

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
School of Energy Systems
Electrical Engineering

Joonas Halinen

Machine vision specification for unit pouch inspection

Master's Thesis

2017

72 pages, 18 figures and 4 tables

Examiners : Professor Pertti Silventoinen
M.Sc. Tua Wikström

Keywords: machine vision, requirement, requirement specification, unit pouch

Mölnlycke Health Care is one of the world leading single-use surgical and wound care product manufacturers. This Master's thesis researched the possibility of inspecting unit pouches containing medical devices with machine vision. Research focused on one specific production line that produces different kind of wound care products. The evaluation of production line current state gave the product features to be inspected with the machine vision system. The inspectability of the product features were researched with machine vision suppliers. Suppliers presented their offers for most suitable machine vision system for the application based on research. The suppliers offers were compared to determine the best option for the application.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Mölnlycke Health Care Oy:tä mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta sekä mahdollisuudesta tehdä diplomityö heidän alaisuudessaan. Suuri kiitos työtä ohjanneille Tua Wikströmille ja professori Pertti Silventoiselle työn erinomaisesta ohjaamisesta ja rakentavan palautteen antamisesta sen eri vaiheissa. Haluan kiittää myös koko tehtaan henkilöstöä diplomityön aikana saamastani tuesta ja avusta.

Suuri kiitos perheelleni ja ystäväilleni kaikesta siitä tuesta ja kannustuksesta, jonka olen saanut koko opintojeni ajan. Olette auttaneet minua jaksamaan elämässä eteenpäin ja haastamaan itseäni opinnoissa sekä vapaa-ajalla. Kiitokset myös opiskelukavereilleni kaikesta avusta opintojen aikana, ilman teitä olisi moni asia vielä vaiheessa.

Joonas Halinen

Mikkelissä 17.10.2017

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	8
1.1	TAUSTA	8
1.2	TAVOITTEET JA RAJAUKSET	9
1.3	TYÖN RAKENNE	9
1.4	TOIMEKSIANTAJA	10
2	KONENÄKÖ	11
2.1	JÄRJESTELMÄN TOIMINTA	11
2.2	KAMERA JA KUVAN MUODOSTAMINEN	14
2.3	VALAISTUS	17
3	VAATIMUSTENHALLINTA JA VAATIMUSMÄÄRITTELY	20
3.1	VAATIMUSTEN OMINAISUUDET	21
3.2	VAATIMUKSEN SISÄLTÖ JA KOHTEET	21
3.3	VAATIMUKSIEN MUODOSTAMINEN JA KERÄÄMINEN	23
3.4	VAATIMUSTEN KRIITTISYYS.....	24
3.5	VAATIMUSTEN TÄYTTYMISKRITEERIT.....	25
3.6	VAATIMUSMÄÄRITTELYDOKUMENTTI	25
4	TOIMITTAJIEN JA TARJOUSTEN VERTAILU	28
4.1	HANKINTASTRATEGIA.....	29
4.2	TOIMITTAJIEN JA TARJOUSTEN ARVIOIMINEN.....	31
4.2.1	<i>Toimittajatarpeen tunnistaminen ja toimittajien kartoittaminen</i>	31
4.2.2	<i>Tarjousten vertailumenetelmät</i>	31
4.2.3	<i>Arviointikriteerit</i>	32

4.2.4	<i>Tarjousten arvostelu ja valinta</i>	34
4.3	TOIMITTAJIEN KILPAILUTUS JULKISEN SEKTORIN HANKINNOISSA	38
5	TUOTTEENVALMISTUS JA JÄRJESTELMÄN NYKYTILA	41
5.1	TUOTTEET JA NIIDEN VALMISTAMINEN	41
5.2	HYLKÄYSSEURANNAN NYKYTILAN TOIMINTAKUVAUS	44
6	KAMERAJÄRJESTELMÄN MÄÄRITTELY	45
6.1	VAATIMUSMÄÄRITTELYDOKUMENTIT YRITYKSESSÄ	45
6.2	KONENÄKÖJÄRJESTELMÄLLÄ TARKISTETTAVAT TUOTEOMINAISUUDET	47
6.3	KAMERAJÄRJESTELMÄSSÄ HUOMIOITAVAT ASIAT	49
6.4	VAATIMUSTEN MÄÄRITTELEMINEN KAMERAJÄRJESTELMÄLLE.....	51
7	RATKAISUJEN MUODOSTAMINEN JA ARVOSTELU	53
7.1	TOIMITTAJA A	54
7.2	TOIMITTAJA B.....	57
7.3	TOIMITTAJA C.....	59
7.4	TOIMITTAJA D	60
7.5	LAITEVALMISTAJIEN TARJOAMIEN RATKAISUJEN ANALYSOINTI JA VERTAILU	61
8	TULOKSET	64
9	YHTEENVETO	65
10	LÄHTEET	67

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

CCD	Charge Coupled Device, valoherkkä kenno
CE-merkintä	Valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor, mikropiiritekniikka
EC	European Commission, Euroopan unionin toimielin
FAT	Factory Acceptance Test, tehdastestaus
FDA	Food and Drug Administration, Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisointijärjestö.
SAT	Site Acceptance Test, hyväksymistestaus
SFS	Suomen Standardoimisliitto
TULE-sairaudet	Tuki- ja liikuntaelinsairaudet
VDI	Saksalainen insinööriyhdistys
4SS	Four-Side-Seal, pakkauskoneen käyttämä sinetöintitekniikka

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Toistotyö, väärät työasennot sekä työtavat ovat merkittävä TULE-sairauksien (tuki- ja liikuntaelinsairaudet) aiheuttaja. Pitkään jatkuva yksipuolinen kuormitus voi aiheuttaa kipuja ja rasitusvammoja, kuten jännetuppitulehduksia. Työntekijälle aiheutuneen kivun lisäksi poissaolot aiheuttavat työnantajalle miehistövajausta työvuoroihin tai konekuormien kasvua tekemättömän työn muodossa. Vuonna 2016 tuki- ja liikuntaelinsairauksien hoitoon määrättiin lääkkeitä 1,9 miljoonalle saajalle, joita oli 250 000 edellisvuotta enemmän. Tilastot osoittavat, että Kansaneläkelaitoksen korvaamista sairauspäivärahoista noin 30 % muodostuu tule-sairauksien aiheuttamista sairaslomista. [1]

Nykytilanteessa tuotantokoneiden pakkauspäässä työntekijät tarkastavat tuotteet visuaalisesti selaamalla tuotepakkaukset yksitellen läpi. Tuotteiden käsin tarkastamisesta halutaan päästä eroon sen aiheuttamien haittavaikutusten takia ja ratkaisuna tähän tutkitaan mahdollisuutta tarkastaa yksikköpakatut tuotteet hyödyntäen kameranäköä.

Yksikköpakkauksen tarkoitus on suojata sisältämäänsä tuotetta ja mahdollistaa sen sterilointi. Suojaominaisuudet perustuvat pakkausmateriaalien suoja-kerroksiin, joiden ansiosta bakteerit eivät läpäise yksikköpakkausta ja tuote pysyy steriilinä pakkauksen avaamiseen saakka. Yksikköpakkauksen toimimiseksi vaaditulla tavalla, täytyy sen pakkausmateriaalien olla ehjiä ja pakkauksen saumojen tiiviit. Tuotteiden käsin tarkastamisen lopettamiseksi kamerajärjestelmän täytyy pystyä luotettavasti havaitsemaan virheet yksikköpakkauksen saumauksessa tai virheet materiaaleissa. Saumassa oleva ryppe, kanava tai likapartikkeli voi tehdä yksikköpakkauksesta epätiivin ja vaarantaen näin sisällä olevan tuotteen steriiliyden.

Toteuttamalla automaattinen laadunvalvontajärjestelmä konenäöllä, saavutetaan etuja niin nopeuden, laadun kuin tarkkuudenkin suhteen verrattuna ihmissilmään joka väsy. Kameranäköjärjestelmällä pystytään tarkastamaan jopa tuhansia kohteita minuutissa ja mittaamaan tuotemittoja koskematta tuotteeseen. Kameranäköön perustuvalla

laadunvalvontajärjestelmällä saadaan ihmiseen verrattuna laadullisesti tasaisempi lopputulos, sillä kameranäkö toimii sille asetettujen rajojen mukaisesti eikä täten hylkää aistinvaraisesti tuotteita kuten ihminen. [10]

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työ keskittyy vaatimusmäärittelyn teoriaan, kamerajärjestelmän vaatimusmäärittelyn suunnitteluun sekä valmiiden toteutuksien vertailemiseen. Työn tavoitteena on muodostaa vaatimusmäärittely kameranäköjärjestelmälle. Työssä tutkitaan täyttääkö laitevalmistajien tarjoamat ratkaisut järjestelmälle asetetut vaatimukset sekä vertaillaan laitevalmistajien tarjouksia. Työn tavoitteena on parhaiten sovellukseen sopivan järjestelmän ehdottaminen.

Tavoitteen saavuttamiseksi työssä tutustutaan tuotteenvalmistusprosessiin sekä siinä esiintyviin ongelmakohtiin, joiden pohjalta lähdetään suunnittelemaan vaatimusmäärittelyä kamerajärjestelmälle. Vaatimusmäärittelyn luomiseksi tutustutaan yrityksessä tehtäviin vaatimusmäärittelydokumentteihin sekä niiden sisältöön.

Työ rajattiin käsittelemään Mepilex-tuotteita valmistavaa tuotantokonetta ja sen pakkauskonetta, jonka valmistamia yksikköpakkauksia sekä niiden sisältämiä tuotekohtaisia ominaisuuksia tarkastellaan. Yksikköpakkauksien tarkastelun ja koneen asettamien rajoitteiden pohjalta tehdään vaatimusmäärittely kamerajärjestelmälle.

1.3 Työn rakenne

Kappaleessa kaksi tutustutaan lyhyesti konenäköön ja sen toimintaperiaatteeseen, järjestelmän osiin ja erilaisiin valaisumenetelmiin. Kappaleessa kolme käsitellään vaatimustenhallinnan perusteita ja vaatimusmäärittelyä sisällöllisesti.

Kappaleessa neljä käsitellään tarjousten vertailemista ja niiden arviointiperusteita. Kappaleessa viisi analysoidaan tuotteenvalmistusprosessin nykytilaa sekä yksikköpakkauksien tuotekohtaisia ominaisuuksia, joita kamerajärjestelmällä voidaan havainnoida. Lisäksi tutustutaan hylkäysjärjestelmän toimintaperiaatteisiin.

Kappaleessa kuusi käsitellään työn pääaihetta eli kameranäköjärjestelmää ja sen vaatimusmäärittelyä. Vaatimusmäärittelyn luominen aloitetaan tutustumalla yrityksessä

tehtäviin vaatimusmäärittelydokumentteihin yleisesti, jonka pohjalta luodaan kameranäköjärjestelmälle vaatimusmäärittelyn pohja aikaisemmin esitetyn sisällön mukaisesti.

Kappaleessa seitsemän käydään läpi ratkaisuvaihtoehtojen muodostaminen laitevalmistajien kanssa sekä esitellään laitevalmistajien tarjoamat laiteratkaisut. Kappaleen lopussa vertaillaan laitevalmistajien tarjoamia ratkaisuja toisiinsa ja lopputuloksena ehdotetaan parhaiten sovellukseen sopivaa kamerajärjestelmää

Kahdeksannessa kappaleessa käsitellään vertailusta saatuja tuloksia sekä esitetään parhaiten sovellukseen sopivaa laiteratkaisua. Työn viimeisessä kappaleessa on yhteenveto, jossa kerrotaan lopputuloksesta ja analysoidaan niitä.

1.4 Toimeksiantaja

Mölnlycke Health Care Oy on yksi maailman johtavista kertakäyttöisten leikkaussali- ja sairaanhoitotuotteiden valmistajista ja työllistää noin 7500 ihmistä 90 maassa maailmanlaajuisesti. Mikkelin tehdas työllistää 400-500 henkilöä ja tehtaalla valmistetaan 85 prosenttia koko konsernin haavanhoitotuotteista, joka on noin 350 miljoonaa haavanhoitotuotetta joka vuosi.

2 KONENÄKÖ

Konenäkö on todellisuuden mallintamista kuvien avulla. Konenäköjärjestelmän avulla valvotaan prosessin kulkua ja laatua analysoimalla kuvia pyrkien löytämään niistä haluttu informaatio. Kameranäköjärjestelmä koostuu kamerasta, kuvankäsittelykortista, valaistuksesta ja tietokoneesta. Tietokone sisältää mittausohjelmiston, ohjausjärjestelmän ja käyttöliittymän. [10][16]

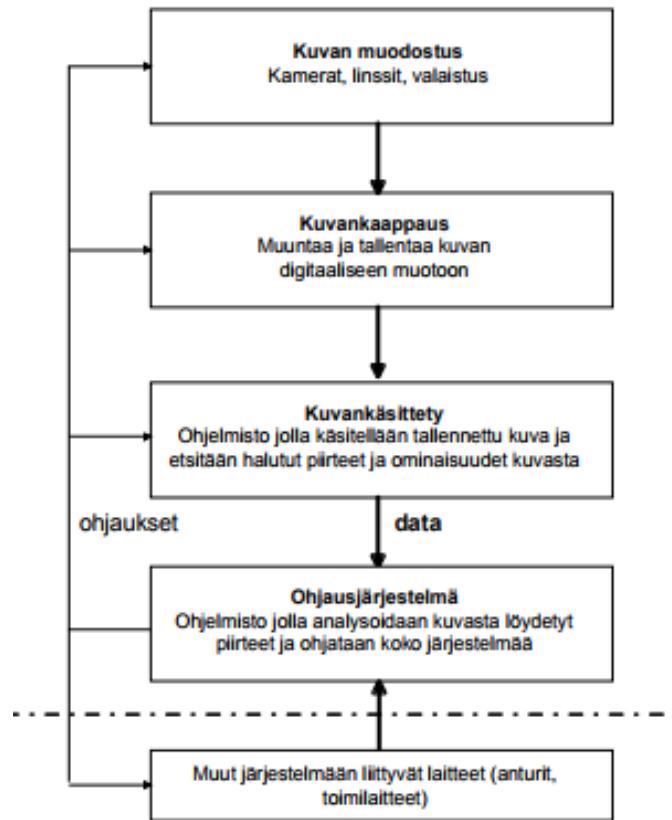
Kameranäköjärjestelmä ei täysin pysty korvaamaan ihmissilmän hahmotus- ja erottelukykyä. Kuitenkin kameranäköjärjestelmässä on etunsa ihmissilmään verrattuna. Suorittaessa tarkkanäköisyyttä vaativaa tehtävää toistuvasti, ihmissilmä väsyä ja turtuu toimintaan. Kameranäköjärjestelmissä pystytään korvaamaan työntekijöitä rasitusta aiheuttavissa ja toistotyötä vaativissa työtehtävissä. Konenäön yleisimpiä sovelluksia onkin automaattinen laadunvalvonta, jossa liukuhihnalla olevia tuotteita tarkastetaan ja vialliset tuotteet poistetaan. [17][21][23]

2.1 Järjestelmän toiminta

Konenäköjärjestelmä koostuu neljästä osa-alueesta:

1. Kuvan muodostaminen
2. Kuvankaappaus
3. Kuvankäsittely
4. Ohjausjärjestelmä

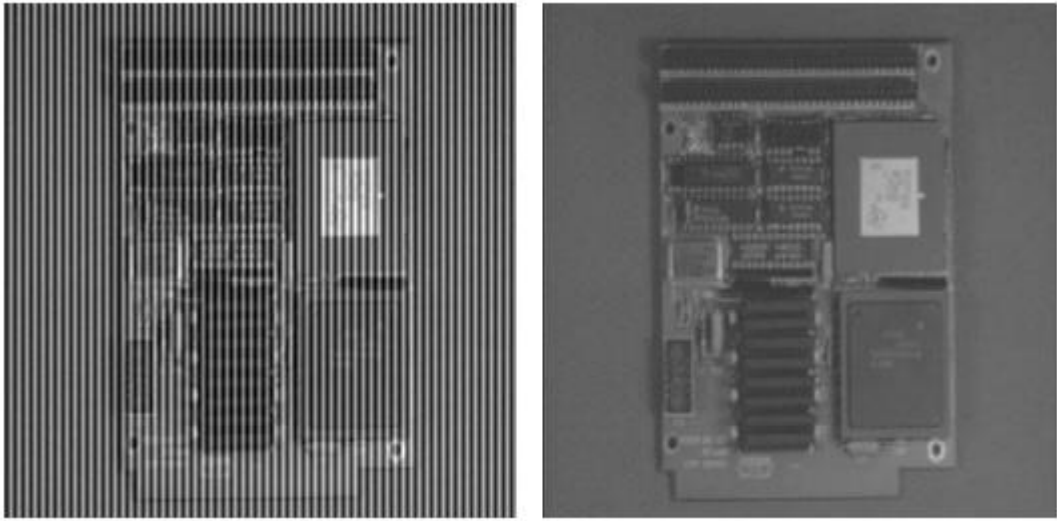
Osa-alueiden välinen yhteys toisiinsa on esitelty kuvassa 2.1.



