

Tomi Kujanpää

KONENÄKÖ IKKUNATEOLLISUUDESSA

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2012



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Toukokuu 2012	Tekijä/tekijät Tomi Kujanpää
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi KONENÄKÖ IKKUNATEOLLISUUDESSA		
Työn ohjaaja Jari Kaarela & Kaija Arhio		Sivumäärä 29
Työelämäohjaaja Osmo Laitila		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli konenäkö ikkunateollisuudessa. Työn tilaajana oli Tiivituote Oy, joka on Haapajärvellä toimiva ikkunavalmistaja. Yritys on viime vuosina panostanut tuotannon kehittämiseen ja automatisointiin.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää konenäköjärjestelmän soveltuvuus tilaajayrityksen tuotantoon. Kohteena olivat karmi- ja puitehöyliä ulossyötöt, joissa konenäön ansiosta tuotannon automatisointi tulisi mahdolliseksi. Työhön kuului myös selvittää mahdollisuus tarkastaa kappaleiden dimensiot konenäköjärjestelmän avulla.</p> <p>Työn alussa keskitytään konenäköjärjestelmien toimintaan ja kokoonpanoon. Tällä tavoin annetaan tietoa konenäköjärjestelmien nykykehityksen tilasta yritykselle. Työ selvittää lähtökohtia konenäön tarpeellisuuteen alkuun yleisesti ja tämän jälkeen mahdolliseen kohteeseen keskittyen.</p> <p>Opinnäytetyön käytännönosuus tutki järjestelmän soveltuvuutta kohteeseen ja selvitti mahdollisia ongelmakohtia. Tämä toteutui testaamalla yrityksen hylkykappaleita oppilaitoksen konenäköjärjestelmällä. Työ sisältää myös alustavien tarjouskyselyiden tekemisen ja tulosten analysoinnin eri konenäköjärjestelmiä toimittavilta yrityksiltä.</p>		

Asiasanat Konenäkö, Ikkunateollisuus, Laatu

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date May 2012	Author Tomi Kujanpää
Degree programme Wood technology		
Name of thesis MACHINE VISION IN WINDOW INDUSTRY		
Instructor Jari Kaarela & Kaija Arhio		Pages 29
Supervisor Osmo Laitila		
<p>The Objective of this thesis was machine vision in window industry. The work was commissioned by Tiivituote Ltd, which is a window manufacturer located in Haapajärvi. In recent years the company has focused on the development and automation of production. The aim was to examine the suitability of a machine vision system for the production of the company's subscribers. The Focus was of the frame and sash planes feed outs, in which machine vision could enable automation of the production. This work also examined whether it is possible to verify the dimensions of the objects by a machine vision system. The work was started by focusing on the functions and assemblies of the machine vision systems. In this way, the company could get a good idea of the current state of the development of the machine vision systems. At first the machine vision's necessity was investigated in general and after that the focus was on the company and prospective system. In the practical part of the thesis machine vision's suitability for this target was studied. In addition, possible potential problems of the system's suitability were identified. This was carried out by testing some of the company's wreck pieces with the cou's machine vision system. In addition, some preparative requests for quotation for different companies that supply machine vision systems were sent and analyzed.</p>		
Key words Machine vision, Window industry, Quality		

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 YRITYSESITTELY	2
3 KONENÄKÖ	3
3.1 Konenäön käyttökohteet	3
3.2 Konenäön toimintaperiaate	4
4 KONENÄÖN KOMPONENTIT	6
4.1 Kamera	6
4.2 Valaistus	7
4.2.1 Konenäköjärjestelmän valaistustekniikoita	8
4.3 Kuvankäsittely	9
4.4 Mittausohjelmisto	9
4.5 Ohjausjärjestelmä	10
4.6 Käyttöliittymä	10
5 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN LÄHTÖKOHDAT YRITYKSESSÄ	11
5.1 Lähivuosien kehitys tuotannossa	11
5.2 Tuotannon kulku ennen pintakäsittelyä	12
5.2 Kehitystarve	13
5.3 Järjestelmävaatimukset kohteessa	14
5.4 Työntekijähaastattelu	16
6 LAITTEISTON TOIMIVUUDEN TODENTAMINEN	18
6.1 Alkujärjestelyt	18
6.2 Vikojen tunnistus	22
6.3 Havaitut Ongelmat	23
6.4 Testauksen yhteenveto	24
7 TARJOUSPYYNTÖ	25
7.1 Tarjouspyynnön sisältö	25
7.2 Tarjouspyyntöjen tulokset	26
8 LOPPUPÄÄTELMÄT	28
LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on selvittää konenäön soveltuvuutta Tiivituote Oy:n tuotannossa. Työni tulisi selvittää siis mahdollisuus käyttää konenäköä ikkunan karmi- ja puitehöylien päissä, joissa se tutkisi valmiiden profiloitujen ja tapitettujen kappaleiden virheitä. Tämä mahdollistaisi tuotannon jatkokehittelyn ja automatisoinnin höylien jälkeen. Tämän vuoksi keskityn työssäni pääasiassa konenäköjärjestelmän soveltuvuuteen yrityksessä konenäön teorian sijaan.

Tavoitteena tässä työssä on selventää konenäön nykytekniikkaa ja sen eri mahdollisuuksia yritykselle. Pää tavoitteena on konenäön toimivuuden tutkiminen tämän tyyppisessä tuotannossa ja samalla selvittää mahdollisia ongelmakohtia. Työhöni kuuluu myös selvittää mahdollinen merkkäusmenetelmä, jolla erotellaan vialliset kappaleet pois tuotannosta. Opinnäytetyöni ohessa teen myös alustavat tarjouskyselyt tilaajayrityksen puolesta eri konenäköjärjestelmiä toimittaville yrityksille ja kerron kuinka tämä tapahtui.

Lähteinä tässä työssä oli tarkoituksena käyttää pääasiassa eri kirjallisuuslähteitä, mutta suurin osa näiden lähteiden tiedoista oli vanhahkoa. Itse toimintaperiaate ei ole muuttunut, mutta järjestelmien eri laitteistot ovat kehittyneet paljon. Tämän vuoksi suurin osa lähteistä on verkkolähteitä, joiden tiedot ovat enemmän ajan tasalla. Pääpaino työssäni on konenäköjärjestelmän toimivuuden selvittäminen suunnitellussa kohteessa.

Alkuun selvitän konenäköjärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Tällä annan lähtökohtaista tietoa konenäköjärjestelmän toiminnasta. Tämän jälkeen keskityn tilaajayrityksen nykytilanteeseen ja tätä kautta selvitän yrityksen tarvetta konenäköjärjestelmälle. Tutkin myös kappaleiden soveltuvuutta haluttuun kohtaan tuotantoa ja teen alustavia tarjouspyyntöjä mahdollisten kustannusten arvioimiseksi. Työssäni keskityn pääasiassa järjestelmän soveltuvuuteen tilaajayrityksessä, joten työni teoriaosa jää suppeahkoksi.

2 YRITYSESITTELY

Tiivituote Oy aloitti toimintansa vuonna 1977. Alkuun yritys toimi nimellä Haapajärven lasi Ky ja sen perusti Eero Niskanen. Alkuvaiheissa yritys toimi lasitusliikkeenä. Varsin pian se alkoi suunnitella ensimmäistä omaa ikkunamallistoa, mikä julkaistiin 1980-luvun alussa. Yrityksen nimi vaihtui nykyisekseen 1980-luvun puolivälissä, jolloin toiminta keskittyi ikkunavalmistukseen. Näistä ajoista lähtien yritys on kehittynyt ja kasvanut vakaasti. Yrityksen toimiala on rakennuspuusepänteollisuus ja sen liikevaihto vuonna 2011 oli 48 Miljoonaa euroa.

Tiivituote Oy valmistaa vuosittain ikkunat noin 10 000 kotitaloudelle ja työllistää hieman yli 200 henkilöä kotipaikassaan Haapajärven tehtaalla ollen yksi paikkakunnan merkittävimmistä työnantajista. Koko suomen laajuisesti Tiivituote työllistää noin 420 henkilöä. Tiivituote Oy liittyi vuonna 2006 suureen eurooppalaiseen ikkuna- ja ovikonserniin, jonka nimi on Inwido Ab. Samaan konserniin kuuluu Suomesta myös Eskopuu Oy ja Pihlavan Ikkuna Oy.

3 KONENÄKÖ

3.1 Konenäön käyttökohteet

Nykyään konenäköjärjestelmiä käytetään mitä erilaisimmissa kohteissa. Näitä sovelluksia löytyy ruokateollisuudesta raskaaseen metalliteollisuuteen ja jopa tieliikenteessä ruuhkamaksujen kerääminen tapahtuu samankaltaisella järjestelmällä. Tämä toki vaatii tutkittavilta kohteelta samankaltaisuutta ja tuotannon kannalta tarkastettuna automatisoitua ja sarjoissa toistuvaa valmistustekniikkaa. Yksittäiskappaletuotannossa konenäön käyttö on aikailla turhaa, sillä jokainen tuote pitäisi ohjelmoida järjestelmään erikseen. Etenkin puutuoteteollisuudessa tämä rajoittaa järjestelmien käyttöä. Suurimuotoisessa sarjatuotannollisessa puutuoteteollisuudessa tilanne on aivan toinen.

Konenäköä on hyödynnetty jo pitkään puutuoteteollisuuden laadun arviointiin, etenkin sahatavaran ja vanerin valmistuksessa, eli pääasiassa puutuoteprosessin alkupäässä. Nämä sovellukset tutkivat mahdollisia oksakohtia, reikiä ja halkeamia sekä dimensioita. (Voutilainen 2004.) Konenäköjärjestelmiä voi soveltaa laajamittaisesti alasta riippumatta erilaisiin mittauksiin, laadunvalvontaan, lajitteluun ja esineiden tunnistukseen. Sinänsä mielenkiintoista, ettei konenäön sovelluksia ole kovin paljoa käytetty puutuotteiden loppujalostuksessa, vaikka käyttökohteita voisi olla useita. Tätä selittänee yritysten koko, sillä suurin osa yrityksistä on pieniä perheyrityksiä ja useimmiten vain isoilla ja menestyvillä yrityksillä on varaa päivittää laitteistoaan ja kehittää automaatioastetta. Myös puutuotteiden valmistus on pitkälti perinteisin menetelmin tehtävää ja työvaiheet ovat monipuolisia, mikä taas vaikeuttaa automaatiotason lisäämistä.

