

Aleksi Virolainen

TUOTESIIRRON TEHOSTAMINEN VENTTIILIASENNOITTIMIEN TUOTANNOSSA

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Liiketoiminnan logistiikan koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

| | |
|-----------------|---|
| Tutkintonimike | Tradenomi (AMK) |
| Tekijä | Aleksi Virolainen |
| Työn nimi | Tuotesiirron tehostaminen venttiiliasennoittimien tuotannossa |
| Toimeksiantaja | Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu |
| Vuosi | 2025 |
| Sivut | 50 sivua, liitteitä 1 sivu |
| Työn ohjaaja(t) | Anssi Salmi |

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää uusia kustannustehokkaita työtapoja, pienentää manuaalisen työn tuottamia pullonkauloja ja mahdollisia virheitä venttiilitehtaan pakkaamon tuotteiden siirroissa.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Valmet Flow Controlin Vantaan Hakkilan tehtaalla. Hakkilan tehtaalla valmistetaan venttiileitä, venttiilien toimilaitteita, venttiilien asennoittimia ja venttiiliyhdistelmiä. Hakkila on Valmetin virtauksensäätöliiketoimintalinjan tärkeimpiä teknologiakeskuksia.

Työn tavoitteena oli selvittää, millaisia tilanteita syntyy, kun kolmea eri venttiiliasennoitin-mallia testataan manuaalisilla viivakoodinlukijoilla pakkaamon tuotesiirrossa, miten venttiiliasennoittimien tuotesiirtoja voitaisiin tehostaa sekä miten ja mihin konenäköjärjestelmä voitaisiin mahdollisesti sijoittaa tulevaisuudessa osaksi pakkaamon layoutia.

Tutkimus toteutettiin toiminnallisena kehittämistutkimuksena, jossa hyödynnettiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Tutkimuksen aineistoa kerättiin omakohtaisella havainnoinnilla ja tuotteiden siirtymäaikojen mittaamisilla. Mittausaineisto kerättiin vaihteittain Valmet Flow Controlin Vantaan Hakkilan tehtaalla kesä-heinäkuun aikana vuonna 2023. Lisäksi arvioitiin ja tehtiin layoutsuunnitelma mahdollisen konenäköjärjestelmän sijoittamiseksi. Tutkimuksen eri vaiheissa yritykseltä saatiin suullista tietoa, jota hyödynnettiin eri vaiheissa ja arvioinnissa.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että manuaalinen työvaihe lisäsi viivettä tuotantolinjassa, mahdollisti virheiden syntyminen sekä lisäsi virheiden korjaamiseen kuluvaan työaikaan. Lisäksi tutkimustulokset vahvistivat sitä, että sijoittaminen konenäköjärjestelmiin ja automaatioon kannattaa huomioida tulevaisuuden kehittämissuunnitelmissa. Tuloksena syntyi yksi layoutvaihtoehto, joka esitellään yritykselle.

Johtopäätöksenä saatiin selville, että tulevaisuudessa manuaalisen työvaiheen tilalle on hyödyllistä tehdä arviota ja mahdollisia investointeja konenäköjärjestelmiin. Lisäksi työssä käsiteltyjä viivakoodinlukijan tuomia ongelmakohtia voidaan käyttää arviointien yhteydessä.

Avainsanat: konenäkö, tuotesiirto, venttiiliasennoitin, viivakoodi, viivakoodinlukija, layout, raportointi

| | |
|-----------------|---|
| Degree title | Tradenomi (AMK) |
| Author | Aleksi Virolainen |
| Thesis title | Improving product transfer in valve positioner production |
| Commissioned by | South-Eastern Finland University of Applied Sciences |
| Time | 2025 |
| Pages | 50 pages, 1 page of appendices |
| Supervisor | Anssi Salmi |

ABSTRACT

The purpose of the thesis was to identify new cost-effective methods, reduce bottlenecks and potential errors caused by manual work in the transfer of products in the packing plant of the valve factory.

The thesis was completed in collaboration with Valmet Flow Control's factory located in Vantaa, Hakkila. Hakkila factory manufactures valves, actuators, positioners and valve assemblies. Hakkila is one of the most important technology centres of Valmet Flow Control.

The goal of the work was to determine what situations arise when three different valve positioner models are tested with manual barcode readers in the packing plant's product transfer, how the production transfers of valve positioners can be improved and how and where a machine vision system possibly can be placed in the future as part of the packing plant layout.

The study was conducted as an action development study, utilising a quantitative research method. The data for the study were collected through personal observation and by measuring product transition times. The measurement data was collected in stages at the Valmet Flow Control's factory in Vantaa, Hakkila, during June and July 2023. Additionally, an assessment and layout plan were made for the possible placement of a machine system. During the study, the company provided verbal information that was used at various stages and in the evaluation.

The study results showed that the manual work process increased delays in the production line, led to errors, and increased the time spent on correcting errors. Additionally, the study confirmed that investing in machine vision systems and automation should be considered in future development plans. As a result, one layout option was created and presented to the company. The conclusion was that in the future, it would be beneficial to assess and make possible investments in machine systems instead of manual work. Additionally, the issues related to the barcode reader discussed in the work can be used in the assessments.

Keywords: machine vision, product transfer, valve positioner, barcode, barcode reader, layout

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 2 | TYÖN TAUSTA | 10 |
| 2.1 | Kohdeyritys Valmet Flow Control Hakkilan Venttiilitehdas | 10 |
| 2.2 | Teoreettinen viitekehys, työn tavoite ja tutkimuskysymykset..... | 11 |
| 2.3 | Tutkimusmenetelmät ja tietoperusta..... | 12 |
| 2.3.1 | Kvantitatiivinen tutkimus | 12 |
| 2.3.2 | Havainnointi..... | 13 |
| 2.3.3 | Tutkimuksen luotettavuus ja pätevyys | 14 |
| 2.4 | Työn rakenne | 15 |
| 3 | TIETOPERUSTA..... | 15 |
| 3.1 | Viivakoodit..... | 15 |
| 3.2 | Viivakoodilukijat..... | 16 |
| 3.3 | Konenäkö | 18 |
| 3.4 | Konenäön käyttösovelluksia | 19 |
| 3.5 | Layoutsuunnittelu ja sen tavoitteet | 20 |
| 3.6 | Tekoäly..... | 22 |
| 4 | VENTTIILITEHTAAN TUOTANNON JA PAKKAAMON VÄLINEN TUOTESIIRTOPROSESSI..... | 22 |
| 4.3.2 | Konenäköjärjestelmien vertailu ja laitteen suunnittelu ASO- pakkaamoon..... | 22 |
| 4.3.3 | Konenäköjärjestelmätarjoajan valinta | 29 |
| 5 | TULOKSET | 30 |
| 6 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA..... | 30 |
| 6.1 | Luotettavuuden ja eettisyyden tarkastelu | 31 |
| 6.2 | Jatkotutkimusaiheet..... | 32 |

LÄHDELUETTELO

KUVALUETTELO

Liite 1. ASO-pakkaamon mittaustulokset

LYHENTEET

| | |
|---------------------|--|
| AI | Engl. Artificial Intelligence, tekoäly |
| ASO-pakkaamo | Vantaan Hakkilan venttiilitehtaan asennointipakkaamo |
| Beckhoff Automation | Saksalainen automaatioalan yritys |
| ChatGPT-4 | Engl. Chat Generative Pre-trained Transformer, tekoälykeskustelija eli chatbot |
| ERP | Engl. Enterprise resource planning, toiminnanohjausjärjestelmä |
| EUR-lava | Standardisoitu kuormalava |
| LAYOUT | Asettelu, sommittelu tai ulkoasu |
| LLM | Engl. Large language model, suuri kielimalli |
| MV | Engl. Machine vision, konenäkö |
| ND-iso | Iso venttiiliasennoinnin malli |
| ND-pieni | Pieni venttiiliasennoinnin malli |
| NE/NP | Kahden eri venttiiliasennointimallin liitettynä yhdeksi kokonaisuudeksi |
| OCR | Engl. Optical character recognition, tekstintunnistus |
| SICK AG | Saksalainen automaatioalan yritys |
| Valmet FC | Valmet Flow Control, suomalainen teollisuuden |
| Datalogic Gryphon | venttiilien tuotantoon erikoistunut yritys Datalogicin Gryphon-mallin viivakoodinlukijatyypin GM4100-BK-433Mhz. |

Tämä opinnäytetyön versio on julkiseen käyttöön tarkoitettu osin salattu versio.

Opinnäytetyö käsittelee Valmet Flow Control Hakkilan venttiilitehtaan tuotantoprosesseja ja tuotantomääriä. Tämän lisäksi työssä on valokuvia tuotantotiloista. Koska työ pitää sisällään yritykselle liiketoiminnallisesti arkaluonteista tietoa, niin on tämän opinnäytetyön julkinen versio laadittu osin salatuksi.

Rajoitukset kohdistuvat lukujen neljä ja viisi alalukuihin 4.1-4.3.2 ja 5.1–5.2. Nämä luvut ovat sivuilla 22–30 ja 39–43. Lisäksi liitetiedosto 1. ASO-pakkaamon mittaustulokset on poistettu.

Salaamaton opinnäytetyön versio on toimitettu toimeksiantajalle ja oppilaitokselle erillisenä asiakirjana.

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, millaisia tilanteita syntyy Vantaan Hakkilan venttiilitehtaan tuotannon ja asennoitinpakkaamon (ASO-pakkaamo) välisessä tuotesiirtoprosessissa, kun kolmen eri venttiiliasennoitinmallin tuotteen siirtoon käytettyä aikaa mitataan manuaalisilla viivakoodinlukijoilla. Työn tavoitteena on selvittää, voidaanko näitä venttiiliasennoittimien tuotesiirtoja tehostaa tai automatisoida. Lisäksi tavoitteena on selvittää, toisiko konenäköjärjestelmään siirtyminen lisää hyötyjä ja voidaanko sen perusteella laatia alustava layoutsuunnitelma. Automatisoiva laite voitaisiin sijoittaa jo olemassa olevaan tuotantotilaan. Tuotesiirto on prosessi, jossa tuotteiden virtuaalinen sijainti järjestelmässä siirretään osastojen välillä.

