

Daniel Mark

3D-anturin käyttö elintarviketeknologiassa

Opinnäytetyö

Syksy 2014

Teknologian yksikkö

Automaation koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen Ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Daniel Mark

Työn nimi: 3D-anturin käyttö elintarviketeknologiassa

Ohjaaja: Ristimäki Niko

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä:

Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa toteutuksen kautta päätelmä viime aikoina markkinoille saapuneiden 3D-antureiden hyödyllisyydestä elintarviketeknologian sovelluksissa. Sovellus toteutettiin Atria Suomi Oy:n Nurmon tuotantoyksikköön Atria-tekniikalle. Atria Oy on Suomen yksi suurimmista liha- ja valmisruokavalmistajista, jolla on toimipisteitä Kauhajoella, Nurmossa, Sahalahdessa, Kuopiossa sekä Jyväskylässä. Atria Oy:llä on tytäryrityksiä myös useissa muissa maissa, kuten Baltiassa, Venäjällä sekä muissa Pohjoismaissa.

Sovelluksen tavoite oli 3D-anturia hyväksikäyttäen luoda ohjaus, joka tunnistaa pesuun menevistä laatikoista ne, joissa on liian isoja lihajäämiä. Laatikot, joissa tunnistetaan olevan ylimääräisiä lihajäämiä, ajetaan selvitykseen eikä pesukoneelle. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään 3D-anturin hyviä ja huonoja puolia, sekä tarkastellaan eroavaisuuksia konenäköjärjestelmiin ja alkeellisiin anturijärjestelmiin. Lopussa pohditaan mahdollisia jatkosovelluksia 3D-antureille elintarviketeknologian sovelluksissa.

Tutkimus osoitti että 3D-anturit ovat hyvä lisä vakiintuneiden antureiden rinnalle. 3D-anturit tuovat mahdollisuuden mitata kolmiulotteisesti tilavuuksia ja etäisyyksiä kaikista kohteista, jotka heijastavat valoa. Jatkuvasti kehittyvän teknologian ansiosta hinnat ovat jo maltillisella tasolla, joten investointi 3D-antureihin on järkevää. Lisäksi 3D-antureille on olemassa lukuisia muitakin käyttökohteita elintarviketeknologiassa, kuten laadunvalvonnassa sekä tuotannon benchmarkingissa.

Avainsanat: 3D-anturi, elintarviketeollisuus, anturitekniologia, optiset anturit, teknologian kehitys, konenäkö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Engineer, Automation Technology

Specialisation: Machine Automation

Author: Daniel Mark

Title of thesis: Usage of a 3D-sensor in food processing technology

Supervisor: Niko Ristimäki

Year: 2014

Number of pages: 32

Number of appendices:

The target of my thesis was to draw conclusions through my application of the usefulness of 3D-sensors in food processing technology applications. I carried out my application at Atria Suomi Oy, Nurmo's unit for Atria-technology. Atria Oy is one of Finland's major meat and convenience food processing companies. Atria Oy also has many subsidiary companies abroad for example in Baltic Countries, Russia and the Nordic Countries.

My application is a modernization of the box washing machine conveyor's control system at Atria Suomi Oy in Nurmo. The purpose of the application is to sort out the boxes in which there is too much meat left inside after process line by using a 3D-sensor and guide them to a clearance point. In the theory part of my thesis I widely present 3D-sensors comparing them with machine vision systems and lower level sensor systems. I also ponder 3D sensors' possible new applications in the field of food processing automation.

The conclusion of my thesis and the application which supports it is that 3D-sensors are an excellent add to the range of ordinary sensors. 3D-sensors' power lays in their capability to measure the volume and distance of all materials that reflect light. Because of continuously developing technology the prices of 3D-sensors are reasonable and, thus, it is wise to invest in them. There are also many other applications for 3d-sensors in the field of food processing, for example quality control and benchmarking.

Keywords: 3D-sensor, food processing industry, sensor technology, optical sensor's, technological evolution, machinevision

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkuuettelo.....	5
1 Johdanto.....	6
2 3D-antureiden teoriaa.....	7
2.1 Perusteita.....	7
2.2 Kuvaus.....	8
2.3 Komponentit.....	9
2.4 Elektroniikka.....	11
2.5 Laskenta.....	12
2.6 Virheet.....	13
2.7 Erot konenäköjärjestelmään.....	14
3 IFM O3D200 –anturisovelluksen toteutus.....	16
3.1 Sovellus.....	16
3.1.1 Kohteen esittely.....	16
3.1.2 Laitteen esittely.....	17
3.2 Työn aloitus.....	18
3.2.1 Asennuksen suunnitelma.....	18
3.3 Työn valmistuminen.....	21
3.3.1 Asennuksen toteutus.....	21
3.3.2 Anturin ohjelmointi.....	23
3.3.3 Käyttöönotto.....	28
4 Johtopäätökset.....	29
5 Pohdinta.....	30
LÄHTEET.....	31

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. IFM O3D200 (IFM 2014).....	9
Kuvio 2. Yksi yleisimmistä 3D-kuvaustavoista (Leach, 24-28).....	10
Kuvio 3. IFM O3D200 -komponentit (IFM 2014)	10
Kuvio 4. Elektroninen toiminta (IFM 2014)	11
Kuvio 5. Mitatun ja todellisen etäisyyden käsite (IFM, 7).	12
Kuvio 6. Sekvenssi.....	19
Kuvio 7. Rata-layoutsuunnitelma.	20
Kuvio 8. Anturin asennus	22
Kuvio 9. Muuntajakotelointi	22
Kuvio 10. Ohjelmaan totuttelua	23
Kuvio 11. Intensiteetti-kuvanto	24
Kuvio 12. Etäisyys-kuvanto	24
Kuvio 13. Perspektiivi-kuvanto	24
Kuvio 14. Segmentti-kuvanto	25
Kuvio 15. Ohjelmointiaskel 1	26
Kuvio 16. Ohjelmointiaskel 2.....	27
Kuvio 17. Ohjelmointiaskel 3.....	27
Kuvio 18. Ohjelmointiaskel 4.....	28
Kuvio 19. Pesusuoja	29

1 Johdanto

Atria Suomi Oy koostuu useammasta tehtaasta, joista suurin on Nurmon tuotantoyksikkö, muita yksiköitä on Sahalahdessa, Jyväskylässä, Kuopiossa sekä Kauhajoella. Nurmossa käsitellään sianlihan, broilerin sekä valmisruoan tuotantoa. Sahalahdessa sijaitsee broilerin alkutuotantoyksikkö, sekä Kauhajoella naudan tuotantoyksikkö. Opinnäytetyö tehtiin Nurmon yksikön, sianlihan tuotannon lihanleikkauslinjalle. (Atria 2014.)

Lihanleikkauslinjalla lihoja kuljetetaan laatikoissa. Aika-ajoin tuotannon poikkeustilanteessa laatikoihin saattaa jäädä hieman liian isoja lihan paloja, joka on aiheuttanut muutaman kerran kalliin rikkoutumisen laatikon pesukoneessa. Pesuun menevien laatikoiden linjalla on sivurata, joka vie selvittelypisteelle. Selvittelypisteellä työntekijä käy tyhjäämässä laatikot ja ohjaa ne toiselle radalle, joka vie myös pesukoneelle. Ongelmana oli, että sivurataa jouduttiin ohjaamaan manuaalisesti, jonka takia osa lihaa sisältävistä latikoista päätyi inhimillisistä virheistä johtuen pesukoneelle asti. 3D-anturisovelluksen on siis tarkoitus kuvata linjalla kulkevia laatikoita ja automaattisesti ohjata lihanpaloja sisältävät laatikot sivuradalle eli selvitukseen.

Teoriaosassa on käsitelty yleisesti 3D-järjestelmiä, sekä IFM 3D -anturin komponentit ja toiminta. Teoriaosassa on myös otettu kantaa konenäön ja 3D-antureiden eroavaisuuksiin. Sovellusosassa on lähemmin huomioitu 3D-anturin asennuksessa huomioitavat seikat, sekä sovelluksen suunnittelu ja toteutus. Sovellusosa kattaa myös ohjelmoinnin kuvineen. Lopussa pohditaan mahdollisia muita elintarviketeknologian sovelluksia 3D-anturille.

2 3D-antureiden teoriaa

Yleisemmät 3D-järjestelmät koostuvat valaisuyksiköstä, kamerasta, sekä näiden tietoa käsittelevästä laitteesta. Näitä järjestelmiä kutsutaan useammin konenäöksi kuin 3D-antureiksi. Valaisuyksikkö voi olla led, infrapuna tai laserilla muodostettu. Kamera on yleisesti ccd-kennokamera. Tietoa käsittelevänä laitteena voi toimia tietokone tai erikseen räätälöity sulautettu järjestelmä. (Earnshaw 1992, 171-180.)

2.1 Perusteita

Pikseli on kameran ccd-kennolle muodostuvan kuvan osa (Shafer 1999, 143). Pikseli tallennetaan harmaasävyisellä asteikolla 0–255 arvolla, joka kuvaa sen tummuutta. 0–255 on perusasteikko, koska se vie yhden bitin ja tarpeeksi tarkka että ihminen näkee sen sulavana (Myler 1998,21.)

Kuvan ala on alue jota kuvataan (Shafer 1999, 143 - 144).