Tuotteiden loppukäyttäjät asettavat korkeita vaatimuksia puun ja siitä valmistettujen tuotteiden teknisille ominaisuuksille. Osin myös erilaiset standardit vaativat puuraaka-aineelta tiettyjä ominaisuuksia, joita voidaan tutkia myös konenäön avulla. Myös erilaisten laatuvaatimusten lisääntyminen ja esimerkiksi CE-merkinnän yleistyminen ajaa eri tahot kehittämään jatkuvaa laadunhallintaa. Tämän vuoksi konenäköjärjestelmien kysyntä on kasva-

massa, sillä se helpottaa tietyissä tapauksissa tuotannon automatisointia ja se on väsymätön menetelmä lopputuotteen laadun varmistamisessa.

Yleisimmät käyttökohteet konenäölle puutuoteteollisuudessa ovat karkeammassa teollisuudessa, missä valmistetaan puutavaraa ja muita jatkojalosteita kuten liimalevyä ja vaneria. Sahoilla konenäkö lajittelee tukit ja mittaa kuinka tukki saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman hyvin. Myös sahatavaran laatuluokittelussa ja lajittelussa käytetään konenäköä. Vaneriteollisuudessa konenäkö tutkii reunojen tasausta ja pinnanlaatua. Listatehtailla konenäkö tutkii aihiotavaran kunnan ja ohjaa sahan poistamaan oksat ja muut virheet katkaisten huonot osat pois. Tämän jälkeen sormiliitosta käyttäen saadaan pitkää hyvälaatuista lista-aihiota, josta höylätään varsinainen tuote.

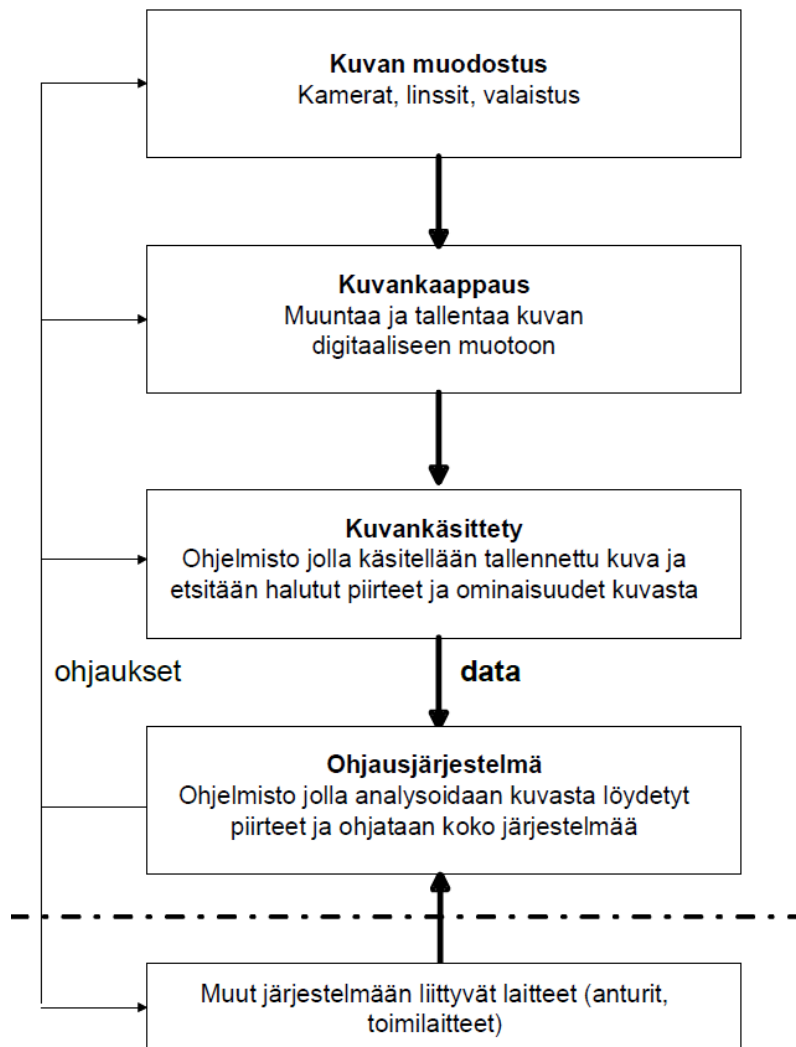
Yleensä ikkunoiden valmistuksessa käytetään samankaltaisia profiilia ja sen eri muunnoksia lähestulkoon kaikissa tuotteissa. Mitä enemmän samasta peruskomponentista saadaan erilaisempia tuotteita, sitä kustannustehokkaampaa valmistuksesta tulee. Tämä edesauttaa etenkin alkutuotannon automatisointia mikä taas mahdollisesti tarvitsee laaduntarkkailun automatisointia. Hyötynä tällaisesta toimintatavasta on varastoinnin tarpeen pieneneminen, sillä jokaiselle eri aihiolle ei tarvita tällöin omaa varastoaan.

3.2 Konenäön toimintaperiaate

Yksinkertaisuudessaan konenäkö tarkoittaa koneellisen järjestelmän kykyä nähdä ja tulkita näkemäänsä. Tätä voi esimerkiksi verrata ihmisen kykyyn nähdä ja tulkita näkemiään asioita. Teknisesti ilmaistuna tämä tarkoittaa automaattista kuvien ottamista ja niiden analysointia, minkä perusteella järjestelmä osaa tehdä ohjelmoituja päätöksiä. Yleisimmin konenäköjärjestelmiä käytetään teollisissa sovelluksissa, mutta samaa tekniikkaa voidaan soveltaa useisiin muihinkin käyttötarkoituksiin.

Konenäköjärjestelmä koostuu yleisesti seuraavanlaisista osista. Kamera on konenäön tärkein komponentti, joka ottaa kuvia tutkittavasta kohteesta tietyllä kuvanottotaajuudella. Jotta kuvanlaatu pysyisi samalla tasolla, on valaistuksen oltava huolella toteutettu ja ideaalitapauksessa estetään ulkopuolisen valon pääsy tutkittavaan kohteeseen. Kameran ottamat

kuvat käsitellään ja mitataan ennalta annettujen arvojen avulla ja tuloksena saadaan tarvittava vastaus, eli onko tutkittava kappale hyväksytty tai hylätty. (Soini 2011.) Tätä tietoa voidaan hyödyntää tuotannon seurannassa, ohjauksessa ja jatkokehittämissä esimerkiksi ohjaustietona viallisen kappaleen poistamiseksi linjastosta.



KUVIO 1. Konenäköjärjestelmän toiminta (Halinen 2007)

4 KONENÄÖN KOMPONENTIT

4.1 Kamera

Kamera on konenäköjärjestelmän tärkein komponentti, sillä se kuvaa tutkittavaa kohdetta. Kamera tarvitsee optiikan, jonka avulla se tallentaa kappaleesta heijastuvan valon tallentaen sen valoherkälle kennolle. (Voutilainen 2004.) Kamera ja optiikka valitaan käyttökohteen mukaan, eikä liika tarkkuus ole välttämättä järkevää. Liian tarkka kuvauslaatu käyttää turhaan laitteiston laskentatehoa ylimääräiseen analysointiin. Värikamera on vain harvoissa käyttökohteissa tarpeellinen, sillä se lisää käsiteltävän datan määrää ja moninkertaistaa prosessorilta vaadittavan tehon. (Niemi 2011.) Toisaalta värikameran avulla saadaan helpommin tunnistettua erilaiset puun värilliset virheet, kuten esimerkiksi sinertymät.

Viimeisien vuosikymmenien aikana järjestelmissä käytettävät kamerat ovat kehittyneet voimakkaasti. Digitaalisten kameroiden ja videokameroiden kuvantarkkuus, eli resoluutio on kasvanut voimakkaasti ollen yleisesti miljoonien kuvapisteiden luokkaa. Lisäksi tietotekniikan kehitys on ollut todella nopeaa, mikä taas helpottaa tietojenkäsittelynopeuksia antaen enemmän mahdollisuuksia tarkempien kameroiden käyttöön. Koska konenäössä kuvaa tulkitaan tietokoneen avulla, on digitaalinen kuvamuoto välttämätön. (Soini 2011.) Tämä kehitys on myös vaikuttanut kameroiden ja laitteistojen fyysisiin kokoihin ja täten samaan kokoluokkaan saadaan yhdistettyä enemmän erilaisia ominaisuuksia. Vastaavasti fyysisten kokojen pienentyessä aukeaa uusia mahdollisuuksia hyödyntää järjestelmää.

Suurempi resoluutio tarkoittaa tarkempaa kuvaa, mistä voidaan erotella pienempiä yksityiskohtia ja virheitä. Myös kuvanottoaajuus vaikuttaa erottelukykyyyn voimakkaasti. Kuvanottoaajuuden lisäys tarkoittaa että järjestelmältä tarvitaan enemmän laskentatehoa sillä tällöin tutkittavan datan määrä kasvaa. Tällaisen nopeataajuisen kameran avulla voidaan tutkia nopeasti liikkuvia kappaleita hyvin tuloksin.

Nykyinen kehityssuunta on hyödyntää älykamoita, joissa on yhdistetty seuraavat elementit: kuvanottokamera, valaistus ja kuvankäsittelyn prosessointi. Tällaisten tuotteiden hinnat alkavat tuhannesta eurosta ylöspäin ja näiden kameroiden käyttö älykkäinä sensoreina on kasvanut nopeasti. (Soini 2011.) Älykameroiden etuna on kompaktimpi toteutus verrattuna tietokonepohjaiseen konenäköjärjestelmään. Useassa tapauksessa älykameran käyttö leikkaa kustannuksia ja tarjoaa yksinkertaisemman käyttöliittymän verrattuna perinteiseen tietokonekeskeiseen järjestelmään.