Kuva 2.1 Konenäköjärjestelmän neljä osaa; Kuvan muodostaminen, kuvankaappaus, kuvankäsittely ja ohjausjärjestelmä. Viidentenä osana on esitetty konenäköjärjestelmään liittyviä automaatiojärjestelmän muita laitteita ja antureita. [20]

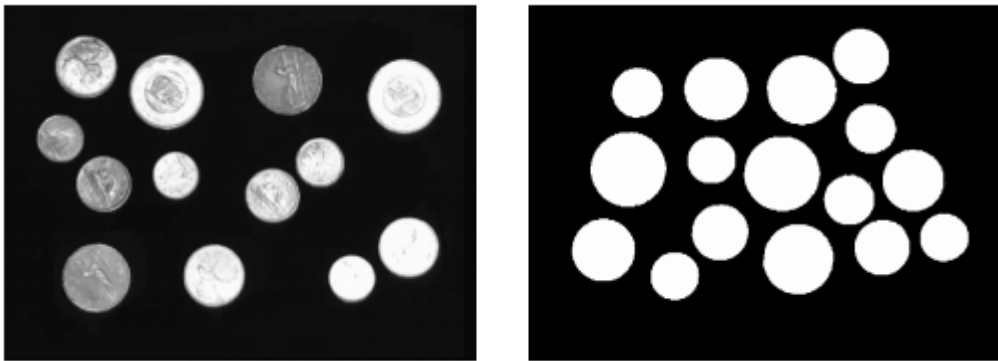
Kuvankaappauksessa kameran muodostama kuva tallennetaan ja muunnetaan digitaaliseen muotoon. Tämän jälkeen kuva siirretään kuvankäsittelyyn. Kuvankaappaus voidaan suorittaa analogisesta tai digitaalisesta signaalista. Analoginen signaali on kuitenkin ensin muutettava digitaaliseksi. [20] [17] [23]

Kuvankäsittelyssä kuvaa käsitellään niin, että ohjelmiston avulla siitä voidaan tarkistaa haluttuja ominaisuuksia. Kuvankäsittelyn tarkoitus on löytää kuvasta oleellista tietoa konenäköjärjestelmälle. Kuvankäsittely muodostuu esikäsittelystä, segmentoinnista, tunnistuksesta ja tulkinnasta. Esikäsittelyssä kohteesta otetusta kuvasta suodatetaan häiriötaajuuksia kuvan 2.2 esimerkin mukaisesti ja erotellaan pienempiä alueita tarvittaessa laskentaprosessin nopeuttamiseksi. [20] [17]



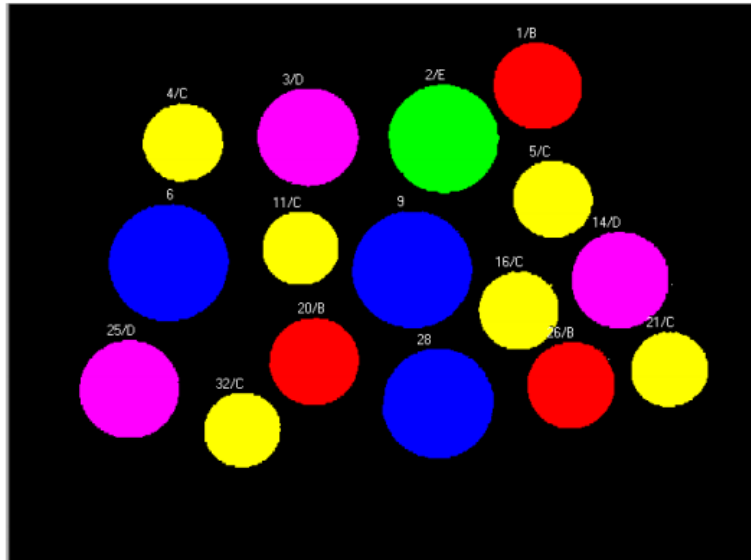
Kuva 2.2 Kuvan esikäsittelyssä kameran ottamasta kuvasta suodatetaan häiriötaajuuksia pois kuvan selkeyttämiseksi. [20]

Segmentoinnissa kuvaa muokataan siten, että oleelliset piirteet erottuvat paremmin. Esimerkki kuvattavan kohteen segmentoinnista on esitetty kuvassa 2.3. Kuvan tunnistamisessa otettua kuvaa verrataan kuva-arkistossa oleviin kuviin hyväksytyistä ja hyläytyistä tuotteista. Kuva tunnistetaan jos se on riittävän samankaltainen referenssikuvan määriteltyjen kriteerien kanssa. [20]



Kuva 2.3 Kuvan segmentoinnissa kameran ottamaa kuvaa muokataan oleellisten piirteiden tunnistamiseksi paremmin [20]

Tulkinnassa kohteesta otettua kuvaa tutkitaan ja siitä erotellaan haluttuja piirteitä kuten mittoja, muotoja, kokoa tai kuvattavan kappaleen asentoa kuten kuvan 2.4 esimerkissä on tehty. Tulkinnan pohjalta tehdään analyysi kuvan sisältämästä informaatiosta. [20]



Kuva 2.4 Kuvattavan kohteen tulkinnassa kuvaa tutkitaan ja siitä erotellaan haluttuja piirteitä. Esimerkkikuvankappaleet on lajiteltu niiden koon mukaan [20]

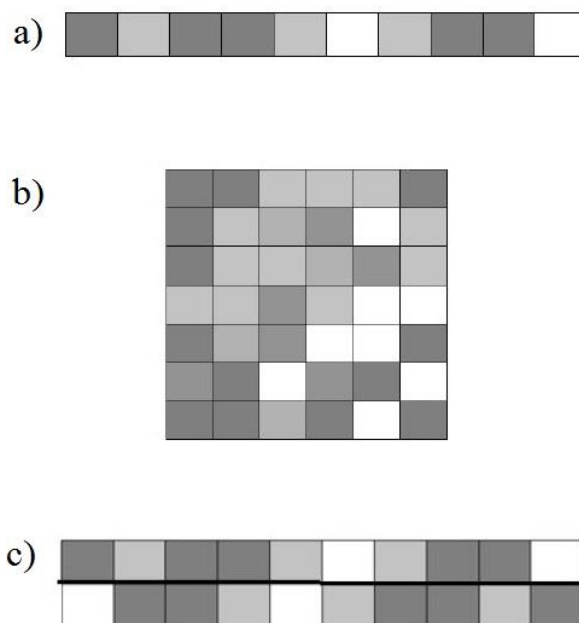
Konenäköjärjestelmän ohjausjärjestelmä on tietokoneessa tai logiikassa toimiva ohjelma, jonka tehtävä on ohjata prosessia. Järjestelmän ohjaus tapahtuu analysoimalla kuvankäsittelyssä havaittuja piirteitä. Muut järjestelmään liittyvät laitteet kuten anturit ja toimilaitteet toimivat yhteistyössä kameranäköjärjestelmän kanssa. [17]

2.2 Kamera ja kuvan muodostaminen

Kuvan muodostaminen koostuu kamerasta, sen optiikasta ja valaistuksesta. Kameran tehtävä on kerätä dataa kuvattavasta kohteesta. Tavallisesti konenäkökamerat ottavat harmaasävykuvia pienemmän datamäärän ja paremman valoherkkyyden takia. Kamera sisältää optiikan, jolla tuotteesta heijastuva valo siirtyy valoherkälle kennolle, joka koostuu varausyksiköistä eli pikseleistä. Kameran resoluutio määräytyy kennon sisältäminen kuvaelementtien mukaan. Kameralta jaetaan niiden käyttämän kennon muodon mukaan viiva- ja matriisikameroihin sekä kennot niiden tekniikan mukaan Charge Coupled Device (CCD)- ja Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)-kennoihin [16] [17] [19]

Kameran optiikkaa kohdistaa kuvattavan kappaleen kennolle. Optiikan valintaan vaikuttavat haluttu polttoväli, kiinnitys ja kennon koko. Kameran linssin täytyy tarkentaa kuva vähintään kennon kokoiselle alalle. Optiikkaan ja linssien valintaan täytyy kiinnittää erityistä huomiota, jos halutaan erottaa tarkkoja yksityiskohtia kuvasta. [24]

Viivakameroissa kuvaelementit ovat yhdessä rivissä kun puolestaan matriisikameroissa kuvaelementit muodostavat matriisin vaaka- ja pystysuunnassa. Perinteisestä viivakamerasta on myös kehitetty kaksoisviivakamera, jossa on kaksi kuvaelementtiriviä rinnakkain. Näin käytössä olevien pikselien määrä sekä kennon valoherkkyys saadaan tuplattu ilman että kuvankäsittely hidastuu merkittäväksi. Erilaiset kuvaelementtityypit on esitelty kuvassa 2.5. [16]

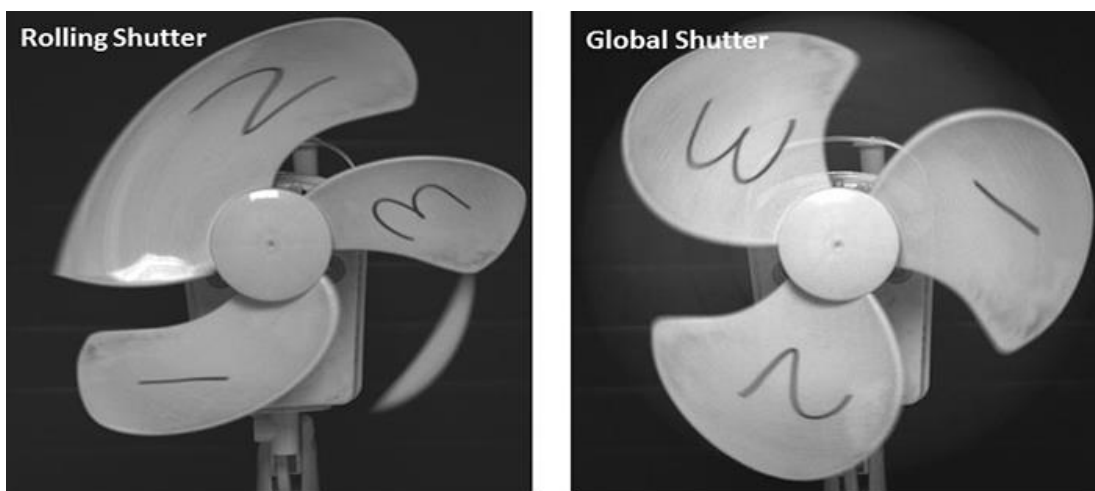


Kuva 2.5 Erilaiset kamerakennotyyppit: a) Viivakenno b) Matriisikenno c) Kaksoisviivakenno. Viivakameroissa kuvaelementit ovat yhdessä rivissä, matriisikennoissa puolestaan vaaka- ja pystysuunnassa [17]

Matriisikennossa on kuvaelementtejä kahdessa suunnassa, joten matriisikameran kuva on kaksiulotteinen kun vastaavasti viivakameran kuva on yksiulotteinen. Tasaisesti liikkuvaa rataa kuvattaessa, jossa ei ole toistuvaa kuviota on matriisikameralla lähes mahdotonta kuvata koko rataa. Tällöin kuva täytyy muodostaa yhdistämällä yksittäiset kuvat toisiinsa. Viivakameroiden kuvanmuodostus on nopeaa ja valotusaika erittäin lyhyt, jonka takia viivakameroita käytetään reaaliaikaisissa sovelluksissa. [21] [17]

CCD ja CMOS ovat kuvanmuodostuksessa käytettäviä kennotyyppejä. CCD-kennoissa muunnos varauksesta signaaliksi suoritetaan kennon ulostulon avulla muuttamalla varaus jännitteeksi, jolloin lähtevä signaali ovat analoginen. Vastaavasti CMOS-kennoissa muunnos suoritetaan yksittäisissä pikseleissä, jolloin lähtevä signaali on digitaalisessa muodossa. CMOS-kennolla voi kuvan laadullinen yhtenäisyys kärsiä CCD-kennoon verrattuna, mutta muunnoksen suorittaminen on paljon nopeampi. Myös virrankulutus CMOS-kennossa on pienempi. [24] [17]

Kuvan lukemiseksi kennolta, se täytyy peittää sulkimella lukemisen ajaksi. Näin estetään valon pääsy valokennon pinnalle. Käytössä on kahdenlaista suljintyyppiä, globaali ja rullaava. Globaali suljin peittää koko kennon samanaikaisesti, jonka ansiosta liikkeessä olevat kappaleet saadaan kuvattua tarkasti. Rullaava suljin peittää vain osan kuvapisteistä kerrallaan ja mahdollistaa kennon valottamisen ja lukemisen samanaikaisesti. Tekniikka ei kuitenkaan toimi nopeassa liikkeessä olevilla kappaleilla, koska kuvaan syntyy häntimistä. Malliesimerkki suljintyyppien erosta on esitetty kuvassa 2.6 [19]



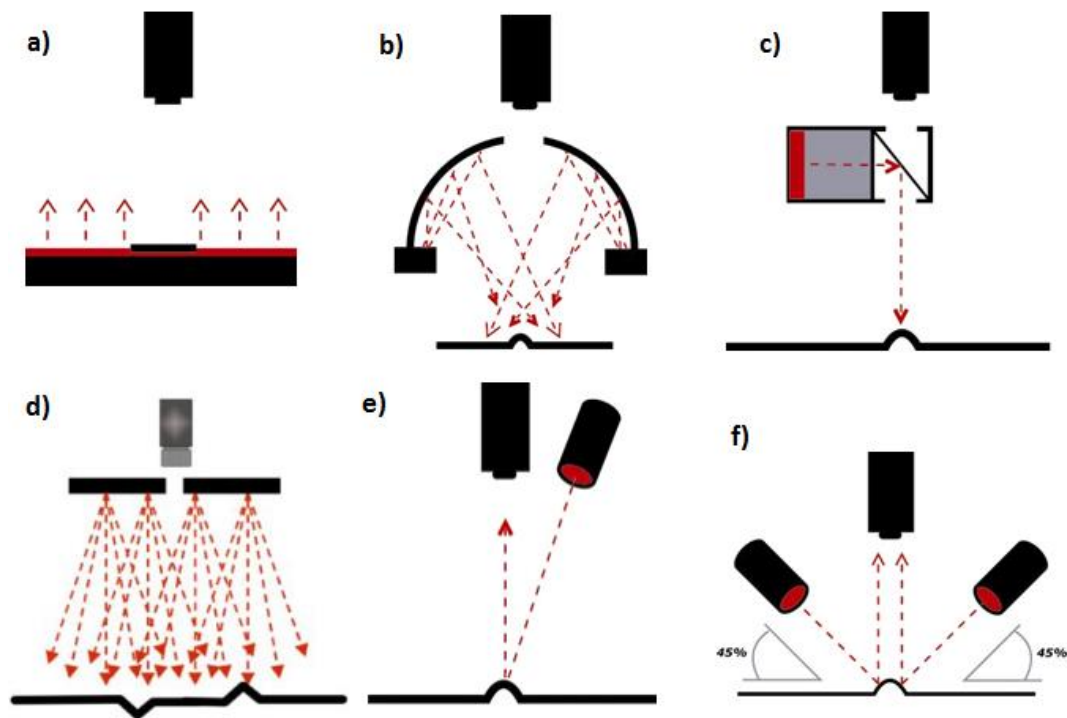
Kuva 2.6 Kameran suljintyyppien eroavaisuus kuvattaessa nopeasti liikkuvaa kohdetta. Käytettäessä rullaavaa suljinta (rolling shutter) tuulettimen lavoista tulee epämuodostuneita, kun kiinteällä sulkimella (global shutter) lavoista saadaan selkeä kuva. [38]

Kamerat voidaan jakaa niiden tyyppin mukaan PC-pohjaisiin kameroihin sekä älykameroihin. Älykamerassa kuvankäsittelyyn tarvittava prosessori ja muisti on integroitu kameraan. Myös valaistus on mahdollista sisällyttää kameraan. Älykameralla on siis

merkittävä ero perinteiseen PC-pohjaiseen kameraan jossa kameran on oltava jatkuvassa yhteydessä tietokoneeseen koska kuvankäsittely ja tulkinta tapahtuvat kameraan liitetyllä PC:llä olevassa ohjelmistossa. Älykameran etuja ovat edullisuus, helppokäyttöisyys ja yhdistettävyyys olemassa oleviin järjestelmiin. PC-pohjaisen järjestelmän etuja älykameroihin verrattuna on se että ohjelmien käsittelyyn pystytään valjastamaan enemmän prosessointitehoa ja täten analysoinnissa käytettävät algoritmit voivat olla paljon monimutkaisempia. Nopea laskentateho on ratkaisevassa roolissa konenäöstä puhuttaessa. Kuvien analysointi perustuu algoritmien laskentaan, joka vaatii paljon laskentatehoa koska tulkittava kuva sisältää suuren määrän informaatiota. Useimmissa kamerasovelluksissa sekä erikoiskameroiden, kuten infrapuna- ja UV-kameran kanssa on edelleen käytettävä PC-pohjaista ratkaisua, jotta laskentateho riittää datan käsittelyyn. [21] [16] [25]

2.3 Valaistus

Valaistus on kameranäköjärjestelmän tärkein osa. Valaistuksen tehtävä on tuottaa kameralle olosuhteet, jotta se pystyy ottamaan selkeän kuvan kappaleesta. Ilman kunnollista valaistusta konenäköä ei saa toimimaan. Valaistuksen on oltava tasainen ja varjoton. Valaistus voidaan toteuttaa monella erilaisella valonlähteellä kuten halogeenillä, monimetallipurkauslampulla, xenon-lampulla, loisteputkilla, laserilla tai LED-valolla. Valaisintyyppiä valitessa on otettava huomioon valonlähteen hyötysuhde, valon spektri, valaisimen fyysiset mitat ja käyttöikä sekä mahdolliset työturvallisuusseikat. Tutkimuksien perusteella LED-valo on soveltuvin vaihtoehto konenäkösovelluksiin ja onkin yleisimmin käytetty valaistuksessa eri konenäkösovelluksissa. Mahdollisia valaistustekniikoita on taustavalaistus, diffuusivalaistus, kohtisuora valaistus sekä pimeäkenttävalaistus, jotka on esitelty kuvassa 2.6. [16] [18] [21]



Kuva 2.7 Erilaisia kuvattavan kappaleen valaistustekniikoita kameranäkösovelluksissa: a) Taustavalaistus b) Diffuusivalaistus kupolilla c) Aksiaalinen diffuusivalaistus d) Suora diffuusio e) Kohtisuora valaistus f) Pimeäkenttävalaistus [18]

Taustavalaistuksessa kuvattava kohde on kameras ja valaistuksen välissä. Taustavalaistuksen avulla saadaan voimakas kontrasti kuvattavan kohteen ja sitä ympäröivän taustan välille ja sitä hyödynnetään esimerkiksi mittojen tarkistamisessa. [20]

Diffuusivalaistusta käytetään kohteissa, joissa kuvattava kohde on kaareva tai heijastaa voimakkaasti valoa. Diffuusilla eli hajautetulla valaistuksella saadaan suoraa valaistusta vähemmän heijastumia. Diffuusivalaistus on mahdollista toteuttaa kupolilla, aksiaalisesti tai kohtisuoraan. Kupolivalaistuksessa käytetään puolipallon muotoista heijastinta valon heijastamiseen kuvattavaan kohteeseen. Näin saadaan luotua tasainen valaistus eikä heijastumia muodostu kuvattavasta kohteesta. Aksiaalisessa valaistuksessa valo heijastetaan kuvattavaan kappaleeseen puoliläpäisevällä peilillä, näin valonsäteet saadaan suunnattua kuvattavaan kappaleeseen nähden kohtisuorasti. [21]

Kohtisuorassa valaistuksessa kamera on aseteltu valaistukseen nähden valon luonnollisen kulkusuunnan mukaisesti, jolloin kuvattavan kappaleen heijastavat ja tasaiset pinnat

erottuvat. Kohtisuoraa valaistusta käytetään yleisvalona, sillä se ei yksin riitä valaistukseksi pienien kontrastierojen vuoksi. [21]