Valtioneuvoston kanslia on koonnut julkaisun (Ventä yms. 2018) automaation ja robotiikan vaikutuksista kansantalouteen. Sovellutusaloiksi ovat valikoituneet teollisuusala- ja logistiikka-ala, rakennusala sekä palvelu- ja terveydenhuolto. Raportti käsittelee kansantalouteen vaikuttavia robotiikan hyötyjä pitkällä aikavälillä, katsoen tulevaisuuteen. Työn automatisoinnin ja robotiikan vaikutukset teollisuudelle ovat olleet valtavia - robotiikan avulla työn tuottavuus on moninkertaistunut ja työturvallisuus lisääntynyt. Valtioneuvoston

kanslian (2018, 10) tekemässä raportissa todetaan Suomen olevan teknologiamyönteinen ja suomalaisten teknologiaosaamisen olevan korkeaa tasoa sekä automaation ja robotiikan olevan luonnollinen osa teknologiakehitystä.

Työn automatisointi on ollut tärkeä osa teollisuuden ja tuotannon kehitystä. Automaation prosessijärjestelmä toimii koneiden, tietotekniikan ja elektronikan avulla. Työ voi olla täysin automatisoitua tai puoliautomatisoitua, jossa ihmisellä on tuotantoprosessissa oma paikkansa. (AutomationTomorrow 2023.)

Viivakoodinlukijajärjestelmien käyttöä on todettu hyödynnettävän monissa logistiikkaprosesseissa kuten keräilyssä, vastaan-otossa ja hyllytyksessä. Niillä kyetään vähentämään manuaalista kirjaustyötä. Viivakoodinlukijoista ja viivakoodeista löytyy eri vaihtoehtoja, jotka soveltuvat erilaisiin prosesseihin ja organisaatioihin. Viivakoodinlukijajärjestelmien käytössä on todettu useita hyötyjä. Se mahdollistaa tuottavuuden mittaamisen, ajankohtaisen tiedon saamisen sekä tämän tiedon hyödyntämisen päätöksenteossa.

Tuottavuutta voidaan mitata yksilö- tai yksikkötasolla ajankohtaisen ja luotettavan tiedon perusteella. Yksittäisten tulosten esille tuomisen on myös havaittu parantavan tuottavuutta. Järjestelmästä saatavia tietoja ovat esimerkiksi vastaanottoraportit ja työvaiheisiin käytetyt ajat. Yrityksille tämä mahdollistaa myös standardien luomisen, jonka perusteella työtä voi suunnitella ja ohjata. (Barry s.a.)

Viivakoodijärjestelmien käytössä on havaittu myös heikkouksia. Yksi niiden suurimmista heikkouksista on mahdollisuus vaurioitua, jolloin niiden lukeminen on vaikeaa ja mahdollisesti virheellistä (Richards 2022, 162). Lisäksi viivakoodinlukijan käyttö vaatii työntekijöiden koulutusta ja työvaiheen ohjeistukseen perehtymistä (Barry s.a.).

Teollisuuden yrityksille kilpailukyky ja kannattavuus ovat ensiarvoisen tärkeitä. Etenkin kalliin työvoiman maissa tämä tarkoittaa tarvetta vähentää ihmisen suorittamia manuaalisia työvaiheita prosessien eri vaiheissa. Konenäön avulla automatisoidut toimintatavat voivat mahdollistaa merkittäviä kustannussäästöjä. Konenäköä hyödynnetään yhä laajemmin teknologian eri sovelluksissa, kuten robotiikassa ja erilaisissa automaatioissa. Tämän kehityksen taustalla

ovat tekoälyn yleistyminen sekä laskentatehon ja algoritmien nopea kehitys. Konenäön käyttö on logistiikassa yleistynyt paljon erityisesti halvempien käyttökustannuksien vuoksi.

Konenäkö voidaan määritellä tapana, joka mahdollistaa koneiden kyvyn nähdä ja havainnoida ympäristöään. Todellisuudessa konenäkö on järjestelmä, jossa integroituu optiikka, kameratekniikka, signaalin- ja kuvankäsittely sekä elektroniikka. Tämä mahdollistaa visuaalisen datan pohjalta analyysin ja automaattisen tarkastelun (Batchelor, 2012.) Konenäkö on aiheena laaja. Jotta opinnäytetyön laajuus ei kasvaisi liian suureksi, käsitellään konenäköä vain osittain. Tämä kuitenkin antaa kuvan siitä, miten konenäköä voidaan hyödyntää, ja millaisia rajoitteita ja vaatimuksia sillä on käytännön toteutuksessa.

Layout on teollisuuden käytössä vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantotilojen fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kuluväylien sijoittelua. Layoutit voidaan jakaa neljään eri päätyyppiin työnkulun perusteella. Päätyypit ovat tuotantolinja-, solu-, paikka- sekä funktionaalinen layout. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 407.) Tuotannon layout on siis kuin pohjapiirros, josta selviävät fyysisten laiteosien paikat sekä mahdollisesti erilaiset materiaalivirrat. Tässä työssä keskitytään valitsemaan automaatiovaiva laite ja suunnittelemaan sille mahdollisimman optimaalinen sijoituspaikka jo olemassa olevaan tilaan.

Uuden layoutin tavoite on vähentää turhia välivarastointeja tuotannossa sekä saada tuotteen siirrot mahdollisimman johdonmukaiseksi seuraavaan kohteeseen. Myös kuljetusmatkojen minimointi on otettava huomioon. Tulevassa layoutissa otetaan huomioon myös koneiden tehokkaaseen käyttöön vaikuttavat asiat, joita ovat esimerkiksi koneiden sijoittelu niin, että työntekijä voi käyttää konetta turvallisesti, luotettavasti ja tehokkaasti.

Tutkimusmenetelminä työssä on käytetty omakohtaista havainnointia ja tuotesiirtoon kuluvan ajan mittaamista viivakoodilukijalla. Näillä menetelmillä on selvitetty nykytilannetta. Konenäköjärjestelmän hyötyjä on selvitetty aiempien tutkimusten ja tuotetoimittajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Näiden perusteella on tehty päätelmiä, suunniteltu alustava layout ja arvioitu kuinka

paljon konenäköjärjestelmän investointi mahdollisesti maksaisi. Työstä on salattuja luvut 4 ja 5. Nämä luvut sisältävät tehtaan sisäiseen tuotantoon liittyviä salassa pidettäviä tietoja.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 Kohdeyritys Valmet Flow Control Hakkilan Venttiilitehdas

Valmet Flow Control on suomalainen teollisuuden venttiilien tuotantoon erikoistunut yritys. Yrityksen juuret ovat vuonna 1956 perustetussa Neles Oy:ssa. Erilaisen fuusioiden ja vaiheiden jälkeen vuonna 2022 Neles sulautui osaksi Valmetia ja sai nimekseen Valmet Flow Control. Valmet Flow Control on lyhennettynä Valmet FC ja tarkoittaa suomeksi Valmetin virtauksensäätö tuotantolinjaa.

Asiakkaat, jotka edustavat suurinta osaa Valmet FC:n liikevaihdosta toimivat energia-alalla öljyn- ja kaasuntuotannossa, sekä -jalostuksessa. Tämän takia osa myynnistä ja viennistä keskittyy Lähi-itään, Itä-Aasiaan, Eurooppaan ja Yhdysvaltoihin. Ennen Ukrainan sotaa Venäjälle menevä myynti oli suuruudeltaan merkittävää. Öljy- ja kaasusektorin lisäksi Valmet FC:lla on liikevaihtoa ydinvoiman tuotannossa sekä paperi- ja selluteollisuudessa.

Valmet FC valmistaa venttiileitä, venttiilien toimilaitteita ja venttiilien asennoittimia kotimaan ja ulkomaan paperi- ja selluteollisuudelle. Paperi- ja selluteollisuuteen kohdistuva myynti on suurta Etelä-Amerikassa, sillä siellä on kyseistä teollisuutta paljon. Tämän lisäksi Valmet FC tuottaa liiketoimintaa tukevia palveluita, kuten huolto- ja varaosapalveluita. (Valmet Flow Control s.a.)

Valmet FC:n ydintoimintaan kuuluu vahvasti myös tuotekehitys. Neles-tuotemerkillä varustettujen tuotteiden maine ja arvostus asiakkaiden keskuudessa perustuu korkeaan laatuun. Neles panostaa myös ympäristöystävällisiin ratkaisuihin, jotka auttavat asiakkaita optimoimaan prosessejaan ja vähentämään energian kulutusta sekä päästöjä. Yrityksellä on laaja asiakaspohja useilla toimialoilla ja globaalilla alueella, mikä tukee yrityksen kasvua ja kilpailukykyä maailmanlaajuisilla markkinoilla. (Valmet Flow Control s.a.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Suomessa sijaitsevan tuotantolaitoksen toimintaan. Tämä tuotantolaitos sijaitsee Vantaan Hakkilassa ja sitä kutsutaan tässä opinnäytetyössä nimellä Hakkilan tehdas. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Hakkilan tehtaalla kanssa. Hakkilan tehtaalla valmistetaan venttiileitä, venttiilien toimilaitteita, venttiilin asennoittimia ja venttiiliyhdistelmiä. Hakkila on Valmetin virtauksensäätöliiketoimintalinjan tärkeimpiä teknologiakeskuksia. Sieltä valmistuu vuosittain yhteensä noin 130 000 venttiiliä, asennoitinta ja toimilaitetta useiden eri prosessiteollisuuksien asiakkaille ympäri maailmaa. (Valmet Flow Control s.a.)