KUVA 1. In-Sight 5000 Älykamera (Niemi 2011)

4.2 Valaistus

Huonosti suunniteltu valaistus vaikuttaa konenäköjärjestelmän toimintaan. Ilman hyvän valaistuksen tuomia olosuhteita kamera saattaa havaita ylimääräisiä heijastuksia ja varjoja, jotka häiritsevät järjestelmän tarkkuutta. Tarkka kuvaaminen ja virheettömien mittaustuloksien saaminen edellyttää siis oikeanlaisen valaistuksen. (Soini 2011.) Oikeanlainen valaistus on täten konenäön yksi kriittisimmistä tekijöistä. Sen tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen, mutta riittävä. Valonlähteinä yleensä käytetään loisteputkia, ledejä, kaasupurkauslamppeja tai laservaloja. (Lempiäinen 2011.) Sopivan valonlähteen avulla voidaan parantaa kuvien laatua ja täten viat saadaan helpommin esille. Myös oikeanlaisen valaistuksen valinnalla saadaan alennettua kustannuksia, sillä monimutkaisia kuva-analyyseja voidaan vähentää ja täten saadaan tasalaatuisempaa tulosta aikaan. (Niemi 2011.)

Valaistuksessa tulee huomioida seuraavia asioita:

- Valon käyttäytyminen tutkittavassa kappaleessa
- Valonlähteen sijainti kameraan nähden
- Valaisimen valotekniikka eli lähde
- Suuntaus
- Valon väri
- valon polarisaatio
- Konenäköjärjestelmän vaatimukset
- Ympäristön vaikutukset

4.2.1 Konenäköjärjestelmän valaistustekniikoita

Suunnatut valonlähteet tuottavat kirkasta valoa luoden terävät varjot, mutta ne eivät tuota tasaista valoa tutkittavalle pinnalle. Tällä tavalla tutkittavan kohteen etupuolen piirteet ja muodot saadaan näkyviin samalla korostaen tietyn suuntaisia painautumia ja uria. (Lempiäinen 2011.) Haittana tämänlainen valaistus voi aiheuttaa kirkkaita heijastuksia, etenkin kiiltävistä pinnoista.

Valaistuksen voi toteuttaa myös epäsuorasti. Tämän tyyppinen valo heijastetaan tutkittavalle pinnalle toisen pinnan kautta. Tällä keinolla tuotetaan tasainen valo koko pinnalle ja varjojen määrä pienenee. (Lempiäinen 2011.) Tämä tekniikka on myös toteutettavissa usealla eri valonlähde tyyppillä,

Taustavalo taas heijastetaan kameraa kohti tutkittavan kappaleen ollessa kameran ja valonlähteen välissä. Tällä tavalla saadaan korostettua kontrastia kappaleen ja taustan välillä, jolloin kappaleen ulkomuodot ja erilaiset reiät kappaleen läpi korostuvat. (Lempiäinen 2011.) Tämä helpottaa tarkan mittaustuloksen saamisessa, mutta saattaa haitata pintojen virheiden havaitsemista.

Välkkyvät valot tulevat tarpeeseen, kun tutkitaan suurella nopeudella liikkuvaa kappaletta. Tällä tavalla valaisten kohde saadaan visuaalisesti pysäytettyä ja kohteesta saadaan otettua tarkka kuva. Kappaleen hetkellinen valaisu kestää vain sekunnin murto osan. (Lempiäinen 2011.) Tällainen valaistustekniikka vaatii valonlähteeltä nopeaa syttymistä ja valonlähteinä käytetään tapauksesta riippuen kaasupurkausvaloa tai led-tekniikkaan pohjautuvaa ratkaisua.

4.3 Kuvankäsittely

Kameralta kuva siirtyy muistiin, josta sitä hyödynnetään kuvankäsittelyssä. Kuvankäsittely tuottaa tietoa mittausohjelmistoa varten. Tässä vaiheessa voidaan erottaa kuvasta kaikki ylimääräinen tieto ja jättää se pois. Tämä vähentää siirrettävän datan määrää ja nopeuttaa mittausohjelmiston toimintaa. (Voutilainen 2004.) Esimerkiksi kuvaa voidaan normalisoida, jotta valaistuksen ja muiden ympäristötekijöiden vaihtelut eivät aiheuttaisi liikaa haittaa lopputulokseen. Yleisesti kuvasta suodatetaan kohinaa ja muita analyysiin vaikuttavia häirittejä sekä korostetaan piirteitä, jotka ovat tarkkailun kohteina. (Pietikäinen ja Silven.) Tarkkailun kohteita voi olla esimerkiksi kappaleen mitat ja mahdolliset virheet, kuten painaumet, naarmut, oksat ja halkeilut.

4.4 Mittausohjelmisto

Kuvankäsittelyn jälkeen data käsitellään mittausohjelmistossa. Tämä ohjelmisto suorittaa ohjelman mukaiset matemaattiset laskutoimitukset. Tuloksena tämä ohjelmisto antaa vastauksen tutkittavan kappaleen mittaukseen liittyen. Esimerkiksi tunnistetaan onko tutkittava kappale oikeissa mitoissa tai onko kappaleessa oleva oksa terve vai kuollut. (Voutilainen 2011.)

4.5 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä hyödyntää mittaustietojen tuloksia. Näitä tuloksia käytetään päätöksen tekemiseen, minkä avulla ohjausjärjestelmä suorittaa tuotantoa ohjaavat toimenpiteet. (Voutilainen 2004.) Ohjausjärjestelmä ohjaa muuta järjestelmää reaaliajassa kameralta saamiensa mittaustietojen perusteella ja säättää tarvittaessa kameran toimintaa esittämällä sille lisäkysymyksiä esimerkiksi valaistuksen muuttuessa. (Kinnunen 2003.)

Näillä ohjausjärjestelmän päätöksillä ohjataan esimerkiksi katkontasahaa, joka poistaa huonolaatuisen osan aihion varresta ennen sormijatkosta. Ohjausjärjestelmä on siis ohjelma, mikä toimii joko logiikassa tai tietokoneessa. Ohjausjärjestelmän avulla koko konenäköjärjestelmä voidaan kytkeä suoraan toiseen ohjausjärjestelmään tai toiminnalliseen laitteeseen esimerkiksi merkkauksruiskuun.

4.6 Käyttöliittymä

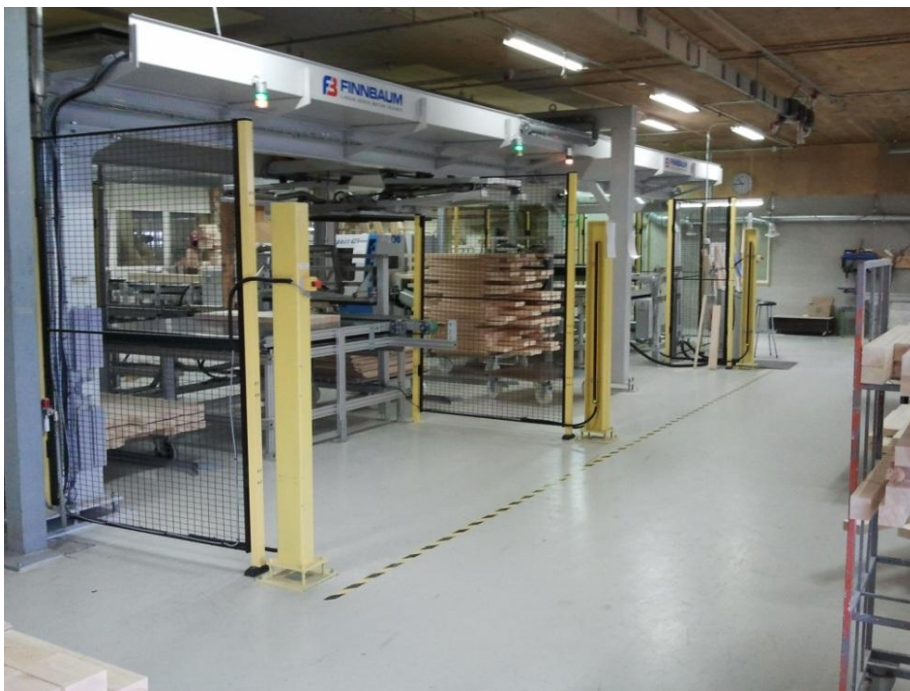
Käyttöliittymän avulla hallitaan konenäköjärjestelmän laitteiden toimintaa. Käyttöliittymä kytketään logiikkaan ja itse käyttöliittymänä käytetään erilaisia käyttäjäpäätteitä tai tietokonetta. Liittymä sisältää ohjelmiston, joka osaa tehdä tarvittavat toimenpiteet laitteiston toiminnan seuraamiseen, säätämiseen ja raportoida järjestelmän toiminnan tilasta. Nämä toimintaan liittyvät raportit ovat tärkeä osa konenäkölaitteiston kunnossapitoa ja itse tuotantoa. (Voutilainen 2004.)

5 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN LÄHTÖKOHDAT YRITYKSESSÄ

5.1 Lähivuosien kehitys tuotannossa

Tiivituotteella on tehty isoja investointeja tuotannon alkuvaiheiden parantamiseen vuodesta 2008 lähtien. Tuoreimmista uudistuksista merkittävin on puutavaran sormijatkamislaitteisto ja siihen liittyvä tietokoneohjattu aihoiden katkontayksikkö, joka otettiin toimintaan vuoden 2011 aikana. Samaan hankintaan kuuluu myös automaattinen siirtolaite eli manipulaattori, joka lastaa valmiit ahiot liikuteltaville alustoille.

