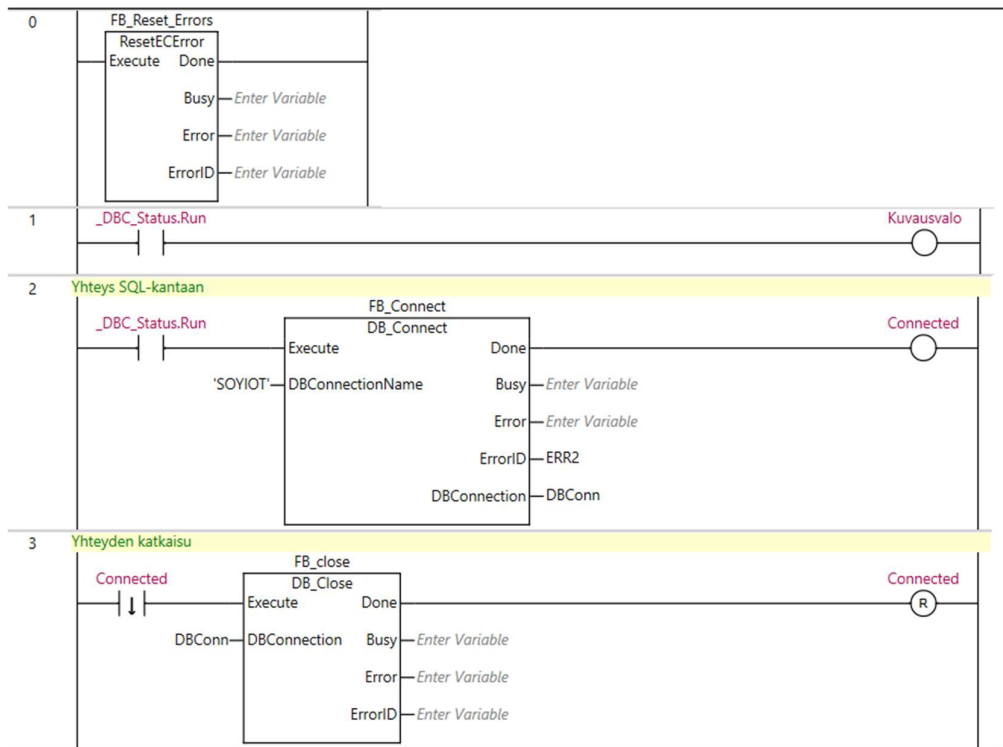
Kuva 10. Työssä käytettävä kuvausvalo (OEM, n.d.)

## 7 LOGIIKKAOHJELMAN TOTEUTUS

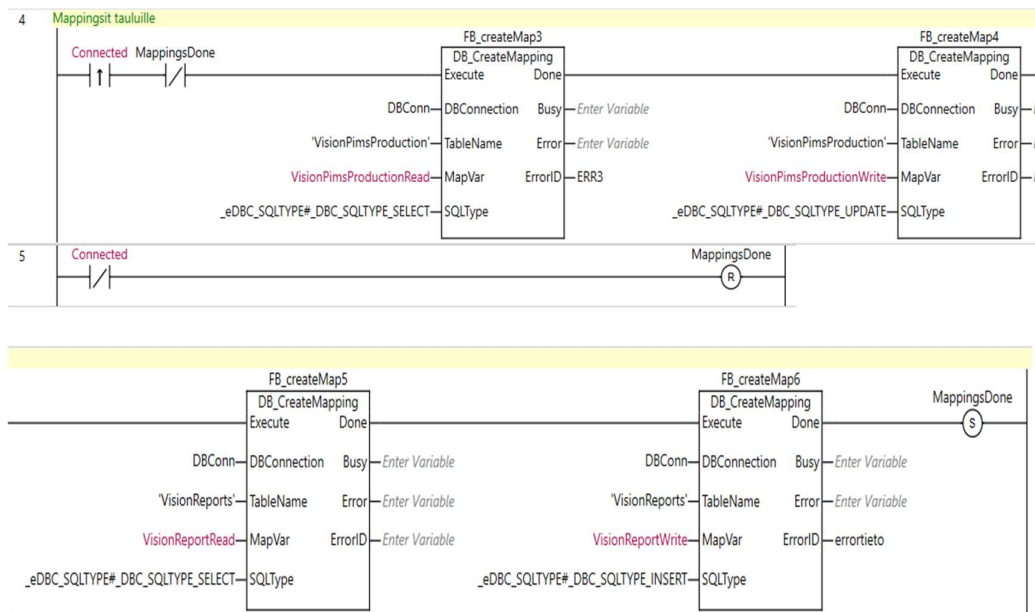
Koska ohjelmitava logiikkaohjain on Omronin, niin ohjelma tehdään ohjelmointiympäristössä nimeltä Sysmac Studio. Sysmac Studio on automaatioympäristö, jossa voidaan yhdestä ohjaimesta ohjata kokonaista tuotantosolua tai konetta. Sysmaciin kuuluu ohjelmointi-, simulointi-, konfigurointi- ja valvontatoiminnot sekä EtherCAT-koneverkko, jonka avulla voidaan ohjata liikettä, kokenäköä, antureita, turvatoimintoja ja käyttölaitteita. (Omron, n.d.)

### 7.1 SQL-tietokannan yhteyden avaus

Ensimmäisessä ohjelmaverkossa tehdään yhteyden avaus SQL-tietokantaan sekä tietokannan sisällä oleville tauluille tehdään kartoitukset (Kuva 12). Ensimmäiseksi nollataan mahdolliset virheet ensimmäisellä ohjelmakerroilla, joita on voinut tulla esimerkiksi sähkökatkon takia. Kuvausvalo myös sytytetään päälle aina, kun logiikka on päällä. Näiden jälkeen avataan "DB\_Connectilla" yhteys tietokantaan, jonka jälkeen taulut kartoitetaan "Select", "Update" ja "Insert" toiminnoille. Yhteyden sulkeminen tapahtuu, jos jostain kommunikointiin liittyvästä häiriöstä johtuen "DB\_Connect" tippuu pois päältä (Kuva 11).