Resoluutio on pienin mitattava yksikkö, joka on tulo pikselistä ja kuvan alasta. Tulo määrittelee kuvannan tarkkuuden. Esimerkiksi kamerankuva sisältää leveyssuunnassa 640 pikseliä kuvatessaan maapalloa, jonka halkaisija on noin 12875 kilometriä. Tällöin resoluutio on 12875 kilometriä / 640 pikseliä = 20,11 kilometriä per pikseli. (Shafer 1999, 143 - 144.)

Tarkkuuden 10:1 sääntö on hyvä nyrkkisääntö kun konenäköjärjestelmää tai anturia käytetään laadunvalvontaan. Säännön mukaan tarkkuuden tulee olla kymmenkertainen mahdollisen virheen kokoon nähden. Esimerkiksi virheen ollessa 0,0025 senttimetrin kokoinen tarkkuuden pitää riittää aina 0,00025 senttimetriin asti. (Shafer 1999, 143 - 144.)

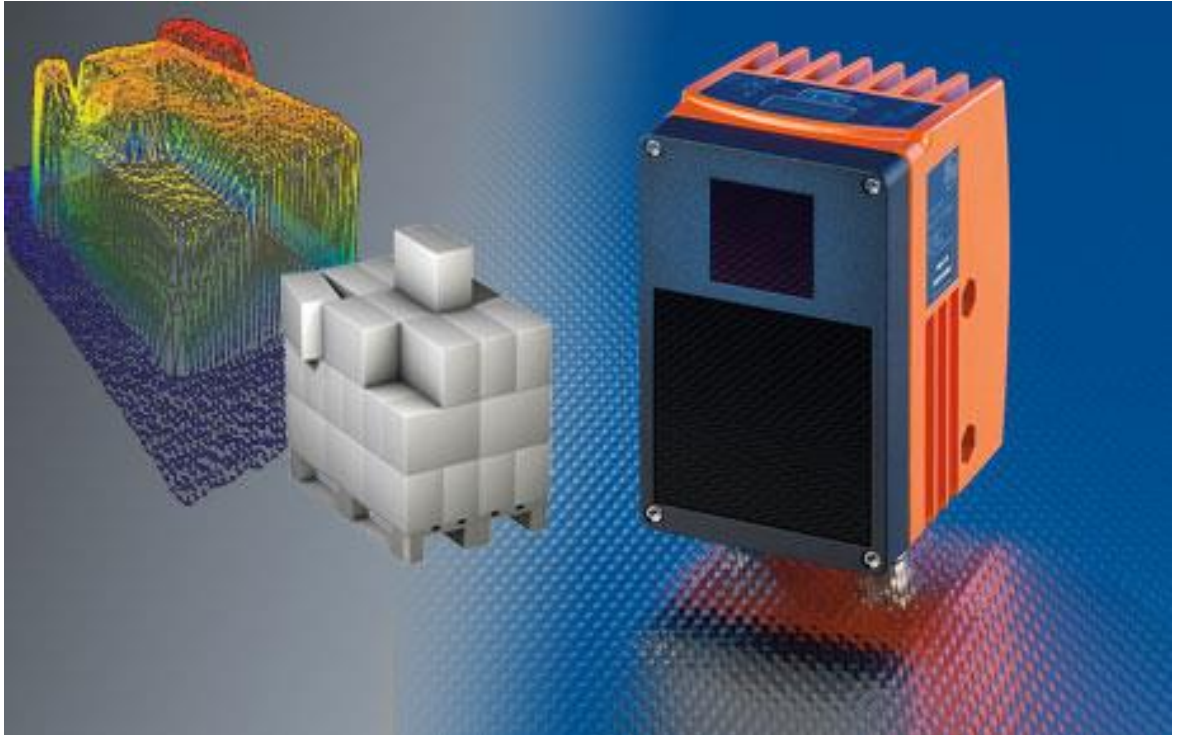
Valaistus. 80 – 90 % konenäköprojektin onnistumisesta riippuu valaistuksen toimivuudesta (Shafer 1999, 143 - 144).

Nopeus. Järjestelmää suunnitellessa on syytä huomioida prosessin nopeus, jotta jatkossa konenäköjärjestelmä ei aiheuta tuotannon hidastumista. (Shafer 1999, 143 - 144.)

2.2 Kuvaus

3D-kuvan muodostamisessa on ulkoapäin useita tapoja, mutta kaikki nämä lopulta johtavat kolmeen pääasiaan: valaisuun, valon kulkeman ajan laskentaan, sekä linssin vastaanottoon. Useimmissa sovelluksissa nämä ovat eri yksiköissä, joista kokonaisuudessa voidaan puhua konenäköjärjestelmänä. Uusimmat 3D-järjestelmät yhdistävät konenäköjärjestelmän komponentit yhteen laitteeseen, jolloin voidaan puhua 3D-antureista. Melkein kaikissa järjestelmissä on jotain erikoista, jotkut hyödyntävät etäisyyden laskennassa esimerkiksi kaiutusta ja lisäävät sen kuvantoon laskennallisesti. (Earnshaw 1992, 171 - 180.)

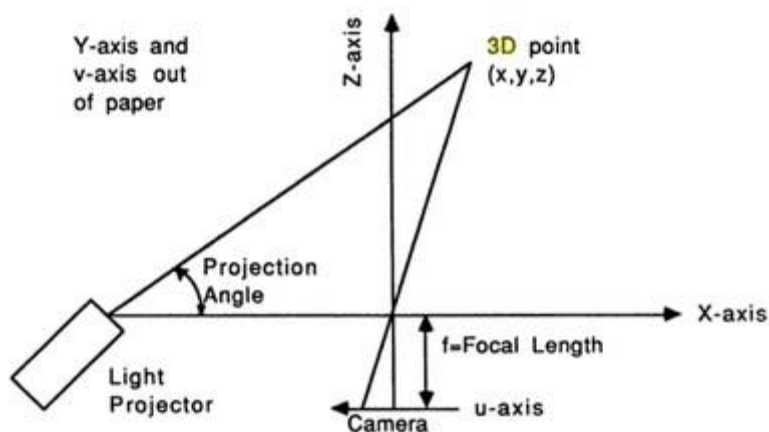
Työssä käytetyssä IFM:n 3D-anturissa toiminta perustuu pulssitettuun infrapunakuvaamiseen. Anturi lähettää infrapunavalon ja laskee kauanko valo matkaa kunnes heijastus tulee takaisin. Jokaiselle kuvapisteele lasketaan kuljettu matka, josta muodostetaan kolmiulotteinen kuva. Tyypillinen toimintaetäisyys on 0,1 m – 2 m, tällöin tunnistetaan myös mustat mattapintaiset kohteet (heijastus n. 5 %). Kirkkaat kohteet voidaan tunnistaa myös kauempaa riippuen taustavalaistuksesta. Liian heijastavat kohteet taas aiheuttavat mittausvirheitä. Mitä tummempi kohde, sitä enemmän on kohinaa. Lähellä olevat kohteet aiheuttavat vähemmän kohinaa kuin kaukana olevat. (IFM 2009, 6.)



Kuvio 1. IFM O3D200 (IFM 2014).

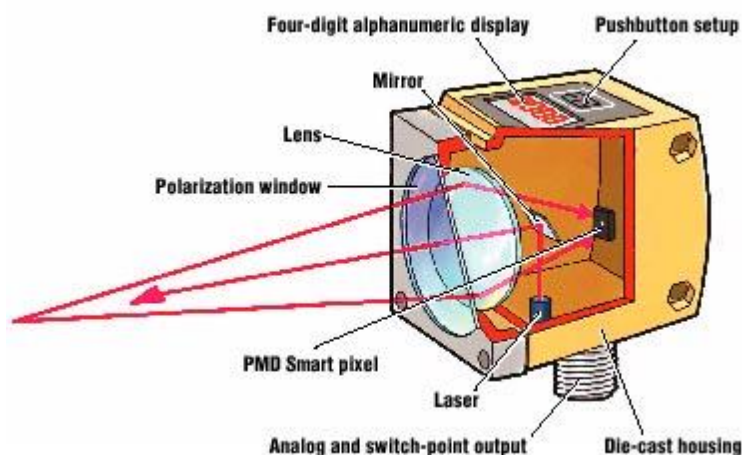
2.3 Komponentit

Teollisuuden kameralaitteet muodostavat kuvansa ccd-kennolla. Teollisuuden kameroissa ei yleisesti ole värisuotimia eli kuvat ovat mustavalkoisia. Tietenkin on olemassa sovelluksia, jotka tarvitsevat väritietoja, kuten maalatun kappaleen laadunvalvonta, näissä värisuotimia käytetään. Yleisesti kameroita kuitenkin käytetään muodollisen laadun sekä määrien laskentaa, jolloin mustavalkokuva riittää. CCD-kenno muodostuu pikseleistä, jotka vastaanottavat valon säteilyn ja tallentavat sen digitaalisena arvona eteenpäin. 3D-kuvassa tarvitaan useampi kuva sekä etäisyyden mittaus. (Journal of Young Investigators, 1.)



Kuvio 2. Yksi yleisimmistä 3D-kuvaustavoista (Leach, 24 - 28).