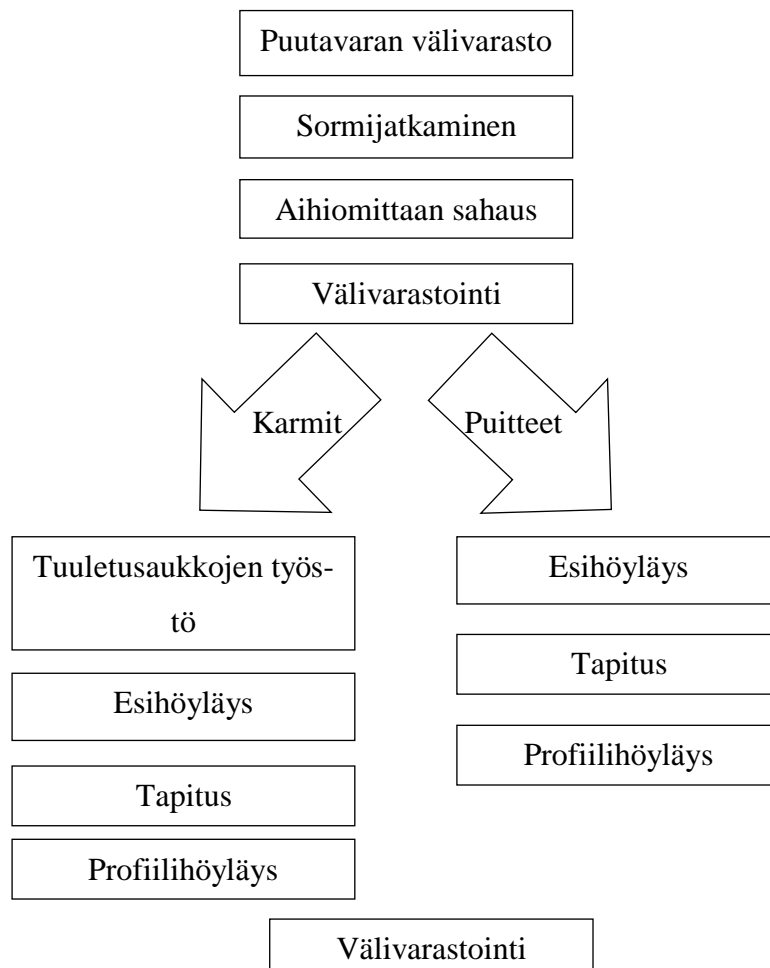
Tuorein lisäys on tapitus- ja höylälinjastojen alkuun on hankitut manipulaattorit, jotka vähentävät raskasta toistoa vaativia työtehtäviä. Tulevia uudistuksia on automaattinen tuuletusaukkojen jysintäyksikkö. Kun tämä jysintäyksikkö on asennettu ja toimintakuntoinen, on alkupään automatisointi todella pitkällä. Uudistusten myötä hukkamateriaalin määrä on saatu pudotettua lähes olemattomaksi tuoden säästöjä yritykselle. Lisäksi on saatu vähennettyä alkupään sairauspoissaoloja, koska raskasta toistoa vaativia työvaiheita ei enää juurikaan ole. (Laitila 2012.)



KUVA 2. Aihoiden syöttö tapitus- höylälinjastoihin

5.2 Tuotannon kulku ennen pintakäsittelyä

Tiivituottella karmien ja puitteiden valmistaminen alkaa aihionvalmistuksesta, joka käsittelee puutavaran sormijatkamisen ja ahiomittaan sahaamisen. Sekä puite että karmiaihiot valmistetaan samalla linjalla erillisinä sarjoina. Tämän jälkeen aihiot välivarastoidaan. Ahiomittaan sahaamisen jälkeen karmiaihioihin työstetään tarvittaessa tuuletusventtiilien aukot, minkä jälkeen aihiot tapitetaan ja profiilihöylätään. Karmeille ja puitteille on omat tapitus- ja profiilihöyläyslinjastonsa. Tapitus tarkoittaa ikkunan kulmaliitostapaa, eli tuotteen osat liitetään toisiinsa tekemällä kappaleiden päihin sopivat liitokset. Tällä tavalla kappaleet saadaan liitettyä toisiinsa lujasti. Profiilihöyläys tarkoittaa salkomaisen puutavaran höyläämistä oikeanlaiseen muotoon. Materiaalivirta kulkee järjestyksessä, eli kukin kappale kulkee linjalla sarjoittain valmistusjärjestyksessä. Alla oleva kuvio selventää materiaalivirtoja tuotannon alkuvaiheissa ennen pintakäsittelylinjaa.



KUVIO 2. Tuotannon kulku ennen pintakäsittelyä

5.2 Kehitystarve

Tällä hetkellä tuotannon alkuvaiheissa on vielä yksi jatkuvaa toistoa vaativa tehtävä ja se on höyläyksen jälkeinen kappaleiden tarkistus ja välivarastointi. Työtehtävä on pitkävetäinen ja jatkuva toistoliike rasittaa työntekijöitä. Tehtävän pitkävetisyys vaikuttaa myös työmotivaation heikkenemiseen mikä taas vaikuttaa suoraan laaduntarkkailun tasoon.

Seuraava kehitystarve kohdistuu siis profiilihöyläyksen jälkeiseen laaduntarkkailuun ja välivarastointiin. Tämä jatkuvasti toistoa vaativa työvaihe saataisiin automatisoitua käyttämällä erilaisia kuljetinlinjastoja ja manipulaattoreita. Ongelmana tällaisessa järjestelmässä on laaduntarkkailun puute, mikä aiheuttaa viallisten kappaleiden kulkeutumisen välivarastoon ja myöhemmin seuraaviin työvaiheisiin. Käytännössä virheet huomattaisiin pintakäsittelylinjan varressa tai huonoimmassa tapauksessa vasta valmiin tuotteen loppukasauksessa.

Mitä myöhemmässä vaiheessa viallinen kappale havaitaan, sitä enemmän se aiheuttaa lisätyötä ja materiaalikustannuksia tuottaen ajallista sekä taloudellista haittaa. Esimerkiksi pahimmassa tapauksessa valmiista ikkunasta havaittu vika voi aiheuttaa kokonaisen valmiin puitteen purkamisen osiin, viallisen kappaleen uudelleenvalmistamisen, pintakäsittelyn ja uudelleenkasauksen.



KUVA 3. Yleiskuva höyliä ulossyötöistä

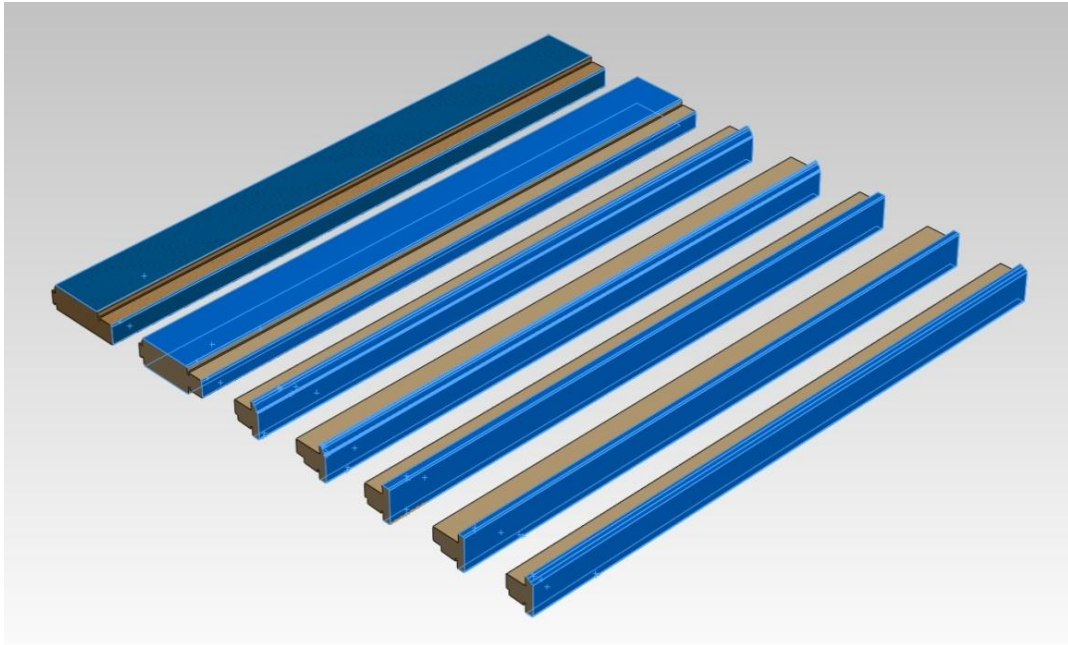
5.3 Järjestelmävaatimukset kohteessa

Valmis avattava ikkuna koostuu useista eri osista ja varusteista. Nykyään lähestulkoon kaikki valmistajat käyttävät ikkunan ulkopintojen materiaalina alumiinia, sillä se on puuhun verrattuna huomattavasti huoltovapaampi ja tämän vuoksi halutumpi vaihtoehto. Tämä kehityssuunta on vaikuttanut eri puuosien vähentymiseen ikkunateollisuudessa. Puuosia nykyikkunoissa ovat karmi ja sisäpuite.

Konenäkö on väsymätön keino parantaa laaduntarkkailun tasoa ja sen tarkkailukyky pysyy samana koko laitteiston eliniän. Tämä tarkoittaa tuntuvaan laadun paranemista ja laatutason vakioitumista. Vaikka raaka-aine hankitaan tietynlaatuisena, se ei kerro mitä aihion sisältä löytyy. Aihiotavara tilataan sormijatkettuna ja oksattomana. Tällainen raaka-aine saattaa piilottaa sisäänsä pihkataskuja ja kuolleita oksia, jotka saattavat tulla esille profiilihöyläyksen jälkeen. Nämä viat tarkastetaan heti höyläyksen jälkeen, mikä vähentää hukkamateriaalin ja ylimääräisen työn määrää. Konenäön avulla voidaan tarvittaessa ohjata kuljetinjärjestelmän toimintaa ja tätä kautta vialliset kappaleet saa poistettua tuotannosta automaattisesti.