Kuva 11. Yhteyden avaus

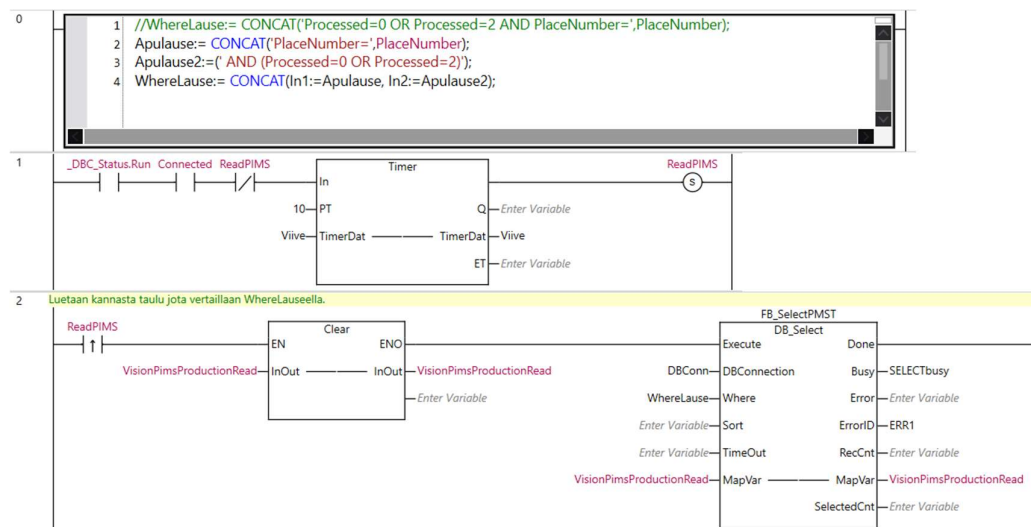


Kuva 12. Kartoitukset tietokannan tauluille

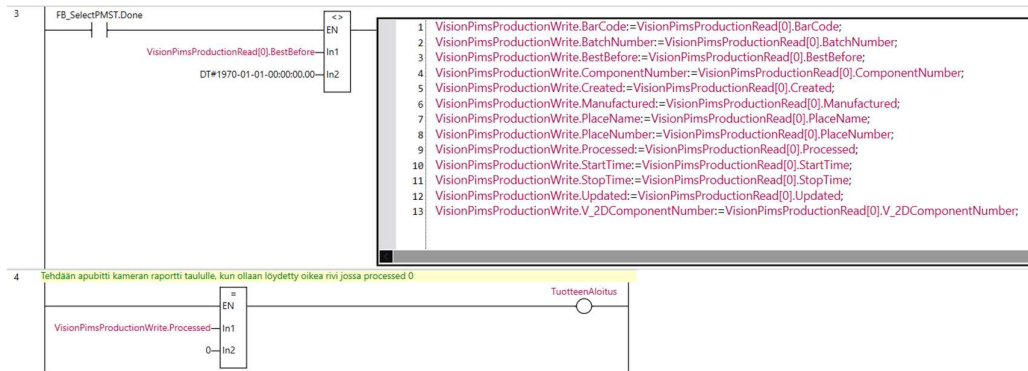


## 7.2 SQL-tietokannan luenta

Toisessa ohjelmaverkossa luetaan SQL-tietokannasta taulu, jota vertaillaan "WhereLauseen" avulla ja näin saadaan tieto oikeasta sarakkeesta, joka haetaan tietokannasta ohjelmaan. "WhereLause" vertailee, että tietokannasta luettu sarake kuuluu oikeaan työpisteeseen ja sen tuoteajo on alkamassa tai loppumassa eli "Processed"-arvo on 0 tai 2 (Kuva 13). Sitten siirretään luetuista muuttujista arvot kirjoitettaviin muuttujiin. Seuraavaksi tehdään apubitti "TuotteenAloitus" kameraa varten, kun on löydetty rivi, jossa "Processed"-arvo on 0 eli tuote siirtyy ajoon (Kuva 14). Näiden jälkeen "Processed"-arvoa nostetaan "Inc"-komennon avulla yhdellä, jolloin tuote on joko 1 = ajossa tai 3 = ajo loppunut. Sitten luentabitti nollataan ja luenta alkaa taas uudestaan ja luku haetaan niin kauan, kun löytyy "WhereLauseeseen" oikeilla vertailu arvoilla oleva rivi (Kuva 15).



Kuva 13. "WhereLause" ja luenta



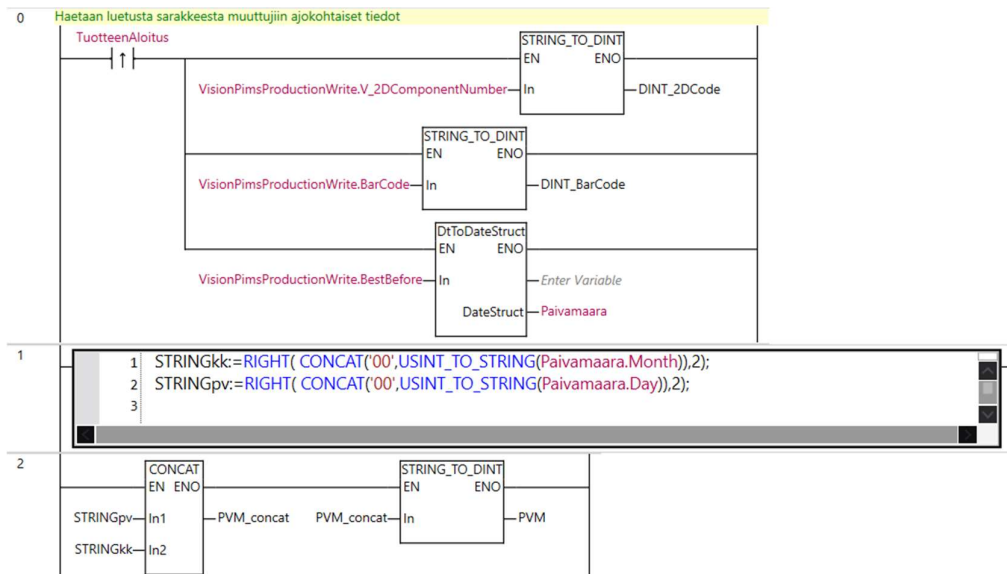
Kuva 14. Muuttujien siirto ja apubitin luonti