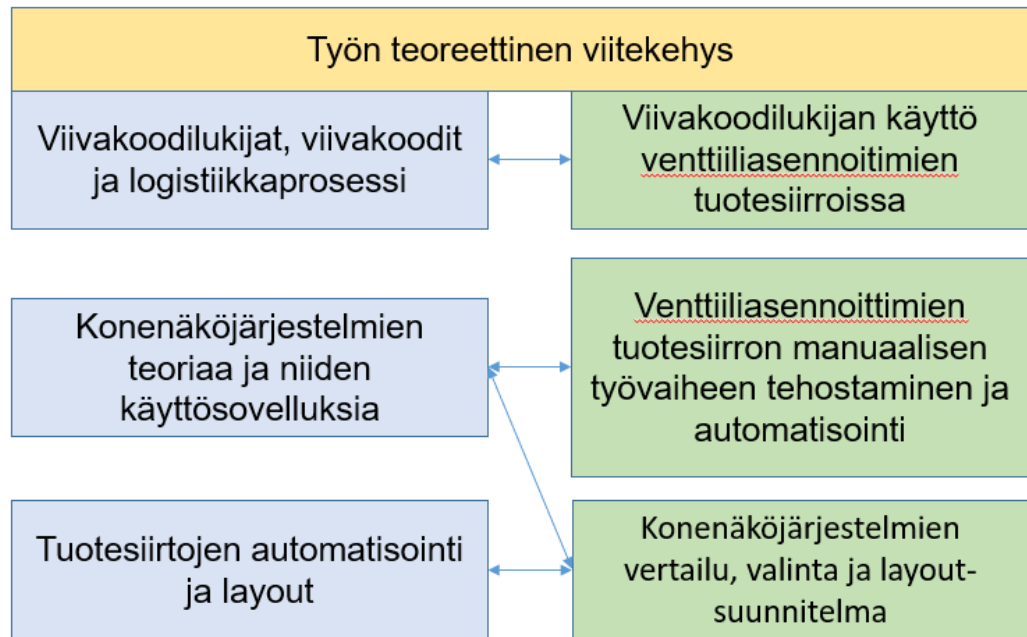
2.2 Teoreettinen viitekehys, työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö tehtiin Valmet Flow Controlin Vantaan Hakkilan tehtaalla, missä työskentelin logistiikka-kesätyöntekijänä kesällä 2023 ja nykyään vakituiseina työntekijänä. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Vantaan Hakkilan tehtaalla kanssa.

Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Millaisia tilanteita syntyy, kun kolmen eri venttiiliasennoitin-mallin tuotesiirtoon kuluva aika mitataan perinteisillä viivakoodinlukijoilla?
2. Miten venttiiliasennoittimien tuotesiirron manuaalista työvaihetta voitaisiin tehostaa tai automatisoida?
3. Millainen konenäköjärjestelmä voitaisiin sijoittaa osaksi venttiiliasennointipakkaamon layoutia?

Opinnäytetyön viitekehys rakennetaan teoreettisen kirjallisuuden pohjalta, joita sovelletaan tutkimuksen eri osa-alueisiin. Kirjallisuutta esitellään työn johdannossa ja tietoperustassa. Tutkimuksen keskeiset käsitteet ovat: Viivakoodilukijat ja viivakoodit, tehtaalla venttiiliasennoittimien tuotesiirrot, konenäköjärjestelmä ja layoutsuunnitelma olemassa olevaan tuotantolinjaston tilaan. Viitekehys on kuvattu tarkemmin kuvassa 1. Siinä esitetään teoreettisen perustan osa-alueet jotka yhdistetään jaoteltuina tutkimuskohteisiin.



Kuva 1. Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyyksen osa-alueet jaoteltuina tutkimuskohteisiin

2.3 Tutkimusmenetelmät ja tietoperusta

Työssä tutkimusmenetelmänä käytetään kvantitatiivista (määrällinen) menetelmää. Siihen kuuluvat omakohtaiset havainnointit ja tuotesiirtoon kuluvan ajan mittaaminen. Lisäksi lisätietoa on hankittu aiempien tutkimusten ja tuotetoimitajien sekä tiimin työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta.

2.3.1 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus on määrällinen tutkimus. Sitä voidaan Heikkilän (2014) mukaan nimittää myös tilastolliseksi tutkimukseksi. Sen avulla pystytään selvittämään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Sen tekeminen edellyttää riittävän suurta ja edustavaa otosta. (Heikkilä 2014, 15.)

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa asioita kuvataan numeraalisesti ja niitä voidaan havainnoida taulukoiden ja kuvioiden avulla. Yleensä pyritään myös selvittämään eri asioiden välisiä riippuvaisuuksia tai tapahtuneita muutoksia tutkittavassa asiassa. Tuloksia myös pyritään tilastollisen päättelyn keinoin yleistämään aineistoa suurempaan joukkoon. Kvantitatiiviselle tutkimukselle pystytään yleensä selvittämään nykytilanne, mutta asioiden syitä ei pystytä selvittämään riittävästi. (Heikkilä 2014, 15.)

2.3.2 Havainnointi

Tutkijan tutkimuskohteestaan keräämät havainnot ja omakohtaiset kokemukset ovat tärkeä osa tutkimusta. Tällaista tietoa kutsutaan etnografiseksi tiedoksi. Havainnoinnin kautta kerätty aineisto koostuu esimerkiksi päiväkirjoista tai kuva- ja videotallenteista. Tätä aineistoa voi tarvittaessa täydentää esimerkiksi asiakirjoilla tai tilastoilla. (Kinnunen & Kallinen 2021.)

Jokainen tutkija, joka on suorassa yhteydessä tutkittavaan ilmiöön, tuottaa havainnointiin perustavaa aineistoa. Tieteellisenä menetelmänä havainnointi vaatii systemaattisuutta ja arjen dokumentoivaa havainnointia. Havainnoinnin etuina aineistonkeruumenetelmänä ovat sen autenttisuus ja kokonaisvaltaisuus. (Paalumäki & Vähämäki 2020, luku 8.)

Havainnointi on osa muita aineistonkeruumenetelmiä, täydentäen niitä. Havainnointi tapahtuu aina tietyssä ajassa, paikassa ja tilanteessa. Havainnointi voi olla visuaalista, äänellistä tai perustua haju-, maku- ja tuntoaistiin. Havainnointiin käytetty aisti on aina tilanne- ja kulttuuririippuvaista. (Kinnunen & Kallinen 2021.) Havainnointi voidaan jakaa myös eri muotoihin sen perusteella, mikä on tutkijan suhde havainnoinnin kohteeseen. Yksi tapa jakaa muotoja ovat osallinen havainnointi, osallistuva havainnointi ja täysin ulkopuolinen havainnointi. Tutkimuksen aikana tutkija voi käyttää eri muotoja aineiston keräämiseen. Käytetty muoto riippuu tutkijan roolista ja tutkimuksen tavoitteesta. (Paalumäki & Vähämäki 2020, luku 8.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin pääasiassa osallista muotoa, sillä tutkija oli osa organisaatiota. Osallisen havainnoin kohde on tyypillisesti organisaatio, jossa tutkija työskentelee tai on muuten aktiivinen ryhmän toiminnassa tutkimuksen ulkopuolella. Tutkijan roolin lisäksi hänellä on tavallisesti muu pysyvä rooli yhteisössä.

Ulkopuolisessa havainnoinnissa tutkijan tavoitteena on mahdollisemman objektiivisesti seurata tutkittavaa ilmiötä ja vaikuttaa siihen mahdollisimman vähän (Paalumäki & Vähämäki 2020, luku 8). Osallistuvan havainnoinnin ongelma on, ettei tutkija pysty luomaan muistiinpanoja samanaikaisesti. Tällöin

tutkija täydentää esimerkiksi tutkimuspäiväkirjaa jälkikäteen, mikä saattaa vaikuttaa havainnoinnin laatuun ja luotettavuuteen.

Havainnoijalla on aina, huolimatta havainnoinnin muodosta, vaikutus tutkittavaan ilmiöön. (Kinnunen & Kallinen 2021.) Havainnointia suoritettiin osallistumalla tapaamisiin, kokouksiin ja keskustelemalla tutkimukseen osallistuneiden kanssa. Havainnoinnista pidettiin havainnointipäiväkirjaa.

2.3.3 Tutkimuksen luotettavuus ja pätevyys

Kaikissa tutkimuksissa pyritään välttämään virheitä, mutta kuitenkin tulosten luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat. Tämän takia luotettavuutta pyritään arvioimaan jokaisessa tutkimuksessa. Tutkimuksen luotettavuuden arvioimisessa voidaan hyödyntää erilaisia mittaus- ja tutkimustapoja. (Hirsjärvi yms. 2009, 231.)

Tutkimuksen toistettavuus eli reliabelius tarkoittaa sitä, kuinka toistettavia mittaustulokset ovat eli kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Toistettavuus voidaan todentaa monella tavalla. Esimerkiksi, jos useampi arvioija tai sama tutkija päätyvät samanlaiseen tulokseen eri tutkimuskerroilla. Kvantitatiivisille tutkimuksille on myös määritelty erilaisia tilastollisia menettelytapoja arvioimaan mittareiden luotettavuutta. Monilta tieteenaloilta löytyy myös kansainvälisesti kehitettyjä mittareita, joilla pyritään parantamaan mittareiden luotettavuutta sekä päästä luotettavasti vertailemaan eri maissa saatuja tuloksia. (Hirsjärvi yms. 2009, 231.)

Toinen tutkimuksen arvioinnissa käytettävä mittari on sen pätevyys eli validius. Tällä tarkoitetaan, kuinka mittari tai tutkimusmenetelmä pystyy mittaamaan juuri sitä, mitä sillä on tarkoitus mitata. Todellisuudessa mittarit ja menetelmät eivät aina vastaa sitä, mitä tutkija kuvittelee tutkivansa. (Hirsjärvi yms. 2009, 231–232.)

Tietoperusta tälle opinnäytetyölle on rakennettu tuotteiden siirron kehittämisen ja tutkimisen näkökulmasta. Tietoperusta käsittelee viivakoodi- ja viivakoodinlukijoiden perusteita, konenäön määrittelyä ja käyttösovelluksia sekä layoutin

teoriaa ja alustavaa suunnitelmaa. Tietoperustan aineisto on kerätty kirjallisuus- ja internet-lähteistä.

2.4 Työn rakenne

Opinnäytetyö rakentuu johdannon lisäksi viidestä pääluvusta. Toisessa luvussa esitellään kohdeyritys, jossa tutkimus toteutettiin sekä työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja -menetelmät. Kolmannessa luvussa käsitellään työn tietoperusteita kuten viivakoodoja, viivakoodilukijoita, konenäköä, konenäön sovelluksia, tekoälyä sekä layoutin teoriaa ja käytännön sovelluksia. Neljännessä luvussa perehdytään tehtaan tuotannon ja ASO-pakkaamon tuotesiirron nykytilaan, syvennytään kuvaamaan mittausten toteuttaminen vaiheittain ja esitellään alustava layoutsuunnitelma. Viidennessä luvussa esitellään työn tuloksia. Lopuksi kuudennessa luvussa pohditaan saavutettuja tuloksia eri näkökulmista ja huomioidaan myös jatkotutkimusaiheet sekä tutkimuksen luotettavuus ja eettiset näkökulmat.