Työssä käytetyssä IFM O3D200 -anturissa lähettimenä on laserkenno, joka lähettää infrapunasäteen tietyllä intensiteetillä kuvattavaan kohteeseen. Vastaanottavalla puolella on $\frac{1}{2}$ tuuman 64×50 pikselinen vastaanottomatriisi eli kenno. Välissä on linssi ja polarisointilevy, joiden kautta heijastuneet säteet johdetaan vastaanottomatriisille. Kotelointi on valettua metallia, jonka takana ovat jäähdytysrivat. Kotelon päältä löytyvät digitaalinen näyttö, sekä kaksi painonappia asetusten tekemiseen. (IFM 2009,1 - 20.)

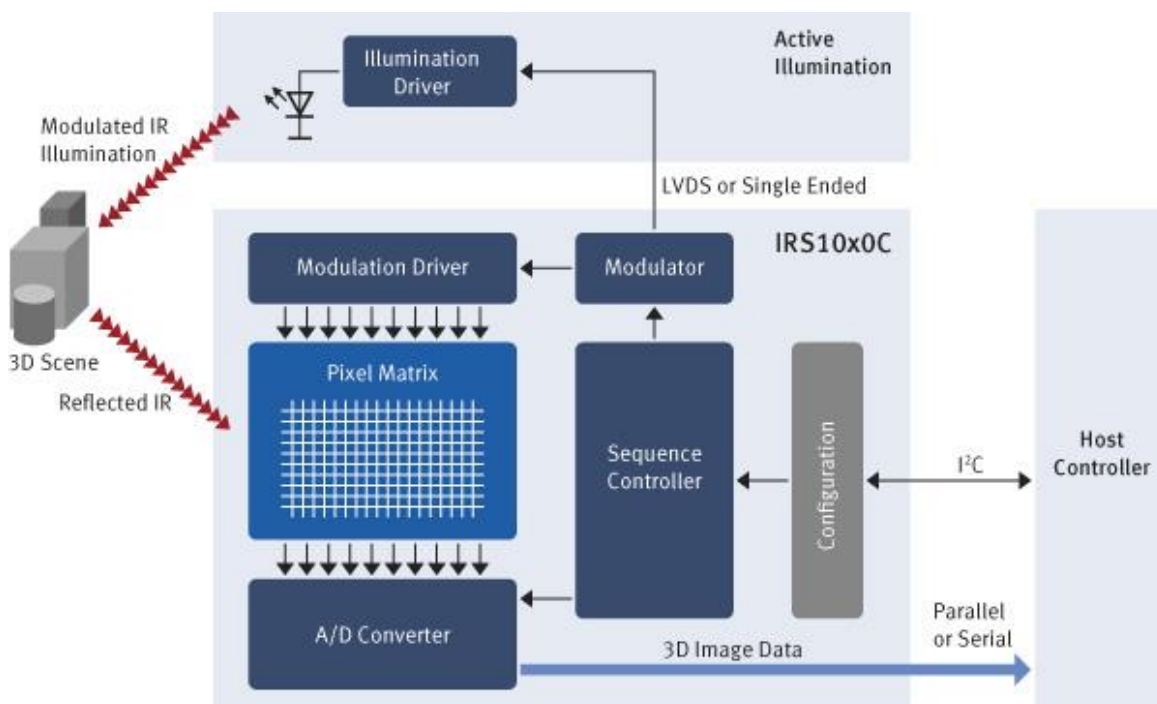


Kuvio 3. IFM O3D200 -komponentit (IFM 2014).

2.4 Elektroniikka

3D-järjestelmien elektroniikan on tarkoitus tuoda kennolle muodostunut analoginen kuva digitaaliseen muotoon ja muokata se mahdollisimman selväksi. Kameran kennolta kuvaa voidaan suodattaa analogisena, jolloin esimerkiksi kuvassa olevat häiriötaajuuspiikit voidaan suodattaa pois ennen muuttamista digitaaliseksi. Kvanttisoivaa häiriötä voidaan suodattaa taas muuntovaiheessa analogi-digitaalimuuntimella. (Earnshaw 1992, 171 – 185.)

Sovelluksessa käytettävässä IFM O3D200 -anturissa askelpiiri ohjaa toimintaa ja aloittaa kuvauksen, kun kytkin antaa kuvauskäskyn. Kuvauksen alkaessa modulaattori antaa signaalin valaisupiirille, joka ohjaa valaisuledin päälle. Tämän jälkeen modulaattori ohjaa modulaatio-ohjaimen käyntiin, joka seuraa pikselien tilaa. Heijastuman osuessa matriisiin pikseliin muuttaa A/D-piiri tiedon analogisesta digitaaliseksi ja lähettää tämän prosessoitavaksi. Tätä toistetaan 100 kertaa sekunnissa, että saadaan sulava ja tarkka kuva. (IFM 2009,15 – 20.)



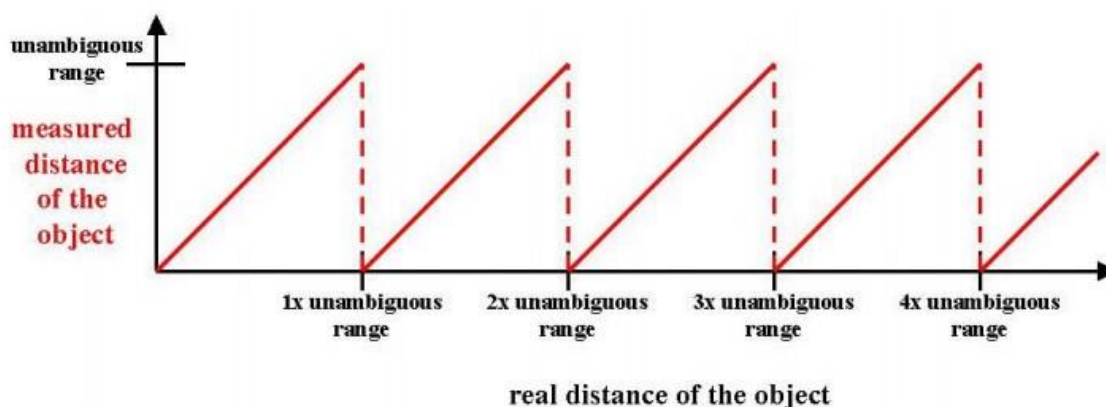
Kuvio 4. Elektroninen toiminta (IFM 2014).

2.5 Laskenta

3D-antureiden laskennasta suuri osa on etäisyysmatriisin muodostamista ja loput sen suodattamista, sekä muuta muokkausta. Matriisi muodostuu kameran kennostosta saaduista tiedoista ja jokaiselle pikselille lasketaan etäisyys. Matriisista saadaan piirrettyä kolmiulotteinen kartta kuvan etäisyyksistä. Matriisista voidaan myös laskea etäisyyksistä tilavuus, kun tiedetään referenssi tilavuus. (IFM 2009, 5 - 15.)

Suodattamisessa käytetään matemaattisia kaavoja, joilla muodostetaan tasaisempia siirtymiä matriisin pisteiden välille ja näin saadaan aikaan selkeämpi kuva. Suodatuksella voidaan korjata pientä kohinaa, mutta useampana kerroksena suodatus on tehoa vaativaa ja kuvaa sumentavaa. (Earnshaw, 178 - 189.)

Työssä käytetty IFM O3D200 pystyy mittaamaan tarkasti 6,5 m, mutta tätä voidaan jatkaa ohjelmallisesti. Haittavaikutuksena on tarkkuuden heikentyminen sekä virheiden lisääntyminen. Mitattavaa etäisyyttä voidaan kasvattaa käyttämällä kaksoistaajuuslähetystä, jolloin kuvausnopeus puoliintuu. Tällöin kahta eri taajuusaluetta käyttämällä yhtäaikaan voidaan todellista mittausetäisyyttä kasvattaa jopa 48 m. Kaksoistaajuuslähetykselle on viisi asetusta, jotka voidaan ottaa ohjelmallisesti käyttöön. (IFM 2009, 6.)



Kuvio 5. Mitatun ja todellisen etäisyyden käsite (IFM, 7).

Frequency mode	0	1	2	3	4
Frequencies [Mhz]	23	20.4	20.6	23/20.4	23/20.6
Unambiguous Range	6.51m	7.38m	7.40m	45m	48m
Maximal measured distance	6.5m	6.5m	6.5m	6.5m	40m

Taulukko 1. Etäisyyksien riippuvuus taajuuksista (IFM 2009, 3).

2.6 Virheet

3D-antureilla kuten konenäkölaitteilla on suhteellisen suuri mahdollisuus virheisiin, esimerkiksi ympäristön valohäiriöt, heijastumat sekä tietynlaiset pinnat (matta musta, kirkas vaalea) voivat aiheuttaa häiriöitä. Nämä luovat haasteita ohjelmalliselle kuvanparannukselle. Asennuksen yhteydessä onkin muistettava ottaa huomioon taustavalon vaikutus mitattavaan kohteeseen. Mahdollisiin virhelähteisiin voidaan myös luokitella yli kahden metrin mittausmatkat. Tällöin mustien kohteiden (heijastuskyky n. 5 %) tunnistus vaikeutuu ja muuttuu lopulta lähes mahdottomaksi. (IFM 2009, 7-10.)

Suurin osa ongelmista näkyy kuvan rakeentumisena. Rakeentuminen johtuu yksittäisistä pienistä erittäin kirkkaista valaisuista, jolloin pisteen intensiteetti on muuhun kuvaan nähden huomattavan korkea. Pieniä määriä virheitä voidaan korjata laskennallisesti, mutta tämä vaatii laitteelta kehittyntä elektroniikkaa. (Leach 2011, 29-30.)