Kuva 15. "Processed" muuttujan arvon nosto ja luennan uudelleenaloitus

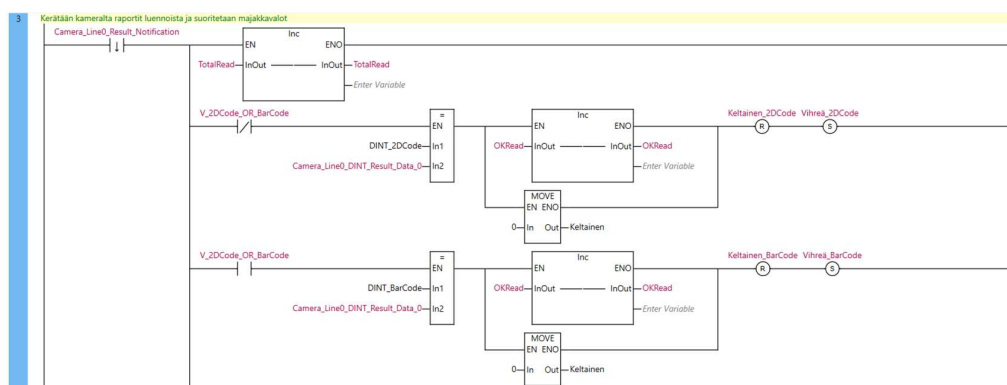
### 7.3 Konenäön luennan ohjelma

Kolmannessa ohjelmaverkossa suoritetaan konenäöltä tulevien luentojen vertailu ja laskenta. Ensiksi käytetään edellisessä verkossa tehtyä apubittiä, jolla saadaan ohjelman vertailuun taulusta luetut arvot, joita vertaillaan kameralla luettuihin arvoihin. Luetut arvot siirretään muuttujiin, joita voidaan käyttää vertailtaessa kameralta luettuihin tietoihin. Kun siirretään päivämäärä, sille tarvitsee tehdä hieman muutoksia, että sieltä saadaan kuukausi ja päivä eroteltua. Tätä varten tehdään vain muuttujat, joiden eteen laitetaan aina nolla, ellei ole kaksinumeroinen päivä tai kuukausi. Sitten päivämäärästä tehdään CONCAT-komennolla yhtenäinen muuttuja, joka vielä muutetaan integeriksi, jotta voidaan vertailla sitä kameran lukemaan arvoon (Kuva 16).



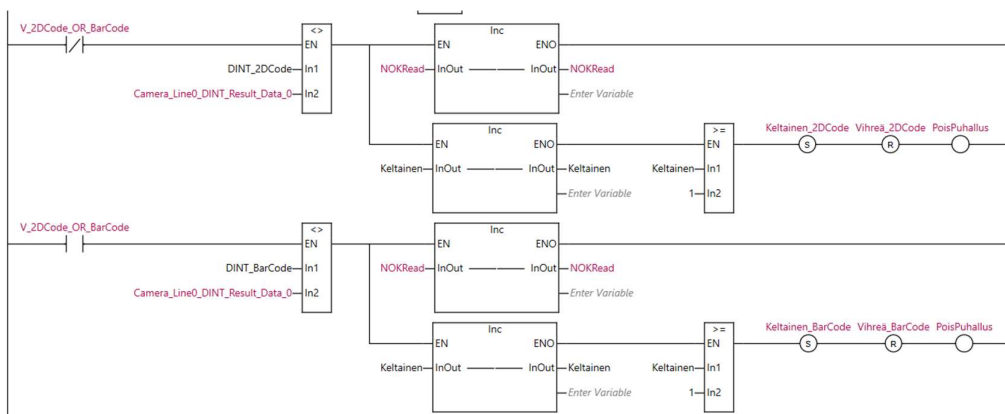
Kuva 16. Luentojen siirto vertailussa käytettäviin muuttujiin

Seuraavaksi aloitetaan vertailut, joilla kerätään tiedot raporttitaulua varten. Tässä suoritetaan myös majakkavalojen ohjaus ja virheellisten tuotteiden kohdalla linjalta pois puhallus. Ohjelmakohta on rakennettu tulevaisuutta mieltien siten, että valitaan, luetaanko 2D-koodia tai viivakoodia. Aina kun kamera havaitsee tuotteen, se ottaa kuvan, jolloin tuota "Camera\_Line0\_Result\_Notification"-bittiä käytetään vertailun aloitukseksi. Ensiksi on "TotalRead"-bitti, jota nostetaan "Inc"-komennolla aina, kun kamera ottaa kuvan, jolloin saadaan tieto tuotteiden kokonaismäärästä. Tämän jälkeen vertaillaan, onko luenta onnistunut eli "OKRead". Jos tuotteen 2D-koodi vastaa tietokannasta saatua, niin luenta onnistuu ja vihreä majakkavalo syttyy sekä "OKRead"-bittiä kasvatetaan "Inc"-komennolla (Kuva 17).