3 TIETOPERUSTA

3.1 Viivakoodit

Viivakoodit koostuvat sarjoista erilevyisiä pystypalkkeja, jotka edustuvat numeroita, kirjaimia ja muita symboleita. Viivakoodilla pystytään tunnistamaan tuotteita, varastopaikkoja, pakkauksia sekä sarja- ja eränumeroita. Viivakoodista löytyy standardeja, joista yleisimmässä käytössä ovat EAN-8-, EAN-13- ja code-128-viivakoodit. Nämä kolme viivakoodistandardia ovat GS1:n hallinnoimia. EAN-8- ja EAN-13-viivakoodit ovat suunnattuja tuotteille sekä palveluille. Tämä varmistaa, että näillä on käytössä ainutlaatuinen viivakoodi maailmanlaajuisesti. Näistä EAN-13-viivakoodi on yleisin ja se on 13 merkkiä pitkä. EAN-8-viivakoodit ovat kahdeksan merkkiä pitkiä, ja niitä myönnetään tuotteille, jotka ovat liian pieniä EAN-13-viivakoodille.

Lisäksi Code-128-viivakoodit ovat aakkosnumeerisia viivakoodoja. Code-128-viivakoodoja käytetään usein tukkupakkauksissa ja logistiikkayksiköissä. (GS1-128-viivakoodi, n.d.) Viivakoodille ei kuitenkaan ole standardivaatimuksia, mikä vaikeuttaa tuotteiden siirtämistä eri maiden ja yritysten välillä

(Richards 2022, 160). Viivakoodeista on olemassa myös yksiulotteisia ja kaksiulotteisia viivakoodeja, joita kutsutaan QR-koodeiksi. Ne mahdollistavat suuremman tietomäärän tallentamisen paljon pienempään tilaan verrattuna yksiulotteisiin viivakodeihin. (Richards 2022, 160–161.)



Kuva 2. Esimerkki EAN-13-viivakoodista (EAN-viivakoodit n.d)



Kuva 3. Esimerkki code-128-viivakoodista (GS1-128-viivakoodi n.d)

3.2 Viivakoodilukijat

Viivakoodeja on luettu pääasiassa laserskannereilla. Näissä skanneri suuntaa ja heijastaa lasersädettä viivakoodiin, josta se heijastuu takaisin skanneriin. Tämä heijastunut valo muunnetaan sähköiseksi signaaliksi ja se dekodataan. NykYTEknikka mahdollistaa myös kuvapohjaisten koodien lukemisen. Kameralla skannaamisen etuina ovat parempi lukutarkkuus, myös vioittuneiden koodien lukumahdollisuus sekä 2D-koodien, kuten QR-koodien lukemisen mahdollisuus. Kamerapohjainen tunnistus on järkevä ratkaisu silloin, kun pelkän skannauksen lisäksi prosessissa tehdään myös muita kameralla toteutettavia tehtäviä. (Silver 2017.)

Perinteisissä laserskannereissa on erilaisia haittapuolia. Niiden lukutarkkuus heikkenee selvästi, jos olosuhteet poikkeavat standardista. Skanneri ei myöskään kykene lukemaan kasvavissa määrin käytettyjä 2D-koodeja. Skannerit

sisältävät mekaanisia, liikkuvia osia, jotka kuluvat ja rikkoutuvat helposti. Laserskanneri pystyy käsittelemään vain yhden koodin kerrallaan. Näistä syistä kuvapohjainen koodin tunnistus tulee kehittymään ja yleistymään entistä enemmän tulevaisuudessa. (Silver 2017.)

Viivakoodinlukijoista on tarjolla monia erilaisia vaihtoehtoja. Näitä ovat kädessä pidettävät, staattiset, trukkiin liitetyt sekä päälle puettavat viivakoodinlukijat. Viivakoodinlukijat mahdollistavat tiedonsiirron reaaliajassa, mikä tekee tiedon keruusta nopeampaa sekä tarkempaa. Myös keräilijät saavat tiedot suoraan laitteelle, jolloin heidän ei tarvitse palata toimistolle saadakseen ohjeita seuraavasta tehtävästä. (Richards 2022, 161.)

Kädessä pidettävissä lukijoissa on yleensä näyttö ja liipaisin, jolla viivakoodien luku tapahtuu. Kun viivakoodi skannataan lukijalla, lukija tulkitsee sen ja tallentaa sen sisältämän datan joko lukijaan tai jakaa sen tietokoneelle. Monet kädessä pidettävistä malleista mahdollistavat monenlaisten viivakoodien lukemisen, mutta tämä on aina mallikohtaista. (Richards 2022, 161.)

Myös monet puhelimet ja kämmentietokoneet (PDA) pystyvät skannaamaan tai lukemaan kameran avulla yksi- ja kaksiulotteisia viivakoodeja. Ongelma näissä laitteissa teollisiin viivakoodinlukijoihin verrattuna on niiden kestävyys. (Richards 2022, 161.) Tässä työssä käytettiin Datalogicin Gryphon-mallin viivakoodinlukijatyyppeä GM4100-BK-433Mhz (Kuva 4).



Kuva 4. Datalogicin Gryphon GM4100-BK-433Mhz -viivakoodilukija

3.3 Konenäkö

Konenäkö on teknologiaa, joka käsittelee tietokoneiden kykyä nähdä ja ymmärtää fyysisen maailman kohteita. Tämä kyky muodostuu kuvaamalla kohdetta kameran avulla sekä prosessoimalla ja analysoimalla otettua kuvaa niin, että sen pohjalta voidaan tehdä sopivia päätöksiä. Koneäly on keskeisessä roolissa eri aloilla, kuten robotiikassa, automaatiassa ja laadunvalvonnassa.

Konenäköjärjestelmän toteuttaminen käytännössä edellyttää eri tekniikan alojen ja komponenttien järjestelmällistä yhteistyötoimintaa. Yksinkertaisen konenäköjärjestelmän rakenne koostuu useista keskeisistä komponenteista eri vaiheissa. Näihin komponentteihin kuuluvat:

1. Valaistus: Oikea valaistus parantaa havaittavan kohteen näkyvyyttä ja kontrastia varmistaen, että järjestelmä havaitsee kaikki tarvittavat yksityiskohdat.
2. Optiikka: Suuntaa ja tarkentaa valon kameran sensorille vaikuttaen kuvan tarkkuuteen ja terävyyteen.
3. Kamera ja sensorit: Havaitsevat optisen ja muuttavat sen digitaaliseksi dataksi, joka lähetetään laskenta-alustalle käsiteltäväksi.
4. Laskenta-alusta: Suorittaa ohjelmiston avulla kuvankäsittelyn, analyysin ja päätöksen teon.
5. Ohjelmisto: Sisältää algoritmit kuvan esikäsittelyyn, segmentointiin, piirteiden tunnistukseen ja päätöksen tekoon, mikä mahdollistaa järjestelmän automaattisen toiminnan. (Golnabi, 2007.)

Valaistus on ratkaisevassa roolissa konenäköjärjestelmän toimivuuden kannalta. Sen tehtävänä on korostaa haluttuja piirteitä kuvissa ja varmistaa, että kuvaolosuhteet säilyvät mahdollisimman tasaisina. Useimmat konenäkösovellukset ovat herkkiä valaistuksen vaihteluille, joten kohde on syytä suojata muilta valonlähteiltä mukaan lukien auringonvalo. Kamerate eivät ole yhtä sopeutumiskykyisiä kuin ihmisen silmät, joten valaistus on optimoitava siten, että kamera pystyy havaitsemaan yksityiskohtia, joita ihmisen silmä näkisi jopa heikommassa olosuhteissa. (Favorskaya & Jain 2015.)

Kamerat eivät näe esineitä, vaan niistä heijastuvan valon. Valaistuksen säätäminen vaikuttaa siihen, miltä esineet näyttävät kameralle. Ylhäältä tuleva valaistus on yksinkertaisin tapa valaista kuvauskohde, mutta se soveltuu pääosin mattapintaisten tai vähän heijastavien materiaalien kuvaamiseen. Kiiltävillä esineillä suora valaistus aiheuttaa voimakkaita heijastuksia ja alueita, joissa valon intensiteetti on korkea. (Favorskaya & Jain 2015.)

Teollisuuden näkökulmasta konenäkö vapauttaa ihmisen visuaalisista laadunvalvontatehtävistä ja korvaa monia perinteisiä anturitekologioita. Tämä mahdollistaa useamman eri ulottuvuuden mittauksen ja päätöksenteon yksittäistä kuvaa analysoimalla. Konenäkö toimii myös mahdollistavana teknologiana esimerkiksi poimi ja sijoita –järjestelmille, sekä itseohjautuville ja autonomisille roboteille. (Hornberg 2017,700). Konenäköä hyödynnetään teollisuudessa tuotteiden, kuten autojen, prosessoreiden, ruuan ja lääkkeiden tarkastamiseen. Konenäön kehittyminen mahdollistaa tarkastusprosessien täydellisen automatisoinnin, jonka takia tehokkuus ja tarkkuus ovat nousseet. (Labudzki ym. 2014.)

3.4 Konenäön käyttösovelluksia

Konenäön hyödyntäminen on keskeisessä roolissa monilla teollisuuden aloilla. Erityisesti teollisessa automaatiassa se mahdollistaa laadunvalvonnan ja tuotannon seurannan tehokkuuden parantamisen, sillä konenäköjärjestelmät voivat tarkasti ja tehokkaasti tunnistaa tuotteissa esiintyviä virheitä ja poikkeamia tuotantoprosessissa estäen viallisten tuotteiden pääsyn markkinoille ja vähentäen hukkaa. Konenäköjärjestelmien avulla tuotteen tarkastusprosessi nopeutuu, tuotteen laatu paranee ja virheiden riski pienenee. (Chin ym. 1982.)