2.7 Erot konenäköjärjestelmään

Konenäkö ja muut optiset tunnistusjärjestelmät ovat kehittyneet eksponentiaalisesti viime vuosina tietotekniikan kehittyessä, kun vaikeimmatkin algoritmit saadaan laskettua nopeiden tietokoneiden avulla. Yksi tärkeä ero konenäköjärjestelmän ja 3D-anturin välillä on hinta. Konenäköjärjestelmät on yleensä suunniteltu tiettyyn asennuspaikkaan, jolloin järjestelmä joudutaan rakentamaan alusta, mikä lisää työkuulumuksia. 3D-anturi on universaali ja näin ollen laitetta ei täydy rakentaa, vain liittää ympäristöön. 3D-anturit ovat arviolta kolmanneksen halvimpien konenäköjärjestelmien hinnasta. (Abdullah 2008, 7.)

Konenäköjärjestelmä sisältää yhden tai useaman kameran, kohteen valaistuksen, ohjausjärjestelmän, käyttöliittymän, mittausohjelmiston, sekä kuvankäsittelyohjelmiston. Kamera ottaa kuvia mitattavasta tuotteesta, jonka jälkeen kuvatieto siirtyy kuvankäsittelyjärjestelmään. Kuvasta suodatetaan pois turha kohina tai esimerkiksi tuotteen ääriiviivojen ulkopuolinen data. Seuraavaksi mittausohjelmisto vastaanottaa datan ja tulkitsee, onko se käyttäjän määritelmän mukainen, toisin sanoen suorittaa konenäkösovelluksen. Ohjausjärjestelmä toimii edellisten järjestelmien selkärankana eli välittää tiedon komponentilta toiselle, sekä ohjaa toimilaitteita päälle ja pois riippuen mittauksen lopputuloksista. Käyttöliittymällä voidaan hallita laitteistoa ja järjestelmä yhdistetään tietokoneeseen, jolloin saatavaa dataa voidaan dokumentoida. (Abdullah 2008, 7.)

3D-anturi on huomattavasti yksinkertaisempi ottaa käyttöön. IFM:n 3D-anturi voidaan ohjelmoida asennus kohteessa ilman tietokonetta, käyttämällä laitteen kahta näppäintä ja neljää esiaseteltua mittausmetodia. Vaihtoehtoisesti anturia voidaan ohjelmoida myös tietokoneella Ethernet-kaapelilla. Anturi itsessään sisältää lähettimen, vastaanottimen ja laskuprosessorin sekä ohjelma- ja laitteistotulkit. (IFM 2009, 5-15.)

Konenäköjärjestelmän toiminta perustuu 2D-kuvien tulkitsemiseen sekä algoritmeihin perustuviin tunnistamistapoihin. Konenäköjärjestelmän 3D-kuva muodostuu useammasta 2D-kuvasta hyödyntämällä ulkoista mittaustietoa kuvan kanssa. 3D-anturit taas perustuvat useamman kuvan ja niiden pisteiden etäisyyksien vertailulla muodostettavan 3D-kuvan tulkitsemiseen. Kiteytetysti voidaan sanoa, että 3D-antureilla saadaan aikaan ”raaka” hahmotelma nopeasti ja edullisesti, kun taas konenäköjärjestelmällä voidaan toteuttaa tarkat ja monimuotoiset tulkinnat, hitaammin ja kalliimmalla. (Abdullah 2008, 4-20.)

3 IFM O3D200 –anturisovelluksen toteutus

3.1 Sovellus

Sovelluksen tarkoitus oli automatisoida pesuun menevien laatikoiden erittely, jossa lihaa sisältävät laatikot ohjataan sivuradalle eli erittelyyn ja pelkästään tyhjät likaiset laatikot pesukoneelle. Automatisointi piti sisällään kameraohjauksen, jolla ohjattiin laatikoiden suunta, sekä sekvenssiohjauksen, jolla päästettiin vain yksi laatikko kerrallaan kameralle. Rataan ja sen ympärille ei voitu tehdä suuria muutoksia, koska radan kummallakin puolella sijaitisivat toiset radat sekä yläpuolella iso ilmastointiputki. Rajoittava tekijä oli myös se, että mekaanisia toimia pystyi lähinnä tekemään vain viikonloppuisin, kun tuotantoa ei ollut johtuen tarkoista hygieniamääräyksistä.

3.1.1 Kohteen esittely

Atria-Suomi Oy:n suurin tehdas sijaitsee Etelä-Pohjanmaan kasvukeskuksen Seinäjoen vieressä Nurmon alueella. Yhteensä koko Atria-konserni työllistää noin 6500 henkeä Suomessa, Ruotsissa, Tanskassa, Virossa ja Venäjällä. (Atria 2014, 1.)

Opinnäytetyön 3D-anturisovellus tuli Nurmon tehtaaseen sianlihan leikkaamoon, pesukoneelle menevien laatikoiden radalle. Radassa on sylinterillä ohjattu kääntö erittelylinjalle, jossa työntekijät voivat tyhjentää lihaa sisältävät laatikot. Työn aloitushetkellä kääntö tapahtui manuaalisesti käsikäyttöisellä paineilmaventtiilillä. Tämä aiheutti sen että, välillä täysinäinen laatikko saattoi joutua pesukoneeseen ja tämä saattoi jopa rikkoa laitteen, mikä aiheutti kalliita korjauksia.

3.1.2 Laitteen esittely

Lihaa sisältävien laatikoiden tunnistamisen olisi voinut toteuttaa kahdella tavalla, vaaka-anturilla tai kameralla. Tässä tapauksessa päädyttiin kameraan, koska haluttiin tietää millaiset mahdollisuudet se tarjoaisi muille sovellutuksille. Kameran etuna oli myös täysin optinen toiminta, koska mekaaniset osat tapaavat kulua ajan saatossa.

Kameran valintakriteerinä oli hinta, saatavuus tulevaisuudessa, sekä yksinkertainen toiminta. Yksinkertainen toiminta takaisi, että jokainen laitospäällikö osaisi huoltaa sitä mahdollisessa vikatilanteessa. Hintaa valintakriteerinä ei tarvinnut perustella, kovasti kilpailulla elintarvikealalla jokainen säästö on osa voittoa. Saatavuus tulevaisuudessa takaa, että vuosienkin päästä on saatavilla varakamera.

IFM:n O3D200 -anturista löytyi halutut ominaisuudet, sekä tarvittava varaosatuki. IFM:n O3D200 on 3D-anturi, joka yhdistää älykkään laskennan ja infrapunakuvausten. Laite valittiin työhön valmistajan luotettavuuden sekä edullisen hinnan takia.

Sekvenssiohjauksessa käytettiin Siemensin LOGO!-logiikkaa, jossa on kahdeksan digitaalista tuloa, sekä neljä digitaalista lähtöä. Logoa käytettiin siksi että releohjaus olisi tullut kalliimmaksi sekä monimutkaisemmaksi.

3.2 Työn aloitus

Työ alkoi keväällä 2014 ja valmistui alkukesästä 2014. Ajaksi oli mitoitettu noin kaksi kuukautta. Työ venyi neljään kuukauteen, johtuen siitä että asennuksia pystyi suorittamaan vain viikonloppuisin ja välillä vain sunnuntaisin.

3.2.1 Asennuksen suunnitelma

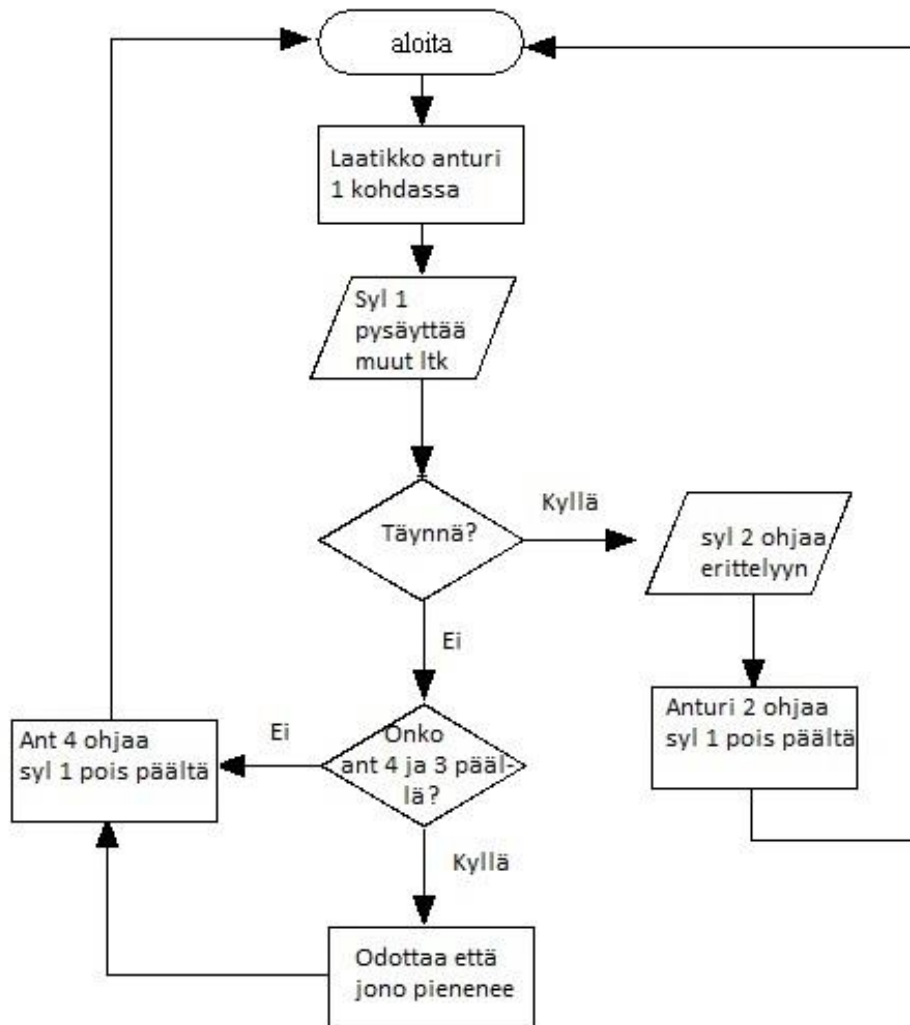
Koska laite tuli elintarviketiloihin, piti se koteloida niin että se kestäisi päivittäistä kuumavesipesua. Ensimmäinen suunnitelma sisälsi tarkoitukseen soveltuvan ruostumattomasta teräksestä valmistetun ja tiivistetyllä kannella olevan pienen sähkökaapin, johon mahtui hyvin anturi sekä tarvittavat komponentit.