Pimeäkenttävalaistuksessa kamera sijoitetaan valonlähteiden taakse, jolloin suuri osa kuvattavasta kohteesta heijastuvasta ja taittuvasta valosta ei saavuta kameraa. Tällöin kuvattavasta kohteesta erottuvat erityisesti pinnanmuodon poikkeamat sekä valoa diffusoivat kohteet ja onkin toimiva ratkaisu pintanaarmujen ja kohokuvien tarkastamiseen. [21]

Valaistuksen värillä pystytään vaikuttamaan saavutettavan kontrastin suuruuteen. Harmaasävykameraa käytettäessä värillisten kohteiden kuvaamiseen pystytään tietty väri saamaan paremmin esille käyttämällä oikean väristä valoa. Valon käyttö perustuu vastavärien käyttöön, jonka avulla saadaan halutusta kohteesta tehtyä tummempi tai vaaleampi. Kameran valon värisistä kohteista tulee kirkaampia, kun taas vastaväriin omaavista kohteista tummempia. [21]

3 VAATIMUSTENHALLINTA JA VAATIMUSMÄÄRITTELY

Vaatimustenhallinta on yksi keskeisistä menetelmistä, jolla voidaan viestiä selkeästi ja loogisesti kaikille osapuolille mitä tavoitellaan ja mistä on perimmiltään kyse. Se tarjoaa työkalun vaatimusten määrittelemiseen, yhdenmukaiseen dokumentointiin ja projektin etenemisen tarkkailuun asetettuihin tavoitteisiin nähden. Vaatimustenhallinnan avulla varmistetaan, että kerätään kaikki tarpeelliset vaatimukset eri tahoilta ja saadaan selkeät perusteet työn suunnittelulle, riittävä toimintavapaus erilaisten toteutusvaihtoehtojen ideoinnille sekä kriteerit parhaimman ja kustannustehokkaimman vaihtoehdon valinnalle. Selkeät vaatimukset järjestelmälle mahdollistavat myös tehokkaan projektin toteuttamisen ja ohjauksen. Kun järjestelmälle on selkeästi määritelty mitä sen tulee tehdä ja mihin sen tulee pystyä, voidaan helposti tarkastella saavutetaanko järjestelmällä sille asetetut tavoitteet. Projektin tärkein menestyksen mittari on se, kuinka hyvin valittu ratkaisu sopii siihen tarkoitukseen mihin se on hankittu. [12] [13]

Vaatimusten laadinta on vaativa ja aikaa vievä prosessi, joka vaatii yllättävän suuren työpanoksen. Suuri työmäärä liittyy usein kohtiin, jossa halutaan projektin etenevän nopeasti seuraavaan päätöksentekovaiheeseen ja pysyvän näin aikataulussa. Kiire houkutteleekin laiminlyömään kohtia, joiden vaikutukset näkyvät vasta projektin seuraavassa vaiheessa. [12][14]

Vaatimuksien määrittelyprosessissa kiirehtiminen tai siinä tehdyt virheet tuottavat kuitenkin huonolaatuisia dokumentteja tai ongelmia projektin myöhemmässä vaiheessa kuten budjetin ylityksiä tai projektiaikataulun venymisen. Yksi syy puutteelliseen dokumentaatioon on esimerkiksi se, että dokumentteja laativat henkilöt eivät ole perillä vaatimusmäärittelyn sisällöstä. Vaatimusmäärittely on tärkeä osa ratkaisun kehitysprosessia, koska siinä päätetään hankittavan järjestelmän tavoitteista. Vaatimusmäärittelyssä onnistuminen vaatii projektiin liittyvien sidosryhmien tunnistamista ja ymmärtämistä sekä toteutusratkaisun taustan ja ympäristön hahmottamista. [13] [14]

3.1 Vaatimusten ominaisuudet

Vaatimukset ovat ensisijaisesti viestin välittäjiä ja kuvaavat tarvetta. Vaatimuksissa on siis ensisijaisesti tärkeää kuvata tarvetta, ei toteutusta. Tarve voidaan täyttää monilla erilaisilla ratkaisuilla, eikä tarvetta ja ratkaisua saa sekoittaa keskenään. Jos vaatimus esitetään siten, että se sisältää myös ratkaisun, kyseessä ei ole tällöin puhdas vaatimus vaan toteutusta rajaava reunaehto. Reunaehtoisten käyttämistä tulee harkita, sillä ne rajaavat herkästi ulkopuolelle myös hyviä ja toteuttamiskelpoisia ratkaisuvaihtoehtoja. [12]

Pelkillä vaatimuksilla ei saa aikaiseksi toimivaa ratkaisua vaan tarvitaan myös suunnittelua. Vaatimustenhallinta tulee yhdistää ratkaisun suunnitteluun siten, että se muodostaa suunnittelun perustan. Suunnitteluvaiheessa on vapaus ja velvollisuus ideoida millaiset ratkaisut täyttävät vaatimukset tarkoituksenmukaisemmin. [12]

3.2 Vaatimuksen sisältö ja kohteet

Vaatimuksen rakenne on moniosainen ja sen sisältö on esitetty kuvassa 3.1



Kuva 3.1 Vaatimuksen rakenne on moniosainen; Se sisältää vaatimuksen tunnisteeseen, omistajan ja liitynnät vaatimukseen sen moniosaisen sisällön lisäksi [12]

Vaatimusten huolellinen miettiminen ennen niiden määrittämistä on tärkeää, että vaatimusdokumentista tulee looginen ja helposti ymmärrettävä.

Vaatimuksilla täytyy olla yksikäsitteinen ja ainutlaatuinen *tunniste*, jolla vaatimus pystytään yksilöimään siten, ettei sitä voi sekoittaa useampaan vaatimukseen. Yksilöivä tunniste voi olla esimerkiksi vaatimusdokumentin luvuittain määräytyvä numerointi. Projektin hallinnan kannalta on helpompaa, jos vaatimuksen tunnisteesta pystyy päättämään mihin kategoriaan se kuuluu. Kerran annettua vaatimuksen tunnistetta ei

tulisi käyttää uudelleen vaikka alkuperäinen vaatimus olisikin poistettu, sillä se lisää sekaannuksen riskiä projektissa. [12]

Jokaisella vaatimuksella tulee olla myös *omistaja*, jolla on oikeus määritellä sen sisältö ja hyväksyä vaatimuksen muutokset. Vaatimuksen omistaa yleensä se joka vastaa vaatimuksen toteutumisesta tai se kenelle on annettu asiassa ohjausrooli. [12]

Hyvästä vaatimuksesta käy ilmi, mihin se kohdistuu, mitä vaaditaan ja kuinka sen täytyminen todennetaan. *Kuvaus* voi olla tapauskohtaisesti vapaamuotoinen sanallinen ilmaisu, matemaattinen kaava tai niiden yhdistelmä. Vaatimuksen täyttymisen todentamistapa on tärkeää kuvailla jo suunnitteluvaiheessa. Mikäli ei pystytä määrittelemään miten sen täytyminen arvioidaan, on todennäköistä, ettei tiedetä mitä ollaan vaatimassa. Vaatimukset tulee kirjoittaa aktiivilausein imperatiivimuodossa, tällöin vaatimuksesta käy selvemmin esille minkä on saavutettava mitäänkin. Vaatimuksesta on käytävä ilmi mihin se kohdistuu, sillä mihinkään liittymätön vaatimus on viesti ongelmasta. Tärkeintä on kuitenkin, että lukija ymmärtää mitä kirjoittaja haluaa toteutukselta. [12]

Vaatimukset on varustettava tarkoilla tiedoilla määrästä ja laadusta. Määrätiedoilla tarkoitetaan lukumääriä, kappalekuja, erien suuruutta ja erien määrää, usein myös aikayksikköä kohden kuten teho ja suorituskyky. Laatumiedoilla tarkoitetaan tietoja sallituista poikkeamista ja erityisvaatimuksista kuten ratkaisussa käytettävistä materiaaleista sekä sen kestävydestä. [2]

Kaikille projekteille on yhteistä se, että osa työstä liittyy itse tekemiseen ja osa tekemisen kohteeseen. Siten vaatimuksetkin on kohdennettava selkeästi erikseen tekemiseen ja tekemisen kohteeseen. Tekemiseen liittyvät vaatimukset kuvaavat esim. aikatauluun, resursseihin ja toimintatapoihin liittyviä vaatimuksia. Toimintatapoihin liittyvillä vaatimuksilla tarkoitetaan esimerkiksi millaisilla testeillä projektin onnistuminen tullaan todentamaan. Tekemisen kohteeseen liittyvät vaatimukset liittyvät esim. kehitettävän ratkaisun henkilöstöön, materiaaliin, käyttötapaan, organisointiin tai informaatioon, sillä projekti vaatii usein henkilöstön kouluttamista, asiantuntijatukea ja logistiikan

järjestämisen. vaatimusten kohdistuminen riippuu siitä mitä ollaan kehittämässä ja miten kehittämiskohdetta halutaan tarkastella. [12]

3.3 Vaatimuksien muodostaminen ja kerääminen

Vaatimuksia voi kerätä monella eri tavalla kuten projektiin liittyvästä olemassa olevasta dokumentaatiosta, sidosryhmien haastatteluilla, työpajoilla tai havainnoimalla. [12]

Vaatimusten kerääminen on suositeltavaa aloittaa projektiin suoraan ja välillisesti liittyvistä dokumenteista. Projektiin suoraan liittyvistä dokumenteista on mahdollista saada esimerkiksi suorituskyky- ja järjestelmävaatimukset sekä toteutuksen reunaehdot. Välillisesti projektiin liittyvät dokumentit ovat usein haastavia, sillä ne voivat sisältää yleispäteviä suunnittelun ja toteutuksen reunaehtoja, joiden huomioiminen voi olla onnistumisen kannalta keskeistä mutta vaativat tulkitsemista. Tällaisia epäsuoria vaatimuksia ja reunaehtoja löytyy esimerkiksi lainsäädännöstä tai viranomais määräyksistä joista ei pysty koostamaan kaikkiin projekteihin soveltuvaa reunaehtokokonaisuutta vaan niitä täytyy tulkita tapauskohtaisesti. [12]

Vaatimuksien keräämiseen on mahdollista hyödyntää myös haastattelemista ja kyselyitä. Usein projektiin liittyvillä sidosryhmillä aina jonkinlainen käsitys siitä, mitkä ovat sen odotukset ja millaisia vaatimuksia järjestelmälle tulee asettaa. Käytäntö on osoittanut, ettei pelkkä tiedon kerääminen dokumenteista riitä, vaan sitä on täydennettävä haastatteluin ja keskusteluin. Vaatimuksia kootessa sidosryhmiltä tulee huomioida, että näiden vaatimukset projektille voivat kohdistua haluttavaan lopputulokseen tai projektin suorittamiseen. Eri sidosryhmien vaatimukset voivat olla hyvin erilaisia taustoista johtuen loppukäyttäjien painottaessa käytön helppoutta ja mukavuutta kun taas ylemmän tason henkilöiden vaatimuksien kohdistuessa halutun tehtävän suorittamiseen ja kustannuksiin. Kokonaisuuden kannalta siis kaikkien sidosryhmien vaatimuksien huomioiminen on tärkeää. [12][13][14]

Vaatimusdokumentin kokoajalla on tärkeä rooli tehtävän onnistumisessa, hänen on oltava hyvin perillä aiheen teoriasta ja sen soveltamisesta käytäntöön. Kokoaja ei saa myöskään

olla passiivinen vaatimusten vastaanottaja, sillä tällöin ainoastaan sidosryhmien esittämät vaatimukset nousevat esille ja mahdolliset todelliset tarpeet saattavat jäädä huomioimatta. Lisäksi sidosryhmien järjestelmälle esittämät vaatimukset voivat olla erilaisia, epärealistisia, ristiriidassa keskenään tai johtaa tarpeettomiin kustannuksiin. Näiden seikkojen vuoksi vaatimusedokumentin luojan on otettava aktiivinen rooli. [12] [13] [14]

3.4 Vaatimusten kriittisyys

Vaatimukset täytyy laittaa tärkeysjärjestykseen, jotta niistä saadaan hyvin määritelty kokonaisuus. Vaatimuksien tärkeysjärjestykseen asettelemisessa kolmiportaisen mallin on todettu aiheuttavan vähemmän virheitä vaatimusten välisessä tärkeysjärjestykseen asettelemisessä. Vaatimusten suositeltu kriittisyysjaottelu on:

1. ehdottomat tai kriittiset vaatimukset
2. tärkeät tai ensisijaiset vaatimukset
3. tarpeelliset tai toissijaiset vaatimukset

Vaatimuksien erottelu ja määrittely kriittisyyden mukaan on välttämätöntä myöhemmän arvioinnin kannalta, koska valinnassa vaaditaan vaatimusten täyttymistä kun taas arvioinnissa otetaan huomioon vain ne ratkaisuvaihtoehdot, jotka jo täyttävät vaatimukset. [11][12][13]

Projekteissa vaatimusten kriittisyyttä voidaan hyödyntää siten, että esimerkiksi toteutuksen on täytettävä kaikki kriittiset vaatimukset ja sovittu osuus ensi- ja toissijaisista vaatimuksista. Kriittisiä vaatimuksia ei saa olla monta, sillä jos ratkaisu ei täytä kaikkia kriittisiä vaatimuksia, se ei kykene täyttämään tehtävänsä. On myös mahdollista vaatia, että toteutuksen tulee täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset. Tällöin on kuitenkin huomioitava että ratkaisua ei hylätä heti sen vuoksi, ettei se täytä kaikkia asetettuja vaatimuksia, sillä täyttyneiden vaatimusten muodostama kokonaisuus voi olla hyväksyttävissä. [12]

Vaatimuksen yhteyteen on mahdollista liittää myös perustelu, sillä se voi joissain tilanteissa auttaa vaatimuksen ymmärtämistä. Laajempi kuvaus siitä, miksi jotain asiaa

vaaditaan saattaa auttaa oikean ratkaisun muodostamisessa. Perusteluista voi olla hyötyä myös silloin kun vaatimuksien kesken täytyy tehdä kompromisseja tai kun asetettua vaatimusta joudutaan muuttamaan. [12]

3.5 Vaatimusten täyttymiskriteerit

Vaatimusten täytyminen tulee voida todentaa yksikäsitteisesti. Silloin kun vaatimus koskee jotain konkreettista suoritusarvoa, on täyttymiskriteeri helppo määritellä. Tällöin kriteeri kirjoitetaan myös vaatimuksen kuvaukseen. Täyttymiskriteerin määrittelemine on hankalaa silloin, kun vaatimus käsittelee korkeamman tason ominaisuutta, kuten prosentuaalista määrää. Tällöin vaatimusta tulee tarkentaa millaisin todellisuutta vastaavin kriteerein vaatimuksen täytyminen voidaan todeta luotettavasti, kuten esimerkiksi kirjaamalla haluttava testitulok. Täyttymiskriteerien kuvaaminen on tärkeää myös siksi, että niiden avulla on myös mahdollista hahmottaa mitä vaatimuksen asettaja haluaa käytännössä saada aikaan. [12]

3.6 Vaatimusmäärittelydokumentti

Kootut vaatimukset kootaan vaatimusmäärittelydokumenttiin, josta käy ilmi mihin tarkoitukseen ratkaisun täytyy olla sopiva, mitä ominaisuuksia sillä täytyy olla ja mitä ominaisuuksia sillä ei saa olla. Vaatimusmäärittelydokumentti on suunnitteluprojektin tärkeimpiä asiakirjoja. Asiakas saa todistuksen siitä mitä on sovittu ja vastaavasti toteutuksesta vastaava yritys saa selkeän kuvan siitä, mihin järjestelmän pitää vähimmillään kyetä. [2] [13] [14]

Dokumenttia luodessa suorituskyyvaatimukset on hyvä pitää erillään järjestelmävaatimuksista, tällöin mahdollistetaan halutun tavoitteen pitäminen selkeästi erillään toteutuksesta. Vaatimukset kannattaa ryhmitellä tehtävän kannalta loogisesti, jotta dokumentti etenee luontevasti ja sen lukeminen on luontevaa. [12]

Kun vaatimusdokumentti on valmis, se viedään hyväksymisprosessiin, johon kuuluu yleensä neljä vaihetta:

1. Vaatimusmäärittelydokumentin tarkastus
2. Katselmointi
3. Hyväksyntä
4. Viestintä.

Tarkastamalla varmistetaan vaatimusten muodollinen virheettömyys ja keskeiset laatuksiteerit eli ettei dokumentissa ole epäselviä kohtia tai vaatimukset ole epäyhtenäisiä tai ristiriidassa keskenään. Katselmoinnissa varmistetaan että kaikki projektin osapuolet ymmärtävät vaatimukset ja pitävät niitä tarpeellisina. Vaatimuksia parannetaan poistamalla mahdolliset virheet ja puutteet. Hyväksytyin katselmoinnin jälkeen vaatimusdokumentti hyväksytään käyttöön. [12] [14] [15]

Vaatimusten hyväksynnällä tarkoitetaan toimenpidettä, jolla arvioidaan ja päätetään ovatko asetetut vaatimukset oikeita ja tarpeellisia. Kun ratkaisu alkaa hahmottua, kannattaa tarkastella onko kehitysprojektin alussa asetetut vaatimukset oikein ratkaisun kannalta ja vastaavatko ne tarvetta. Jos hyväksyntä suoritetaan testaamalla kehitettyä ratkaisua vasta lopullisesti valmiina, saadaan varmasti luotettava tulos siitä olivatko vaatimukset oikeita, mutta mahdollisuus tehdä muutoksia esiintyville puutteille tai virheille on olematon. Tämän vuoksi vaatimuksia tulisi tarkentaa ja tarkistaa työn edetessä esimerkiksi simulointituloksia hyödyntämällä. [12][13][14]

Lopullinen tarkistus siitä, että täyttääkö ratkaisu sille asetetut vaatimukset saadaan ratkaisun verifiointilla, joka voidaan suorittaa esimerkiksi tarkastamalla, testaamalla, demonstroimalla tai käytännön kokeilulla, jossa loppukäyttäjät testaavat ratkaisun toimivuuden. Tarkastuksessa vaatimuksien täytyminen tarkastetaan ratkaisun suunnitelmasta tai toteutuksesta. Myös kaikkien vaatimusmäärittelyssä listattujen ominaisuuksien täytyä löytyä valmiista järjestelmästä. [12]