Yksi suurimmista konenäön ja tekstitunnistuksen käyttäjiä on Amazon, joka on hyödyntänyt tekoälyä logistiikassaan erittäin tehokkaasti. Amazon on ottanut käyttöön Sequoia-nimisen robottijärjestelmän, joka nopeuttaa varastonhallintaa 75 %. Tämä on johtanut työntekijöiden rasituksen vähenemiseen 15 %:lla ja käsittelyajan lyhenemiseen 25 %:lla. Vuonna 2020 Amazon säästi tekoälyn avulla 1,6 miljardia dollaria logistiikkakustannuksissa ja vähensi hiilidioksidipäästöjään miljoonalla tonnilla. (Shifted s.a.)

Desain ja Singhin (2023) mukaan teollisuuden aloilla laadunvalvonta ja -seuranta kattavat tyypillisesti 15–20 % valmistuksen kustannuksista – pienillä yrityksillä jopa 40 %. Lisääntyneen kustannustehokkuuden lisäksi konenäöllä saadaan myös maksimoitua automatisoitujen tuotantolinjojen tuottavuutta poistamalla manuaalisten työvaiheiden luomia pullonkauloja (Desai & Singh 2023.)

3.5 Layoutsuunnittelu ja sen tavoitteet

Yksi layoutsuunnittelun tärkeimmistä tehtävistä on parantaa tilan käyttöä ja vähentää yrityksen sidottua pääomaa ja tiloista johtuvaa kustannusten määrää. Hyvin suunniteltu layout voi vähentää jopa 50 % tehtaan käyttökustannuksia. Nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä layoutmuutoksia joudutaan tekemään usein. Yleensä layoutmuutoksia tehdään, koska nykyinen tila asettaa rajoituksia. Tuotannon kasvavasta tilasta tulee liian pieni tai tilan käyttötarkoitus muuttuu. (Harmon & Peterson 1989,7.)

Layoutsuunnittelussa tulisi lähtökohtana pitää yhtä sääntöä: mitä vähemmän tuotannossa on rajapintoja sekä liittymiä, sen paremmat ovat sekä tuottavuus että ohjattavuus. Rajapintoja muodostuu, kun työt keskeytyvät esimerkiksi siirtäessä työvaiheelta toiselle. Rajapintoja syntyy mahdollisimman vähän, kun kappale pyritään valmistamaan kerralla alusta loppuun. Rajapintoja ei kuitenkaan pidä ryhtyä poistamaan menetelmien kustannuksella. (Lapinleimu ym. 1997, 311.)

Layoutsuunnittelussa on otettava huomioon seuraavat asiat (Haverila ym. 2005, 481):

- Työnvaiheistus
- Tuotantokoneiston suuruus
- Tuotannon aikajänne
- Valmistusta tukevat toiminnot

Layoutsuunnittelulla on pyrittävä mahdollisimman lyhyisiin sekä johdonmukaisiin materiaalivirtoihin ja kuljetusmatkoihin. Työpisteiden sijoittelulla pyritään saamaan aikaan lyhyet ja yhdensuuntaiset materiaalivirrat, jotta tuotanto olisi

jatkuvaa ja saumatonta. Suunnittelussa on otettava huomioon myös mahdolliset muutokset, joita tuotantoon saattaa tulevaisuudessa tulla. Erityisesti suuret ja raskaat koneet ja laitteet, joiden siirtely on vaikeaa ja vaatii erityisjärjestelyjä, kannattaa sijoittaa niin, että niiden sijainti ei estä myöhempiä muutostarpeita. (Haverila ym. 2005, 482.)

Hyvän layoutin ominaisuuksia ovat (Haverila ym. 2005, 482):

- Selkeät materiaalivirrat
- Joustava ja muunneltava layout
- Pieni materiaalien siirtotarve
- Lyhyet kuljetusmatkat
- Tehtaan sisäiset palvelut on sijoitettu käyttöpaikan lähelle
- Materiaalin vastaanotto ja lähetys on tehokasta
- Käytettävissä oleva tila on tehokkaasti käytetty
- Turvallisuus ja työntekijöiden tyytyväisyys on otettu huomioon

Layouteja suunniteltaessa on otettava huomioon käytössä olevan tuotantotilan fyysiset mitat. Suunnittelu olemassa olevaan rakennukseen aiheuttaa enemmän rajoituksia kuin rakennuksen rakentaminen tehtyä suunnitelmaa vastaten. Täysin optimaalista layoutia rajoittavia tekijöitä on paljon, kuten

- kantavat rakenteet
- tuotantotilan kattokorkeus
- suuret koneet ja laitteet
- ovien ja lastauspaikkojen koko sekä paikka
- kiinteiden laitteiden sijainti
- lattian kantokyky
- sähkö- ja LVI-järjestelmien sijainti.

Layoutsuunnitteluun vaikuttavat käytännön tasolla monet asiat, jotka saattavat rajoittaa tai aiheuttaa muutoksia suunnitelmaan. Myöskään kaikkia teoreettisia näkökulmia ei voida käytännössä huomioida suunniteltaessa toimivaa ja kustannustehokasta tuotantotilaa. Näiden välillä on pyrittävä mahdollisimman toimivaan yhdistelmään.

3.6 Tekoäly

Tekoäly on osa-alueena todella laaja, joten tässä työssä käsitellään sitä hyvin pintapuoleisesti. Yksi tekoälyn malleista on LLM eli suomeksi ”suuri kielimalli”. Tekstipohjaisena tämä malli toimii pelkistetysti siten, että tekoälylle syötetään valtava määrä tekstiä, kirjoja tai artikkeleita. Tekoäly oppii tunnistamaan kaavoja ja eri sanojen välisiä suhteita, joiden pohjalta se luo ihmismäistä tekstiä. (Monahan, 2023).

Tekoälyn tekniikka sisältää ohjelmointia, tilastotiedettä ja matematiikkaa. Se rakentuu matriisien, vektorien, derivointien ja tilastollisten todennäköisyyksien ympärille. Tekoälyn ohjelmointiin käytetään dataa ja erilaisia algoritmeja. Kun koodi on ensin luotu, saadaan tuloksena käyttöön neuroverkkoja. (Kananen ym. 2019, 27–28).

Tekoälyn osa-alueet voidaan jakaa kolmeen eri näkökulmaan, joita ovat ohjattu oppiminen, ohjaamaton oppiminen ja vahvistusoppiminen. Ohjattu oppiminen muodostaa yleensä syväoppimisen kokonaisuuden ja se sisältää ennustamista, luokittelua, tunnistamista ja valvontaa. Ohjaamaton oppiminen on kohdennetumpaa ja pyrkii löytämään ratkaisuja tai poikkeavaisuuksia. Vahvistusoppiminen toimii itseohjautuvasti, ja se oppii yleensä aina rutiinien ja virheiden kautta. (Kananen ym.2019, 43–44)

Tässä työssä tekoälyä on käytetty vain konenäkölaitteen visuaalisessa mallintamisessa. Kyseessä oleva tekoäly on ChatGPT-4 ja se on tekoälytyyppinä suuri kielimalli.

4 VENTTIILITEHTAAN TUOTANNON JA PAKKAAMON VÄLINEN TUOTESIIRTOPROSESSI

4.3.2 Konenäköjärjestelmien vertailu ja laitteen suunnittelu ASO-pakkaamoon

Vaihtoehto 1. SICK Lector-sarja

Yksi vaihtoehto lukuisista eri konenäkölaitteita tarjoavista yrityksistä voisi olla SICK AG ja tämän yrityksen tarjoamat laitteistot ja kokonaisuudet. SICK -laitteiston hankinta ja toteutus riippuu yrityksen tarpeista ja tuotantomääristä. Pienelle yritykselle, jolla on hyvin pienet tuotantomäärät, hankinta tuskin olisi realistinen ja toteutettavissa. Suuremmalle yritykselle, kuten Valmetille, hankinta voisi olla hyödyllinen. SICK AG:n edustajien kanssa käytiin aihepiiriin liittyviä keskusteluja Logistiikkamessuilla vuosina 2022 ja 2024, sekä Teknologiamessuilla 2025.

SICK AG on saksalainen yritys, joka keskittyy teollisuuden anturiratkaisuihin. Yritys toimii maailmanlaajuisesti, ja se tarjoaa antureita sekä ratkaisuja muun muassa tehdas-, logistiikka- ja prosessiautomaatioon. Yritys panostaa voimakkaasti tuotekehitykseen, investoiden merkittävän osan liikevaihdostaan innovaatioihin. SICK AG:n ratkaisut ovat keskeisiä monilla teollisuudenaloilla, kuten terästeollisuudessa, jossa niiden teknologia parantaa sekä tehokkuutta että turvallisuutta. Yrityksen panostus tekoälyyn ja anturitekniikkaan mahdollistaa entistä älykkäämmät ja tehokkaammat prosessit. SICK AG:n tuotevalikoimaan kuuluu erilaisia antureita, kuten valosähköisiä antureita, valoverhoja, sekä induktiivisia ja kapasitiivisia tunnistuslaitteita. (SICK AG s.a.)

SICKin edustajat suosittelivat konenäkölaitteita joiden hinta-arviot ovat seuraavat: SICK Lector 63x konenäkölaite maksaisi n. 6000 euroa kappaleelta. Tarve näille SICK Lector 63x kameroille olisi kaksi tai kolme kappaletta, jotta onnistutaan tuottamaan tarpeeksi tarkka laajakuvakulma viivakoodin luennan suorittamiseksi. Tällöin kustannukset lähtisivät n. 18 000 - 20 000 eurosta. Todennäköistä on, että kustannukset nousisivat vielä tästäkin, sillä summassa on huomioitu vain kolmen SICK Lector 63x konenäkölaitteen hinta. SICKin edustajat arvioivat Logistiikkamessuilla vuonna 2022 järjestelmän kokonaisehinnaksi n. 28 000–34 000 euroa.

Teknologiamessuilla vuonna 2025 SICKin edustaja suositteli SICK Lector 83x -mallia, sillä kyseisessä mallissa on parempaa optiikkaa ja paremmat sensorit. Tätä mallia ei ollut vielä markkinoilla vuonna 2022. Edustajan mukaan ASO-pakkaamon tilaan suunniteltava laite voisi tarvita vain yhden Lector 83x -lait-

teen kattaakseen kuvaamiselle tarvittavan pinta-alan, mutta tämä vaatisi jatko-selvityksen ja tuotetestauksen. Yhden Lector 83x -laitteen hinta on n. 16 000 euroa.