Suurin osa valmiista profiiliin höylätyistä pinnoista jää näkymättömiin, joten niiden laaduntarkastamiseen ei tarvitse kohdistaa niin paljoa huomiota. Karmista näkyville jää vain ikkunan välitilan pinta ja peitelistan ja puitteen välistä näkyvä alue. Karmeista ei tarvitse välttämättä tutkia kuin kahta eri pintaa virheiden kannalta. Koska karmilinjastolla höylätään myös jakokarmit, tulee tällöin yksi tutkittava pinta lisää. Karmilinjaston päässä mahdollinen tarve olisi kolmella kameralla varustettuun järjestelmälle.

Puitteen eniten esille jäävä pinta valmiissa ikkunassa on etumaisin osio. Myös ikkunan ja lasielementin välinen tila on oltava pihkataskuton. Puitteen ulommaisimmat reunat tulevat esille ikkunanpesun yhteydessä, joten tämän tulee olla myös hyvälaatuinen. Myös ulkoapäin katsoessa puitteen taaimmainen pinta tulee näkyviin, mutta tämän pinnan laatu ei tarvitse ylittää sisälle jäävän pinnan tasolle. Eli puitelinjaston päässä mahdollinen tarve olisi neljällä kameralla varustettuun järjestelmään. Seuraavalla sivulla selventävä kuva karmien ja puitteiden laadullisesti tärkeimmistä pinnoista



KUVA 4. Tutkittavat kappaleet pääpinnat korostettuna

Koska kappaleet kulkeutuvat tapitus- ja höylälinjastosta peräkkäisessä järjestyksessä, kappaleiden tutkiminen konenäön avulla on mahdollista toteuttaa höylän ulossyötön yhteyteen. Tässä mainitussa kohdassa kappaleet kulkevat höylän syötön mukaisesti jatkuvasti samassa kohdassa ilman heittoja. Eri profiilien määrä vaikuttaa järjestelmän ohjelmoimisen vaikeuteen, sillä jokaiselle profiilille on luotava oma vikoja paikallistava ohjelmansa. Koska tavoitteena on tutkia jokaisen eri profiilin dimensioita, pintavirheitä ja materiaalivirheitä, järjestelmän ohjelmoinnista tulee haasteellista.

Konenäköjärjestelmien mittaustarkkuus on täysin riippuvainen kameran ja kappaleen välisestä etäisyydestä, kameran tarkkuudesta ja hyvästä valaistuksesta. Teoreettisesti tarkasteltuna dimensioiden tarkistaminen olisi täysin mahdollista, mutta ei ongelmatonta. Ongelman luo juurikin tuo profiilien monimuotoisuus ja tätä kautta reunapintojen eri etäisyydet kamerasta. Sallittu 0,1mm poikkeama on teoreettisesti mahdollista saavuttaa erittäin tarkalla kameralla ja hyvällä ohjelmistolla. Karmipuolella dimensioiden tarkastamiseen tarvittaisiin melko todennäköisesti erillinen laser-tekniikkaan perustuva tarkastus.

5.4 Työntekijähaastattelu

Haastattelin työntekijöitä selvittääkseni yleisiä näkemyksiä konenäköjärjestelmän tarpeellisuutta koskien. Kyselystä tein suppeahkon, etten häiritsisi liiaksi työntekoa. Kyselyyn osallistujiksi valitsin henkilöt, jotka työskentelevät karmi- ja puitelinjastoilla vastaanottajina tai linjaston käyttäjinä. Osallistujia oli yhteensä neljä ja he halusivat pysyä nimettöminä opinäytetyössäni. Haastattelun alkuun kerroin konenäön toimintaperiaatteista ja selvitin minkälaisia jatkokehitysmahdollisuuksia se antaa tuotannolle. Selostaessani laitteiston toimintaa kävi ilmi, ettei osa ollut aikaisemmin kuullut vastaavista järjestelmistä.

Ensimmäisenä kysyin minkälaisen ensivaikutelman konenäköjärjestelmän kehittäminen karmi- ja puitelinjastojen päähän antaa. Vastaukset olivat positiivisia ja järjestelmä tuntui kiinnostavan kaikkia osallistujia. Tosin suppea tieto konenäköjärjestelmistä herätti vahvoja ennakkoluuloja järjestelmän toimivuudesta suurimpaan osaan vastanneista.

Seuraavana selvitin miten työntekijät kokevat konenäköjärjestelmän parantavan nykyistä linjastoa. Tämä kysymys jakoi mielipiteitä muutamaankin eri luokkaan. Yksi vastaus oli hyvinkin negatiivinen. Tämä vastaaja uskoi kuitenkin järjestelmän mahdollisesti parantavan työnkuvaa, etenkin jos automaattinen lastausjärjestelmä, eli manipulaattori, hankittaisiin konenäköjärjestelmän ohjattavaksi. Suurin osa piti järjestelmän tuovan parannusta etenkin laatuun. Tätä he perustelivat vastaanottotehtävien olevan välillä niin kiireisiä, ettei kaikkia kappaleita ehdi huolellisesti tarkastaa. Vastaanottajan työnkuva koetaan yksinkertaiseksi ja työmotivaatiota heikentäväksi.

Tämän jälkeen kysyin työntekijöiden luottamusta järjestelmän toimivuuteen, vaikka tämä asia on noussut esille aikaisempien kysymysten seassa. Suurin osa vastanneista ei uskonut järjestelmän toimivuuteen ja luotettavuuteen. Vastaus ei ollut yllättävä, sillä yksi vastanneista ei ollut kyselyyn mennessä kuullut ollenkaan konenäöstä. Kahdella osallistujalla oli käsitys mitä konenäkö on, mutta ei kokemuksia tai tarkempaa tietämystä tähän liittyen. Heidän vastauksensa olikin epäröivä ja ennakkoluuloinen. Yksi vastanneista uskoi konenäköjärjestelmän toimivan.

Viimeisenä kysyin järjestelmän vaikutuksesta työmotivaatioon. Tähän vastaaminen oli kohtalaisen haastava, sillä työmotivaatio tuntui olevan muutenkin olevan alhainen. Puolet vastanneista sanoi järjestelmän ehkä parantavan työmotivaatiota, mikäli korvaavat työtehtävät ovat mielenkiintoisempia. Vastauksissa paistoi yleinen motivaationpuute, mikä on hyvinkin yleistä perinteisissä tehdastöissä. Toinen puolikas vastanneista ei kokenut laitteiston toteutuksella olevan minkäänlaista vaikutusta työmotivaatioon.

Haastattelu onnistui mielestäni hyvin ja en usko että suurempi vastaajamäärä olisi tuloksia muuttanut. Olen itsekin toiminut väliaikaisesti muutamia kertoja vastaanottajana karmi-höylän päässä ja tiedän tehtävän olevan yksitoikkoinen. Välillä vastaanottajalla tulee kiire ja tuolloin laaduntarkkailu jää vähemmälle huomiolle. Motivaation puute kyseistä työtehtävää kohtaan on yleinen ilmentymä, mikä vaikuttaa laaduntarkkailuun negatiivisesti. Kauan vastaanottajana toimineilla henkilöillä on ilmentynyt selkäkipuja ja muita toistavasta työstä johtuneita vaivoja. Yleinen mielipide konenäköjärjestelmän hankkimisesta höylien päihin oli positiivinen. Tämä poistaisi pitkävetetisen työvaiheen pois ja vapauttaisi kaksi työntekijää muihin tehtäviin. Vastaajista suurin osa oli sitä mieltä, että järjestelmä vaikuttaisi positiivisesti laatuun, sillä se tutkii samalla tarkkuudella kaikki kappaleet.

6 LAITTEISTON TOIMIVUUDEN TODENTAMINEN

Tutkin konenäön soveltuvuutta Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun Ylivieskan yksikön konenäköjärjestelmän avulla testaamalla oikeita viallisia tuotannosta poistettuja kappaleita. Nämä kappaleet olen hankkinut Tiivituotteelta ja kappaleet olivat karmin- ja puitteen osia, jotka on poistettu tuotannosta höyläyksen jälkeen. Tavoitteenani oli saada konenäköjärjestelmä tunnistamaan viat, joiden vuoksi kappaleet olivat joutuneet poistetuiksi.

6.1 Alkujärjestelyt

Ammattikorkeakoululla on kaksi erilaista konenäköjärjestelmää, joista toinen on iäkkäämpi. Tällä vanhemmalla järjestelmällä olen jo aiemmin automaatiotekniikan kurssien ohessa tehnyt erilaisia tutkimuksia. Järjestelmästä uudempi on muutaman vuoden ikäinen Omron Xpectia konenäköjärjestelmä. Tämä järjestelmä sisältää näytöllisen keskusyksikön, johon saa liitettyä kaksi kameraa. Tässä tapauksessa käytettävissä oli yksi kamera, mikä teki testistä yksinkertaisemman toteuttaa. Kamerana toimi yhden megapikselin tarkkuuteen yltävä saman valmistajan värikameraa.