Järjestelmälle asetetut vaatimukset ovat tärkeitä tietolähteitä myös sen testaamisessa. Testausmenetelmien kirjaaminen vaatimusten pohjalta paljastaa epämääräisyyksiä ja epäselvyyksiä. Jos ei tarkasti määritellä miten järjestelmän tulee toimia erilaisissa tilanteissa, on testatessa vaikea löytää vikoja ja todentaa että ratkaisu toimii kuten pitääkin. Testauksessa ratkaisua tai sen osaa kokeillaan joko todellisessa tai keinotekoisessa ympäristössä. Demonstraatio on testiä kevyemmin suunniteltu kokeilu, jossa toimittaja osoittaa asiakkaalle järjestelmän toimimisen. Toimittajan suorittama demonstraation ei voi kuitenkaan koskaan korvata varsinaista testaamista tai kokeilua, sillä demonstraation tarkoitus on osoittaa että ratkaisu toimii eikä etsiä siitä löytyviä virheitä. [12][14][15]

4 TOIMITTAJIEN JA TARJOUSTEN VERTAILU

Parhaimman toimittajan ja ratkaisuvaihtoehdon valinta riippuu siitä, mitä seikkoja ratkaisuisissa pidetään tärkeänä. Nämä reunaehdot tulevat yleensä projektin johdolta. Projektilla voi olla yleisiä reunaehtoja kuten suunnittelu- ja testausmenetelmät tai turvallisuuden huomioon ottaminen sekä tarkentuvia reunaehtoja kuten sallittu aikataulu- ja kustannusvaikutus. [2]

Laitekokonaisuutta hankittaessa on tärkeää saada mahdollisimman selkeä käsitys tarjoustensa kokonaiskustannuksista, elinkaarikustannuksista, laadusta ja toimintavarmuudesta. On myös huomioitava toimitus- ja maksuehdot, vakuutukset, takuu, huolto sekä muut lisäpalvelut, jotta voidaan suorittaa tarpeeksi perusteellinen vertailu. Ostajan pitää ymmärtää eri toimittajamarkkinoiden ja toimialojen eroavuudet sekä hankinnan kohde, luonne ja tavoite, jotta parhaan toimittajan valinta voidaan suorittaa tuloksellisesti. [33] [36]

Tyypillisesti valitaan muutama sopiva toimittaja ja valita näistä halvin. Raha ei kuitenkaan aina ratkaise, vaan toimittajaa valitessa tulee laittaa painoarvoa myös sille, miten toimittaja ymmärtää projektin tarpeet ja kuinka se kommunikoi ostavan yrityksen kanssa. Yrityksellä on usein myös vakiotoimittajia joita suositaan. Myös yhteistyösopimus voi mennä kilpailuttamisen edelle. [27]

Laitekokonaisuuden hankintaprosessissa hankintastrategian määrittäminen on tärkeää. Strategiaa määriteltäessä selvitetään halutun yhteistyön tiiviys, hankinnan ajanjakso, toimittajien lukumäärä sekä valintaanko yhden tai useamman toimittajan toimitus. Laitehankinnoissa on usein mahdollista saada huomattavia säästöjä jos laitekokonaisuuden osat hankitaan eri toimittajilta ja räätälöidään laitteisto osakokonaisuuksista. Tämä kuitenkin monimutkaistaa laitteiston hankintaprosessia ja lisää riskejä laitteiston eri osien yhteensopivuuden ja toimintavarmuuden osalta. Lisäksi se on työläämpi vaihtoehto ostavalle organisaatiolle. Hankintastrategian ja vaatimusten määrittelyn tavoite on

muodostaa toimittajan ja tuotteen valintaan vaikuttavat tärkeimmät tekniset ja liiketoiminnalliset reunaehdot. [33] [36]

4.1 Hankintastrategia

Hankintojen huono suunnittelu johtaa usein väärin vertailuperusteiden ja valintakriteerien asettamiseen ja sen myötä tarjousvertailun epäonnistumiseen. Valintakriteerien painottamisen ja tärkeysjärjestykseen asettamisen onnistuminen on onnistuneen vertailun reunaehto. Valintakriteereiden asettaminen vaatii tekijältä paljon osaamista ja asiantuntijuutta. Usein ei ymmärretä mistä kaikesta hinta muodostuu, jolloin vertailukelvottomia hintoja verrataan virheellisesti keskenään. [36]

Työkaluna hankintastrategian määrittämisessä voidaan käyttää Kralijicin luomaa hankinnan portfolioanalyysia. Analyysin lähtökohtana on idea, että jokaisella hankinnalla on yksilöllinen tarve. Täten jokaiseen hankintaan tulee soveltaa erilaista hankintastrategiaa. Analyysin tarkoituksena on osoittaa erilaisten hankintojen heikkouksia sekä toimia apuna hankintastrategian muodostamiselle. Hankinnan tärkeyttä ja sen vaikutuksia liiketoimintaan voidaan arvioida analyysimatriisin avulla. [34][36]

Matriisia tarkasteltaessa arvioidaan hankittavia tuotteita tai palveluita. Hankinnat jaotellaan sen mukaan mikä on hankinnan strateginen merkitys ja ostoriski yritykselle. Hankinnan strateginen merkitys arvioidaan näiden tekijöiden tulosvaikutuksen perusteella. Jos hankintaan liittyy suuri rahallinen kustannus, on sillä suuri taloudellinen vaikutus. Hankinnan ostoriskiin vaikuttavat eri tekijät, kuten laitekokonaisuuden saatavuus, toimittajien määrä ja toimittajien sijainti. Näiden kahden määritelmän kombinaatio muodostaa kuvassa 4.1 esitetyn matriisin eri strategioille. [34]



Kuva 4.1 Hankintastrategiat erilaisille investoinneille ostoriskin ja tulosvaikutuksen mukaan [34]

Pullonkaulahankinnat eivät anna suurta rahallista arvoa hankkivalle yritykselle, mutta ovat erittäin riippuvaisia toimittajistaan. Lopputuloksena voi olla korkea hinta ja pitkä toimitusaika. Uusien ja vaihtoehtoisten toimittajien käyttäminen on kannattavaa, jotta yksittäisestä toimittajasta ei oltaisi liian riippuvainen. Näin toimittaessa kustannustehokas toiminta ei ole välttämättä mahdollista. [34]

Strategisissa hankinnoissa toimittajan valintaprosessi on tärkeä, koska strategiset hankinnat ovat merkittäviä hankintoja yritykselle. Jos käytössä on vain yksi toimittaja, niin se vaikuttaa olennaisesti kokonaiskustannuksiin ja lisää ostoriskiä. Tällöin kommunikaation sujuvuus on erittäin merkittävä. Muutokset vaikuttavat paljon lopputuotteen hintaan, joten niitä on hallittava tehokkaasti ja tavoitteena on toimiva yhteistyö toimittajan kanssa. [34]

Hankinnoissa joko hankkijat tai toimittajat voivat hallita toimintaa. Hankkijan hallitessa toimintaa, toimittajalle kerrotaan toimintasäännöt, joiden mukaan heidän täytyy toimia. Toisessa tilanteessa toimittaja on sitonut ratkaisun hankkineen yrityksen pitkäaikaiseen suhteeseen. Mahdollisuutena on myös tasapainoinen suhde, pyritään täyttämään yhteiset tavoitteet. [34]

4.2 Toimittajien ja tarjousten arvioiminen

Toimittajien ja ratkaisujen valintaprosessi voidaan jakaa karkeasti seitsemään vaiheeseen:

1. Toimittajatarpeen tunnistaminen
2. Keskeisten vaatimusten määrittäminen
3. Hankintastrategian määrittäminen
4. Potentiaalisten toimittajien tunnistaminen
5. Toimittajien rajaaminen
6. Arviointimenetelmien määrittäminen ja arviointi
7. Toimittajan valinta ja sopimuksen neuvottelu.

[27] [33]

4.2.1 Toimittajatarpeen tunnistaminen ja toimittajien kartoittaminen

Toimittajien kartoittaminen alkaa toimittajatarpeen tunnistamisesta, joka syntyy kun tarvitaan uusi ratkaisu ongelmaan. Hankinnasta riippuen toimittajia voi olla tarjolla useita. Toimittajien kartoitus tulisi suorittaa hankinnan strategisen tärkeyden ja teknisen monimutkaisuuden mukaan. Mitä suurempi rooli hankinnalla on, sitä tarkemmin toimittajien kartoittaminen tulisi tehdä. Valitsemalla vanha toimittaja säästetään aikaa, kustannuksia sekä pienennetään riskejä, kun toimittaja on jo kertaalleen arvioitu ja hyväksytty. Vanhoja toimittajien suosiminen kehittää myös strategisia suhteita. [32] [33] [27]

4.2.2 Tarjousten vertailumenetelmät

Vertailumenetelmällä tulee olla loogiset perusteet sekä menetelmän tulee ottaa huomioon kaikki mahdolliset tarpeelliset kriteerit. Vertailumenetelmän tulisi olla myös luotettava ja tukea asiantuntijan antamaa näkemystä siten, että vertailun lopputulos olisi toistettavissa antaen aina luotettavan lopputuloksen.

Toimittajien ja tarjouksien vertailuun asetettujen kriteerien pohjalta on olemassa runsaasti erilaisia vertailumenetelmiä. On olemassa vertailumenetelmiä valintakriteerien pisteyttämiseen, analyttisiä hierarkiaprosesseja, tilastollisia malleja, vertailutaulukoita toimittajien arvioimiseen, sekä kokonaiskustannusten laskentamenetelmiä. Eri menetelmät toimivat eri vertailutyypeissä parhaiten ja ne voivat myös tukea toisiaan. [35] [36]

Nopeat lajittelumenetelmät kuten intuitiivinen valinta tai ehdottomien vaatimusten täyttymisen tarkastelu auttavat karsimaan vertailusta sopimattomat vaihtoehdot pois. Intuitiivisessa valinnassa ihminen kuitenkin usein tarttuu tiettyyn ominaisuuteen ja painottaa sitä tarpeettomasti. Ehdottomien vaatimusten täyttymisen tarkastelu on tehokas tapa karsia sopimattomat vaihtoehdot pois; jos vaihtoehto ei täytä kaikkia ehdottomia vaatimuksia, se ei kelpaa. [35]

Pisteytysmenetelmistä tarkimmin dokumentoidut mallit ovat hyötyarvoanalyysi ja Saksan insinööriyhdistyksen julkaiseman VDI 2225-ohjeiston mukainen teknillis-taloudellinen tarkastelu. Näiden menetelmien ongelma on kuitenkin subjektiivinen arvosana-asteikon ja painokertoimien määrittäminen, jonka seurauksena saatetaan tarttua johonkin tiettyyn ominaisuuteen ja painotetaan sitä tarpeettoman paljon. [35]

4.2.3 Arviointikriteerit

Toimittajan valinnassa perinteisesti kolmen tärkeimmän avainkriteerin tulisi täytyä:

- Laatu - vastaako tarjotun ratkaisun ominaisuudet tulevaa käyttötarkoitusta.
- Aikataulu - pystytäänkö laite toimittamaan aikataulussa.
- Hinta- ja käyttökustannukset – Onko tarjotun kokonaisuuden kustannukset asetetuissa rajoissa

Ne eivät välttämättä ole kuitenkaan yksinään riittäviä puhuttaessa tehokkaasta toimittajavalinnasta. On monia muita huomioon otettavia kriteerejä, jotka osittain sisältyvät edellä mainittuihin. [27] [36]

Arviointikriteereitä voi olla esimerkiksi:

- Toimittajan käsitys hankinnasta, yrityksen tilanteesta ja toimialasta
- Tarjouksen yksityiskohtaisuus ja laatu, ongelman ymmärtäminen
- Toimittajan referenssit
- Projektisuunnitelma, projektin läpivientikyky ja johtaminen
- Hinnat, hinnoittelumallit ja veloitukset
- Sopimusehdot
- Maksuehdot, -aikataulu ja toimituskyky
- Ylläpidon saatavuus
- Testitulokset
- Takuu

Arviointikriteerejä asettaessa täytyy kuitenkin huomioida, ettei kriteeri saa olla liian yleinen tai yksilöimätön [37]

Toimittajaa valitessa yksi kriteeri on se millainen kokemus toimittajalla on vastaavista projekteista. Referensseihin liittyy voimakkaasti laatu ja takuu siitä että toimittaja pystyy valmistamaan tuotteen vaaditulla mallilla tekniset spesifikaatiot täyttäen. Yleensäkin toimittajan aikaisempaan kokemukseen ja referensseihin kannattaa kiinnittää huomiota, sillä niistä voi saada tietoa toimittajan luotettavuudesta. Laatu voidaan jakaa kolmeen osaan; tuotteen laatuun, toiminnan laatuun ja palvelun laatuun. Laatu voidaan arvioida tuotteen kestävyuden ja suorituskyvyn, kokonaislaadun johtamisen, ISO9000-sertifikaattien statuksen, standardien sekä korjaus- ja palautusmahdollisuuksien avulla. [28] [31] [32] [33]

Takuuaikaan ja -sisältöön kannattaa kiinnittää huomiota. Pitkä takuu tuo ostajalle lisäarvoa, sillä jos laite rikkoutuu, on toimittaja vastuussa korjauksista. Pitkän takuuajan voi myös tulkita toimittajan luottamukseksi omaan laatuunsa. Pitkä takuu aika kannustaa myös suorittamaan huoltotoimenpiteet huolellisesti, jotta ongelmia takuuajana ei ilmenisi. [36]

Toimituskyky on tärkeässä roolissa toimittajaa valittaessa sen sisältäessä mm. toimitusvarmuuden, toimitusajan, luotettavuuden ja toimituksen turvallisuuden. Toimittajan läheisestä sijainnista on hyötyä, jos kuljetuskustannukset ovat suuret tai ratkaisu vaatii paljon teknistä tukea valmistajalta. [27] [33]

Hintaa pidetään tärkeimpänä kriteerinä toimittajaa valittaessa. Korkea hinta saattaa kieltä siitä, ettei toimittaja ei ole kiinnostunut projektista ja vastaavasti halvimman hinnan tarjonnut toimittaja ei välttämättä tarjoa parasta laatua ja palvelua. Tarjousten vertailua kuitenkin vaikeuttaa usein se, että toimittajan arvioima hinta ei välttämättä ole projektin lopullinen hinta. Ostohinnan lisäksi huomioida myös tuotteesta aiheutuvat muut kustannukset. Hinta on usein sitä suurempi, mitä suurempi on hankinnan räätälöimistarve. Valmiiden ratkaisujen kustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat, sillä työkuukustannuksia tulee vain asennuksista ja käyttöönottokoulutuksesta. [31] [32] [33] [36]

Laitetesteillä saadaan arvokasta lisätietoa eri toimittajien ratkaisujen paremmuudesta. Se samalla pienentää hankinnan riskiä kun etukäteen osataan arvioida paremmin ratkaisun toimivuutta halutussa kohteessa. [32]

Toimittajalla tulee olla tarvittavaa teknistä osaamista, erikoisosaamista ja valmiutta hoitaa tarpeelliset huollot ja korjaukset. Vaihtoehtoisesti laitekokonaisuuden täytyy olla ulkopuolisen toimijan huollettavissa. Pystyykö toimittaja tarjoamaan laitteen käyttöön ja huoltoon liittyvää koulutusta ja kuuluuko se hintaan? [36]

4.2.4 Tarjousten arvostelu ja valinta

Toimittajan valinta on monivaiheinen prosessi, jonka tarkoituksena on tunnistaa ja löytää paras toimittaja yrityksen menestymisen kannalta. Tarjonnan vaihdellessa on tärkeää hahmottaa strategiset tekijät tukemaan lopullisia valintoja. Jotta toimittajavalinta olisi mahdollisimman onnistunut, on huomioitava niin laadullisia kuin mitattaviakin kriteerejä. Arviointivaiheessa on mahdotonta määritellä kaikkia hankinnan toimintakykyyn vaikuttavia kriteereitä. Tästä syystä on määriteltävä vähittäisvaatimukset, jotka toimittajan on läpäistävä tullakseen valituksi. Onnistuneen hankinnan ja toimittajan avulla voidaan saavuttaa haluttu suorituskyky sekä tehostaa tärkeitä toimintoja. Jotta paras toimittaja

valitaan, tulee ymmärtää ja käydä läpi useita päätöksentekoon vaikuttavia seikkoja. Tarjouksien vertailemiseen kannattaa varata riittävästi aikaa, jotta vertailun ehtii suorittamaan ennen tarjouksien voimassaolon päättymistä. [32] [34] [33]

Toimittajien ja niiden tarjoamien ratkaisujen arvioinnissa tavoitteena on tarkastella niiden kykyä täyttää valintakriteerit ja rajata pois ne vaihtoehdot, jotka eivät täytä yrityksen asettamia vaatimuksia. Valinnassa tulisi käyttää sellaisia kriteereitä, jotka palvelevat yritystä parhaalla mahdollisella tavalla ja eliminoivat turhat toiminnot pois. Tavoite on tutkia kuka tarjoajista pystyy parhaiten täyttämään nämä vaatimukset. Toimittajan valinnan strategisella merkityksellä on vaikutus myös arvioinnin tasoon, pidempiaikaiseen yhteistyöhön valittava toimittava valitaan tarkemmin kuin kertaostoon valittava. [27] [32] [33] [34] [36]

Kun tarjoukset on vastaanotettu, voidaan niiden arviointi aloittaa karkealla arvostelulla. Tarjouksista voidaan karsia osa heti, mikäli ne osoittautuvat tarkoitukseen soveltumattomiksi. Tarjoukset saattavat poiketa täysin tarjouspyynnössä esitetystä kriteereistä. Karsinnalla helpotetaan vertailutyötä, kun otetaan huomioon vain ne tarjoukset, joiden sisältö vastaa tarjouspyyntöä ja rajataan näin vertailuun kelpaavien tarjousten määrää. Jos tarjousvaihtoehtoja on runsaasti, voidaan karkeassa arvostelussa hyödyntää esimerkiksi valintataulukkoa, johon kirjataan arvosteluperusteet ja niitä täydennetään ongelma- tai yrityskohtaisilla kriteereillä. Valintataulukossa arvostelu tapahtuu kyllä-ei asteikolla. Tällöin taulukon läpikäynti karsii selvästi epäsoyvät ratkaisuehdotukset. Karkean arvostelun taulukosta on esitetty malli kuvassa 4.2. [29][36]

	Arvosteluperusteet							Päätös	
	Ratkaisuvaihtoehdot	A	B	C	D	E	F		G
	Vastaa tehtävän asetusta	Täyttää vaatimustilan	Toteuttamiskelpoisuus hyvä	Kustannukset kohtuulliset	Täyttää välittömät turvallisuus vaatimukset	Soveltuu omaan alaan	Muuta		
1	+	+	+	?	+	+		D: Lukuisat anturit nostavat hintaa	?
2	+	-						B: Hyötysuhde liian pieni	-
3	+	+	+	+	+	+			+
4	-	-							-
5	+	!	+	+	+	+		B: Vaatimuslista tasapainoton ?	!
6	+	+	+	-					-
7	-	-							-
8	+	+	-						-
9	+	+	+	+	+	?		F: Tekninen tieto riittämätön ?	?
10	-	-							-
11	+	+	+	+	+				+
12	+	+	+	-					-

Kuva 4.2 Karkean arvostelun taulukko toimittajien karsimiseen varsinaisesta arvostelusta. Arvostelun tulokset esitetty merkein; kyllä (+), ei (-), informaation puute (?), vaatimuslista tarkistettava (!). Tehdyt päätökset merkattu samaa kaavaa noudattaen; Ratkaisu jatkokehitykseen (+), hylätään (-), hankitaan lisää informaatiota (?), vaatimuslista tarkistettava (!). [29]

Arvostelun loppuvaiheessa kun toimimattomat ratkaisut on hylätty, voidaan jäljelle jääneille muutamalle toimittajalle ja heidän ratkaisulleen suorittaa pisteytykseen perustuva arviointi, joka on yksi käytössä olevista arviointimenetelmistä. Arvostelussa selvitetään kunkin ratkaisun toimivuus asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin nähden.