Ensimmäinen malli valmistettiin ja sitä sovitettiin, jonka jälkeen todettiin että huolto tuotannon käydessä on lähes mahdoton. Tämän jälkeen päädyttiin malliin, jossa muuntaja, kytkimet sekä muut komponentit asennettiin isompaan koteloon kulkuväylän viereen. Pienempi laatikko, joka sisältää ainoastaan anturin, asennettiin radan päälle. Tämän jälkeen valittiin sopiva kotelotyyppi. Tarkoitukseen parhaiten soveltuivat Fiboksin teknisestä muovista valmistetut asennuskotelot, jotka ovat edullisia sekä eivät aiheuta hikoiluefektia kuten rosterikotelot. Kansilevyyn tuli myös muokata plexistä läpinäkyvä ikkuna, jotta kamera saisi hyvän kuvan.

Asennuspaikka suunniteltiin mahdollisimman lähelle lajittelupistettä ja tietenkin linjaston ylle, että kamera saisi parhaimman kuvan laatikon sisältä. Myöhemmin selvisi, ettei kamera ollut tarpeeksi lähellä lajittelupistettä, ja lajittelu jumiutuisi jos laatikoita tulisi useampi peräkkäin. Ratkaisuna tähän rakennettiin anturisovelluksen tueksi logiikkaohjelma, joka päästää vain yhden laatikon kerralla kameran alle ja lajitteluun.

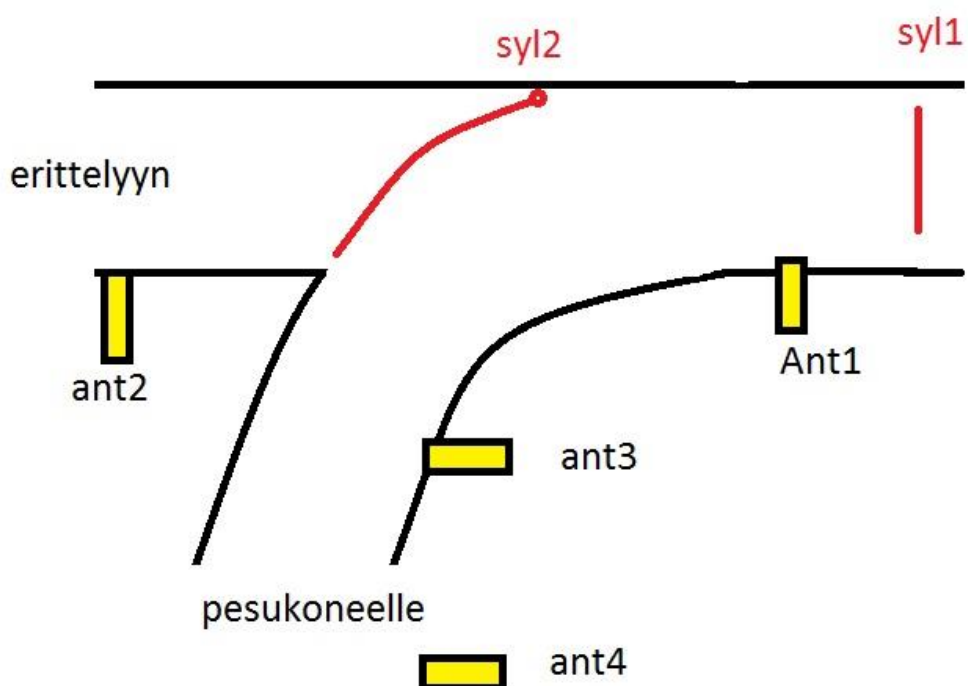
Logiikkaohjelma käyttää linjassa ennestään olevien antureiden dataa hyödyksi ja päästää vain yhden laatikon kerralla anturille. Laatikko matkaa anturi 1:lle, joka antaa tiedon ohjelmoitavalle logiikalle sekä kameralle. Kamera ottaa kuvat ja ohjelmoitava logiikka ohjaa sylinteri 1:n ylös, joka toimii pysäyttimenä eikä päästä muita laatikoita radalle. Sylinteri 2 ohjaa anturin antaman tiedon mukaan laatikon

joko pesuun tai erittelyyn. Sylinteri 1 laskee vasta, kun laatikko saapuu joko anturi 2:n tai anturi 3:n kohdalle. Anturi 3:n kanssa toimii anturi 4 ruuhkarajana eli jos pesukone ei kerkeä pesemään tarpeeksi nopeasti ja rata ruuhkaantuu pysyy sylinteri 1 ylhäällä kunnes ruuhka hellittää.



Ku-

vio 6. Sekvenssi.



Kuvio 7. Rata-layoutsuunnitelma.

Sekvenssijärjestelmässä käytettiin Siemensin LOGO-ohjelmaa, koska releet olisivat tulleet kalliimmiksi. Tulojen ja lähtöjen määrä LOGO!:n perusyksikössä oli riittävä, kahdeksan digitaalista tuloa ja neljä lähtöä, joten lisäkortteja ei tarvittu. Lisäksi LOGO!:n valintaa puolsi muokkaamisen helppous, esim laajennusta varten. (Siemens 2014, 1-10.)

3.3 Työn valmistuminen

Työ eteni suunnitelmien mukaan, vaikkakin aikataulusta jäljessä. Asennuksia tehdessä eteen tuli ongelmia, mutta ei mitään mitä ei olisi voitu ratkaista.

3.3.1 Asennuksen toteutus

Asennuksessa käytettiin ulkopuolisia yrityksiä, joiden kanssa suunniteltiin ja asennettiin anturin teline sekä kaapelointi. Suurin ongelma asennuksissa oli se, että tila on korkean hygienian aluetta ja tällöin ei saatu lupaa asennuksille viikolla, joten kaikki asennukset täytyi toteuttaa viikonloppuisin. Koska usein tuotantoa oli myös lauantaisin, tarkoitti tämä että vain sunnuntaina pystyi tekemään asennuksia.

Oikea asennuspaikka oli tärkein kriteeri, joskin myös suurin syy projektin viivästymiseen. Tarkoitus oli, että kameran olisi saanut asennettua juuri ennen lajitteluhaaraa, jolloin ohjaaminen olisi ollut täysin reaaliajassa. Valitettavasti haaran yllä kulki iso ilmastointikanava noin metrin korkeudella radasta, mikä sulki pois oikean asennuspaikan. Lähin mahdollinen paikka valittiin, joka oli noin 60 cm risteyksestä.

Rataa kuvatessa kamera ohjasi laatikkoa liian kaukaa ja näin ollen jouduttiin risteykseen rakentamaan sekvenssi ohjaus. Sekvenssiohjaus sisältää pysäytyssylinterin, magneettiventtiilin, kolme anturia sekä Siemensin LOGO!:n. LOGO! päästää yhden laatikon, jonka jälkeen LOGO! nostaa pysäytyssylinterin siksi aikaa kunnes pesu tai erittely radan tunnistin tunnistaa ja LOGO! ohjaa sylinterin alas.

Sähköyritys asensi verkkoyhteyden sekä sähköt koteloinnille. Kotelo johdotettiin ja kytkettiin paikalleen. Johdotuksissa käytettiin numeroituja kaapeleita sekä johdon-suojakatkaisijaa, vaikkakin tulo on oman sulakkeen takana keskuksella. Anturin Ethernet kulkee siis kytkimen kautta muutaman metrin päässä olevaan valvomon, jossa se on kytketty sisäiseen verkkoon. Yhteen valvomon koneista asennettiin ohjelmisto, josta voidaan seurata ja muuttaa anturin asetuksia tarvittaessa.



