

Juho Pitkäkangas

Hirsilinjan paketinpurkajan automatisaatio suunnitelma

Lamellihirren liimauksen syötön automatisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Juho Pitkäkangas

Työn nimi: Hirsilinjan paketinpurkajan automatisaatio suunnitelma

Ohjaaja: Heikki Rajala

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä: 5

Opinnäytetyö on tehty Honkarakenne Oyj:lle. Työn tavoitteena oli tehdä automatisaatio- ja mekaniikkasuunnitelmat hirren liimaukseen liittyvän kokonaisuuden automatisoinniksi.

Työssä tehtiin dokumentaatiota tämänhetkisestä linjastosta ja suunnitelmaa uudesta automatisoidusta linjastosta. Dokumentaation pohjalta mietittiin muutama eri vaihtoehto, kuinka välikappaleita voitaisi syöttää linjastoon. Työssä rakennettiin muutama erilainen layoutkuva ja sen pohjalta tehtiin automatisaatio suunnitelma, jonka pohjalta voitaisi linjaston automatisointi suorittaa. Työssä tehtiin myös turvallisuuskartoitusta linjaston toiminnasta.

Lopputuloksena saatiin neljä eri vaihtoehtoa linjaston automatisoimiseksi, sekä nykyisen linjaston layout ja toimintaselostus. Lisäksi tehtiin turvallisuuskartoitus.

Avainsanat: automatisaatio suunnitelma, robotiikka, mekaniikkasuunnitelma, anturit, turvallisuusstandardit

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Juho Pitkäkangas

Title of thesis: Plan for Automating a Log Line Package Unloader

Supervisor: Heikki Rajala

Year: 2019

Number of pages: 48

Number of appendices: 5

The aim of this thesis was to make automatization plans and a mechanical design for the automation of a log bonding line. The work was commissioned by Honkarakenne Oyj.

Documentation of the current line and a plan for automating the line were also made. Based on the documentation, a few different options were considered, especially how to feed the pieces on the line. Based on the layout pictures, which were drawn, an automatization plan was made to show how to automate the line. Also the security of the line was mapped.

As the result of this thesis, four different choices for the line automatization were presented. For the current line, a layout was drawn and a description of the operations was written.

Keywords: automation plan, robotics, mechanization plan, sensors, safety standards

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rakenne.....	9
1.4 Honkarakenne Oyj.....	10
2 Purkamiseen soveltuvia laitteita.....	11
2.1 Teollisuusrobotit.....	11
2.2 Lineaarirobotti	13
2.3 Joulin	13
3 Autodesk Inventor Professional 2019.....	15
3.1 Ominaisuudet.....	15
3.2 Piirtäminen.....	16
4 Turvallisuus	19
4.1 Riskien kartoitus	19
4.2 Standardit.....	20
4.3 Turvallisuusluokan määrittely	20
4.3.1 ISO EN 13849-1.....	21
4.3.2 DIN EN 62061	22
4.3.3 Luokitusten vertailua.....	25
4.4 Tapaturmien estäminen	25
5 Anturien valinta.....	27
5.1 Induktiivinen anturi.....	27
5.2 Kapasitiivinen anturi	28
5.3 Optinen lähetin-vastaanotin-pari.....	29
5.4 Etäisyysanturi	30

5.5 Konenäkö.....	32
5.6 Anturien vertailua.....	34
6 Automatisaation suunnittelu	36
6.1 Nykyinen linjasto.....	36
6.2 Uusi linjasto.....	37
6.2.1 Teollisuusrobotti.....	37
6.2.2 Lineaarirobotti	38
6.2.3 Alipainetarttuja	38
6.2.4 Vanteen katkaisu	39
7 Työn kulku	40
7.1 Aloitus.....	40
7.2 Suunnittelu.....	40
7.3 Materiaalin tuottaminen.....	41
8 Yhteenveto ja pohdinta	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	48

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Yrityksen logo	10
Kuva 2. 6-akselinen robotti.....	12
Kuva 3. Lineaarirobotti.....	13
Kuva 4. Joulin.....	14
Kuva 5. Autodesk logo.....	15
Kuva 6. Inventor-piirustustila.....	16
Kuva 7. Inventorin 3D-tila	16
Kuva 8. Putkipalkkien määrittely	17
Kuva 9. Putkipalkin määrittely	17
Kuva 10. Putkipalkkien päiden tasaus.....	18
Kuva 11. PLr-riskigraafi	21
Kuva 12. Laitteitten määrittely.....	25
Kuva 13. Induktiivinen anturi	27
Kuva 14. Kapasitiivinen anturi.....	28
Kuva 15. Lähetin-vastaanotin-pari	29
Kuva 16. Kolmioperiaate	30
Kuva 17. Ultraäänianturi.....	31
Kuva 18. Etäisyyttä mittaavia laserantureita	31
Kuva 19. Konenäkökamera	33
Kuva 20. Eri valaistuksia	33