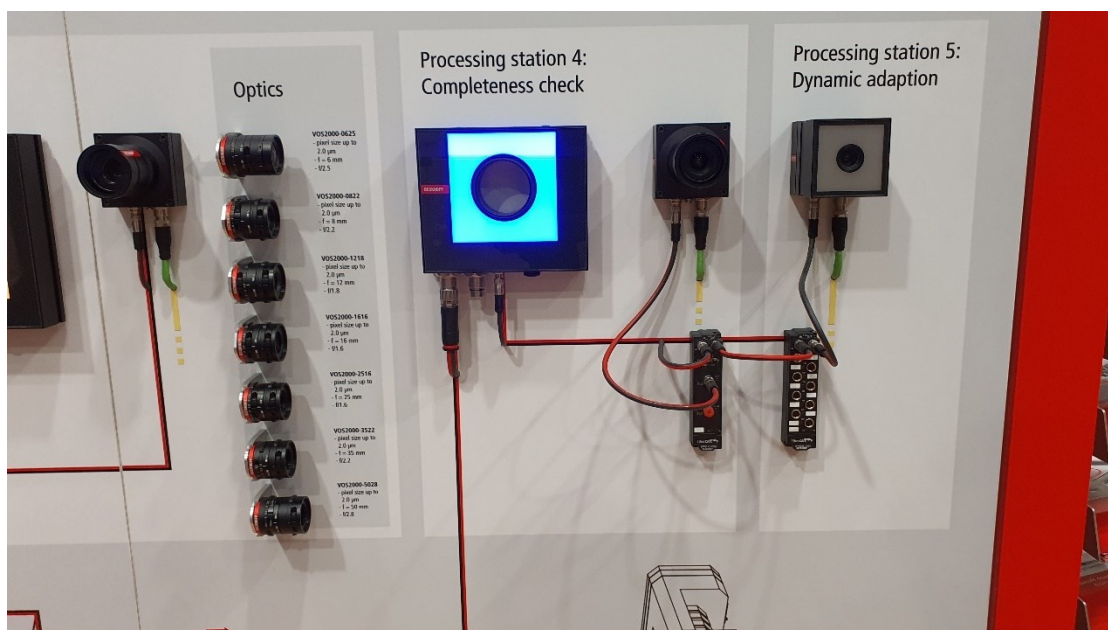
Nämä hinnat ovat suuntaa antavia. Tarkempia tuotteen hintoja ei ole saatavilla. Hinnat pitäisi siis erikseen selvittää tarkemmissa yksityiskohtaisemmissa hankintaneuvotteluissa SICKin ja Valmet FC:n välillä.

Kuvassa 15 esitellään järjestelmäkokonaisuus, jossa käytetään Sick Lector 63x optiikkaa. Se on helposti integroitavissa lukemaan useita viivakoodeja samanaikaisesti. Sick Lector 63x on suunniteltu erityisesti automaattiseen tunnistukseen ja laadunvarmistukseen tuotantolinjoilla ja logistiikassa.

Vaihtoehto 2. Beckhoff

Vuonna 1980 perustettu Beckhoff valmistaa automaatiojärjestelmiä, jotka perustuvat PC-pohjaiseen ohjausteknologiaan. Tuotevalikoima kattaa monia eri teknologia-aloja, joista tähän työhön soveltuu konenäkölaitteistot. Kaikilla tuotealueilla on saatavilla laaja valikoima komponentteja, joita voi käyttää yksittäin tai niiden avulla voi rakentaa myös täydellisen ohjausjärjestelmän. (Beckhoff s.a.)

Beckhoff valmistaa omat optiikat ja valaisujärjestelmät, mutta on ulkoistanut kamerasensorien valmistuksen Sonylle. Beckhoffin tarjoamat konenäköjärjestelmän laitteet sisältävät kamerasensoreita, optiikkaa ja valaisujärjestelmiä, sekä sähköiset järjestelmät. Kuvassa 15 on havainnollistettu millaisista komponenteista Beckhoffin konenäköjärjestelmä koostuisi.



Kuva 15. Havainnekuva Beckhoffin konenäköjärjestelmän komponenteista

Teknologiamessuilla vuonna 2025 Beckhoffin edustajat eivät voineet nimetä yksittäisiä konenäköjärjestelmän osia, joita voitaisiin käyttää osana ASO-pakkaamon layout suunnitelmaa. Oikean optiikan, kamerasensorimallin ja kameroiden määrän valinta täytyisi selvittää ja arvioida erikseen. Edustajat kuitenkin arvioivat ja suosittelivat kolmen kamerasensorin riittävän kattamaan tarvittavan kuvapinta-alan ASO-pakkaamon tiloissa.

Beckhoffin valmistama optiikka maksaa 400 euroa ja kamera 700 euroa. Kokonaiskustannukset sisältäisivät konenäköjärjestelmän sovelluksen elinikäisen lisenssin, kolme kamerasensoria ja kolme linssiä. Tämä kokonaisuus edustajien arvioiden mukaan maksaisi 3000–5000 euroa.

Konenäköjärjestelmän sovellus ladattaisiin jo käytössä olevan ASO-pakkaamon tietokoneeseen. Sensorit yhdistettäisiin yhdellä datakaapelilla tietokoneeseen, jossa kyseinen sovellus olisi. Tässä ei ole huomioitu itse suunnittelemani kuvassa 20. näkyvää kehikkoa.

Beckhoffin edustajien antamat hinnat ovat suuntaa antavia. Kokonaisen valmiin konenäköjärjestelmän hinnat tulisi laskea erikseen ja selvittää tarkemmissa yksityiskohtaisissa hankintaneuvotteluissa Beckhoffin ja Valmet FC:n välillä.

Ideointi ja konenäköjärjestelmän mallinnus

Piirsin alustavan hahmotelman konenäköjärjestelmän kokonaisuudesta. Hahmotelman mallina toimii SICK konenäköjärjestelmän demo-laite, jota SICK esitteli vuoden 2022 Logistiikkamessuilla. Demolaite on nähtävillä kuvissa 16 ja 17.



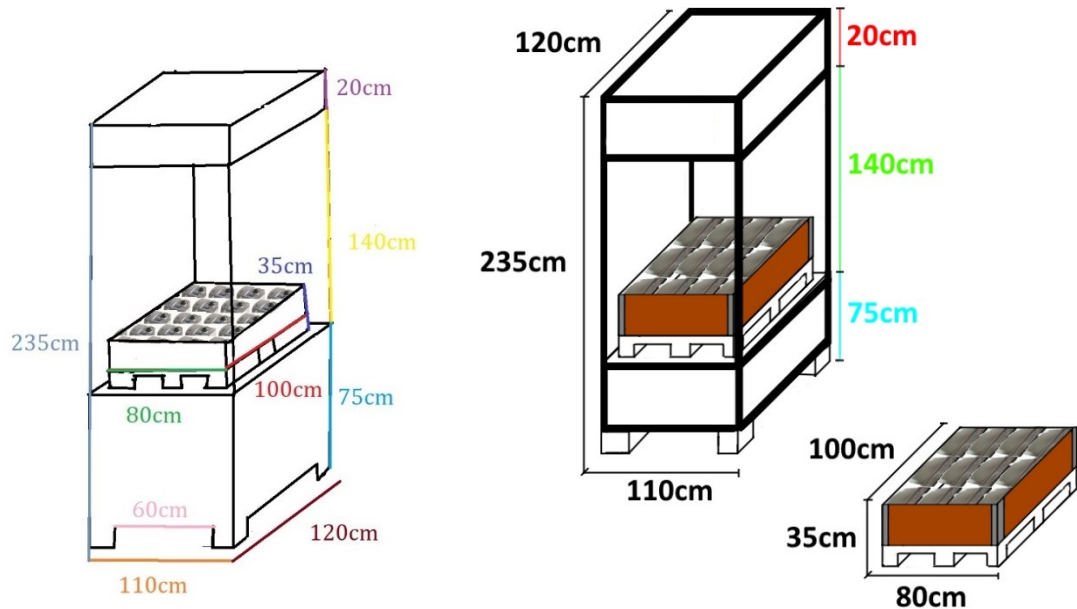
Kuva 16. Vasemmalla SICK konenäön demolaite

Kuva 17. Oikealla SICK demolaitteen käyttöliittymän näkymä

Omassa hahmotelmassani huomioin mittasuhteet siten, että siihen sopisi Metso-lava päälle trukilla nostettaessa. Huomioin vielä sen, että yläelementin tukipalkkien välissä on tarpeeksi tilaa työntekijän turvallisiin lavannostoihin trukilla.

Järjestelmäkokonaisuuden korkeudessa varmistin, että pidempikin työntekijä kykenee työskentelemään selkä suorana, turvallisesti ja ergonomisesti yläelementin alapuolella. Järjestelmäkokonaisuuden alapuolella on jokaisessa kulmassa jalkapala. Näiden jalkapalojen väliin jäävään tilaan mahtuu trukin piikit. Tämä tekee laitteen siirtämisestä helppoa. Laitteen kantokapasiteetin täytyy kattaa 30 kappaletta venttiiliasennoittimia, asennoittimien pohjapehmusteen, Metso-lavan ja lavakauluksen yhtenäispainon. Tämä kokonaiskantokapasiteetti tulee olla vähintään noin 120-150 kg.

Seuraavassa vaiheessa siistin aiemmin piirretyn raakavedoksen lisäämällä yksityiskohtia ja parantamalla piirroksen laatua (kuva 19). Tämän prosessin suoritin sitä varten, että ChatGPT 4 -tekoälyjärjestelmälle voitiin antaa mahdollisimman laadukas referenssikuva.



Kuva 18. Vasemmalla ensimmäinen hahmotelma konenäkölaitteen ulkonäöstä ja mittasuhteista

Kuva 19. Oikealla lopullinen hahmotelma konenäkölaitteen ulkonäöstä ja mittasuhteista.