Asetetut vaatimukset ja tavoitteet eroavat toisistaan yleensä huomattavasti, toisten ollessa lopputuloksen kannalta erittäin merkittäviä ja toisten antaessa lisäarvoa ratkaisulle. Tällöin kriteerit painotetaan toistensa suhteen. Painoarvot kuvaavat ominaisuuksien keskinäistä tärkeysjärjestystä ja ne valitaan usein niin että painoarvojen summa on yksi. Painotuksen jälkeen ratkaisut arvostellaan pistein jokaisen vaatimuksen ja tavoitteen suhteen.

Tarkoituksenmukaisimmaksi pisteasteikoksi on esitetty kuvassa 4.3 VDI-2225-ohjeiston mukainen asteikko, jossa ideaaliratkaisu saa neljä pistettä ja hylättävä ratkaisu nolla pistettä. [29] [32]

Merkitys	Pisteet
erittäin hyvä (ideaalinen)	4
hyvä	3
riittävä	2
juuri hyväksyttävä	1
hylättävä	0

Kuva 4.3 VDI-2225 ohjeiston mukainen arvosteluasteikko arvostelukriteerien pisteyttämiseen, missä arvosana 4 pistettä vastaa ideaalitulosta ja 0 pistettä hylättävää tulosta.

Kun ratkaisuvaihtoehdot on arvosteltu jokaisen kriteerin ja toiveen suhteen lasketaan ratkaisun saamat kokonaispisteet. Ratkaisuja joiden pistesumma on suurempi kuin 80% maksimipisteistä voidaan pitää erittäin hyvinä. Vastaavasti idea on hyvä jos pistesumma on >70% kokonaispisteistä. Jos ratkaisu saa alle 60% kokonaispisteistä, on se katsottava huonoksi ja toteuttaminen vaatii edelleen kehittämistä. [29]

Ratkaisun saamasta kokonaispistesummasta ei kuitenkaan vielä varmuudella voida tehdä johtopäätöksiä sen hyvydestä, sillä pistelaskumenetelmissä on usein se vika etteivät ne painota ratkaisujen huonoja ominaisuuksia riittävästi. Tämä puoli ratkaisuihin on testattava erikseen suorittamalla herkkyysanalyysi painokertoimien suhteen, eli testataan kuinka painotuksien muuttaminen muuttaa vertailun tulosta. Pisteytys ei ole kuitenkaan ainoa arviointikeino eikä sen perusteella voi tehdä hankintapäätöstä, se on vain päätöksentekoa tukeva informaatiolähde. [29] [32]

Arvostelussa on kuitenkin vaikea ottaa huomioon kriteereitä joita ei voida mitata samalla mittayksiköllä, kuten rahalla. Arvosteluun liittyy myös tietty epävarmuus, sillä laitekokonaisuuden toimivuutta ei voi tietää varmuudella ennen kuin se on toteutettu ja testattu käytännössä. Myöskään ei voi olla varma onko kaikki lopputulokseen vaikuttavat kriteerit osattu ottaa huomioon. Epävarmuutta arvostelussa voi vähentää ottamalla mukaan

useampia henkilöitä tai teettämällä ratkaisulla testejä ennen lopullisen ratkaisun tekemistä. [29]

4.3 Toimittajien kilpailutus julkisen sektorin hankinnoissa

Julkisella puolella toimitaan julkisen hankintalain periaatteiden mukaisesti. Hankintalain tavoite on tehostaa varojen käyttöä sekä tarjota kaikille osapuolille tasapuolinen ja syrjimätön kohtelu. Hankintalaki ja – asetus määräävät puitteet julkisen hankintayksikön toiminnalle. [30] [37]

Julkisen hankintalaki ei koske yksityisen sektorin toimijoita, mutta se tarjoaa hyvän pohjan myös yksityisen sektorin tarjouksien vertailuun. Hankintalaissa kuvataan hankintaprosessin vaiheet yleisesti, joten se on hyvä pohja myös yksityisen sektorin hankinnoille. Hankintalaissa kuvataan yhdeksän erilaista hankintamenettelyä sekä niiden pelisäännöt. Julkiset hankinnat toteutetaan useimmin avoimella tai rajoitetulla hankintamenettelyllä. [30] [37]

Avoimessa menettelyssä tarjouspyyntö lähetetään kaikille sitä pyytäneille yrityksille jotka tekevät tarjouksensa. Tarjouksien sisällöstä ei voi neuvotella tarjoajien kanssa. Vertailuun otetaan mukaan vain vähimmäisvaatimukset täyttävät tarjoukset ja muut hylätään. Tarjouksien vertailussa tarjouksissa valitaan kokonaistaloudellisesti paras tarjous sen mukaan mitä tarjouspyynnössä on ilmoitettu. [37]

Avoim hankintaprosessi koostuu seuraavista vaiheista [37]:

- hankintatarpeen kartoitus ja hankinnan suunnittelu
- hankintamenettelyn valinta
- tarjouspyynnön laatiminen
- hankintailmoitus (ennakkoilmoitus)
- tarjouspyynnön lähettäminen ehdokkaille
- tarjousten laadinta ja toimittaminen perille
- tarjousten vastaanottaminen
- tarjousten avaaminen
- tarjousten käsittely
- tarjoajien soveltuvuuden tarkistaminen
- tarjousten tarjouspyynnön mukaisuuden tarkistaminen
- tarjousten vertailu
- hankintapäätöksen tekeminen
- tarjoajien informointi
- muutoksenhakumahdollisuus päätöksestä
- hankintasopimus ja mahdollinen jälki-ilmoitus
- sopimusaikainen yhteistyö mm. laadun varmistamiseksi.

Rajoitettu hankintamenettely eroaa avoimesta siten ,että tarjouskilpailuun valitaan yrityksiä vain ennalta ilmoitettu määrä ilmoitettujen valintakriteerien perusteella. Kriteereinä voivat olla vähimmäiskriteerit ja lisäpisteitä antavat kriteerit. [30] [37]

Tarjouspyynnössä on kuvailtava hankinnan kohde, laajuus, tekniset ja toiminnalliset vaatimukset sekä hankittavat palvelut ja palvelutasovaatimukset. Lisäksi on myös kerrottava selkeästi tarjousten arviointiperusteet. Tarjouspyynnössä täytyy mainita vähintään seuraavat asiat:

- hankinnan sisältö ja laajuus sekä niitä kuvaavat tekniset eritelvät ja muut vaatimukset
- tarjoajien soveltuvuusvaatimukset
- tarjouksien valintaperusteet, niiden mahdolliset vertailuperusteet sekä painotus tai tärkeysjärjestys vertailussa
- määräaika tarjouksen jättämiselle, tarjouksen voimassaoloaika ja yhteystiedot tarjouksen toimittamiselle
- viittaus nähtävillä olevaan hankintailmoitukseen
- tarjouksissa käytettävä kieli

Tarjouksista vertailuun voi ottaa vain sellaiset tarjoukset, jotka täyttävät kaikki tarjouspyynnössä asetetut vähittäisvaatimukset ja ovat muutoinkin sen ehtojen mukaisia. Tarjouksien vertailu suoritetaan ainoastaan ennalta ilmoitettujen kriteerien perusteella. Hankintapäätöksestä tulee ilmetä miten tarjouksia on vertailtu ja millä perusteella voittanut tarjous valittiin. [37]

5 TUOTTEENVALMISTUS JA JÄRJESTELMÄN NYKYTILA

Ensimmäinen työvaihe on analysoida haettavaan ratkaisuun liittyvät järjestelmät ja työvaiheet. Kamerajärjestelmällä halutaan tarkastella tuotantokoneen valmistamien yksikköpakkausten tuoteominaisuuksia. Oleelliset työvaiheet ovat siis tuotteiden valmistus sekä yksikköpakkauksen valmistus.

5.1 Tuotteet ja niiden valmistaminen

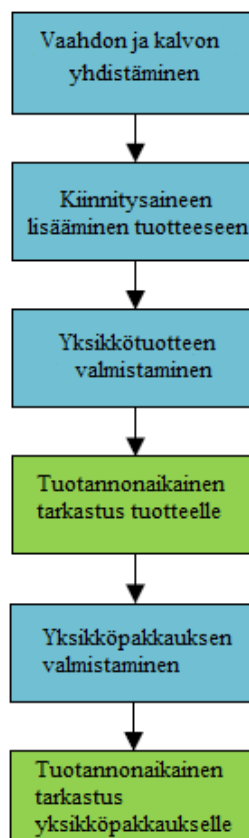
Tuotantolinja koostuu kolmesta osasta; tuotantokoneesta, poimintaroboteista ja pakkauslajista. Tuotantokone valmistaa erilaisia Mepilex-haavanhoitotuotteita, josta on esitetty esimerkki kuvassa 2.1. Ne ovat vaahtosidoksia, jotka ovat tarkoitettu monenlaisille erityyppisille haavoille ja ne imevät haavaeritettä pitäen haavaympäristön samalla sopivan kosteana. Tuotteet eroavat toisistaan erityisesti niissä käytettävän vaahtotyynyn osalta, joka vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin. Paksun vaahtotyynyn erityiset eritekanavat mahdollistavat paksunkin eritteen imemisen ja ohut vaahtotyyny mukautuu kehon muotoihin ja sopii siten vaikeasti sidottaville alueille. Tuotteissa käytetyn kiinnitysaineen ansiosta maseraation riski vähenee, eivätkä tuotteet aiheuta irrottaessa kipua ja vaurioita haava-alueelle. [3][4][5]



Kuva 5.1 Mepilex-vaahtosidos on pehmeä ja hyvin mukautuva vaahtosidos, joka imee haavaeritettä ja pitää haavaympäristön kosteana. [6]

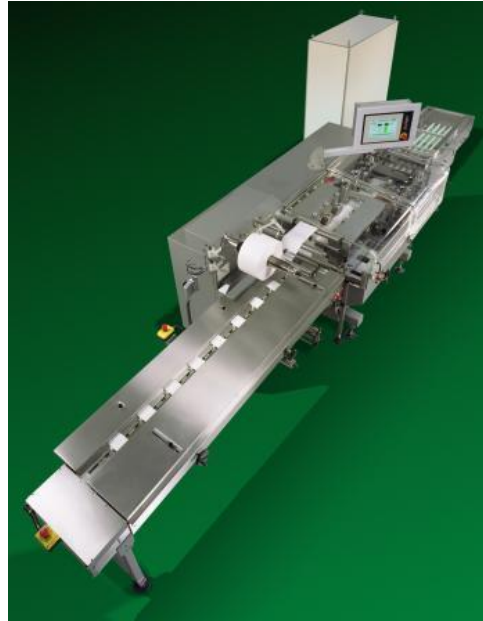
Mepilex-tuotteiden valmistusprosessi on esitetty kuvassa 5.2. Tuotteen valmistusprosessi on monivaiheinen ja se on täysin tehdaskohtainen. Tuotteenvalmistuksen ensimmäisessä vaiheessa vaahdon taustalle lisätään hengittävä ja suojaava taustakalvo. Taustakalvo tekee sidoksesta vedenkestävän ja antaa haavalle virus- ja bakteerisuojaan. Vaahdon päälle lisätään kiinnitysaine, jolla tuote kiinnittyy ihoon.

Kiinnitysaineen suojaksi lisätään irrokemuovit, jotka poistetaan tuotetta käytettäessä. Seuraavassa työvaiheessa materiaalirata leikataan oikeaan mittaan ja muotoon. Poimintarobotit siirtävät valmiit tuotteet kohti yksikköpakkausta. Virheellisten tuotteiden hylkääminen on toteutettu poimintaroboteilla siten, että ne havaitsevat virheelliset tuotteet ja jättävät ne poimimatta kuljetinhihnalta. Pakkaamattomat tuotteet tarkistetaan mittojen ja laadun osalta tehdaskohtaisten ohjeiden mukaisesti työntekijöiden toimesta ennen loppupakkausta. [7]



Kuva 5.2 Mepilex-tuotteiden valmistusprosessi on monivaiheinen ja täysin tehdaskohtainen. Se koostuu useasta tuotantovaiheesta sekä välissä suoritettavista tuotannonaikaisista tarkistuksista.

Tuotteiden loppupakkaus suoritetaan kuvan 5.3 tapaisella 4 Side Seal-pakkaus-koneella (4SS), jossa tuotteet pakataan yksikköpakkauksiin muodostamalla neljä saumaa kuumasaumausyksiköillä.



Kuva 5.3 Esimerkkikuva 4SS-pakkaus-koneesta, jossa tuotteet pakataan yksikköpakkauksiin muodostamalla neljä saumaa kuumasaumausyksiköillä; kaksi konesuunnassa ja kaksi poikkisuunnassa. Saumauksen jälkeen pakkaukset leikataan määrämittaan. [8]

Yksikköpakkausmateriaalit aukikelataan saumausyksikköön, jossa saumauspyörät muodostavat kaksi saumaa konesuunnassa ja kaksi saumaa poikkisuunnassa. Tuotteenvalmistusprosessissa tämä on kriittisin vaihe tuotteen steriiliyden kannalta. Aukikelauksessa yksikköpakkauksiin lisätään direktiivien ja standardien ISO 15223 ja ISO 1041 mukaiset merkinnät. Saumatut yksikköpakkaukset leikataan oikeaan mittaan. Kaikki pakkaus-koneen virheellisiksi tulkitsemat yksikköpakkaukset hylätään poistokuljettimessa olevan hylkäysjärjestelmän avulla, jonka jälkeen ryhmittelykuljetin ryhmittelee valmistetut tuotteet halutun kokoisiksi nipuiksi halutulla välillä. Niput poimitaan loppukuljettimelta tarkastamista varten, josta tuotteet siirretään edelleen jatkokäsittelyyn. Valmiit yksikköpakkaukset tarkistetaan mittojen ja laadun puolesta tehdaskohtaisten ohjeiden mukaisesti

5.2 Hylkäysseurannan nykytilan toimintakuvaus

Virheellisten tuotteiden hylkääminen on toteutettu poimintarobottien kameranäkösovelluksella siten, että ne jättävät virheelliset tuotteet siirtämättä loppupakkauskoneen kuljettimelle, näin yksikköpakkauksiin pakataan ainoastaan hyviä tuotteita. Yksikköpakkauksien laadun tarkkaileminen tapahtuu 4SS-pakkauskoneeseen sisällytettyjen toimintojen avulla.

Kun tuote siirretään pakkauskoneelle, tuotteen läsnäolo tarkastetaan ennen saumausyksikköön syöttämistä. Tuotteen sijainti tarkastetaan saumauksessa, näin varmistetaan että tuotteen paikoitus yksikköpakkauksessa on oikein. Mikäli tuotetta ei havaita tai sen paikoitus on virheellinen, hylätään yksikköpakkaus loppuleikkauksen jälkeen olevalla hylkäysportilla. [9]

6 KAMERAJÄRJESTELMÄN MÄÄRITTELY

Kamerajärjestelmän määrittelyssä haluttiin jättää tarkoituksella määrittelemättä vaatimusmäärittelyyn kamerajärjestelmän tarkka toteutustapa sekä käytettävä tekniikka, eli haluttiin antaa ongelma laitevalmistajien ratkaistavaksi. Laitevalmistajilta halutaan kokonaisratkaisu ongelmaan sekä budjettilaskelma järjestelmälle eri ratkaisuvaihtoehtojen vertailun mahdollistamiseksi.

Vaatimusmäärittelydokumentin ensimmäisen version luomiseksi tutustutaan yrityksessä aiemmin tehtyihin vaatimusmäärittelydokumentteihin sekä niiden sisältöön ja pohditaan projektikohtaisesti kamerajärjestelmässä huomioitavia asioita.

6.1 Vaatimusmäärittelydokumentit yrityksessä

Tutkimalla yrityksessä tehtyihin vaatimusmäärittelydokumentteihin havaittiin, että ne luodaan yrityksessä aina projektikohtaisesti ottaen huomioon jokaisen projektin yksilölliset tarpeet. Vaatimusmäärittelydokumenttien laajuus ja yksityiskohtaisuus vaihtelee hankinnan kohteen mukaan niiden vaihdellessa yksittäisestä konejärjestelmän osasta kokonaiseen konelinjoihin. Kuitenkin kaikki vaatimusmäärittelyt sisältävät hankinnan laajuudesta riippumatta samoja vaatimuksia ja määrittelyjä. Vaatimusmäärittelyn rakenne on tehtyjen havaintojen perusteella yleisesti seuraava:

1. Yleiset vaatimukset
2. Toimintakuvaus
3. Syöttö- ja ohjausjärjestelmän erittely
4. Viranomaisvaatimukset ja standardit
5. Käyttöönottoimenpiteet
6. Dokumentit

Yleisissä vaatimuksissa esitetään vaatimusmäärittelyn kohde eli hankittava laitekokonaisuus sekä asetetaan suunnitteluprosessin lähtökohdat. Yleisten vaatimuksien sisältöön kuuluu yrityksessä esimerkiksi seuraavia kohtia:

- Vaatimusmäärittelyn kohteen yleinen kuvaus
- Toimituksen laajuuden määrittely
- Laitekokonaisuuden yleinen toimintakuvaus
- Valmistettavien tuotteiden määrittely ja erittely
- Valmistusmateriaalien erittely
- Ratkaisulta vaadittava kyvykkyys
- Ratkaisulta vaadittava suorituskyky

Toimintakuvauksessa tarkennetaan laitekokonaisuuteen haluttavien käyttötoimintojen vaatimuksia sekä vaadittavaa toimintatapaa. Laitetoimittajan on myös kuvailtava laitekokonaisuus hankinnan mukana toimitettavassa toiminnallisessa kuvauksessa.