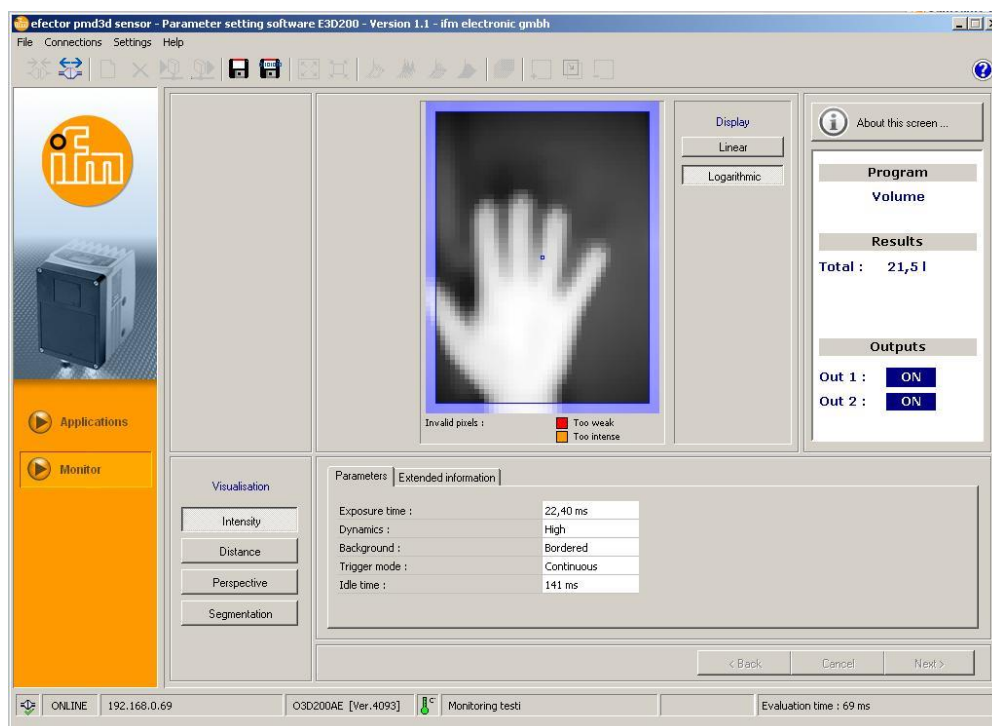
Kuvio 8. Anturin asennus



Kuvio 9. Muuntajakotelointi

3.3.2 Anturin ohjelmointi

Ohjelman käsittely aloitettiin jo ennen kuin kotelointi oli valmis. Muuttujien suuresta määrästä johtuen olisi melkein mahdotonta saada ohjelmaa tehtyä ilman todellista ympäristöä, joten ohjelmointi jäi pelkästään alkeiden opetteluun kunnes asennukset oli suoritettu.

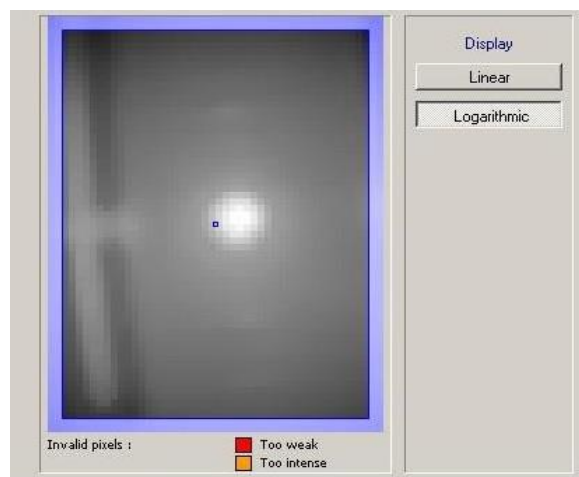


Kuvio 10. Ohjelmaan totuttelua

Kun anturi sekä muut laitteet oli saatu asennettua, jatkettiin anturin ohjelmointia. Anturille opetettiin ensin laskennalliset rajat, jotka sisältävät taustan etäisyyden sekä oletettavan tilavuuden.

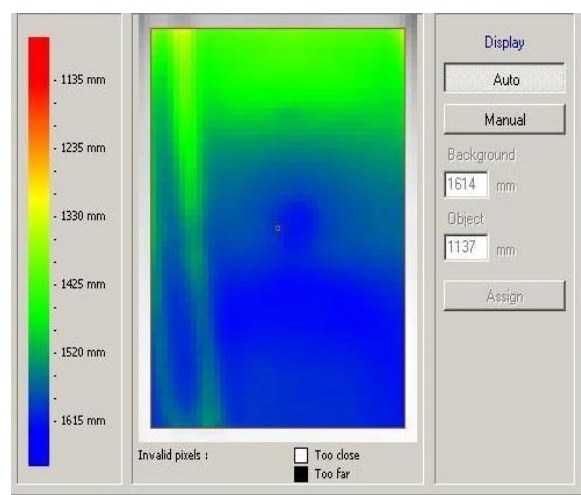
Anturin ohjelmointi oli muutamaa poikkeusta lukuunottamatta suoraviivaista sekä nopeaa. Anturilla on neljä kuvantoa: intensiteetti, etäisyys, perspektiivi sekä segmentti. Jokaisella näistä on omat hyvät puolensa sekä huonot. Kuvannot antavat ohjelmoijalle mahdollisuuden tarkastella otettavaa kuvaa useammalta kannalta.

Intensiteetti-kuvanto on ns. normaalikuva, joka näyttää kylläkin suttuiselta, mutta josta voi hahmoittaa etäisyydet parhaiten. Jos objektista lähtee heijastumaa, voi kuvasta tulla epäselkeä jolloin muu kuvanto on suositeltavaa. (IFM 2014, 15.)



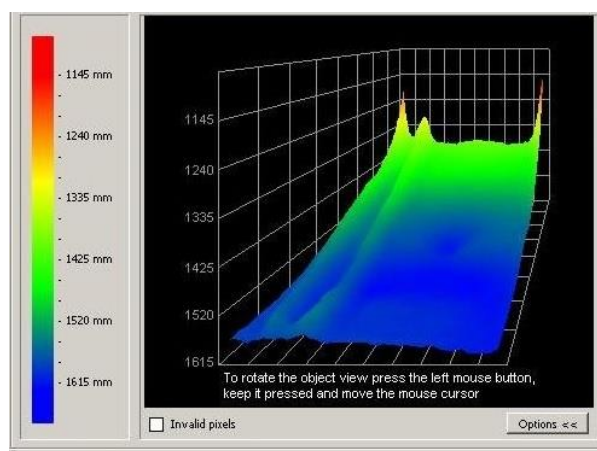
Kuvio 11. Intensiteetti-kuvanto

Etäisyys-kuvannolla voidaan nimensä mukaan tarkastella kuvan etäisyyksiä. Kamera luo automaattisesti skaalan väreille, ellei ohjelmoija ole manuaalisesti asettanut tiettyjä etäisyysrajoja kappaleelle (IFM 2014, 16.) Tässä mainittakoon, että manuaalisesti annetut rajat eivät pysyneet päällä uudelleen käynnistyksen jälkeen, mikä oli firmaren bugi, joka korjattiin seuraavassa päivityksessä.



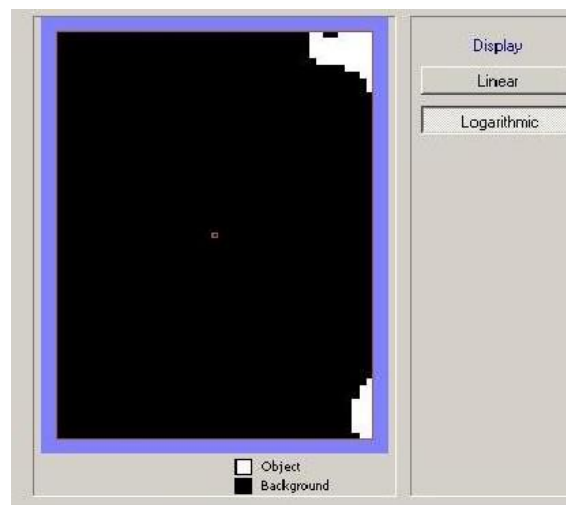
Kuvio 12. Etäisyys-kuvanto

Perspektiivi-kuvanto yhdistää etäisyyden ja kolmannen ulottuvuuden, jolloin tulee erittäin selkeä etäisyys sekä tilavuuskartta (IFM 2014, 17). Valitettavasti käytännössä kyseinen kartta on liian raskas muuhun kuin satunnaiseen katseluun, koska reaaliajassa käytettynä kartta jumittui välillä ja kaatoi koko ohjelman.



Kuvio 13. Perspektiivi-kuvanto

Viimeisenä on segmentti-kuvanto, joka luo kuvattavasta alueesta 2D-kuvan. Tämä kuva on jaettu segmentteihin, jotka etäisyyksien mukaan näkyvät mustana (0) tai valkoisena (1). (IFM 2014, 19.)