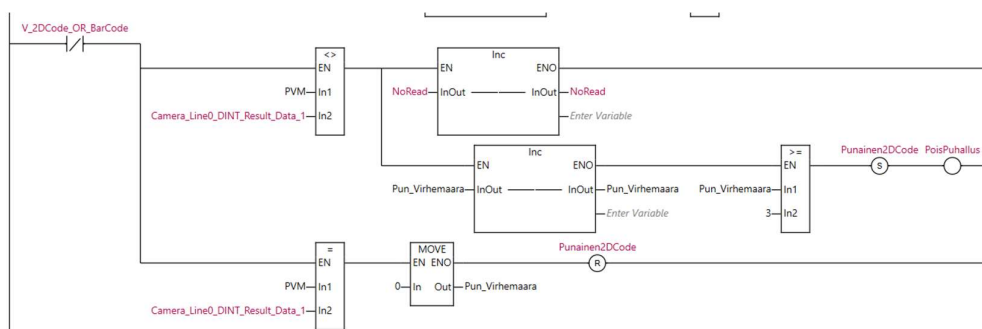
Kuva 17. Vertailujen aloitus ja "OKRead" vertailu

Jos tuotteessa on väärä 2D-koodi tai se puuttuu kokonaan, niin tämä luenta ei onnistu, jolloin "NOKRead" menee oikein ja keltainen majakkavalvo syttyy sekä poispuhallus aktivoituu virheelliselle tuotteelle. Tämän tapahtuessa "Inc"-komennolla taas kasvatetaan "NOKRead"-bittiä raporttitaulua varten (Kuva 18).



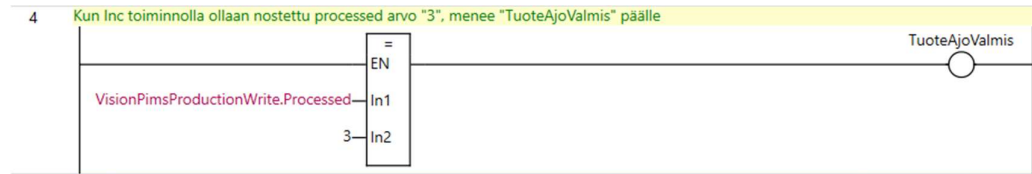
Kuva 18. "NOKRead" vertailu

Sitten viimeisessä vertailussa vertaillaan päivämäärää. Jos luettu päivämäärä eroaa tietokannasta saadusta päivämäärästä "NoRead"-bittiä kasvatetaan "Inc"-komennolla raporttitaulua varten. Tässä virheellisiä päivämääriä pitää tulla vähintään kolme putkeen. Kolmen virheellisen päivämäärän jälkeen sytytetään punainen majakkavalvo. Printattava muste voi olla välillä hankala lukea, joten halutaan olla varmoja, kun poispuhallus menee päälle niin ei ole vain huonosti luettua tuotetta vaan väärä päivämäärä (Kuva 19).



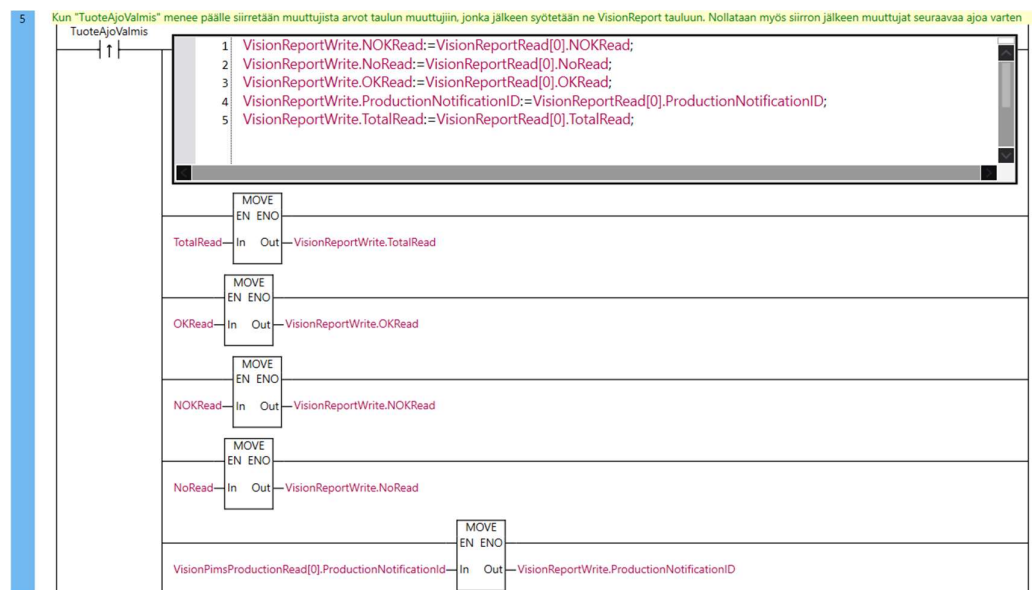
Kuva 19. "NoRead"-vertailu

Kun toisessa ohjelmaverkossa on luettu "Processed" arvona 2 niin se muutetaan arvoksi 3 ja tällöin konenäön luentaohjelmassa menee apubitti "TuoteAjoValmis" päälle ja tämä aloittaa raportin kirjoituksen tietokantaan (Kuva 20).



Kuva 20. "TuoteAjoValmis"-bitin luonti

Kun "TuoteAjoValmis"-bitti menee päälle, siirretään luennoissa käytetyistä biteistä kerätyt arvot "VisionReportWrite"-muuttujiin. Samalla siirretään myös tuotteen tunnus luetusta muuttujasta "VisionReportWrite"-muuttujaan (Kuva 21).



Kuva 21. Siirretään arvot "VisionReportWrite"-muuttujiin

Siirtämisen jälkeen nollataan vertailussa käytetyt muuttujat seuraavaa ajoa varten (Kuva 22). Viimeisenä siirretään "Insert" SQL -komennolla "VisionReportWrite"-muuttujat SQL-tietokannan raporttitauluun (Kuva 23).