Syöttö- ja ohjausjärjestelmän erittelyssä on asetettu vaatimukset esimerkiksi laitekokonaisuuden syöttö ja ohjausjärjestelmälle. Laitekokonaisuuden sähköjärjestelmän tulee täyttää SFS-EN 60204-1 sähköturvallisuusstandardin sekä lisäksi konedirektiivin määräykset. Tehtaan syöttöjärjestelmistä on kuvattu esimerkiksi käytössä oleva paineilmajärjestelmä ja sähköjärjestelmä. Laitekokonaisuuden ohjausjärjestelmän osalta on määritelty mm. siltä vaadittavat käyttöominaisuudet sekä eritelty vähittäisvaatimukset käyttöjärjestelmän sisällölle.

Viranomaisvaatimukset ja standardit asettavat myös omat pakolliset vaatimuksensa hankittaville järjestelmäkokonaisuuksille yrityksen vaatimuksien lisäksi. Laitekokonaisuuden täytyy täyttää EC:n (European Commission) SFS:n (Suomen Standardoimisliitto) ja FDA:n (Food and Drug Administration) säädökset ja ohjeistukset soveltuvilta osin. Laitekokonaisuuden tulee olla CE-merkitty ja tulee siten täyttää konestandardi 2006/42/EC.

Käyttöönottoimenpiteiden tarkoituksena on varmistaa että järjestelmä täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset. Käyttöönottoimet koostuvat esimerkiksi tehdastestauksesta ja hyväksymistestauksesta. Tehdastestaus eli Factory Acceptance Test (FAT) on tilaajan ja toimittajan yhteistyössä suoritettava dokumentoitu testi, jolla tarkastetaan järjestelmän oikea toiminta mahdollisimman pitkälle ennen toimitusta asiakkaan tiloihin.

Hyväksymistestauksen (Site Acceptance Test, SAT) tarkoitus on vahvistaa että tilattu järjestelmä täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset. Se suoritetaan yrityksen tiloissa normaalin tuotantoajan rinnalla.

Dokumenteissa on määritetty laitekokonaisuuden mukana toimitettavat dokumentit ja eritelty ne. Asiakirjoihin on sisällyttävä alihankkijoiden dokumentointi ja niiden on täytettävä konedirektiivissä määritellyt vähimmäisvaatimukset.

6.2 Koneäköjärjestelmällä tarkistettavat tuoteominaisuudet

Koneen nykyisestä hylkäysjärjestelmästä huolimatta yksikköpakkauksissa on paljon mitattavia ja tarkkailtavia suureita ja ominaisuuksia, joiden tarkastaminen tapahtuu tällä hetkellä konehenkilöstön toimesta. Työntekijöillä on siis tärkeä rooli laadun varmistamisessa.

Terveydenhoidossa käytettävien lääkinnällisten laitteiden laatua ohjaa ISO 13485-standardi. Se toimii potilasturvallisuuteen sekä terveydenhuollon riskinhallintaan liittyvien laitteiden ja tarvikkeiden laadunhallinnan pohjana. Standardi ei tarjoa suoraa ratkaisua suunnitteluun, vaan auttaa luomaan kehyksen, joka mahdollistaa erilaisten ratkaisumallien käytön riippumatta valmistajan koosta, tuotteen monimutkaisuudesta, potentiaalisista riskeistä sekä laatutavoitteista, jotka valmistaja on itse asettanut omille toiminnoilleen ja laitteilleen.

Tuotteen steriiliyden varmistaminen on kaikkein tärkein yksikköpakkauksen ominaisuus potilasturvallisuuden takaamiseksi. Steriiliyden varmistamiseksi yksikköpakkauksen ja sen saumojen eheys ja tiiviys on ensisijaisen tärkeää. Standardi ISO 11607 määrittelee vaatimukset steriloitujen lääkinnällisten laitteiden pakkausprosessin validoinnille ja direktiivi EN 556 sekä standardi ISO 11135 vaatimukset yksikköpakkauksen steriloinnille.

Tuotteen väärä asemointi yksikköpakkauksessa, tuotantokoneen väärä asetus, irtopartikkelit tai materiaalirullien valmistusvirheet vaikuttavat heikentävästi yksikköpakkauksen tiiveyteen. Täten valmistettujen tuotteiden tarkastaminen on ensisijaisen tärkeää.

Konenäköjärjestelmä mahdollistaa useiden eri parametrien tarkistamisen yksikköpakkauksesta samanaikaisesti ja siten mahdollistaa tuotteen steriiliyden varmistamisen vähentäen samalla käsin tehtävän työn määrää. Yksikköpakkauksesta tarkistettavissa olevia tuotekohtaisia, tuotteen steriiliyteen vaikuttavia ominaisuuksia ovat:

- Ylä- ja alamateriaaliradan positio saumauspyöriin ja/tai toisiinsa nähden
- Pakkausmateriaalien puhtaus
- Tuotteen positio yksikköpakkauksessa
- Saumojen paksuus
- Saumojen rypyt/kanavat

Ylä- ja alaradan positiolla tuotteeseen ja/tai toisiinsa nähden on tärkeä merkitys yksikköpakkauksen ulkonäön ja käytettävyyden kannalta. Tuotekohtaisissa määrittelyissä on yksikköpakkauksille määritelty mitat, jotta yksikköpakkauksen avaaminen olisi helppoa tuotetta käytettäessä. Materiaaliratojen sivuttaispositio pituussaumauspyöriin nähden vaikuttaa oleellisesti myös sauman leveyden täyttymiseen.

Pakkausmateriaalien puhtaus on ensisijaisen tärkeää, sillä lika tai irtopartikkelit vaikuttavat heikentävästi saumauksen laatuun. Materiaalirullissa on myös jatkosteippejä, jotka pystytään havaitsemaan.

Tuotteen positiolla yksikköpakkauksessa on merkitystä, sillä jos tuote jää sauman väliin, on se käyttökelvoton. Jos tuote on liian lähellä saumaa, saattaa se paksuutensa vuoksi aiheuttaa sauman kapenemisen vaarantaen tuotteen steriiliyden. Yksikköpakkauksen leikkauspaikoitus vaikuttaa poikittaisten saumojen paksuuteen, jolla on vaikutus tuotteen steriiliyteen. Myös saumausalueelle osuva rypyt tai kanava voi vaikuttaa tuotteen steriiliyteen.

Kameranäköjärjestelmällä voidaan myös varmistaa yksikköpakkauksen sisältämien direktiivien ja standardien mukaisten tietojen selkeys ja luettavuus sekä pakkauspaperin tulostuksien oikeellisuus.

6.3 Kamerajärjestelmässä huomioitavat asiat

Jotta kameranäköjärjestelmällä pystyttäisiin tarkastelemaan valmistettuja yksikköpakkauksia ja sen sisältämiä yksikköpakkaukselle määriteltyjä tuotekohtaisia arvoja, täytyy järjestelmän suunnittelussa ja sijoituksessa ottaa useita tekijöitä huomioon. Tuotantokone, valmistettavat tuotteet sekä materiaalit asettavat useita haasteita kamerajärjestelmälle, jotka pitää ottaa huomioon vaatimusmäärittelyä kootessa. Huomioitavia asioita ovat esimerkiksi:

- Tuotantokoneen rakenne
- Järjestelmän sijoitus olemassa olevaan tuotantokoneeseen nähden
- Järjestelmän liittäminen tuotantokoneeseen
- Tuotantoarvot
- Tuotantokoneen ajotilat
- Pakkausmateriaalit
- Tuotekoot

Käytettävissä oleva asennustila on hyvin rajallinen tuotantokoneen rakenteen rajoittaessa sijoitusta. Täten kameranäköjärjestelmän toteutuksessa täytyy ottaa kokorajoitukset huomioon, järjestelmän tulisi olla mahdollisimman pienin rakenteellisin muutoksin asennettavissa nykyiseen tuotantokoneeseen.

Jotta yksikköpakkauksen saumausalueita voitaisiin tarkistella valmiina, on sen tarkastelu suoritettava materiaaliradan loppuleikkauksen jälkeen. Ennen loppuleikkausta on mahdollista tarkastaa ainoastaan poikkisauma kokonaisleveyden ja sauman eheyden osalta. Kuitenkin loppuleikkauksen paikoituksen vaikuttaessa poikkisaumojen leveyteen, ei saumojen leveyttä pystytä varmistamaan ennen loppuleikkausta.

Kameranäköjärjestelmän optiikan ja valaistuksen asentamisessa on mahdollista hyödyntää olemassa olevaa tuotantokoneen rakennetta, mutta tällöin koneen suoja-alueet sekä niiden käytettävyys ja toimivuus järjestelmän lisäämisen jälkeen tulee varmistaa. Liikkuvien koneenosien täytyy pysyä mahdollisimman suojattuina työturvallisuuden takaamiseksi.

Loppuleikkauksen jälkeinen yksikköpakkausten siirto ja ryhmittely tapahtuu kuljetinhihnojen avulla. Järjestelmän rakenne ja toimivuus tulee ottaa huomioon kamerajärjestelmän valonlähteen sijoituksessa.

Johtuen käytettävissä olevasta tilasta, ei nykyinen hylkäysjärjestelmä ole yhdistettävissä kamerajärjestelmään. Kamerajärjestelmä vaatii siis erillisen hylkäysjärjestelmän.

Pakkauskoneen rata- ja tuotantonopeus vaihtelee valmistettavan tuotteen ja sen tuotantonopeuden mukaan. Valmistettava tuote määrittää yksikköpakkauksen pituuden konesuunnassa ja leikkauspituus edelleen ratanopeuden. Koneen suurimmat tuotantoarvot ovat volyymituotteella. Kamerajärjestelmän on kyettävä toimimaan kaikilla ajonopeuksilla, toisin sanoen koneen suurin tuotantoarvo määrittelee suunnitteluarvon järjestelmälle. [7]
[9]

Tuotantokoneessa on neljä erilaista ajotilaa, kamerajärjestelmän tulee olla käytettävissä kaikissa niistä. Ajotilat mahdollistavat pakkauskoneen käyttämisen itsenäisesti erillään muusta tuotantokoneesta, jolloin tuotteita on mahdollista syöttää pakkauskoneeseen myös manuaalisesti. Esimerkiksi tuotevaihdossa hyödynnetään tätä ajotilaa asettaessa pakkauskoneen asetuksia.

Tuotantoajoa ajettaessa tuotantokone toimii hallitsevana yksikkönä, jota koneen muut osat seuraavat. Kameranäköjärjestelmän tulee vaihtaa käytössä olevat tuotekohtaiset asetukset käytössä olevan hallitsevan yksikön käskyjen mukaisesti.

Yksikköpakkauksien pakkausmateriaaleina käytetään painatettua paperia, muovipäällysteistä paperia sekä muovikalvoa. Yksikköpakkauksiin aina tulevaan painettuun paperiin on valmistajan toimesta tehty tuotekohtaiset painatukset ja muut direktiivien ja standardien mukaiset leimaukset lisätään tehtaalla tuotantovaiheessa. Yksikköpakkauksen toisena materiaalina käytetään valmistettavasta tuotteesta riippuen joko muovipäällysteistä paperia tai muovifilmiä. Läpinäkyvä muovifilmi on käytössä ulkonäkösyistä, sillä se saa yksikköpakkauksen ulkonäöstä visuaalisemman, kun sisällä olevan tuotteen näkee avaamatta yksikköpakkausta. Muovifilmiä ei kuitenkaan voi käyttää

paksujen vaahtosidosten kanssa pakkausmateriaalina. Tällöin käytetään paperi-paperi yksikköpakkausta mutta tällöin ongelmaksi nousee näkyvyys yksikköpakkauksen lävitse. Myös pakkausmateriaalien nykyinen sijoitusjärjestys asettaa haasteita kamerajärjestelmälle, sillä painettu pakkauspaperi on nykytilanteessa alemmassa aukikelaimessa ja vastaavasti painamaton kalvo/paperi ylemmässä aukikelaimessa. Tällöin painatus ja erätiedot pakkauspaperissa on alaspäin.

Tuotantokoneella valmistetaan montaa eri kokoa olevaa tuotetta mittojen vaihdellessa pienimmästä 5x5cm tuotemistä aina 15x15cm sekä 11x20cm kokoihin tuotteisiin. Vastaavasti pakkausmateriaalien leveydessä on 15 senttimetrin ja leikkauspituudessa 10 senttimetrin ero pienimmän ja suurimman tuotteen välillä. Kamerajärjestelmän on kyettävä lukemaan niitä kaikkia.

6.4 Vaatimusten määrittäminen kamerajärjestelmälle

Vaatimusmäärittelyn luominen aloitettiin asettamalla kameranäköjärjestelmälle vaatimukset tarkistettavien tuoteominaisuuksien tärkeysjärjestyksestä sekä niiden mittaustarkkuudesta. Vaatimusmäärittely tehdään valmiiksi vaiheittain toimittajan kanssa kameranäköjärjestelmäprojektin edetessä.

Järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet voidaan ryhmitellä teoriaosuudessa esitetyn jaottelun mukaan kolmeen eri ryhmään niiden tärkeyden mukaan, johon vaikuttaa niiden kriittisyys yksikköpakkauksen sisältämän tuotteen näkökulmasta:

1. Kriittiset tuoteominaisuudet, jotka vaikuttavat tuotteen steriiliyden varmistamiseen
2. Tärkeät tuoteominaisuudet, joilla on selkeä vaikutus tuotteen käytettävyyteen
3. Tarpeelliset tuoteominaisuudet, jotka vaikuttavat tuotteen käyttöön

Kriittisiin tuoteominaisuuksiin luokitellaan kaikki tuotteen steriiliyteen vaikuttavat tuoteominaisuudet. Kamerajärjestelmän tulee pystyä havaitsemaan ja käsittelemään vähintään kaikki kriittiset ominaisuudet tullakseen valituksi. Kriittisiin, tarkastettaviin tuoteominaisuuksiin kuuluu:

- Saumausalueen virheettömyden tarkastaminen(puhtaus, eheys ja saumojen mitat)
- Yksikköpakkauksen leikkauspituus ja tuotteen asemointi yksikköpakkauksessa

Tärkeisiin tuoteominaisuuksiin luokitellaan kaikki tuoteominaisuudet, joilla on tuotteen käytettävyyden kannalta tärkeä vaikutus, kuten direktiivien ja standardien mukaiset tulostukset. Tarpeellisiin tuoteominaisuuksiin luokitellaan tuoteominaisuudet, jotka vaikuttavat tuotteen käyttöön, kuten materiaalirullien valmistajan tuottamat tuotekohtaiset tulostukset.

Kamerajärjestelmän ei alkuvaiheessa tarvitse tarkkailla tärkeitä ja tarpeellisia tuoteominaisuuksia, sillä ne varmistetaan jo nykytilanteessa tehtaalla käytössä olevan laadunvarmistusjärjestelmän mukaisesti tuotantovaiheessa. Ne kuitenkin antavat kamerajärjestelmälle lisäarvoa ja vaikuttavat siten oleellisesti valittavaan kamerajärjestelmään.

7 RATKAISUJEN MUODOSTAMINEN JA ARVOSTELU

Ongelman ratkaisuun soveltuvia, konenäköjärjestelmiä tarjoavia toimittajia valittiin neljä kappaletta. Toimittajat valikoituivat sillä perusteella, että niillä on aiempaa kokemusta yrityksen kanssa toimimisesta, ongelman keskiössä olevasta tuotantokoneesta tai sen valmistamista tuotteista.

Ratkaisuvaihtoehtojen vertailemista varten kullekin laitetoimittajille toimitettiin samanlaiset tuotenäytteet testattavaksi. Tuotenäytteiden kerääminen tapahtui pakkauskoneella lajittelemalla kaikki sen hylkäysjärjestelmän sekä työntekijöiden hylkäämät yksikköpakkaukset.

Tuotenäytteiden sisältämät kuvattavat kohteet jakautuvat kappaleessa 6.4 esitetyn jaottelun mukaisesti kolmeen eri ryhmään kuvattavan kohteen tai tuoteominaisuuden kriittisyyden mukaan. Kamerajärjestelmän tulee pystyä havaitsemaan ja käsittelemään vähintään kaikki kriittiset kohteet tullakseen valituksi. Kuvattavat kohteet eriteltyinä sekä niiden tärkeys on esitetty taulukossa 7.1

Kuvattava kohde/tuoteominaisuus	Kohteen/tuoteominaisuuden tärkeys
I	Kriittinen kohde
II	Kriittinen kohde
III	Kriittinen kohde
IV = Pakkausmateriaalien asemointi	Tärkeä kohde
V	Tärkeä kohde
VI	Kriittinen kohde
VII = Pakkausmateriaalin tulostuksien tarkastus	Tarpeellinen kohde
VIII = Direktiivien ja standardien mukaiset tulostukset	Tärkeä kohde

Taulukko 7.1 Tuotenäytteiden sisältämät tarkistettavat kohteet/tuoteominaisuudet sekä niiden tärkeys eriteltyinä kriittisyyden mukaan.

Testaamalla kamerajärjestelmiä todellisilla tuotenäytteillä saadaan selkeä ja realistinen kuva jokaisen ratkaisuvaihtoehdon kyvykkyydestä kohdesovellukseen sekä toistensa suhteen. Laitevalmistajat suorittivat testinsä toimitettujen materiaalien ja annettujen spesifikaatioiden avulla ja esittelivät ongelman poistamiseksi omat ratkaisuvaihtoehdonsa.

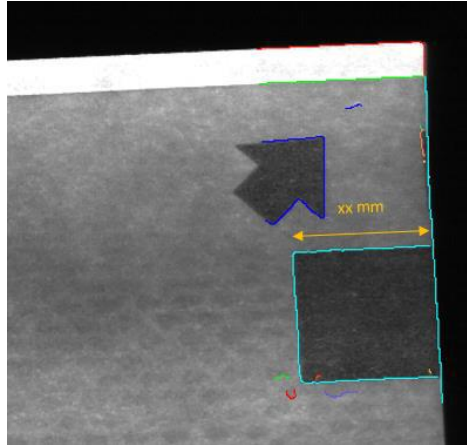
7.1 Toimittaja A

Toimittaja A on yritykselle entuudestaan tuttu, ja sillä on 30 vuoden kokemus konenäköjärjestelmistä. Kyseessä on ulkomaalainen yritys. Toimittaja on aiemmin tehnyt karkean selvityksen yritykselle tuotteiden tarkastamisesta kameranäköjärjestelmällä. Toimittaja testasi tuotteet todistaakseen, mihin heidän järjestelmänsä pystyy.