Kuva 21. Konenäkölinssi	34
Kuva 22. Laitteen rungon suunnittelu	41
Taulukko 1. Standardien eroavaisuudet	20
Taulukko 2. Tapaturman vakavuus.....	23
Taulukko 3. Kauanko vaaralle altistutaan.....	23
Taulukko 4. Vaaralle altistumisen todennäköisyys	23
Taulukko 5. Vaaran vältettävyys	24
Taulukko 6. SIL-luokituksen määrittäminen	24
Taulukko 7. PL suoritustaso	25
Taulukko 8. Lähestymiskytkimien vertailua	34
Taulukko 9. Paketin paikoitus	35

Käytetyt termit ja lyhenteet

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
Alipaine	Koneellisesti tuotettu imu
Automatisaatio	Työvaiheiden automatisointi
Automatisointi	Automatisoinnilla tarkoitetaan manuaalisen toiminnon tekemistä automaattiseksi
I/O	Input ja Output. Tulo- ja lähtöliitännät
Layout	Pohjapiirustus
Manipulaattori	Kauko-ohjattu tai yksinkertaisella ohjauksella oleva laite
Ohjelmoitava logiikka	Pieni tietokone, jolla ohjataan automatisoituja laitteita
Oskillaattoripiiri	Sähkön taajuutta ja värähtelyä tunnistava piiri
PL	Performance Level. Suoritustaso
PLr	Performance Level Required. Vaadittu suoritustaso
Pneumatiikka	Voiman välitys kaasun avulla (yleensä paineilma)
Polttoväli	Kuvauksessa käytetty termi, joka määrittää linssin kuvakulman.
Putkipalkki	Vaakatasossa oleva putki
Sidontavanne	Sidontavanne on muovinen lattamainen nauha, jolla pakeetit on sidottu kokoon.
Standardi	Määritelmä kuinka jokin asia pitäisi tehdä
sykli	Työkierto

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn taustana on Karstulassa toimivan hirsitaloja valmistavan Honkarakenne-yrityksen tuotantolinjan osan automatisointi. Tällä hetkellä linjastolla on ihminen tekemässä yksinkertaista napin painamista. Osa linjastoa olisi tarkoitus automatisoida, jotta työntekijä saataisi tärkeämpiin tehtäviin.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tehdä automaatio- ja mekaniikkasuunnitelma, jonka pohjalta voitaisi tehdä linjaston automatisointi. Linjaston tavoitteena on, että se toimisi täysin automaattisesti vain kameravalvonnan alaisena. Työntekijän täytyisi vain käydä poistamassa häiriöt.

1.3 Työn rakenne

Työn alussa käsitellään erilaisia laitteita, joilla paketin purkaminen onnistuisi. Seuraavaksi on esitelty ohjelmat, joita työssä on käytetty materiaalin tuottamiseen. Neljännessä osiossa on käsitelty linjaston turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ja niihin vaikuttamista. Seuraavaksi on käsitelty erilaisten anturien toimintaa ja vertailtu niitä keskenään. Seuraavaksi on esitelty, kuinka suunnittelussa on edetty ja lopuksi on suoritettu pohdintaa, kuinka työ onnistui ja kuinka automatisointi onnistuisi.

Työ on osittain salainen, mikä vaikuttaa opinnäytetyön julkiseen osuuteen. Työssä ei voida esittää mitään, mikä viittaisi linjastoon tai sen automatisaatioon. Kaikki linjastoon ja automatisaatioon liittyvät asian on esitetty erillisissä liitteissä.

1.4 Honkarakenne Oyj

Honkarakenne on hirsitaloja valmistava yritys, jonka tehdas ja pääkonttori sijaitsevat Karstulassa. Yrityksellä on myyntipisteitä ympäri Suomea kolmellakymmenellä eri paikkakunnalla. (Honkarakenne [Viitattu 23.1.2019].)



Kuva 1. Yrityksen logo (Honkarakenne [Viitattu 23.1.2019])

Yrityksen perustivat viisi Saarelaisen veljestä vuonna 1958. Perittyään isältään sahan he halusivat ruveta tekemään hirsitaloja, joten he ostivat siihen rinnalle höylän. Honkarakenne on maailmassa ensimmäinen yritys, joka on aloittanut hirsitalojen teollisen tuotannon. (Honkarakenne [Viitattu 23.1.2019].)

Honkarakenteen hirsistä valmistetaan muun muassa huviloita, mökkejä, kouluja, sairaaloita sekä hotelleja. Honkarakenteen valmistamille taloille myönnettiin ensimmäisenä toimialallaan vuonna 2004 CE-merkintä. Rakennukset valmistetaan laadukkaasta suomalaisesta männystä. (Honkarakenne [Viitattu 23.1.2019].)

2 Purkamiseen soveltuvia laitteita

Työssä on keskitytty, kuinka paketti voitaisi purkaa teollisuusrobotilla, lineaarirobotilla, nykyisellä linjastolla ja itserakennetulla tai tilatulla alipainetarttujalla. Työssä on kerrottu laitteiden toiminnasta ja ominaisuuksista. Kaikki vaihtoehdot käyttävät alipaineella toimivaa tarttujaa.