Soveltuvuuden selvittäminen alkoi järjestelmän kasaamisesta yksikön tuotantotekniikan laboratorioon. Kamera sijoitettiin kolmijalkaan ja keskusyksikkö erilliselle pöydälle. Tutkittava kappale sijoitettiin liukuhihnalle, missä sitä liikuteltiin käsin testien aikana. Tumma liukuhihna oli harkittu valinta, sillä tällä tavoin saatiin parempi kontrasti tutkittavan kappaleen ja pöytäpinnan välille. Tällä tavoin kappaleen reunat saatiin konenäköjärjestelmällä paremmin eroteltavaksi,

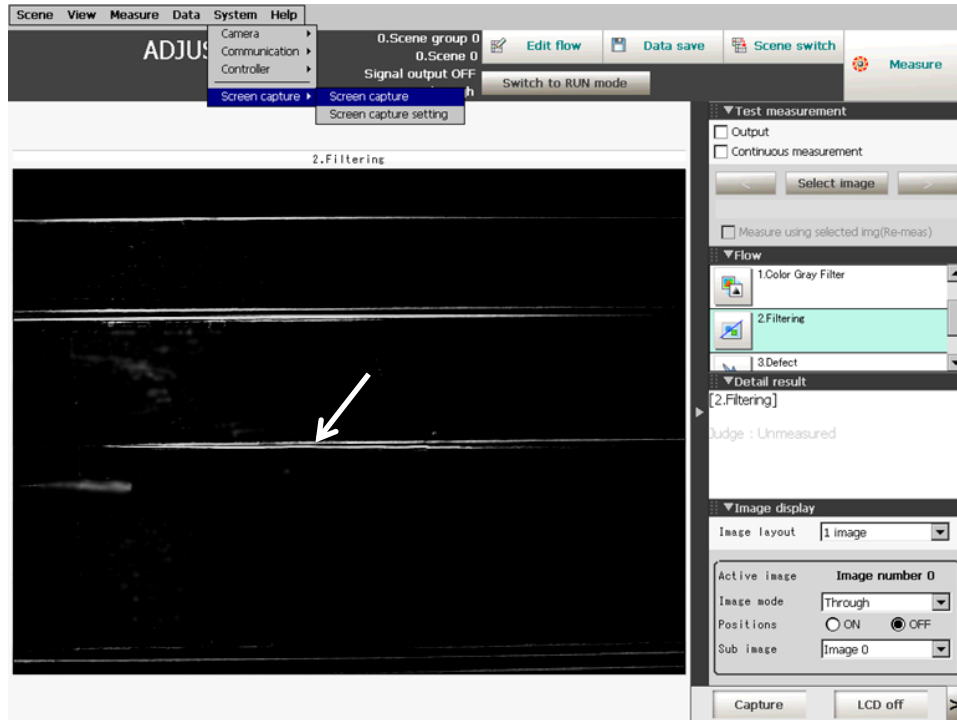


KUVA 5. Järjestelmän kasaus tuotantotekniikan laboratoriossa

Alkuun valaistuksena toimi tuotantotekniikan laboratorion loisteputkilla toteutettu kattova-
laistus, mikä loi tutkittavan kappaleen pintaan varjostuksia häiriten kameran kuvanmuo-
dostusta. Järjestelmä muokattiin tutkimaan vain harmaasävyjä ja sopivin korostuksin saa-
tiin kappaleen hylkyyn aiheuttama vika erottumaan selvästi ohjelman tarvitsemalla tavalla.

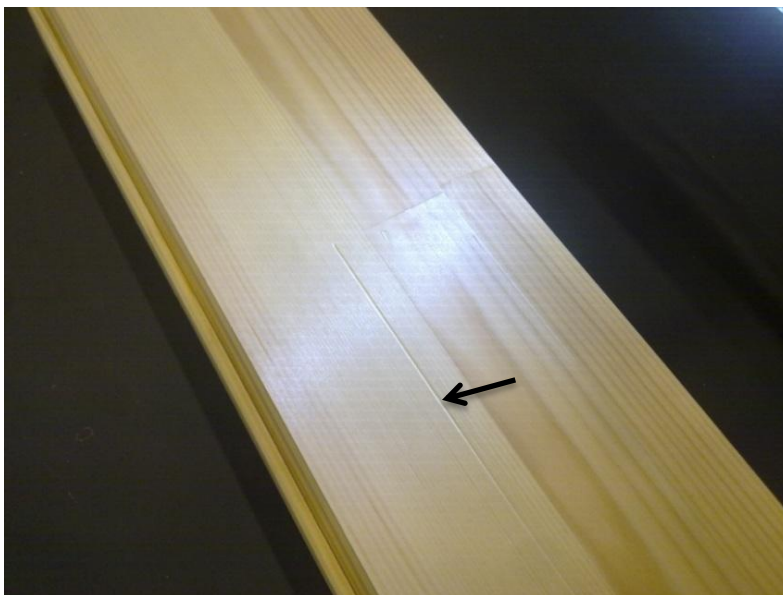


KUVA 9. Kappaleen alkuperäinen hylkäykseen johtanut materiaalivika



KUVA 6. Sama vikakohta konenäköjärjestelmän ohjelmistosta kaapattuna

Yleisin syy hylkäykseen materiaalivikojen jälkeen on erilaiset piirtojäljet kappaleen pinnassa. Nämä jäljet syntyvät profiilihöyläsvaiheessa, kun höylän terään on tullut vika. Tutkittavaksi saduissa kappaleissa ei ollut tällaista virhettä, joten jo tutkittavana olleeseen karmikapulaan tehtiin piirtojälkeä muistuttava jälki. Tällä tavalla saataisiin selvitettyä kameran kyvykyys tunnistaa myös piirtojäljet.



KUVA 7. Piirtojälkeä kuvastava virhe kappaleen pinnassa

Yleensä piirtojälki on yhtenäinen suora kohouma höylätyn kappaleen pituussuunnassa. Koska järjestelmä tunnistaa samankaltaisin keinoin sekä kohoutumat että painaumat kappaleiden pinnoista, voidaan tehtyä jälkeä käyttää aidon vian sijaan. Puutteellisen valaistuksen vuoksi tämän vian havaitseminen konenäköjärjestelmällä osoittautui vaativaksi, joten valaistusta täytyi parantaa. Tämän toteutus onnistui konenäköjärjestelmiä varten valmistetulla LED-valaisimella. Koska vika oli painaumanäkö kappaleen pinnassa, oli valon suuntaus tehtävä sivultapäin. Tällöin kappaleen eri painaumat ja kohoumat tulevat selvästi esille.

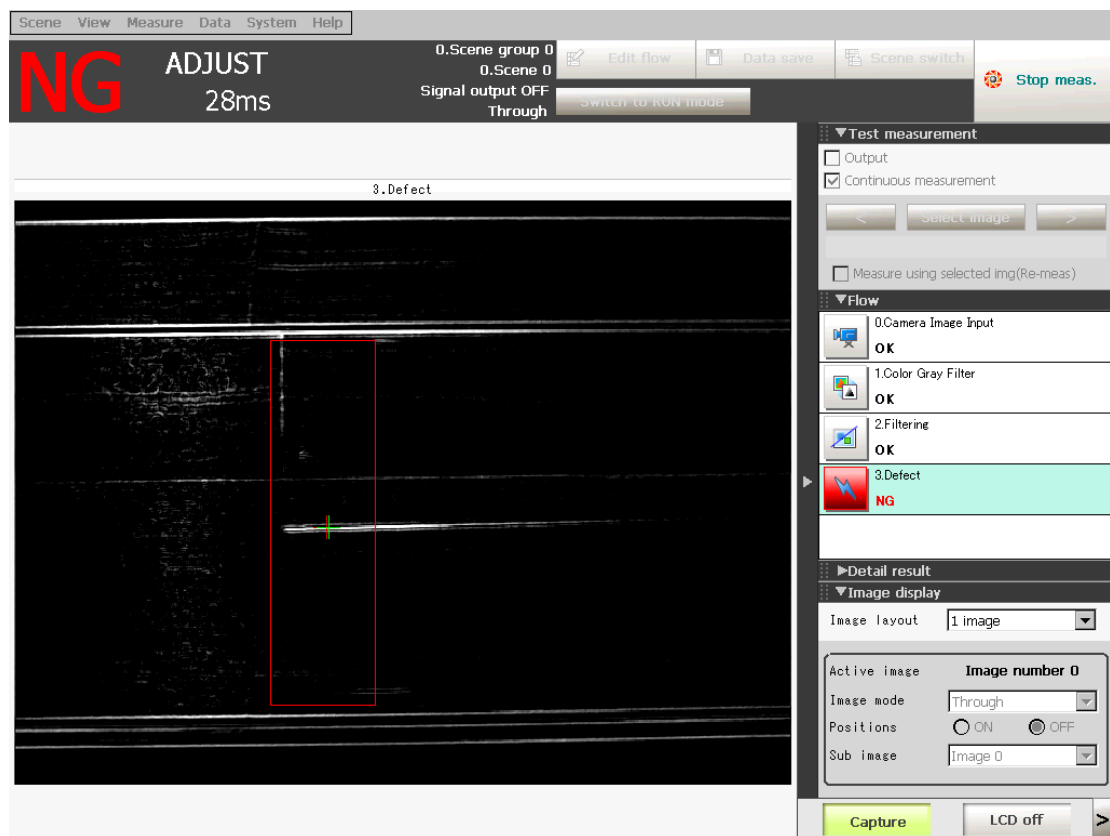


KUVA 8. Valaistuksen parantaminen testijärjestelyissä

Valaistuksen parantamisen myötä tämä pienempi jälki erottui huomattavasti selkeämmin. Itse asiassa myös kappaleen rakenteelliset ominaisuudet alkoivat erottua järjestelmässä. Nyt kun nämä tietynlaiset virheet oli helposti havaittavissa, virheitä tunnistavien ohjelmien tekeminen tuli ajankohtaiseksi. Käytetyssä konenäköjärjestelmässä on noin 70 työkalua, joiden avulla saadaan tutkittua kappaleen eri ominaisuuksia ja vikoja. Samalla kameralla voidaan tutkia kappaleen eri alueita ja luoda kuhunkin kappaleen osa-alueeseen sopiva menetelmä havaitsemaan erilaisia vikoja.

6.2 Vikojen tunnistus

Tällaisen tunnistusmenetelmän luominen alkaa yleensä kuvan jälkikäsittelystä. Tässä tapauksessa kuva muokattiin värittömäksi eli harmaasävyiseksi ja kuvaa tummennettiin. Kirkkautta ja värikylläisyyttä säätämällä kuvasta tuli esille kappaleen reunat ja sopivan valaistuksen avulla viat tulivat tunnistettavaan muotoon. Tässä tapauksessa vian tunnistus tapahtui laskennallisesti erottelemalla tutkittavan alueen mustan ja valkoisen värin määrä.