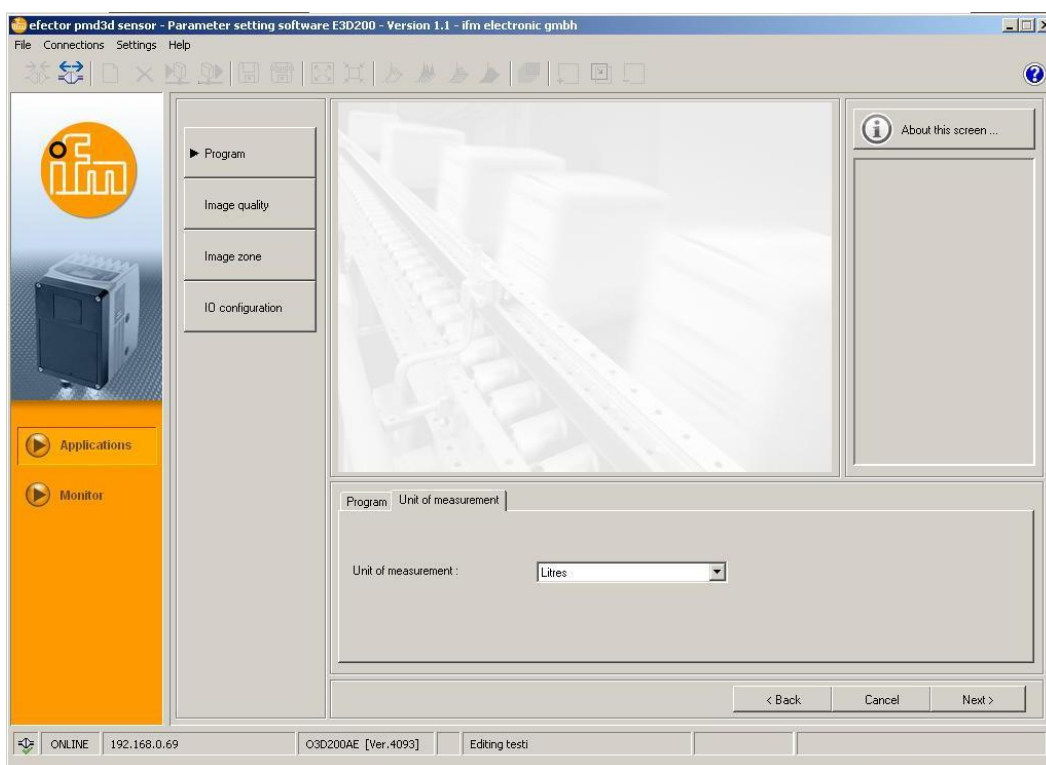


Kuvio 14. Segmentti-kuvanto

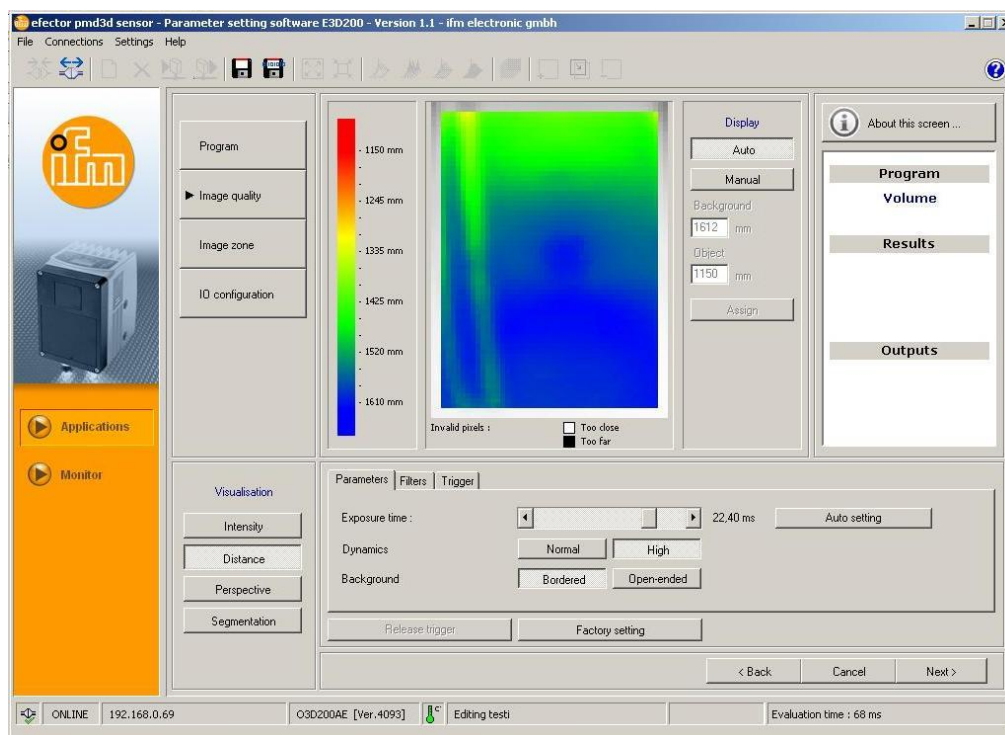
Kuvantoja hyödyntäen ohjelmoitiin alustava ohjelma helposti neljällä askeleella.

1. Valitaan mittayksikkö. Käytännön sovellukseen parhaiten sopivin oli litrat.
2. Määritetään tausta joko automaattiseksi tai manuaalisesti rajatuksi, sekä määritetään valaisuaika: Sovellukseen paras oli automaattinen valaisuaika, koska kappaleen liikenopeus oli verrattaen pieni.
3. Määritetään laskenta-alue, sekä raja-arvot objektin tilavuudelle, sekä minimi- ja maximi-etäisyydelle: Sovellukseen paras oli rajattu alue eli laatikon sisäpinta ja manuaaliset etäisyysarvot.
4. Määritetään lähdöille kytkentäraajat: Työhön sopivat arvot olivat oletuskoko 20 l ja kytkentä rajaksi 7 l. Tällöin virheitä huolimatta ne, joissa oli hieman isompia lihan paloja, tulisi hylätyiksi.

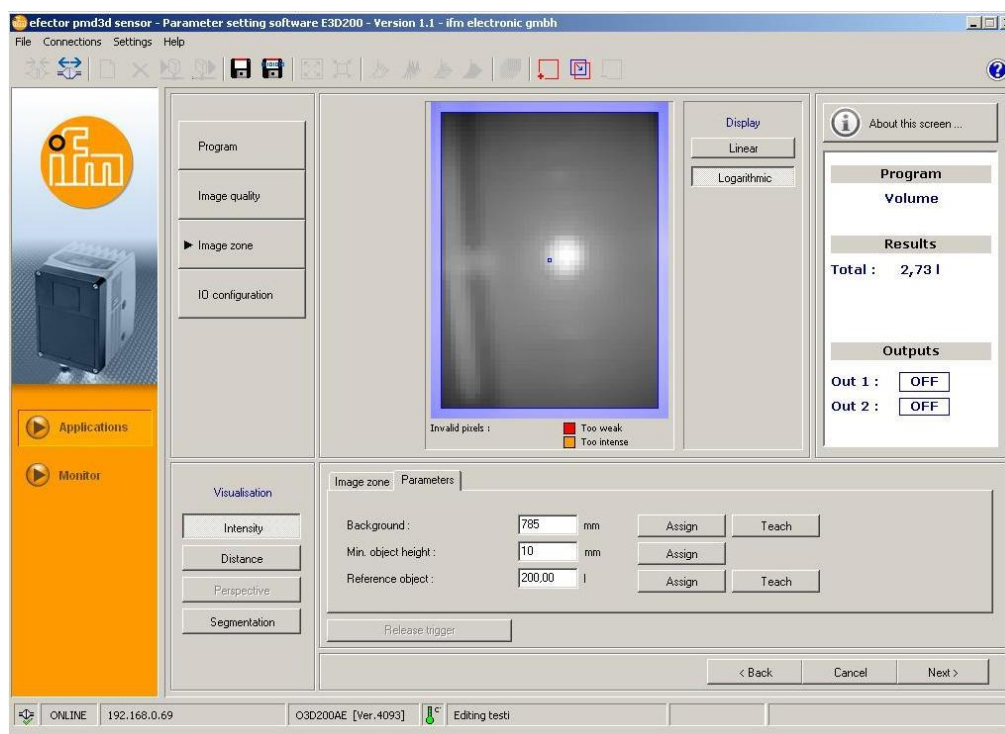
Ohjelman lataaminen anturille ei aluksi onnistunut millään, mutta onneksi tämä korjaantui firmwaren päivityksellä, sekä muutamalla uudelleen käynnistämisellä. Tämän jälkeen ohjelma toimi hienosti hyljäten täydet laatikot. Vähän kerrallaan laskettiin rajaa, jotta vain neljäsosaa ja siitä täydemmät laatikot hylättäisiin.