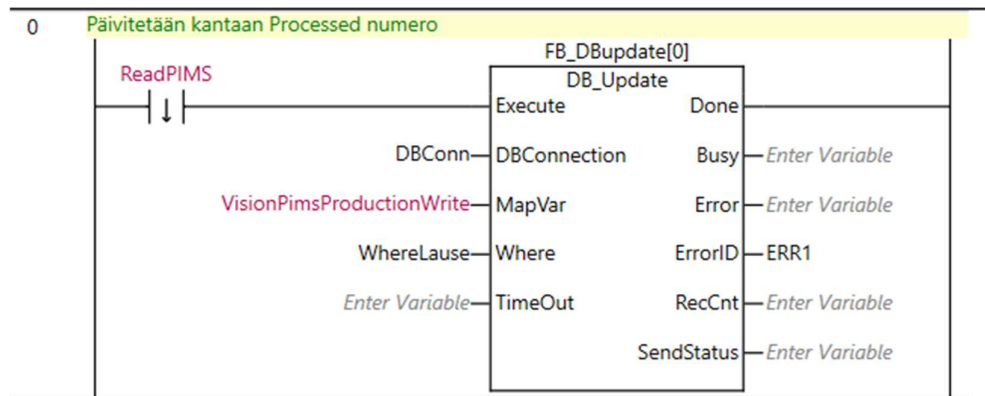
Kuva 22. Nollataan muuttujat seuraavaa ajoa varten



Kuva 23. Siirretään arvot SQL-tietokantaan

#### 7.4 Tuoteajon päivitys

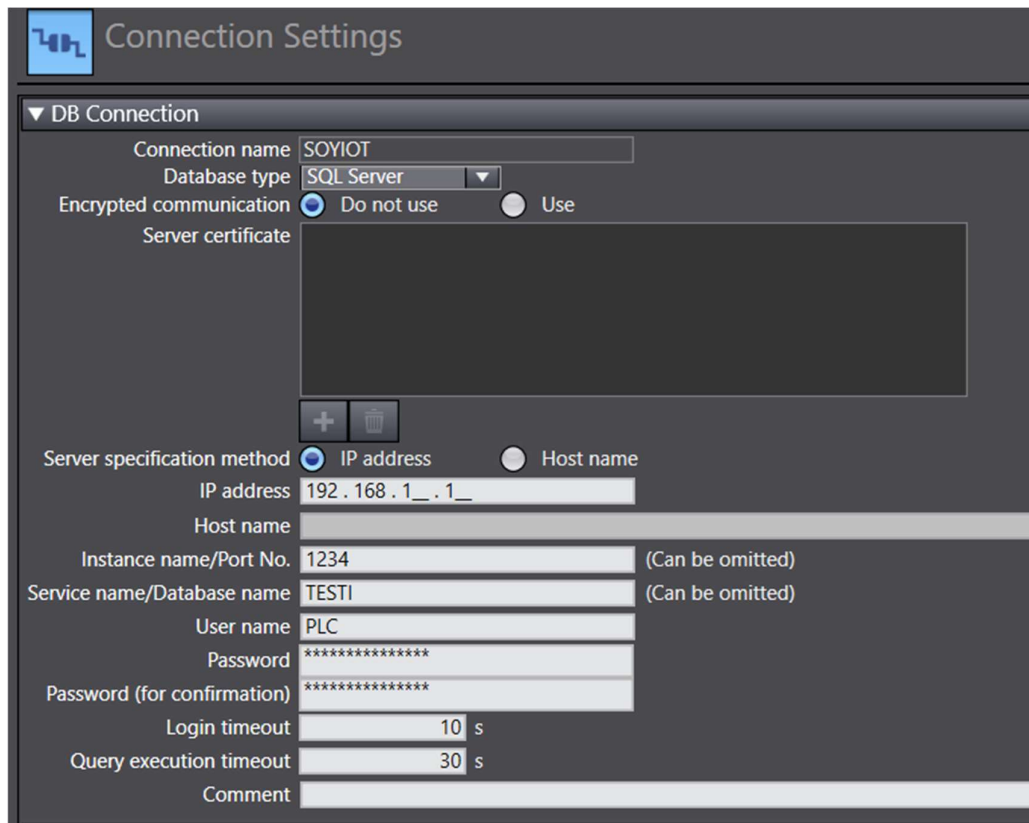
Neljännessä ohjelmaverkossa päivitetään tuoteajon tilaa SQL-tietokantaan. Kun "VisionPimsProduction"-taulun luenta on päättynyt, päivitetään "Processed"-muuttujan arvo "Update" SQL -komennolla joko arvosta 0 arvoon 1 tai arvosta 2 arvoon 3 riippuen siitä, alkaako tuoteajo vai loppuuko tuoteajo (Kuva 24).



Kuva 24. "Processed"-arvon päivitys SQL-tietokantaan

### 7.5 SQL-tietokannan yhteys

Sysmac Studioissa saadaan luotua yhteyden määrittely SQL-tietokantaan Connection Settings -välilehden DB Connection -kohdasta. Välilehdellä määritellään ohjelmassa käytettävän yhteyden nimi, kun toteutetaan komentoja. Määrittelyssä annetaan tietokannan IP-osoite, porttinumero, tietokannan nimi, käyttäjätunnus tietokantaan sekä käyttäjätunnuksen salasana tietokantaan (Kuva 25).



Kuva 25. Sysmac Studio SQL-tietokannan yhteyden määrittely

SQL-tietokantaan yhteyden luomisen jälkeen voidaan tehdä sinne käskyjä loogiikalla. Tässä työssä tehtiin tietokantaan SELECT-, UPDATE- ja INSERT-käskyjä. Ensimmäiseen tauluun tehdään SELECT- ja UPDATE-käskyt, joilla luetaan tietokannasta "WhereLause"-vertailun avulla oikea sarake sekä päivitetään "Processed"-arvoa (Kuva 26).