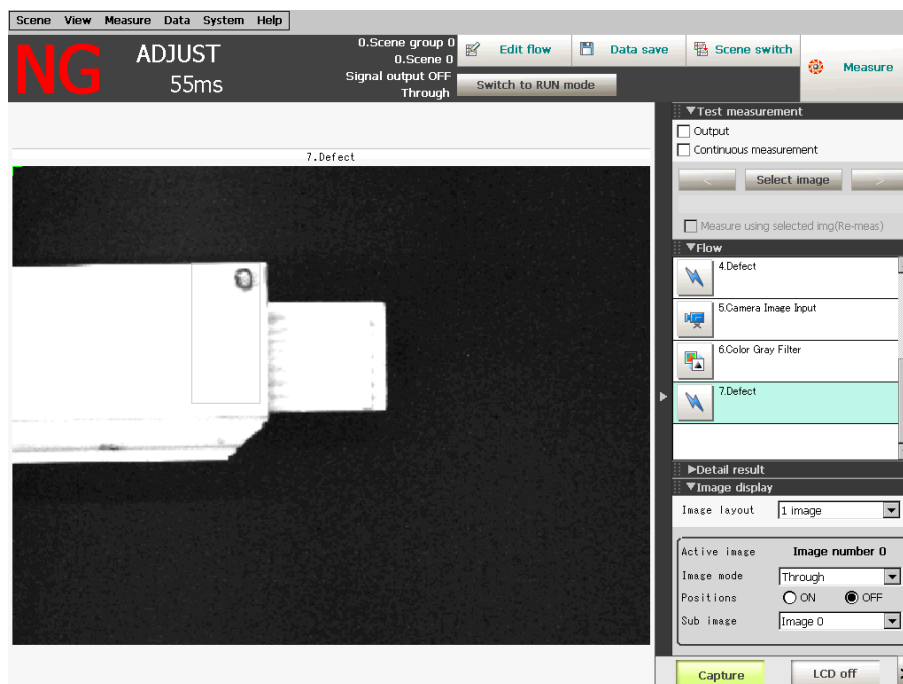
KUVA 9. Kuvakaappaus kamerajärjestelmästä

Kuten KUVA 9 selventää, tutkittava kappale näkyy mustana ja sen reunat ja viat valkoisena. Tästä saadaan laskettua mustan ja valkoisen määrät kuvassa. Kun tutkittava pinta näkyy täysin mustana, on se virheetön. Tutkittavaa aluetta kuvastava nelikulmio näkyy tällöin vihreänä. Kun pinnasta erottuu liikaa valkoista, eli vika havaitaan, tämä tutkittavaa aluetta kuvastava nelikulmio vaihtuu punaiseksi. Tällöin kappale todetaan virheelliseksi ja tätä tietoa käyttäen voidaan tehdä jatkotoimenpiteitä eli lähettää esimerkiksi käsky kappaleen viallisuudesta. Tällä tavalla voidaan ohjata esimerkiksi automaattista kuljetinta.

Myös muunlaisia vikoja testattiin, kuten esimerkiksi oksien, lohkeamien ja reunojen tunnistusta. Mitään erikoisia syitä konenäköjärjestelmien toimimattomuuteen ei ilmennyt. Koska kappaleen profiilimuodot ovat moninaiset, tulee eri tunnistusmenetelmiä paljon ohjelmoitavaksi. Tämä johtuu siitä että kappaleen eri pinnat ovat kamerasta katsottuna eri etäisyyksissä ja täten järjestelmä havaitsee ne eri tavalla. Tätä tilannetta saadaan korjattua kameran paikoituksella ja huolellisesti toteutetulla valaistuksella. Tämä tuottaa lisätyötä konenäköjärjestelmän käyttöönotossa ja ohjelmoinnissa.

6.3 Havaitut Ongelmat

Suurin ongelma järjestelmän käyttöönotossa liittyy kappaleiden tapituksiin, eli liitoksiin. Koska kappaleet tapitetaan ennen höyläystä, ovat tapitukset esillä myös konenäköjärjestelmälle. Karmipuolella tämä ongelma saadaan ratkaistua kohtalaisen helposti, sillä jokaisen kappaleen tapitus on aina samanlainen. Puitepuolella tätä tilannetta vaikeuttavat tuotteen muotoilulliset seikat. Valmiissa puitteessa on kaksi erilailla tapitettua kappaletta. Tämä tarkoittaa sitä että kappaleiden päät ovat erilaisia. Osassa kappaleista tapitettu pää tulee tutkittavan alueen ulkopuolelle ja osassa taas jää peittoon.



KUVA 10. Havaittu ongelmakohta puitekapuloiden tarkistamiseen liittyen

Tämä ongelmakohta saataneen selvitettyä käyttämällä konenäköjärjestelmän apuna erillistä anturia. Tämän anturin avulla järjestelmälle saataisiin annettua käsky kohdasta, josta alkaa tutkia kappaleen pintoja. Tämä saattaa taas aiheuttaa sen että kappaleen alusta ja lopusta jäisi pieni alue tutkimatta. Mahdollisesti tämä ongelma saadaan ratkaistua myös monipuolisemman ohjelmiston avulla. Ongelma ei pitäisi olla ylitsepääsemätön, mutta aiheuttaa lisätutkimista mahdolliselle konenäköjärjestelmän toimittajalle.

6.4 Tutkimuksen yhteenveto

Tutkimuksen tulos tukee teoriaa eli konenäköjärjestelmä on mahdollista toteuttaa Tiivituotteen tuotantoon. Ennen järjestelmän lopullista tilausta tulee kuitenkin selvittää, kannattaako kaikkia mahdollisia pintoja tutkia konenäköjärjestelmän avulla. Tämä saattaa lisätä turhia kustannuksia saatuun hyötyyn nähden. Mahdollisesti paras järjestelmä laadun ja dimensioiden tarkkailuun koostuisi konenäköjärjestelmästä, mikä tutkisi kappaleiden tärkeimmät pääpinnat ja lasermittauslaitteistosta, mikä tutkisi kappaleiden dimensioita. Puite-
linjaston päässä dimensioiden tarkastaminen olisi ilmeisesti mahdollista konenäköjärjestelmän avulla, kun käytetään suuri resoluutioista kameraa.

Tuloksiani tukevat myös konenäköjärjestelmien toimittajien näkemykset. Dimensioiden mittaaminen saattaa tulla haastavaksi pelkän konenäköjärjestelmän avulla tai se vaatisi viivakameraa varsinaisen järjestelmän tueksi. Tämä lisää tarvittavan järjestelmän laitteiston määrää mikä taas nostaa kustannuksia. dimensioiden mittaaminen on mahdollista normaalilla järjestelmällä, kunhan kameran tarkkuus on riittävä. Tämä voidaan todeta vain tapauskohtaisesti testaamalla. Kaikista järkevin on keskittyä tutkittavien kappaleiden laaduntarkkailuun, mikä on tässä tapauksessa tärkein kriteeri. Kun laaduntarkkailu onnistuu luotettavasti konenäköjärjestelmien avulla, voidaan keskittyä linjastojen automatisointiin.

7 TARJOUSPYYNTÖ

Tarjouspyyntöjen tekemisen aloitin tutkimalla erilaisia tarjouspyyntöpohjia ja ohjeita tehdä tarjouspyyntö. Tämän jälkeen aloin luomaan tarjouspyyntöjä eri konenäköjärjestelmiä toimittaville yrityksille. Tarjouspyyntöjä lähetin viidelle eri yritykselle, joista kaksi otti asian vakavasti työn alle.

7.1 Tarjouspyynnön sisältö

Tarjouspyyntöjen alkuun tulee laittaa normaalit asiakirjastandardin mukaiset tiedot, jotka sisältävät kohdeyrityksen ja lähettäjän tiedot. Tämän jälkeen tein yleiskuvauksen, mikä sisälsi lähtötilanteen selvittämisen. Alkuun esittäydyin ja kerroin tekeväni opinnäytetyötä Tiivituotteelle. Tämän jälkeen esittelin tilaajayrityksen ja selvensin laitteiston tarvepohjaa kertomalla yrityksen kehityksestä ja uusista hankinnoista. Tästä pääsin tarpeeseen tutkia konenäköjärjestelmien tarpeellisuutta kohdeyrityksessä ja tämän kuuluvan opinnäytetyöhöni.

Seuraavaksi tein järjestelmäkuvauksen, jonka alkuun kuvailin yrityksen linjastot, joiden varteen konenäköjärjestelmät tarvittaisiin. Seuraavaksi selvitin tutkittavien kappaleiden mittoja ja ominaisuuksia kappalekohtaisesti. Tässä käytin hyväksi Solidworks ohjelmistolla tehdyistä profiilimuodoista otettuja yksinkertaistettuja kuvia. Tarkkoja mittoja en tässä tapauksessa antanut, sillä ne ovat Tiivituotteen omia ja määrittävät tuotteen ominaisuudet. Lisäsin myös pakanpäältä otettuja kuvia, jotta laitteistojen suunnittelijoille tulisi parempi kuva kohteesta. Loppuun mainitsin tarjousten tulevan vakavaan käsittelyyn ja mahdollisesti laitteistojen hankinnan olevan todellisuutta lähitulevaisuudessa.

Yritykset ovat olleet yhteydessä ja kyselleet tarvittavia tarkennuksia sekä olen lähettänyt tämän opinnäytetyön edetessä lisää informaatiota ja omia havaintojani mahdollisista ongelmista.

7.2 Tarjouspyyntöjen tulokset

Koska erilaisia järjestelmiä ja niiden osia on paljon, on paras jättää lopullisen toteutustavan kehittäminen suoraan alan ammattilaisille. Tällä tavoin saadaan kaikista luotettavin järjestelmä, joka kykenee tunnistamaan kaikki tarvittavat viat ja etsittävät asiat tutkittavista kappaleista. Laitteistojen toimittajilla on myös näkemystä toimivien järjestelmäkokonaisuuksien toteuttamisesta kustannustehokkaasti. Koska tämä osio opinnäytetyöstäni selvittää yritysten välisiä hintatietoja, en julkiseen versioon ilmoita mahdollisten toimittajien nimiä ja tarkkoja hintoja.

Tarjouspyyntöjä tehdessäni olin saanut mielikuvan, että kohteeseen suunniteltava järjestelmä kannattaisi toteuttaa älykameroiden avulla. Tähän päätelmään päädyin älykameroiden yksinkertaisemmän ohjelmoitavuuden ja mahdollisten kustannustehokkuuden vuoksi. Tässä tapauksessa käsitykseni oli täysin väärä, sillä älykameroin toteutetulle järjestelmälle tulee paljon enemmän hintaa kuin tietokonepohjaiselle järjestelmälle.