Testijärjestelyssä kohteen I havaitseminen yksikköpakkauksesta onnistui mutta se riippuu vahvasti tarkasteltavien kohteiden koosta ja asemoinnista kameraan ja valonlähteeseen nähden. Jos tarkasteltava kohde on poikittain materiaaliradan kulkusuuntaan nähden, on se helpompi havaita kuin sen ollessa kulkusuunnan mukaisesti. Kun kohde I on selkeämpi, pystytään se havaitsemaan, vaikka se olisi tuotteen kulkusuunnan mukaisesti. Myös yksikköpakkauksen materiaalit vaikuttavat kohteen havaitsemiseen.

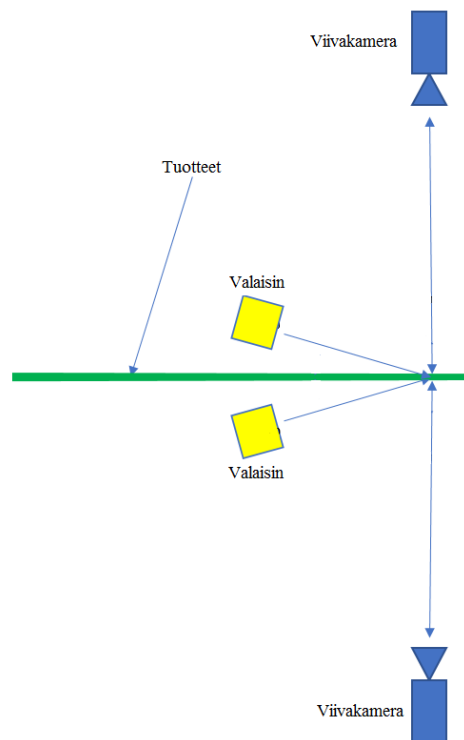
Kohteen II havaitseminen yksikköpakkauksesta onnistuu mutta riippuu vahvasti sen sijainnista, koosta ja sen kontrastista taustaan nähden. Jos kuvattava kohde osuu alueelle, missä on paljon kuvioita tai tekstiä, on sen havaitseminen vaikeampaa kuin esteetöntä taustaa vasten.

Tuotteen mittojen mittaaminen yksikköpakkauksesta on mahdollista mittaamalla etäisyyksiä asetetun kiintopisteen suhteen. Tunnistamalla yksikköpakkauksen kulmat ja mittaamalla niiden välistä etäisyyttä voidaan varmistaa, etteivät yksikköpakkauksen mitat mene toleranssien ulkopuolelle. Yksikköpakkauksen mittojen tarkistamista on havainnollistettu kuvassa 7.1



Kuva 7.1 Tunnistamalla yksikköpakkauksen reunat, on siitä mahdollista mitata haluttuja dimensioita. Kuvassa on demonstroitu yksikköpakkauksen painomerkin leveyden mittaamista.

Kokeiden perusteella toimittaja ehdottaa yksikköpakkausten tarkistamiseen kahta aiemmin toteutettua kuvaussovellusta ja kuvan 7.2 kuvausjärjestelyä, jossa tuotteita kuvataan molemmilta puolilta kahdella viivakameralla ja valaistetaan kahdella valonlähteellä pimeäkenttävalaistusta hyödyntäen. Näin yksikköpakkauksen molemmat puolet saadaan tarkastettua kaikkien kohteiden osalta.



Kuva 7.2 Toimittajan A ehdottama kuvausjärjestely yksikköpakattujen tuotteiden tarkastamiseen. Kuvausjärjestelyssä tarkastettavia tuotteita valaistaan ja kuvataan molemmilta puolilta samanaikaisesti yksikköpakkauksen kaikkien kohteiden tarkastamiseksi.

Valmistajan tarjoama kamerajärjestelmä on suunniteltu puhdastiloissa käytettyihin suurnopeussovelluksiin ja kykenee yli 500kpl/min nopeuksiin. Toimittaja ehdottaa seuraavaksi vaiheeksi yhteydenottoa tuotantokoneen valmistajaan mahdollisten asennussijaintien selvittämiseksi ja toteutettavuustestien jatkamiseksi. Lisätestit oikealla kuvausjärjestelyllä tuotantoympäristössä antavat tarkan tuloksen järjestelmän kyvystä.

Toimittaja ei pysty antamaan hinta-arviota valmiille järjestelmälle, sillä kamerajärjestelmän liittämiseksi tuotantokoneeseen vaaditaan pakkaus koneen valmistajan tukea uudelleenrakennuksessa.

7.2 Toimittaja B

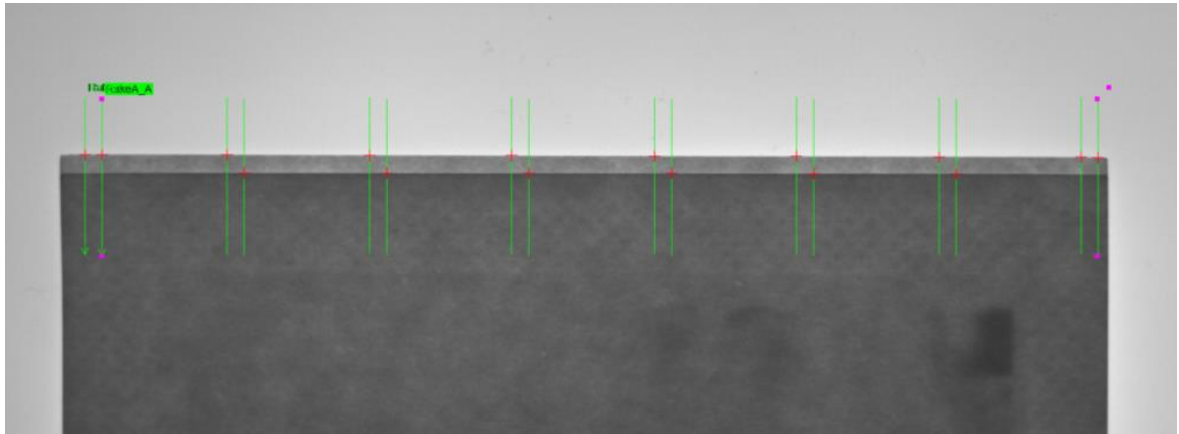
Toimittaja B on kymmenen vuotta vanha ulkomaalainen yritys. Sillä on erikoisosaamista kameranäköjärjestelmien asentamisesta tutkimuksen kohteena olevaan tuotantokoneeseen, joihin se on toimittanut lukuisia kamerajärjestelmiä erilaisiin tarkastusovelluksiin.

Toimittajan suorittamat testit osoittivat, että kohteen I havaitseminen ei ole mahdollista toimittajan kamerajärjestelmällä, koska kohde tuottaa liian pienen kontrastieron taustaan nähden, jotta kamerajärjestelmä pystyisi havaitsemaan sen.

Kohde II pystytään havaitsemaan luotettavasti kuvattavan kohteen tuottaman kontrastieron vuoksi. Mikäli kuvattava kohde ei ole halutulla alueella, sen havaitsemiseen vaikuttaa voimakkaasti kohteen koon, sijainnin ja ympäröivien tulostuksien lisäksi yksikköpakkauksen sisältämä ilma, joka vaikuttaa havaittavan kohteen kokoon.

Kohde III pystytään luotettavasti tunnistamaan ja paikantamaan sen tuottaman suuren kontrastieron vuoksi. Kohteen havaitseminen tuotteen materiaaleista yksikköpakkauksen läpi on myös mahdollista.

Yksikköpakkauksen mittojen määrittäminen on mahdollista hyödyntämällä materiaalikerrosten välistä kontrastieroa. Näin voidaan mitata esimerkiksi pakkausmateriaalien keskinäistä positiota kuvan 7.3 mukaisesti. Kuitenkin tuotteen on oltava mitatessa tasainen, sillä tuotteen paksuuden vuoksi yksikköpakkauksen laidat taipuvat.



Kuva 7.3 Hyödyntämällä materiaalikerrosten välisiä kontrastieroja yksikköpakkauksesta voidaan mitata kamerajärjestelmällä haluttuja mittoja.

Laitetoimittaja ehdottaa tuoteominaisuuksien tarkastamiseen tuotantokoneeseen asennettavan kameran ja koneen loppupäähän asennettavan erillisen tarkastusyksikön yhdistelmää. Kahden kamerajärjestelmän yhdistelmällä yksikköpakkaus saataisiin tarkastettua taulukon 7.2 mukaisella järjestelyllä.

Kuvattava kohde/tuoteominaisuus	Ratkaisu
I	Ei ratkaistavissa
II	Tuotantokoneeseen integroitu kamera
III	Erillinen tarkastusyksikkö
IV	Erillinen tarkastusyksikkö
V	Erillinen tarkastusyksikkö
VI	Erillinen tarkastusyksikkö
VII	Erillinen tarkastusyksikkö
VIII	Tuotantokoneeseen integroitu kamera

Taulukko 7.2 Toimittaja B:n ehdottama kuvausjärjestely tuoteominaisuuksien tarkastamiseen. Toimittaja ehdottaa ratkaisuksi on kahden kameran järjestelmä, jossa toinen kamera on integroitu tuotantokoneeseen ja toinen kamera on sijoitettu erilliseen tarkastusyksikköön.

Toimittaja ei pysty suoritettujen testien perusteella antamaan arviota järjestelmän hinnasta, sillä kamerajärjestelmien sijoitusta ja liittämistä tuotantokoneeseen täytyy vielä kehittää.

7.3 Toimittaja C

Toimittaja C on kotimainen yritys, jolla on yli 30 vuoden kokemus konenäköjärjestelmistä. Toimittaja C on tehnyt aiemmin selvityksen tuotteiden tarkastamisesta kameranäöllä sekä tutustunut aiemmin tutkimuksen kohteena olevaan tuotantokoneeseen. Toimittaja C:n konenäköratkaisu on valittu yrityksessä saman konelinjan toiseen laaduntarkkailusovellukseen. Toimittaja kävi tuotenäytteet läpi, tutkimustulokset sekä laitevalmistajan kommentit tuotenäytteistä oleellisilta osin on esitetty taulukossa 7.3

Näyte nro	Tarkastettu kohde/tuoteominaisuus	Vastavalo, kuvaus edestä	Vastavalo, kuvaus takaa	Toimittajan kommentti
1	IV	0 %	0 %	Vain jos tuotteet leikattu erilleen
4	I	20 %	0 %	
5	I	0 %	0 %	Vikaa ei löydy edes silmällä
7	III	100 %	100 %	Erittäin selvä vika
9	I	10 %	70 %	Erottuu sopivassa sivuvalossa
12	VI	0 %	0 %	Ei silminnähtävää vikaa
15	II	80 %	80 %	
18	II	90 %	60 %	
23	I	0 %	0 %	Erottuu sopivassa sivuvalossa
24	I	0 %	0 %	Erottuu sopivassa sivuvalossa
25	V	100 %	100 %	näky selvästi tummempana

Taulukko 7.3 Toimittaja C:n testitulokset tuotenäytteille. Taulukossa tutkitun tuotenäytteen numerotunniste, sen sisältämän kohteen kuvaus, todennäköisyydet havaita kohde edestä ja takaa suunnatulla vastavalolla sekä toimittajan kommentti kyseisestä tuotenäytteestä.

Kohteen I havaitseminen yksikköpakkauksesta ei onnistu pelkästään yhdestä suunnasta, toteutukseen tarvitaan vastavalo- ja myötävalonlähde. Valaisemalla yksikköpakkaus sopivalla sivuvalolla, olisi kohteen havaitseminen yksikköpakkauksesta mahdollista.

Kohteen II erottaminen yksikköpakkauksesta onnistui hyvin kuvattavan kohteen koon tai suuren kontrastieron vuoksi. Kohde III pystytään luotettavasti tunnistamaan ja

paikantamaan sen tuottaman suuren kontrastieron vuoksi. Kohteen havaitseminen onnistui suoritetuissa testeissä molemmilla kuvausmenetelmillä.

Tulostuksien luettavuuden toimittaja kommentoi haastavaksi nykyisellä käytössä olevalla laitteistolla, sillä tulostetut merkit ovat erittäin lähellä toisiaan. Johtuen tästä ja tulostuksien pienestä resoluutiosta, on tulostettujen merkkien tulkitseminen järjestelmällä hankalaa. Toimittaja kommentoi, että merkkien tulostusväliä suurentamalla tulostukset olisivat luettavissa.

Toimittaja ehdottaa ratkaisuksi radanvalvontajärjestelmää jossa molempien materiaaliratojen pinnat luetaan sekä vasta- että pimeäkenttävalaistuksella käyttäen neljää valaisinta ja neljää erillistä kameraa. Jatkosuunnitelmaksi toimittaja ehdottaa järjestelmän suunnittelua tutkimustyönä, jolla varmistetaan oikeat valinnat valaisutekniikan ja teknologian valinnassa.

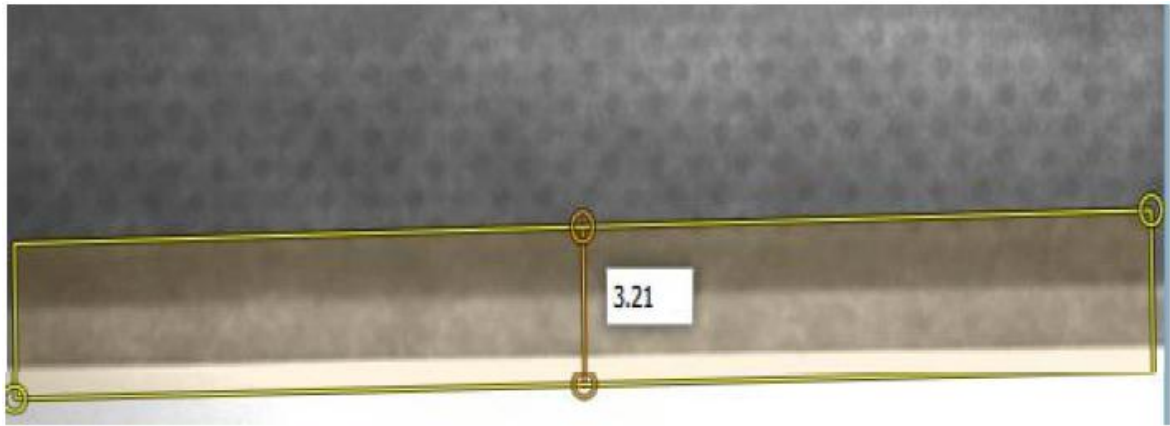
7.4 Toimittaja D

Toimittaja D on kotimainen yritys, joka on perustettu tällä vuosituhanella. Sillä on kuitenkin takanaan pitkä kokemus kameranäköjärjestelmistä ja on aiemmin suorittanut yritykselle selvityksen tuotteiden tarkastamisesta hyödyntämällä kameranäköä.

Toimittajan suorittamat testit osoittivat, että kamerajärjestelmä pystyi havaitsemaan kohteen I yksikköpakkauksesta siinä käytettävistä materiaaleista riippumatta. Kohteen pienestä koosta huolimatta se näkyy oikeassa valaistuksessa ja järjestelmä pystyy havaitsemaan sen.

Kohteen II havaitseminen yksikköpakkauksesta onnistuu mutta riippuu voimakkaasti sen sijainnista yksikköpakkauksessa sekä kontrastista ympäröivään taustaan nähden. Kohteen III havaitseminen onnistuu luotettavasti havaittavan kohteen tuottaman suuren kontrastieron vuoksi

Myös yksikköpakkauksen dimensioiden mittaaminen tuotteesta on mahdollista, kun tuotteesta saadaan kiintopiste mittaamista varten, kuvassa 7.4 on esitetty materiaaliratojen keskinäisen position mittaaminen.



Kuva 7.14 Kun tuotteesta saadaan kiintopiste, on tuotteen dimensioiden mittaaminen mahdollista. Kuvassa on mitattu sauma-alueen etäisyyttä materiaaliradan reunasta.

Eräkohtaisten tulostuksien lukeminen osoittautui haastavaksi, muttei mahdottomaksi. Toimittaja kommentoi, että konenäköalgoritmeja muokkaamalla tulostuksien lukemisen pitäisi onnistua luotettavasti.

Kohteen VI tunnistaminen mittaamista varten osoittautui hankalaksi. Kohteen havaitsemiseksi toimittaja testasi erilaisia valaistus ja kuvantamistekniikoita. Tulokset kohteen havaitsemisesta eivät ehtineet valmistua diplomityön aikana.

Toimittaja ehdottaa alustavaksi kuvausjärjestelyksi kahta viivakameraa, jotka vaativat vain kapeat aukot tuotantokoneen pinnasta. Tarkempia tietoja järjestelmästä toimittaja ei pystynyt antamaan tutkimuksen ollessa vielä kesken.

7.5 Laitevalmistajien tarjoamien ratkaisujen analysointi ja vertailu

Toimittaja A:n kuvantamisjärjestely pystyi havaitsemaan lähes kaikki tuotteen steriiliyden kannalta kriittiset kohteet. Testit kuitenkin osoittivat, että kohteen I havaitseminen vaatii kamerajärjestelmän kehittämistä. Tulos on haastava, sillä tuotantoympäristössä kohteen I

havaitseminen on erittäin tärkeää sen ollessa kriittinen kohde. Toimittaja kuitenkin arvioi, että käyttämällä enemmän aikaa kuvausjärjestelyn kehittämiseen kohde pystytään havaitsemaan. Testit osoittivat myös, että kohde II voi olla erittäin hankala havaita, joka riippuu täysin kohteen kontrastista ja kokonaispinta-alasta. Testijärjestelyssä kuvattujen näytteiden kerrottiin olevan mahdollisia havaita kamerajärjestelmällä myös tuotantoympäristössä. Kuitenkin täysi varmuus järjestelmän toimimisesta tulisi suorittaa tuotantoympäristössä tuotantokoneella tehtävillä testeillä.

Toimittaja B:n järjestelmä pystyi luotettavasti tarkastamaan lähes kaikki yksikköpakkauksen kohteet niiden tuottaman suuren kontrastieron ansiosta. Toimittaja ei kuitenkaan kyennyt havaitsemaan kohdetta I tai tarjoamaan ratkaisua siihen. Kohteen I ollessa yksikköpakkauksen kriittinen tarkistuskohde, on tulos jatkoa ajatellen haastava.