	ProductionNotificationId	PlaceName	PlaceNumber	ComponentNumber
1	0		0	

BestBefore	BatchNumber	StartTime	Created
2023-11-30 00:00:00.000		1970-01-01 00:00:00.000	1970-01-01 00:00:00.000

Updated	Processed	Manufactured	BarCode	V_2DComponentNumber	StopTime
1970-01-01 00:00:00.000	0	1970-01-01 00:00:00.000		1234	1970-01-01 00:00:00.000

Kuva 26. Esimerkki rivi taulusta, jota luetaan ja päivitetään

Toiseen tauluun, eli raporttitauluun, tehdään INSERT-käsky, jolla lisätään kononainen rivi tauluun. Taulun rivit koostuvat kameran kuvaamasta tiedosta. Kamera kerää logiikassa "TotalRead"-, "OKRead"-, "NOKRead"- ja "NoRead"-



laskureihin arvot riippuen siitä, onko luennat onnistuneet. Sitten ensimmäisen taulun luennasta on saatu joka ajolla uniikki "ProductionNotificationId", joka siirretään myös tähän raporttitauluun, jotta saadaan ajolle tunnus, jonka avulla voidaan harjoittaa laadunvalvontaa myös jälkikäteen (Kuva 27).

	ProductionNotificationId	TotalRead	OKRead	NOKRead	NoRead
1	0	0	0	0	0

Kuva 27. Raporttitaulun esimerkki rivi

## 8 KONENÄKÖOHJELMAN TOTEUTUS

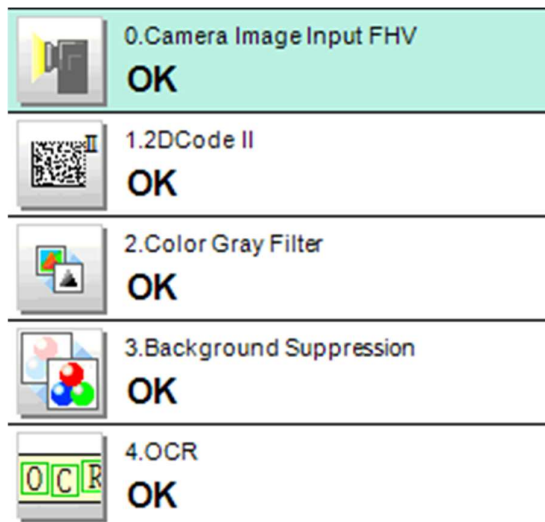
Kameran sovellus tehtiin FZ-PanDa-nimisellä ohjelmalla, jossa pystytään luomaan Omronin kameroille erilaisia ohjelmia. Kameran ohjelman pystyy myös luomaan Sysmac Studioissa, mutta tämän FZ-PanDa-sovelluksen myötä on helpompi ja yksinkertaisempi tehdä kameraan ohjelma. Omronin tuesta myös oltiin sitä mieltä, että kannattaa käyttää FZ-PanDa-sovellusta Sysmac Studion sijaan.

### 8.1 Kokonaisuus

Kameran ohjelman kokonaisuus on hyvinkin yksinkertainen, eikä vaadi paljoa kameralta. Kun käytännössä kamera lukee vain 2D-koodia sekä päivämäärää, niin itse kameran ohjelma pysyy pienenä.

Kameran ohjelman kokonaisuutta kutsutaan FZ-PanDa:ssa "Flow"-termillä. Komentoja ja toimintoja pystyy muokkaamaan ja lisäämään "Flow Editor" -kohdassa. Tämän ohjelman "Flow" koostuu "Camera Image Input FHV"-, "2DCode II"-, "Color Gray Filter"-, "Background Suppression"- ja "OCR"-työkaluista. Näillä saadaan erilaisia toimintoja aikaan.

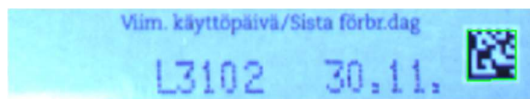
"Camera Image Input FHV" tarkoittaa vain sitä, että kamera on yhteydessä ja päällä. "2DCode" on 2D-koodin luentaan tarkoitettu työkalu. Työkalu tunnistaa itse sille annetulta alueelta 2D-koodin ja lukee sen. "Color Gray Filter" on kameran kuvan värin filtti, joka muuttaa kuvan mustavalkoiseksi. "Background Suppression" on kontrastia tehostava työkalu, joka toimii erinomaisesti mustavalkoisessa kuvassa, sillä sen avulla saadaan valkoisesta taustasta erottuva kirjain tai numero paljon selkeämmäksi ja helpommin luettavaksi konenäölle. Viimeisenä ohjelmassa on "OCR"-työkalu, jolla tunnistetaan päivämäärä tuotepakkauksesta. "OCR"-työkalu pystyy tunnistamaan tekstiä tai numeroita (Kuva 28).