Kuvissa 18 ja 19 olevien hahmotelmien pohjalta syntyi suunnitelma konenäköjärjestelmän kokonaisuudesta, joka mittasuhteiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan soveltuisi ASO-pakkaamon käyttötarkoituksiin. Kuvassa 20 on ChatGPT-4-tekoälyjärjestelmän 3D-mallintama havainnekuva laitteesta, jonka voisi sijoittaa osaksi ASO-pakkaamaa. Tekoäly loi kuvan käyttäen tietopohjaan syötettyjä tietoja. Tietopohja koostui valokuvista 16, 18 ja 19. Lisäksi ohjeistin tekoälyä myös sanallisesti.



Kuva 20. ChatGPT-4:n 3D-mallintama versio aikaisempien hahmotelmien pohjalta.

Konenäköjärjestelmän sijoittaminen ASO-pakkaamon layoutiin

Konenäköjärjestelmä kannattaa sijoittaa vasemmalla puolella olevalle punaisella rajauksella merkitylle pakkauspiisteelle (kuva 21). Vasemmalla puolella olevalla pakkauspiisteellä pakataan suuria tilauksia, joissa on mittavat venttiiliassennoittimien kappalemäärät. Samalla lavalla on vain samaa mallia ja samaan tilaukseen kuuluvia venttiiliassennoittimia. Edellisen perusteella tämän työpisteen automatisointi on helpommin toteutettavissa kuin seuraavassa kappaleessa käsiteltävässä työpisteessä.

Oikealla puolella olevalla pakkauspiisteellä suoritetaan pienten tilausten pakkaaminen. Tuotannosta tulevalle lavalle on eri tilauksiin lähteviä venttiiliassennoittimia ja tämän lisäksi niiden mallit vaihtelevat. Pakkaaminen on hitaampaa ja tuotantomäärät pienempiä. Näiden työvaiheiden automatisointi on haastavaa, jonka takia tälle työpisteelle ei ole kannattavaa suunnitella konenäköjärjestelmää.

4.3.3 Konenäköjärjestelmätarjoajan valinta

Lopullisia konenäköjärjestelmän tarjoajia ASO-pakkaamon layoutiin oli kaksi. Mahdollisia muita laitetarjoajia ei voitu rajoittavien tekijöiden, kuten aikataulun vuoksi ottaa enempää tähän työhön. Tässä layout suunnittelussa on keskitytty optimoimaan tilankäyttö ja mahdollistamaan työntekijän mahdollisimman tehokkaisiin tuotesirtoihin.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa käsiteltiin SICKin tarjoamia Lector -järjestelmiä. Näiden konelukujärjestelmien etuna oli, että komponentit olivat yhdistetty yhdeksi tiiviiksi mittasuhteiltaan sopivaksi kokonaisuudeksi ASO-pakkaamo silmillä pitäen. SICKin konenäköjärjestelmän voisi myös liittää osaksi tässä työssä hahmotelmaani kehikkoa (Kuva 20). Tämä käytännössä tarkoittaisi sitä, että SICKin ratkaisuja käyttäessä ei tarvittaisi erillistä tietokonetta.

SICKiltä tilattaessa konenäköjärjestelmä olisi täysin valmis kokonaisuus. Tämän lisäksi SICKin konelukujärjestelmän sähköiset sovellukset ja ratkaisut vastaisivat erittäin hyvin ASO-pakkaamon tarpeita.

Ainoat heikkoudet SICKin konenäköjärjestelmissä ovat niiden korkeat hankintahinnat.

Toisessa vaihtoehdossa perehdyttiin Beckhoffin tarjoamiin konenäköjärjestelmiin. Vuoden 2025 teknologiamessujen edustajien mukaan Beckhoffin sähköiset- ja konenäköjärjestelmät ovat laadultaan ja toiminnoiltaan samankaltaisia, kuin SICKillä. Suurin merkittävin etu Beckhoffilla verrattuna SICKiin ovat huomattavasti matalammat hankintakustannukset.

Beckhoffin konenäköjärjestelmän heikkoudeksi voi arvioida sen tarjoamien komponenttien modulaarisuuden. Siinä missä SICK myy valmiita kokonaisuuksia, niin Beckhoffilta täytyy valita jokainen komponentti erikseen. On kuitenkin hyvä huomoida, että komponenttien modulaarisuus saattaa toimia myös vahvuutena verrattaessa SICKin tarjoamiin kokonaisvaihtoehtoihin. Modulaarisuus mahdollistaa sen, että asiakas kykenee halutessaan räätälöimään tarpeitansa tukevan konenäköjärjestelmän.

5 TULOKSET

Tutkimuskysymyksiin saatiin seuraavia vastauksia:

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen vastauksissa selvisi, että viivakoodien lukemisissa tapahtui virheitä. Osa virheistä näytti tulevan tuotannon puolelta ja osa virheistä syntyi viivakoodin luennan yhteydessä. Lisäksi oli havaittavissa, että tapahtui myös inhimillisiä mittaajakohtaisia venttiiliasennoittimien kuittausvirheitä.

Toisen tutkimuskysymyksen kohdalla selvisi, että vertailtaessa kahta eri konenäköjärjestelmän laitteistoa, niistä löytyi parempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto ASO-pakkaamon tuotesiirron tehostamiseksi.

Kolmannen tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi valittiin vertailusta parempi ja kustannustehokkaampi konenäköjärjestelmälaite osaksi laadittua layout-suunnitelmaa.

Alaluvussa 5.1 esitellään ASO-pakkaamon venttiiliasennoittimien tuotesiirtojen yksityiskohtaiset mittaustulokset ja alaluvussa 5.2 esitellään ehdotus konenäköjärjestelmän liittämisestä ASO-pakkaamon layoutsuunnitelmaan.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tärkeää tietoa yritykselle venttiiliasennoittimien tuotesiirroista ja niistä hyödyistä, jotka mahdollistaisivat ehdotuksen konenäön käyttöönotosta Vantaan Hakkilan venttiilitehtaan ASO-pakkaamossa.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen yhteydessä kartoitettiin tuotannon nykytila tutustumalla venttiiliasennoittimien tuotantoon ja siihen liittyvään tuotesiirtoprosessiin. Nykytilan ja prosessien heikkoudet arvioitiin ja niiden perusteella etsittiin menetelmiä, joilla tilannetta voitaisiin parantaa ja virheitä vähentää. Menetelmäksi valikoitui konenäköjärjestelmä ja sitä tukeva layoutsuunnitelma ASO-pakkaamoon.

Toisen ja kolmannen tutkimusongelman ratkaisemiseksi vertailtiin ensin kahta eri konenäköjärjestelmälaitteistoa. Niistä valittiin Hakkilan tehtaan ASO-pakkaamon tuotesiirtoprosessiin laitteisto, jonka arvioitiin tuovan enemmän hyötyä ja joka oli myös kustannustehokkaampi. Laittevalinnan jälkeen voitiin suunnitella nykyiseen ASO-pakkaamoon layoutsuunnitelma. Mahdollisen layoutmallin käyttöönotto sekä jatkotoimenpiteet jäivät yrityksen päätettäväksi.

Vaikka tutkimuksen tuloksena saatiin arvokasta ja käytännönläheistä tietoa, mitattava aineisto ei ollut kovin laaja, mutta havainnoinnin, konenäköjärjestelmälaitteistojen vertailun ja layoutsuunnitelman avulla saatiin kuitenkin riittävät ja suuntaa-antavat päätelmät mahdollisille jatkotoimenpiteille.

Tutkimusasetelman hahmottamista vaikeutti samankaltaisten aiheeseen liittyvien tutkimusten vähäinen määrä ja pieni viive aineiston keruun ja analysoinnin välillä. Toisaalta konenäköjärjestelmien laitteiden vertailu ja layoutsuunnitelman laatiminen tapahtuivat aikataulullisesti sopivana jatkumona.

Työn rajauksen merkitys ymmärrettiin, ja sillä onnistuttiin tukemaan tutkimuksen viitekehystä, teoreettista pohjaa, aihepiiriä ja käytännön toteutusta. Tutkimus tuotti hyödyllistä perustietoa, jota voidaan hyödyntää vastaavissa kehittämistoimenpiteissä.

Työ oli haastava ja aiheutti välillä epävarmuutta omasta osaamisesta, mutta vähitellen työn edetessä se toi myös onnistumisia sekä kehitti taitoja, joita tällaisen opinnäytetyöprosessin läpiviennissä tarvitaan.

6.1 Luotettavuuden ja eettisyyden tarkastelu

Aineistonkeruussa on huomioitu eettiset periaatteet. Ymmärrystä on haettu ja tietoa lisätty keskustelemalla luotettavasti ja lojaalisti tuotantoyksikön tiimin työntekijöiden ja laitetoimittajan kanssa. Tiedonhaussa ja tietoperustan rakentamisessa on käytetty eri lähteitä aiheen ymmärtämiseksi. Lähteitä on arvioitu kriittisesti ja pyritty käyttämään myös alkuperäislähteitä.

Saatujen tulosten luotettavuutta on arvioitu sekä huomioitu sitä, kuinka tiedonkeruu on voinut vaikuttaa aineistoon. Tiedonkeruussa oletettuja virheitä on myös pyritty korjaamaan, jotta analyysi olisi muodostunut luotettavammaksi.

Tutkimuksessa ei ole käytetty tekoälyä tiedon tai vastausten etsimisessä eikä päättelyssä tai vastausten tulkinnessa. Tekoälyä on käytetty hyväksyttävästi vain konenäkölaitteen visuaalisessa mallintamisessa.

Opinnäytetyössä kerätty aineisto, lähdekirjallisuuteen tutustuminen ja varsinainen kirjoitustyö muodostuivat prosessiksi, joka kesti suunniteltua pidempään. Mielestäni aineisto on kuitenkin luotettava, koska Vantaan Hakkilan tehtaan pakkaamossa on käytössä edelleen samat työskentely- ja tuotantoprosessit. Tämän lisäksi samat ulkoiset tekijät vaikuttavat tuotantomääriin. On huomiotava, että tuotantoprosessiin liittyvät saldomäärät, tuotantoajat, kuvat tuotteista ja tuotantoympäristön kuvat ovat salattuja.

6.2 Jatkotutkimusaiheet

Tämän työn yhteydessä olisi ollut mielenkiintoista selvittää myös ASO-pakkaamon tuotesiirtoihin liittyviä työvoimakustannuksia ja niiden perusteella analysoida lisää automatisoivan konenäkölaitteen tuomia hyötyjä. Siihen tarvittavat yksityiskohtaiset tiedot olisivat vaatineet kuitenkin tässä vaiheessa lisää aikaa ja resursseja, joten tämä jääköön tulevaisuuden haasteeksi.