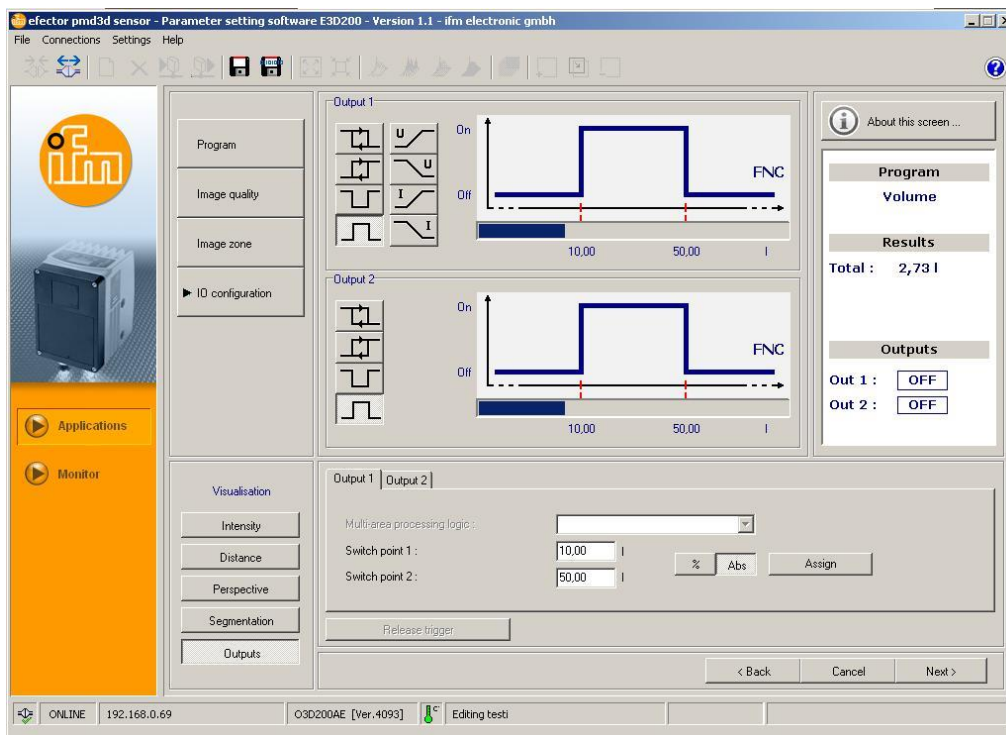
Kuvio 15. Ohjelmointiaskel 1



Kuvio 16. Ohjelmointiaskel 2



Kuvio 17. Ohjelmointiaskel 3



Kuvio 18. Ohjelmointiaskel 4

3.3.3 Käyttöönotto

Käyttöönotossa suurimmiksi vioiksi paljastuivat jo ennalta odotetut kosteusongelmat. Lämpötila on viileä ja päivän päätteeksi pesijät pesevät laitteistot paineella ja kuumalla vedellä, jolloin kotelointiin kondensoituu vettä aina vähän. Kondensoitunut vesi väärästi hieman mittausarvoja jolloin rajoja piti muuttaa. Viikon käytön jälkeen tila normalisoitui ja oletuksena on että anturin tuottama pieni lämpö auttaa hävittämään osan kondenssivedestä, koska nyt laite on toiminut hyvin. Toinen ongelmatilanne tuli uudelleen käynnistäessä, jolloin laite ei ollut osannut ladata oikeita tietoja ja ajoi väärällä datalla. Tämä ongelma korjaantui uudelleen tehdyllä asetusten siirrolla ja laitteen uudelleenkäynnistyksellä.

Työn osa-alueena käyttöönotto oli selkeästi hankalin vaihe, koska jatkuvasti suuria määriä lihaa liikkui ja tyhjen laatikoiden piti päästä pesuun, jolloin hienosäätöön ei paljoa jäänyt aikaa.

4 Johtopäätökset

3D-anturi laitteena oli huomattavasti odotettua helpompi ottaa käyttöön sekä yllättävänkin suojea ympäristön peilauksille ja valaistukselle. Normaaleilla antureilla toteutettuna kyseinen työ olisi ollut hankalaa ja tulos epäluotettava. Konenäköjärjestelmä olisi ollut liian monimutkainen sekä kallis.

Heikoin ominaisuus on tietenkin se, että elektroniikkalaitteet ovat aina olleet ja tulevat olemaan herkkiä kosteudelle. Elintarviketeollisuudessa kaikki on pestävä päivän päätteeksi, mikä aiheuttaa kondenssiveden kertymisen kotelointiin. Kondenssiveden torjumiseen toimivat ratkaisut ovat lämpö sekä alipaine. Opinnäytetyössä huomattiin että lämpö auttaa haihduttamaan illalla kondensoituneen veden koteloinnista pois. Laitosmiehiä ohjeistettiin, että mahdollisesta kondenssivedestä aiheutuvat ongelmat voidaan myöhemmin korjata vetämällä ylipaine koteloinnille.

Rajun pesun takia rasioille täytyi rakentaa lipat, ettei vesi jäisi rasian päälle.



Kuvio 19. Pesusuoja

5 Pohdinta

Suurin ongelma kohdattiin asennuksissa, joissa ei huomioitu tarpeeksi sitä että ainoastaa yhtenä päivänä viikosta oli mahdollisuus työskennellä. Korkean hygienian tiloissa ei asennuksia voitu suorittaa tuotannon ollessa käynnissä. Tästä johtuen jäätettiin jatkuvasti aikataulusta. Lopuksi kuitenkin saatiin asennettua ohjausyksikkö ja teline.

Ongelmaksi muodostui myös se ettei anturissa itsessään ollut viivästettyä päälle ohjausta. Tämä tarkoitti, että rata jumittaisi jos kahdesta laatikosta ensimmäinen hyljättäisiin ja toinen päästettäisiin pesuun. Ratkaisuksi ongelmaan kehiteltiin loogikkaohjelma Siemensin LOGO!-ohjelmistolla, sylinterillä ja hyödyntämällä radan vanhoja antureita. Tämä viivästytti valmistumista muutamalla viikolla, mutta ratkaisi ongelman.

3D-antureita voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää erityisesti valvontatehtävissä, joissa hieman epämääräisiä suureita tulee valvoa. Esimerkkinä tästä on neste-mäisten elintarvikesuureiden mittaus. Koska jokaiseen 200 litran astiaan ei kannata rakentaa omaa mittausjärjestelmää, voisi pumppauspaikan päälle nopeasti asentaa 3D-anturin, joka valvoisi kulloinkin käytössä olevaa astiaa ylhäältä ja antaisi hälytyksen, kun tuote on loppumassa. Vaihtoehtoisesti voitaisiin leikkauslinjal-la mitata hävikkituotteiden määrää jäteastiasta.

LÄHTEET

Abdullah, Z. 2008. Image Acquisition Systems. Teoksessa Sun, D-W.(toim.) Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation ()

Biswas, S. & Lovell, B.C. 2008. Bezier and Splines in Image Processing and Machine Vision. London: Springer ()

Lihakunta. 2014. Historia. [verkkokirja]. Lihakunta. [viitattu 22.4.2014]. Saatavissa: <https://www.lihakunta.fi/oktajatus/historia/Pages/Historia.aspx>

IFM. 2009. Operation instructions. [verkkokirja]. Ifm Electronic. [viitattu 22.4.2014]. Saatavissa: <http://www.ifm.com/mounting/704538UK.pdf>

IFM. 2010. PC operating program for efector pmd3d. [verkkokirja]. Programming manual. [viitattu 15.6.2014]. Saatavissa: <http://www.ifm.com/mounting/704558UK.pdf>

Leach R. 2011. Optical Measurement of Surface Topography. [verkkokirja]. Springer. [viitattu 12.8.2014]. Saatavissa: http://books.google.fi/books?id=P5klmW7OP-sC&pg=PA23&dq=3D+optical+sensor&hl=fi&sa=X&ei=9AfrU-yUO-uid4QSw_ICADw&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=3D%20optical%20sensor&f=false

Peterson C. 2001. How It Works: The Charged-Coupled Device, or CCD. [verkkokirja]. Journal of Young Investigators. [viitattu 20.8.2014]. Saatavissa: <http://legacy.jyi.org/volumes/volume3/issue1/features/peterson.html>

Siemens. 2014. Käsikirja versiosta 0AB6. [verkkokirja]. LOGO! käsikirja.[viitattu 5.9.2014]. Saatavissa: http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/logo/logo-kasikirja-versio-0ba6.pdf

Harley R. M. 1998. Fundamentals of machine vision. [verkkokirja]. The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. [viitattu 1.10.2014]. Saatavissa: <http://books.google.fi/books?id=GOYRxmoTnRkC&pg=PA36&dq=machinevision+in+automation&hl=fi&sa=X&ei=w9dqVMGEF6bgYQOe-YGYCg&ved=0CGkQ6AEwBw#v=onepage&q=machinevision%20in%20automation&f=false>

- Shafer, D.A. 1999. Successful Assembly Automation. [verkkokirja]. Society of Manufacturing Engineers. [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://books.google.fi/books?id=aSR8P8OH4UIC&pg=PA143&dq=machinevision+in+automation&hl=fi&sa=X&ei=w9dqVMGEF6bgyQOe-YGYCg&ved=0CHgQ6AEwCQ#v=onepage&q=machinevision%20in%20automation&f=false>
- Atria. 2014. Atria Suomi. [verkkokirja]. Atria Suomi. [viitattu 10.7.2014]. Saatavissa: <http://www.atriagroup.com/atria-konserni/AtriaSuomi/Sivut/default.aspx>
- Earnshaw M.A. 1992. Advances in machine vision. [verkkokirja] [viitattu 26.8.2014]. Saatavissa: <http://books.google.fi/books?id=GMxaaMXbX8sC&printsec=frontcover&dq=advances+in+machine+vision&hl=fi&sa=X&ei=OVF3VKeKO-v-ywOu2IKICg&ved=0CC0Q6AEwAA#v=onepage&q=advances%20in%20machine%20vision&f=false>
- IFM. 2014. IFM O3D200. [www-lähde]. IFM. [viitattu 25.10.2014]. Saatavissa: <http://www.ifm.com/products/ind/ds/O3D200.htm>