Kuva 28. Konenäön ohjelma

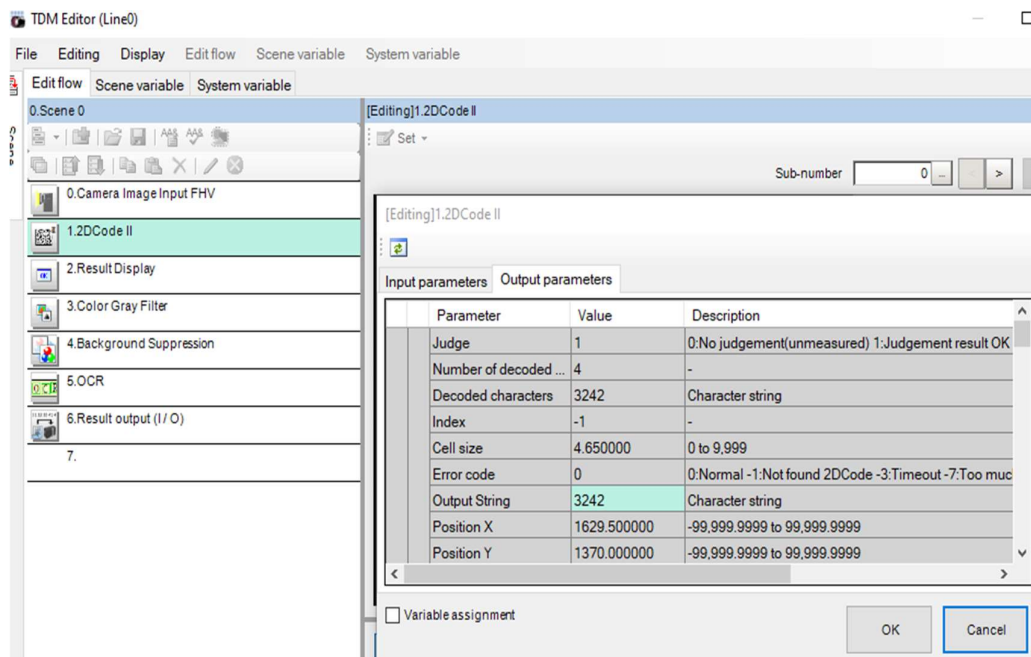
## 8.2 2D-koodi

2D-koodista saadaan tässä työssä tuotetiedot, joilla varmistetaan, että ajossa on oikea tuotepakkaus. Kuvassa 29 näkyy onnistunut 2D-koodin luenta, joka näkyy vain niin, että määrätyltä alueelta löydetään koodi ja tämän koodin ympärille tulee vihreät kehykset.



Kuva 29. Tuotepakkauksen 2D-koodin luenta

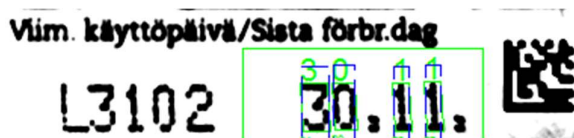
FZ PanDassa on "TDM Editor", jossa pystytään lisäämään muuttujia työkaluille, jotka voidaan sitten ottaa esimerkiksi ohjelmoitavalla logiikkaohjaimella käyttöön. Tässä työssä tarvittiin tästä 2D-koodista vain yksi muuttuja, joka tuli 2D-koodin luennan yhteydestä. Se oli neljänumeroinen "String" tyyppinen muuttuja, jota käytetään logiikassa vertailussa tietokannasta saatuun muuttu-jaan. Muuttuja näkyy sinisellä pohjalla "TDM Editorissa" (Kuva 30).



Kuva 30. TDM Editorissa näkyvät arvot sekä luotu muuttuja

### 8.3 Päivämäärä

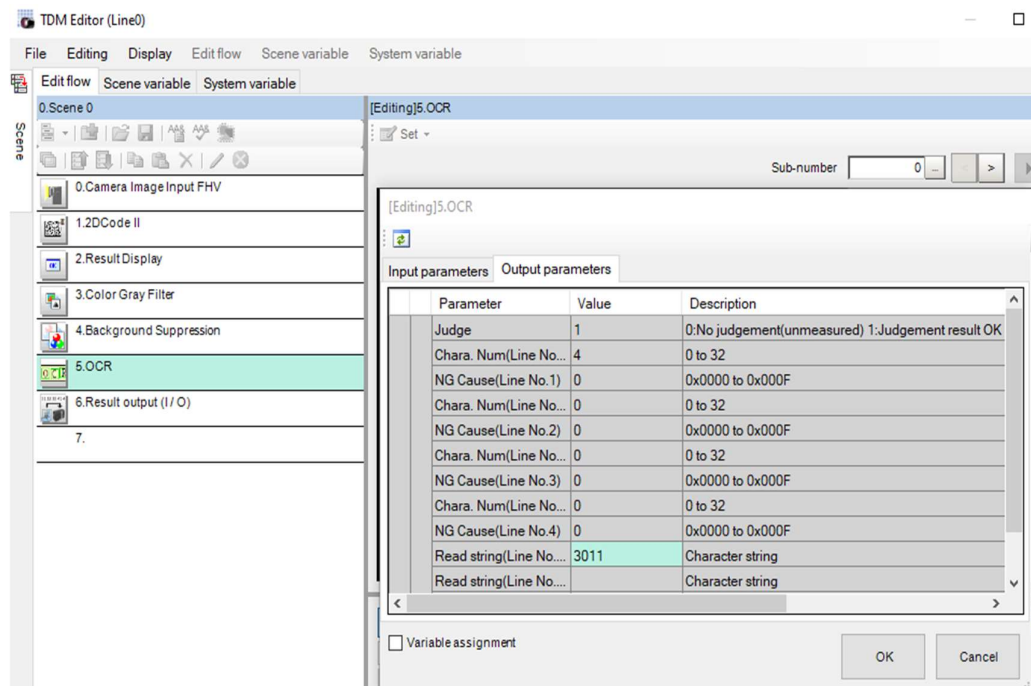
Päivämäärän luentaan käytetään ”OCR”-työkalua. Päivämäärä etsitään määrättyltä alueelta, joka näkyy kuvassa vihreällä reunustettuna (Kuva 31). Alueen sisältä tunnistetaan kirjaimet sekä numerot, mutta tässä työssä luennalle määrätyn alueen sisällä ei voi olla kuin numeroita. Työkalu tunnistaa numerot ja ne näkyvät FZ-PanDassa numeroiden yläpuolella (Kuva 31). Luennalla tarkastellaan oikeaa päivämäärää sekä musteprintterin jäljen laatua, sillä kun muste on loppumassa tai muste tulostuu vinoon tulostettavaan kohtaan niin luenta epäonnistuu.



Kuva 31. Tuotepakkauksen päivämäärän luenta

Päivämäärällekin luodaan ”TDM Editorissa” muuttuja, jota vertaillaan logiikalla tietokannasta saatuun päivämäärään. Päivämäärän muuttuja luodaan

”String”-tyyppiseksi muuttujaksi. Muuttuja on jälleen neljänumeroinen ja se on sinisellä pohjalla kuvassa (Kuva 32).