Tulevaisuudessa teknologian kehittyessä olisi hyvä tehdä jatkoselvitystä konenäköjärjestelmien käytöstä ja hyödyistä prosesseissa, joissa asiakkaille tarastetaan tuotteita.

Lisäksi kiinnostavaa olisi selvittää myös sitä, voisiko tämän tutkimuksen manuaalisen vaiheen autoimatisoinnilla olla vaikutusta mahdollisiin käden ja ranteen rasitusvammoihin ja niiden ennaltaehkäisyyn. Tämä vaatisi kuitenkin paionopisteen siirtämistä terveystieteellisen tutkimuksen suuntaan.

LÄHTEET

- Automazione industriale. 2023. Automationtomorrow. WWW-dokumentti. 30.01.2023. Saatavilla: Automazione industriale, storia, definizione - automationtomorrow.com [viitattu: 08.03.2024].
- Barry, B. s.a. Pros and Cons of WMS Bar Code Technology. Blogi F. Curtis Barry & Company. Saatavissa: <https://www.fcbco.com/blog/bid/314725/pros-and-cons-of-bar-code-technology> [viitattu: 08.11.2025].
- Batchelor, B.G. 2012. Machine Vision Handbook. Vol. 2. London: Springer-Verlag.
- Beckhoff, 2025. Beckhoff Automation. Yrityksen kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.beckhoff.com/fi-fi/company/> [viitattu 09.11.2025].
- Chin, R.T & Harlow, C. 1982. Automated Visual Inspection: A Survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. S. 557-573. doi: 10.1109/TPAMI.1982.4767309. [viitattu 13.3.2024].
- Desai, K. & Singh, S. (2023) Automated surface defect detection framework using machine vision and convolutional neural networks. Journal of intelligent manufacturing. Vol. 34 (4), 1995–2011. DOI: 10.1007/s10845-021–01878-w [viitattu 04.01.2025].
- Despeisse, M. Ball, P. Evans, S & Levers, A. 2012. Industrial ecology at factory level e a conceptual model. [online]. Available from: https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/7757/Industrial_Ecology_At_Factory_Level-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 29.08.2024].
- Favorskaya, MN. & Jain, LC. 2015. Computer Vision in Control Systems-2. Cham. Springer [viitattu 14.11.2025].
- Golnabi, H & Asadpour, A. 2007. Design and Application of Industrial Machine Vision Systems. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol 23:6. S. 630-637.
- Harmon, R & Peterson L. 1990. Reinventing the factory: Productivity breakthroughs in manufacturing today. 10. New York: The Free Press [viitattu 12.4.2024].
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri I. & Miettinen A. 2005. Teollisuustalous. Ylöjärvi: Infacs johtamistekniikka.
- Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen Tutkimus. 9. uud. p. Helsinki: Edita. Viitattu 25.10.2025. <https://ja-net.finna.fi/>, Ellibslibrary [viitattu 07.09.2025].
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uud. p. Helsinki: Tammi.

Hornberg, A. 2017. Handbook of machine and computer vision: the guide for developers and users. Second, revised and updated edition. Weinheim, Germany: Wiley-VCH.

Kananen, H. & Puolitaival, H. 2019. Tekoäly – Bisneksen uudet työkalut. Alma Talent Oy. E-kirja. Saatavilla: [https://bisneskirjasto-almatalentfi.ezproxy.hamk.fi/teos/BAXBBOXATCBIED#/kohta:TEKO\(\(c4\)LY\(\(20\)-\(\(20\)Bisneksen\(\(20\)uudet\(\(20\)tyokalut/piste:tU](https://bisneskirjasto-almatalentfi.ezproxy.hamk.fi/teos/BAXBBOXATCBIED#/kohta:TEKO((c4)LY((20)-((20)Bisneksen((20)uudet((20)tyokalut/piste:tU) [viitattu 13.11.2025].

Konwell. Venttiilien asennoittimet. Yrityksen kotisivut. Saatavilla: <https://konwell.fi/tuotteet/venttiilien-asennoittimet/> [viitattu 02.05.2025].

Koskinen, J. 2003. NELES. Nelimarkan oivalluksista maailmanmaineeseen. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Kinnunen, T. & Kallinen, T. 2021. Etnografinen havainnointiaineisto. Teoksessa Vuori, J. (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Verkkojulkaisu. Saatavilla: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/etnografinen-havainnointiaineisto/> [viitattu 10.02.2025].

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Labudzki, R., Legutko, S. and Raos, P., 2014. The essence and applications of machine vision. [online]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/286283684> [viitattu 13.04.2024].

Monahan, J. 2023. Artificial Intelligence, Explained. Heinz College's home pages. [online]. Available from: <https://www.heinz.cmu.edu/media/2023/July/artificial-intelligence-explained> [viitattu 16.11.2025].

Paalumäki, A. & Vähämäki, M. 2020. Havainnointi organisaatiotutkimuksessa. Teoksessa Pusa, A. & Juuti, P. (toim.) Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Helsinki: Gaudeamus, luku 8. E-kirja. Saatavissa: <https://www.elibrary.com/book/9789523456167> [viitattu 15.1.2025].

Richards, G. 2022. Warehouse management : the definitive guide to improving efficiency and mini-mizing costs in the modern warehouse. 4. uud. p. Lontoo: Kogan Page. Available from: <https://janet.finna.fi/>, VLeBooks [viitattu 10.09.2025].

Sick AG, Sick Lector63x. Yrityksen kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.sick.com/nl/en/catalog/products/machine-vision-and-identification/image-based-code-readers/lector63x/c/q326251?tab=overview> [viitattu 14.4.2024].

Sifted Team, 02.07.2024. How Amazon Is Using AI To Become the Fastest Supply Chain in the World. Blog text. Company's homepage. [online]. Available from: <https://sifted.com/resources/how-amazon-is-using-ai-to-become-the-fastest-supply-chain-in-the-world/> [viitattu: 04.01.2025].

Silver, B., 2017. Image-Based Barcode Reading Fulfills its Promise | Features | Vision Spectra [online]. Vision-Spectra.com. Available from: https://www.photonics.com/Articles/ImageBased_Barcode_Reading_Fulfills_its_Promise/a62890 [viitattu 20.08.2025].

Valmet Flow Control, 08.06.2022. Valmet vastaa asiakkaiden muuttuviin tarpeisiin tehostamalla teollisuusventtiilien tuotantoa Vantaalla – uusi vakiotuotetehtas aloitti toimintansa. Yrityksen kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.valmet.com/fi/media/uutiset/muut-uutiset/2022/vastaa-asiakkaiden-muuttuviin-tarpeisiin-tehostamalla-teollisuusventtiilien-tuotantoa-vantaalla/> [viitattu 14.07.2023].

Valmet Flow Control. Controller IMOs. Yrityksen kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.valmet.com/flowcontrol/documents/imo/nelles/#controllers> [viitattu 24.03.2024].

Valmet Flow Control. Flow control Valves, pumps, valve automation and valve services. Yrityksen kotisivut. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.valmet.com/flowcontrol> [viitattu 7.12.2023].

Valmet Flow Control. Valve repairs and maintenance. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.valmet.com/flowcontrol/valves-services/valve-repairs-and-maintenance> [viitattu 07.12.2023]

Ventä, O., Honkatukia, J., Häkkinen, K., Kettunen, O., Niemelä, M., Airaksinen, M. & Vainio, T. 2018. Robotisaation ja automatisaation vaikutukset Suomen kansantalouteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 47/2018. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. PDF-dokumentti. Saatavissa: 47–2018-ROBOFINN_raportti_.pdf [viitattu: 02.12.2024].

KUVALUETTELO

- Kuva 1. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys
- Kuva 2. Esimerkki EAN-13-viivakoodista
- Kuva 3. Esimerkki code -128-viivakoodisto
- Kuva 4. Datalogicin Gryphon GM4100-BK-433Mhz -viivakoodilukija
- Kuva 5. Venttiilyhdistelmä
- Kuva 6. Venttiiliasennoitin-malli ND9106HXT
- Kuva 7. ASO-pakkaamon tuotantoprosessin ja venttiiliasennoittimien läpime-
noajan mittausten vaiheet
- Kuva 8. Metsolava ja mitattavat venttiiliasennoittimet
- Kuva 9. Venttiiliasennoittimien viivakoodien lukeminen
- Kuva 10. Venttiiliasennoitin-malli "ND-iso"
- Kuva 11. Venttiiliasennoitin-malli "ND-pieni"
- Kuva 12. Venttiiliasennoitin-mallien yhdistelmä "NE/NP"
- Kuva 13. "ND-pieni" -pakkauslaatikon tuotetarra
- Kuva 14. Vantaan Hakkilan venttiilitehtaan ASO-pakkaamon layout Vector-
worksilla tehty 3D-mallinnus
- Kuva 15. Havainnekuva Beckhoffin konenäköjärjestelmän komponenteista
- Kuva 16. SICK koneluennan demolaite
- Kuva 17. SICK demolaitteen käyttöliittymän näkymä
- Kuva 18. Ensimmäinen hahmotelma koneluentalaitteen ulkonäöstä ja mitta-
suhteista
- Kuva 19. Lopullinen hahmotelma koneluentalaitteen ulkonäöstä ja mittasuh-
teista
- Kuva 20. GhatGPT-4:n 3D-mallintama versio aikaisempien hahmotelmien
pohjalta
- Kuva 21. Konenäköjärjestelmän sijoittaminen ASO-pakkaamossa
- Kuva 22. Ehdotus koneluentalaitteen sijoituspaikasta layoutissa
- Taulukko 1. Viivakoodilukija Datalogic Gryphon mittausajat eri skannausker-
roilla
- Taulukko 2. Viivakoodilukija Datalogic Gryphonilla suoritettut NE/NP:n mittaus-
ajat eri skannauskerroilla
- Taulukko 3. Venttiiliasennoittimien skannausaika kuukauden otannalla
- Taulukko 4. Yksittäisen tuotteen skannausaika

Liite 1.

ASO-pakkaamon mittaustulokset