Toimittaja C ei toimittanut testituloksiansa ohella ollenkaan mallikuvia kohteiden havaitsemisesta, joten tuloksien tulkinta on täysin toimittajan toimittamien omien arvioiden ja kommenttien varassa. Testituloksista voidaan kuitenkin todeta, että tuotteen steriiliyden kannalta kriittisiä kohteita, kuten kohdetta I, ei pystytty luotettavasti näkemään testijärjestelyssä ja niiden havaitsemiseksi vaaditaan jatkotutkimuksia. Toimittajalla oli hankaluuksia paikallistaa kohteita jopa silmin tarkastellessa. Kohteen II erottaminen yksikköpakkauksesta onnistui hyvin kohteen koon ja/tai suuren kontrastieron vuoksi.

Toimittaja D:n suorittamassa testijärjestelyssä se pystyi havaitsemaan järjestelmällään lähes kaikki tuotteen steriiliyden kannalta kriittiset kohteet. Koejärjestelyssä se pystyi havaitsemaan kohteen I pakkausmateriaaleista riippumatta ainoana toimittajista. Ainoastaan kohteen VI tunnistaminen sen mittaamiseksi tuotti toimittajalle vaikeuksia, mutta toimittaja kertoi tekevänsä lisätestejä asian ratkaisemiseksi.

Yhteenveto toimittajien esittämistä tuloksista on esitetty taulukossa 7.4

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Ratkaisu
Toimittaja A	?	+	!	+	!	!	!	!	?
Toimittaja B	-	+	+	+	+	?	+	+	-
Toimittaja C	-	+	+	-	+	?	!	?	?
Toimittaja D	+	+	+	+	?	?	!	?	+

Taulukko 7.4 Yhteenveto toimittajien esittämistä testituloksista. Tulokset esitetty merkein; kyllä (+), ei (-), vaatii mahdollisesti kehittämistä (?), ei informaatiota (!) Tehdyt päätökset merkattu samaa kaavaa noudattaen; Ratkaisu jatkokehitykseen (+), hylätään (-), hankitaan lisää informaatiota (?).

Tarkastelemalla saatuja testituloksia ja vertaamalla niitä kamerajärjestelmälle asetettuihin vaatimuksiin voidaan todeta, ettei Toimittaja B:n ratkaisu ole sovelluskohteeseen sopiva, sillä se ei kykene havaitsemaan kohdetta I ja täten täyttämään kriittistä vaatimusta. Myös toimittajien A ja C testitulokset kriittisten kohteiden osalta ovat haastavia, mutta toimittajalla oli kuitenkin esittää jatkotoimenpide-ehdotuksia ongelman ratkaisemiseksi.

Toimittajien sijaintia arvostelemalla toimittajien C ja D sijainti lähellä kamerasovelluksen sijoituskohdetta on etu, sillä kokonaisratkaisun aikaansaamiseksi vaaditaan jatkokehitystyötä, jossa läheinen sijainti on eduksi kehitystyön sujuvan edistämisen varmistamiseksi. Toimittajan sijainnilla on merkitystä myös jatkoa ajatellen, sillä jos laitteisto otetaan käyttöön, on toimittajan läheisestä sijaista hyötyä mahdollisissa ongelmatilanteissa.

Jäljelle jäävistä kolmesta ratkaisusta toimittaja D:n ratkaisu on testituloksien valossa paras vaihtoehto jatkokehitykseen kohdesovellusta varten, sillä heidän kamerajärjestelmänsä kykeni havaitsemaan myös kohteen I yksikköpakkauksesta käytettävistä materiaaleista riippumatta. Ainoastaan kohteen VI tarkistaminen vaatii jatkotutkimuksia, joihin toimittaja on jo ryhtynyt ongelman ratkaisemiseksi.

8 TULOKSET

Toimittajien suorittamissa testeissä nousi esille, että yksikköpakkauksesta voidaan luotettavasti tarkastaa ja mitata tuotekohtaisia ominaisuuksia sekä kohteita. Työn alussa haasteellisiksi oletettujen tuoteominaisuuksien tarkastaminen yksikköpakkauksesta osoittautui paikkaansa pitäväksi usean laitetoimittajan raportoidessa ongelman ratkaisemisen haastavaksi tai jopa mahdottomaksi.

Laittevalmistajien ratkaisuille suoritettussa osittaisessa vertailussa parhaimmaksi vaihtoehdoksi jatkokehitykseen nousi toimittajan D ratkaisu, koska se kykeni parhaiten havaitsemaan tarkistettavaksi asetetut kohteet ja tuoteominaisuudet. Toimittajien tarjoamien ratkaisujen vertailua ei kuitenkaan voida suorittaa tarpeeksi perusteellisesti parhaimman ratkaisuvaihtoehdon vahvistamiseksi sovelluskohteeseen kokonaisratkaisujen puuttuessa. Toimittajat eivät pystyneet esittelemään vaadittavan järjestelmän kokonaisratkaisua tai arvioimaan sen kokonaiskustannusta tässä vaiheessa tutkimusta kamerajärjestelmän vaatiman lisäkehitystyön ja testaustarpeen vuoksi. Myös kamerajärjestelmän liittämiseksi tuotantokoneeseen vaaditaan tuotantokoneen valmistajan asiantuntija-apua. Näin ollen toimittajat eivät pystyneet antamaan järjestelmän konstruktiolle tarkkaa kokonaiskuvausta tai alustavaa hinta-arviota.

Perusteellisen vertailun suorittamiseksi onnistuneesti vaadittaisiin tietoa eri kamerajärjestelmien lopullisesta toimintakyvystä, tarjottujen järjestelmien kokonaisratkaisuista sekä järjestelmien hinta-arvioista. Näin pystyttäisiin asettamaan arviointikriteerejä myös muille tärkeäksi arvioitaville osa-alueille vaikuttaen tarkentavasti arvostelun tuloksen luotettavuuteen. Pelkkiä osatuloksia arvostelemalla ei ole mahdollista arvioida parhaiten sovelluskohteeseen sopivaa järjestelmää.

9 YHTEENVETO

Työ oli erittäin opettavainen. Työn aikana sain arvokasta kokemusta projektin läpiviemisestä sekä sen eri vaiheista. Työn aikana selvisi kuinka paljon aikaa esiselvitystyö vaatii ja kuinka aikataulumuutokset vaikuttavat viivästyttävästi projektin etenemiseen. Diplomityön suorittamisajaksi määritelty kuusi kuukautta on liian lyhyt aika näin mittavan esiselvitystyön toteuttamiseen.

Mikäli toteuttaisin projektin uudelleen, suorittaisin tutkimustyön ajankohtana, jolloin kaikki osapuolet ovat mahdollisimman hyvin käytettävissä. Nyt diplomityön suoritusajankohta vaikutti oletettavasti työn lopputulokseen, sillä toimittajien lomakausi sattui keskelle diplomityön suorittamista ja tuloksien saaminen tuotenäytteistä venyi oleellisesti venyttäen suoritusaikataulua. Tämä näki erityisesti siinä, että työn kirjoittamisen ollessa loppusuoralla, toimittajilla oli vielä esille nousseiden ongelmakohtien perusteella aloitetut jatkotutkimukset kesken.

Tieto esiselvitystyöstä vaikutti luultavasti toimittajien suhtautumiseen projektia kohtaan priorisoinnin näkökulmasta, sillä tieto esiselvitystyöstä ei välttämättä kannusta sitomaan resursseja projektiin samalla tavalla kuin tilauksiin, joista yritykset tietävät hyötyvänsä rahallisesti. Tällöin esiselvitystöihin panostetaan kun niihin on ylimääräistä aikaa. Tämä näkyi oletettavasti erityisesti toimittaja B:n toiminnassa, sillä testituloksien toimittamisessa kesti kohtuuttoman pitkään lupauksista huolimatta.

Vaatimusmäärittelyn teorian tutkiminen ja vaatimusmäärittelydokumentin kasaaminen oli erittäin haastavaa, sen sisällön tueksi löytyi erittäin vähän teoria-aineistoa. Yrityksessä tehtyjen vaatimusmäärittelydokumenttien tulkinta osoittautui erittäin haastavaksi, niiden poiketessa toisistaan hankintakohteiden sekä laajuuden osalta. Vaatimusmäärittelylle saatiin luotua pohja yksikköpakkauksesta tarkastettavien tuoteominaisuuksien osalta, josta kamerajärjestelmän vaatimusmäärittelyä voidaan jatkaa laitetoimittajan kanssa projektin edetessä.

Toimittajien suorittamat tuotetestaukset kärsivät mahdollisesti lähetettyjen tuotenäytteiden puutteellisista kuvauksista sekä tuotenäytteestä tarkastettavan kohteen tarkasta määrittelemisestä, joskin näytteet lähetettiin kullekin toimittajalle täysin heidän toiveitten mukaisten merkintöjen kera.

Laitetoimittajien ehdottamille ratkaisuille saatiin suoritettua osittainen vertailu. Osaratkaisujen vertailu oli haastavaa testiraporttien poiketessa toisistaan laajuuden ja raportointityylin osalta. Laittevalmistajilta olisi pitänyt yrittää saada mahdollisimman yhteneväiset testitulokset osaratkaisujen vertailun onnistumiseksi mahdollisimman hyvin. Tässä onnistumiseksi olisi kaikilta toimittajilta pitänyt vaatia testiraportteihin kamerajärjestelmän ottamat kuvat, jotta niitä olisi pystynyt tulkitsemaan myös itse. Nyt yksi toimittaja ei toimittanut mallikuvia testatuista tuotenäytteistä ollenkaan jolloin tulosten arviointi oli täysin toimittajan omien arviointien varassa.

Parhaimman ratkaisuvaihtoehdon ehdottaminen onnistui ainoastaan osittain suoritettun osittaisen vertailun pohjalta. Toimittajien tarjoamien ratkaisujen vertailua ei kuitenkaan voitu suorittaa tarpeeksi perusteellisesti parhaimman ratkaisuvaihtoehdon vahvistamiseksi sovelluskohteeseen kokonaisratkaisujen puuttuessa ratkaisuvaihtoehtojen vaatiman jatkokehitystarpeen vuoksi.

10 LÄHTEET

- [1] Suomen tuki- ja liikuntaelinliitto ry. TULE-kustannukset ja TULE-oireet. [Internet-sivu]. [Viitattu 30.08.2017]. Saatavilla <http://tulessa.fi/>
- [2] Pahl, G., Beitz W. 1990. Koneensunnitteluoppi. 2. painos. WSOY. 608 s. ISBN 951-817-468-7
- [3] Mölnlycke Health Care. 2017. Mepilex tuote-esite. [PDF-tiedosto]. [viitattu 21.04.2017]. Saatavilla <http://www.molnlycke.fi/Documents/FIN/Wound%20Care/Mepilex.pdf>
- [4] Mölnlycke Health Care. 2017. Mepilex Lite tuote-esite. [PDF-tiedosto]. [viitattu 21.04.2017]. Saatavilla <http://www.molnlycke.fi/Documents/FIN/Wound%20Care/Mepilex%20Lite.pdf>
- [5] Mölnlycke Health Care. 2017. Mepilex XT tuote-esite. [PDF-tiedosto]. [viitattu 21.04.2017]. Saatavilla <http://www.molnlycke.fi/Documents/FIN/Wound%20Care/Mepilex%20XT.pdf>
- [6] Mölnlycke Health Care. 2017. Mepilex vaahtosidos. [Viitattu 21.04.2017] Saatavilla <http://www.molnlycke.fi/edistyksellisethaavanhoitotuotteet/vaahtosidokset/mepilex/#1>
- [7] Soininen, P. 2017. Tuotekehitysinsinööri, Mölnlycke Health Care Oy. Mikkeli. Haastattelu 29.03.2017. Konelinjan 880 ja Mepilex-tuotteen esittely ja valmistusprosessi.

- [8] Compamed-magazine. Doyen Medipharm Ltd. Range of quick changeover four side seal packaging machinery. [Internet-sivu]. [Viitattu 03.05.2017]. Saatavilla https://www.compamed-tradefair.com/cgi-bin/md_compamed/lib/pub/tt.cgi/Range_of_quick_changeover_four_side_seal_packaging_machinery.html?oid=15728&lang=2&ticket=g_u_e_s_t
- [9] Kärkkäinen, J. 2017. Tekninen operaattori, Mölnlycke Health Care Oy. Mikkeli.
- [10] Fonselius, J. 1996. Koneautomaatio:Automaatiolaitteet. Helsinki:Edita. 199 s. ISBN 951-37-1834-4
- [11] Laukkanen, S. 2010. Viilunoikaisjärjestelmän esisuunnittelu. Diplomityö. Konetekniikka, Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto
- [12] Kosola, J. 2013. Vaatimustenhallinnan opas. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikan laitos. Helsinki. ISBN 978-951-25-2454-9. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 31.5.2017]. Saatavilla https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/88931/Vaatimustenhallinnan%20opas%20_1.0_verkkoversio.pdf?sequence=2
- [13] Kallio, J. 2008. Vaatimustenhallinta ja sen kehittäminen ohjelmiston elinkaaren näkökulmasta. Pro Gradu – tutkielma. Tietojenkäsittelytieteen laitos, Jyväskylän Yliopisto. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 12.06.2017]. Saatavilla <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/18852>
- [14] Kiviluoto, P. Vaatimusmäärittely ja vaatimusten priorisointi ohjelmistoprojekteissa. 2013. Opinnäytetyö. Tekniikan yksikkö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 12.06.2017]. Saatavilla <http://www.theseus.fi/handle/10024/56476>

- [15] Wieggers, K. E. 2003. Software Requirements. 2. painos. Microsoft Press
- [16] Ala-aho, J. 2011. Konenäköavusteinen laadunvarmistus. Opinnäytetyö Tekniikan yksikkö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 15.06.2017]. Saatavilla <https://www.theseus.fi/handle/10024/26292>
- [17] Juola, L. 2016. Uuden tuotantolinjan ratakamera Case: Wipak Oy. Opinnäytetyö. Materiaalitekniikka, Lahden ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 15.06.2017]. Saatavilla <https://www.theseus.fi/handle/10024/110307>
- [18] National Instruments. 2017. A Practical guide to machine vision lightning. [Internet-sivu]. [Viitattu 15.06.2017]. Saatavilla <http://www.ni.com/white-paper/6901/en/>
- [19] Korhonen, J. 2014. Konenäön nykytilanne ja mahdollisuudet. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 15.06.2017]. Saatavilla <https://www.theseus.fi/handle/10024/75678>
- [20] Halinen, M. 2007. Konenäkö robotin ohjauksessa. Aalto University School of Science and Technology. Kurssimateriaali. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 16.06.2017]. Saatavilla http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf
- [21] Stjerna, A. 2008. Raudoitusverkkojen leikkaussolun kehittäminen. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, Satakunnan ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 16.06.2017]. Saatavilla <https://www.theseus.fi/handle/10024/673>

- [22] Itävuori, A. 2010. Kone näköavusteinen robotiikka elintarviketeollisuudessa. Kandidaatintyö. Konetekniikan koulutusohjelma, Lappeenranta University of Technology. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 16.06.2017]. Saatavilla <http://www.doria.fi/handle/10024/66281>
- [23] Davies, E. R. 2005. Machine vision: Theory, algorithms, practicalities. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 0-12-206093-8. [Viitattu 19.06.2017]
- [24] Teledyne DALSA Inc. 2017. CCD vs. CMOS. [Internet-sivu]. [Viitattu 19.06.2017]. Saatavilla <https://www.teledynedalsa.com/imaging/knowledge-center/appnotes/ccd-vs-cmos/>
- [25] Thomas Publishing company. 2017. PC-based Machine Vision Versus Smart Camera Systems. [Internet-sivu]. [Viitattu 20.06.2017]. Saatavilla <http://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/smart-camera-versus-pc-based-machine>
- [26] Wilson, A. 2015. Choosing a line scan camera for web inspection applications. [Internet-sivu]. [Viitattu 20.06.2017]. Saatavilla <http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-20/issue-11/features/choosing-a-line-scan-camera-for-web-inspection-applications.html>
- [27] Burt, D. N., Dobler, D. W., Starling, S. L. 2003. World class supply management: The key to supply chain management. 7th ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- [28] Lehtinen, A. Lappeenranta teknillinen yliopisto, Kandidaatintyö. 2008. Toimittajien valintakriteerit investointiprojektissa.

- [29] Jokinen, T. 1991. Tuotekehitys. 2. uud. p. Espoo: Otatieto. ISBN 951-672-313-6
- [30] Laitinen, A., Nykänen, V., Paihio, S. Jäähallin kylmäkoneistojen hankintaopas. Espoo 2010. VTT Tiedotteita – 2548. ISBN 978-951-38-7647-0
- [31] Carter, R., 'The Seven C's of Supplier Evaluation,' 44-46, © Elsevier (1995)
- [32] Kaskela, L. Tarjousten vertailu. 2005. TIEKE Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry. [Internet-sivu]. [Viitattu 12.06.2017]. Saatavilla <https://www.tieke.fi/display/tiehan/7.+Tarjousten+vertailu>
- [33] Tuominen, T. Toimittajan valintakriteerien muodostuminen organisaatiossa. 2017. Kandidaatintyö, Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 10.8.2017] Saatavilla http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/130770/Kandidaatintutkielma_Tinja_Tuominen.pdf?sequence=2
- [34] Van Weele, A. 2010. Purchasing and Supply Chain Management: Analysis strategy, planning and practice. 5th ed.. Cengage Learning EMEA. ISBN 978-1-4080-8846-3
- [35] Vuori, M. 1992. Työpaikkojen arviointikriteereistä ja toteutusvaihtoehtojen vertailusta. TSR 90383, Työraportti 4. Tampere. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 10.8.2017]. Saatavilla <http://www.mattivuori.net/julkaisuluettelo/liitteet/mokrivers.pdf>

- [36] Hopeasaari, P. 2014. Tarjousten vertailumenetelmät ampumasimulaattorin hankinnassa. Opinnäytetyö, Liiketoiminnan logistiikka / hankinnat. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 10.8.2017] Saatavilla https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/81540/Hopeasaari%20_%20Paula.pdf?sequence=1
- [37] Pekkala, E., Pohjonen, M. 2015. Hankintojen kilpailuttaminen ja sopimusehdot. 6. uud. laitos (7. p.). Helsinki: Tietosanoma. ISBN 978-951-885-390-2
- [38] Andor. What is global and rolling shutter?. [Internet-sivu]. [Viitattu 12.09.2017]. Saatavilla <http://www.andor.com/learning-academy/rolling-and-global-shutter-exposure-flexibility>