Kuva 32. TDM Editorissa näkyvät arvot sekä päivämäärälle luotu muuttuja

## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehtiin nimettömälle asiakkaalle konenäköjärjestelmä, joka toteuttaa tuotepakkauksen laadunvalvontaa. Konenäköjärjestelmä lukee tuotepakkauksen 2D-koodin sekä päivämäärän, joista järjestelmä päivittää tuoteajon tilaa SQL-tietokantaan sekä kerää raportin tuoteajon laadunvalvonnasta SQL-tietokantaan.

Projektissa päästiin alkuperäisiin tavoitteisiin. Asiakkaalle saatiin luotua konenäköä hyödyntävä tuotepakkauksen laadunvalvontajärjestelmä. Järjestelmä on otettu käyttöön ja on tuotannossa. Järjestelmään tulee vielä käyttöliittymään päivitetty versio tämänhetkisen koekäytönäytön tilalle, kun saadaan asiakkaalta tieto siitä, mitä käyttöliittymään halutaan. Järjestelmää voi nyt alkaa laajentaa myös muille linjoille, jotka vaativat tarkempaa laadunvalvontaa. Ongelmista selvitettiin pienillä haasteilla käyttöönoton yhteydessä, mutta mitään ylitsepääsemätöntä ei ilmaantunut. Asiakkaan päästä on oltu todella tyytyväisiä työhön. Minulla on nyt etäyhteys myös asiakkaan tehtaalle, jolloin mahdollisissa vikatilanteissa ei tarvitse edes mennä asiakkaalle, vaan voi konttorilta käsin päästä yhteyteen järjestelmän kanssa.

Työnteko sujui hyvin ja sulavasti, vaikka välillä tuli pidempiäkin taukoja muiden töiden takia. Suuremmilta ongelmilta vältyttiin testilaboratorion perusteellisten testauksien avulla. Opinnäytetyössä saatiin tuotettua asiakkaalle laadunvalvontajärjestelmä, jota aloitetaan laajentamaan useammille linjoille ja tehtaille.

## LÄHTEET

Adobe. (n.d.). What is OCR and why is OCR software important. Viitattu 29.3.2023

<https://www.adobe.com/acrobat/guides/what-is-ocr.html>

Anttila, J. & Jussila, K. (15.2.2016). Mitä laatu on? Viitattu 29.3.2023

<https://sfs.fi/mita-laatu-on/>

BarTender. (n.d.). Data Matrix. Viitattu 17.5.2023

[https://barcodeguide.seagullscientific.com/content/Symbologies/Data\\_Matrix.htm](https://barcodeguide.seagullscientific.com/content/Symbologies/Data_Matrix.htm)

Edu. (n.d.). Konenäkö [valokuva]

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/index.html>

Gatan. (n.d.). CCD vs. CMOS. Viitattu 29.3.2023

<https://www.gatan.com/ccd-vs-cmos>

Insecon Oy. (n.d.). Etusivu. Viitattu 10.4.2023

<https://www.insecon.fi/>

OEM. (n.d.). Nelisuuntainen valaisin. Viitattu 17.4.2023

[https://www.oem.fi/tuotteet/konen%C3%A4k%C3%B6/led-valonlahteet/konen%c3%a4k%c3%b6valaisimet-\\_-529146/aluevalot-\\_-529093/nelisuuntainen-valaisin-\\_-530085](https://www.oem.fi/tuotteet/konen%C3%A4k%C3%B6/led-valonlahteet/konen%c3%a4k%c3%b6valaisimet-_-529146/aluevalot-_-529093/nelisuuntainen-valaisin-_-530085)

Omron. (n.d.). FHV7H-C032-C. Viitattu 17.4.2023

<https://industrial.omron.eu/en/products/FHV7H-C032-C>

Omron. (n.d.). FHV-SDU30. Viitattu 17.4.2023

<https://store.omron.com.au/product/fhv-1002m>

Omron. (n.d.). NA5-7W001S-V1. Viitattu 17.4.2023  
<https://industrial.omron.fi/fi/products/NA5-7W001S-V1>

Omron. (n.d.). NX102-9020. Viitattu 17.4.2023  
<https://industrial.omron.fi/fi/products/NX102-9020>

Omron. (n.d.). Sysmac-automaatioympäristö. Viitattu 17.4.2023  
<https://industrial.omron.fi/fi/products/sysmac-platform>

Omron. (13.10.2015). W4S1. Viitattu 17.4.2023  
<https://www.omron.com.au/products/family/2005/specification.html>

Ruokamo, A. (2021). Konenäön hyödyntäminen putkituotannon laadunvalvon-  
nassa [AMK-opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]. Theseus.  
<https://www.theseus.fi/handle/10024/356284>

SAMK automaation tutkimusryhmä. (n.d.). Matriisikenko- vai viivakameraku-  
vaus. Viitattu 22.3.2023  
[https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/viivaka-  
merakuvaus/](https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/viivaka-<br/>merakuvaus/)

Stack overflow. (14.2.2017). Don't see attributes (columns) in SQL Server  
Management Studio [valokuva]  
[https://stackoverflow.com/questions/41936936/dont-see-attributes-columns-  
in-sql-server-management-studio](https://stackoverflow.com/questions/41936936/dont-see-attributes-columns-<br/>in-sql-server-management-studio)

Techopedia. (29.9.2014). Machine Vision System. Viitattu 15.4.2023  
<https://www.techopedia.com/definition/30414/machine-vision-system-mvs>

ThoughtCo. (22.4.2020). The Fundamentals of SQL. Viitattu 17.4.2023  
<https://www.thoughtco.com/sql-fundamentals-1019780>



Vision-systems. (18.9.2019). Lighting and Illumination Choices. Viitattu 22.3.2023

<https://www.vision-systems.com/knowledge-zone/article/14040172/lighting-and-illumination-choices>

Wikipedia. (21.4.2023). Quality control. Viitattu 24.4.2023

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quality\\_control#cite\\_note-PraxiomISO17-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Quality_control#cite_note-PraxiomISO17-2)