Vastauksia sain kahdelta eri yritykseltä ja molemmissa tapauksissa ehdotetut laitteistot olivat samantyyllisiä. Kumpikin vastanneista yrityksistä suosittelee järjestelmän toteutusta tietokonepohjaisesti. Tämä sen vuoksi, että järjestelmä on helpommin päivitettävissä ja kameroiden hinnat eivät nosta kokonaiskustannuksia liian korkeaksi tarvittavan tarkkuutensa vuoksi. Tässä tapauksessa älykameroilla toteutettavan järjestelmän hinta saattaisi nousta pahimmillaan jopa nelinkertaiseksi verrattuna tietokonepohjaiseen normaaleja konenäkökameroita hyödyntävään järjestelmään. Hyötynä älykameroita käytettäessä olisi ollut ohjelmoimisen helppous. Toisaalta tietokonepohjaiseen järjestelmän ohjelmoinnissa on enemmän mahdollisuuksia. Ja järjestelmän päivitettävyyys myös kameroiden osalta on huomattavasti helpompaa, mikäli tarkkuus tai tutkittavat asiat tätä vaativat.

Suurin kustannus järjestelmää hankkiessa koostuu kameroista. Kameroiden hintaan vaikuttaa tarkkuus ja onko kamera värikamera. Tässä tapauksessa järjestelmältä vaadittava tarkkuus nostaa hintatasoa. Vaikka valaistus on tärkeä osa toimivaa järjestelmää, sen kustannukset jäävät pieneksi kokonaiskustannuksiin nähden. Tällaiseen järjestelmään kuuluu myös käyttötarkoitukseen sopiva tietokone ja sen ohjelmisto. Muita tarvittavia osia on eri asennukseen tarvittavat tarvikkeet, kaapelit ja virtalähteet. Kokonaiskustannukset tällaiselle laitteistolle pysyvät kohtalaisina.

Koska järjestelmän kustannustehokkuus vaikuttaa kokoonpanoon, on joissakin asioissa tingittävä. Tarjottujen järjestelmien avulla päästään arviolta 0.5 mm tarkkuuteen. Tarkkuus voidaan testata ja todeta tietynlaiseksi vasta toimivan järjestelmän avulla. Eli mahdollisesti tarkkuudessa voidaan päästä parempaan tulokseen, mutta tämä on epätodennäköistä. Toinen tarjouksen jättäneistä yrityksistä keskittyi liikaa dimensioiden tarkastamiseen ja tämän vuoksi tarjotun järjestelmän hinta nousi korkeaksi.

Suurin haaste syntyy järjestelmän ohjelmoimisesta. Vaikeuttavin tekijä kappaletta kohden on profiilien monimuotoisuus. Tämän taas moninkertaistaa kappaleiden määrä, sillä jokaiselle profiilille on tehtävä oma ohjelmansa, jotta kaikkien kappaleiden viat tulisivat ilmi. Helpottavana tekijänä on eri profiilien osittainen samanlaisuus. Eli itse ohjelmoimiseen tulee kulumaan paljon aikaa ja tämä taas nostaa järjestelmän kokonaiskustannuksia.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää konenäön soveltuvuus karmi- ja puitelinjastojen loppupäissä. Tähän tavoitteeseen olen pyrkinyt selvittämällä tuoretta tietoa nykyaikaisista konenäköjärjestelmistä ja niiden toimintaperiaatteista. Tällä tiedolla päivitän yrityksen tietotasoa konenäöstä ja luon pohjaa konenäön soveltuvuudesta eri kohteisiin tulevaisuuden hankintoja ja projekteja varten.

Koska työni on saanut yrityksen tarpeesta lähtönsä, olen keskittynyt työtä tehdessäni järjestelmän soveltuvuuteen. Tämän takia teoriaosio jää suppeammaksi ja käytännönläheinen selvittäminen nousee tärkeämmäksi kohteeksi. Konenäköjärjestelmistä on tehty useita teoriapohjaisia opinnäytetöitä, joten tietoa on helposti löydettävissä. Soveltuvuuden testaamisen aloitin selvittämällä konenäköjärjestelmien nykytilannetta puutuoteteollisuudessa. Tämän jälkeen selvitin järjestelmän tarpeellisuuden tuotannossa teoriapohjaisesti ja tämän jälkeen haastatteleamalla työntekijöitä. Tällä tavoin sain selvitettyä konenäköjärjestelmän olevan hyvä ratkaisu yrityksen laaduntarkkailun parantamisessa.

Soveltuvuuden testaamisen suoritin alkuun teoriapohjaisesti ja tämän jälkeen siirryin käytännöntesteihin. Sekä teoria- että käytäntöpohjaisesti totean konenäön soveltuvan yrityksen laaduntarkkailuun kyseisessä kohteessa. Havaitsin kuitenkin mahdollisia vaikeuksia järjestelmän ohjelmointiin liittyen. Tämä johtuu tutkittavien kappaleiden miniuotoisuudesta ja määrästä, mikä luo ohjelmoinnin haasteelliseksi, muttei mahdottomaksi. Kappaleiden dimensioiden varmistaminen konenäköjärjestelmän avulla jää luultavasti tarvittavasta mittatarkkuudesta. Teoreettisesti tämä on mahdollista, mutta tämä asia voidaan todeta tarkemmin vasta järjestelmän ollessa käytössä oikeassa kohteessaan.

Konenäköjärjestelmän hyödyntäminen parantaisi Tiivituotteen laaduntarkkailun tasoa ja mahdollistaisi tasaisen laadun ennen pintakäsittelyä. Tämä mahdollistaisi tuotannon automatisoinnin, mikä poistaisi työntekijöitä rasittavan työvaiheen. Automatisointi toisi yritykselle säästöjä varmistamalla tuotteiden tasalaatuisuutta ja poistamalla toistoa vaativan työtehtävän. Tällä tavoin saadaan vähennettyä myös ylimääräisiä sairauspoissaoloja, jotka

johtuvat raskasta toistoa vaativasta työtehtävästä. Pelkän konenäköjärjestelmän hankkiminen ei muuta tuotantoa kustannustehokkaammaksi.

Tavoitteisiin kuului myös mahdollisen merkkajärjestelmän selvittäminen, jotta vialliset kappaleen saataisiin pois tuotannosta mahdollisen järjestelmän alkukehitysvaiheissa. Tämä asia jää käsittelemättä, sillä katsoimme työn tilaajan kanssa paremmaksi ratkaisuksi hankkia automaattiset kuljetinlinjastot höylien päihin. Tämä sen takia, koska puite- ja karmilinjastojen päihin tulisi hankkia liukuhihna tai rullarata, jotta toimiva merkkajärjestelmä saataisiin käyttöön. Kuljetin tulisi hankkia koska kappaleet tulevat höylän ulossyötöstä peräjälkeen ja niiden väliin pitäisi saada aikaiseksi rakoa alkuperäisiä linjastoja nopeampien kuljettimien avulla. Ilman kappaleiden välissä olevaa rakoa, on vaadittava merkintä kappaleiden päihin mahdoton suorittaa.

Koska linjastojen päihin on tarkoitus asentaa automaattinen latomisjärjestelmä, kuljetinta olisi pakko muokata tulevaa käyttötarkoitusta ja kappaleiden automaattista poistamista varten. Tähän olisi siis järkevintä hankkia konenäköjärjestelmän kanssa kuljetinlinjastot, joissa on valmius latomisjärjestelmää varten. Vaihtoehtoisesti linjasto voidaan väliaikaisesti pitää samanlaisena ja asentaa konenäköjärjestelmä ohjaamaan erillistä huomiovaloa, joka antaisi työntekijälle tiedon viallisesta kappaleesta. Tällöin ei synny ylimääräisiä kustannuksia kauempana tulevaisuudessa hyödyttömäksi jäävän merkkajärjestelmän vuoksi.

Tavoitteenani oli saada hintaluokkaa selvittävät tarjoukset vähintään kolmesta eri paikasta. Valitettavasti jouduin tyytymään kahden toimittajan tarjouksiin, sillä aikarajat tulivat vastaan. Tiedot järjestelmätoimittajilta tukivat konenäön olevan mahdollinen keino laadunvarmistamisessa. Tarjoukset antoivat myös hyvän pohjan, minkälainen kokoonpano olisi kustannustehokkain vaihtoehto.

LÄHTEET

Halinen, M. 2007. Konenäkö robotin ohjauksessa. Aalto-yliopisto. Luentomateriaali. Www-dokumentti. Saatavissa: http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf . Luettu: 25.4.2012

Kinnunen, L. 2003. Konenäkö ohjaa prosessia reaaliajassa. Tekniikka & Talous. Artikkel. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/incoming/konenako+ohjaa+prosessia+reaaliajassa/a35454>. Luettu 3.5.2012.

Lempiäinen, M. 2011. Konenäkö tutuksi viikossa. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://konenako.blogspot.com/>. Luettu 3.5.2012.

Laitila, O. 2012. Tuotannosuunnittelijan haastattelu 24.4.2012. Tiivituote Oy. Haapajärvi

Niemi, P. 2011. Konenäkö – lyhyt oppimäärä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.orbis.eu/Suomi/Yritys/Uutiset-ja-tapahtumat/Uutisarkisto/Konenako-lyhyt-oppimaara/>. Luettu 24.4.2012

Pietikäinen, M. Silven, O. 2008. Oulun Yliopisto. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.cse.oulu.fi/CMV/AboutCMV?action=AttachFile&do=view&target=konenako.pdf> Luettu 18.2.2012

Soini, A. 2011. Suomen automaatioseura ry. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.automatioseura.fi/index/tiedostot/Konenako.pdf>. Luettu 6.5.2012

Työntekijöiden haastattelu. 24.4.2012. Tiivituote Oy. Haapajärvi

Voutilainen, P. 2004. Opetushallitus, Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/index.html>. Luettu 24.4.2012.