2.1 Teollisuusrobotit

Robotti on määritelty olevan uudelleen ohjelmoitava laite, joka on vähintään kolminivelinen. Robotti on suunniteltu liikuttelemaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita. Teollisuusrobotti on yksinkertaistettuna laite, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla ennalta määrättyä tai antureilla ohjattua reittiä pitkin. (Suomen robotiikkayhdistys Ry 1999, 13.)

Robotit voidaan jakaa rakanteen mukaan 6 eri kategoriaan:

- Suorakulmainen robotti
- Sylinterirobotti
- Napakoordinaatistorobotti
- Scara-robotti
- Kiertyvänivelinen robotti
- Rinnakkaisrakenteine robotti. (Halonen 2008.)

Robotti tarvitsee vähintään kuusi akselia pystyäkseen liikuttamaan työkalun jokaiseen haluttuun asentoon ja paikkaan työalueella. Kuudesta akselistä kolmen täytyy olla kiertyvää. Liikuttaessa kolmiulotteisessa koordinaatistossa joka asentoon ja paikkaan tarvitaan X-, Y-, Z-akseli ja jokaisen ympärikiertymä. Mitä useampi liikuttettava akseli, sitä kalliimpi robotti on. Robotin akselit on varustettu servomootoreilla. Servon tarkkuutta saadaan parannettua ja voimaa lisättyä lisäämällä servon perään vaihdelaatikko. (Suomen robotiikkayhdistys Ry 1999, 18-20.)



Kuva 2. 6-akselinen robotti

Robotin ohjelmoinnissa on tärkeää määrittää mitä koordinaatistoa robotti käyttää: maailmankoordinaatisto, peruskoordinaatisto tai työkalukoordinaatisto (Suomen robotiikkayhdistys Ry 1999, 21). Robotille voidaan määrittää liikeradat, joko ajamalla robotti halutun reitin mukaan ja lisäämällä siihen pisteet tai tekemällä tietokoneella ohjelma ja siirtämällä se robotille. Robotin ohjaukseen voidaan myös liittää antureista saatua tietoa. Robotin ohjelmointi tietokoneella ei ole niin suosittua kuin luulisi sen olevan. (Global Robots 2019.)

2.2 Lineaarirobotti

Robotin on määritelty olevan uudelleenohjelmoitava laite, joka on vähintään kolminivellinen, se on suunniteltu liikuttelemaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita. Lineaarirobotti on robotti, jolla on suoraviivaiset liikkeet. Se soveltuu hyvin tehtäviin, joissa tarvitaan vain suoraviivaisia liikkeitä. (Siirilä 2009, 307.)



Kuva 3. Lineaarirobotti (Eko-Form [Viitattu 27.3.2019])

Liikeratojen yksinkertaisuuden vuoksi laitetta on helppo ohjelmoida. Lineaarirobottia käytetään yleensä pakkaamisessa ja purkamisessa, myös kappaleiden siirtely paikasta toiseen onnistuu helposti. (Siirilä 2009, 307.)

2.3 Joulin

Joulin on perheyritys, joka on kehittänyt 50 vuotta sitten vaahtomuovipintaisen alipainetarttujan. Joulin on edelleen alipainetarttujen edelläkävijä. Joulinin alipainetarttuja tunnistaa automaattisesti, mitkä kohdat ovat tarttuneet, ja se sulkee tyhjänä olevien kohtien venttiilit. Joulin valmistaa alipainetarttujia sekä kokonaisia valmiita järjestelmiä. Rakenteensa ansiosta tarttujalla voi tarttua yksittäisiin tai useampiin kappaleisiin kaikenlaisilla pinnoilla. (Joulin [Viitattu 4.3.2019].)



Kuva 4. Joulin (Joulin [Viitattu 4.3.2019])

Joulin on maailman johtava alipainetarttujavalmistaja puunjalostuksessa. Joulin on kehittänyt tarttujan, joka kestää purua, pihkaa, tikkuja, kosteutta ja muita epäpuhauksia. Joulinin tarttujat eivät tarvitse erillistä suodatinta. Yritys tarjoaa paljon standardisoituja osia, mikä mahdollistaa laitteen muokkaamisen omiin tarpeisiin sopivaksi. Alipainetarttujat pystyvät tarttumaan jopa 22 milliseen kappaleeseen. Niiden nostokyky vaihtelee 200–5000 kilon välillä. (Joulin [Viitattu 4.3.2019].)

Valmis laite on manipulaattori tai lineaaribotti, riippuen laitteen käyttötarkoituksesta. Lineaaribottia käytetään, mikäli laitteen pitää pystyä hakemaan ja viemään kappaleita eri paikkoihin. Lineaarirobotilla on tarvittavat akselit X, Y, ja Z. Yrityksellä on paljon valmiita laitteita, mutta suurin osa laitteista joudutaan suunnittelemaan juuri yrityksen vaatimuksiin ja tarpeisiin. (Joulin [Viitattu 4.3.2019].)

3 Autodesk Inventor Professional 2019

Inventor on Autodeskin valmistama sovellus. Inventor on 3D-Cad-ohjelmisto, joka tarjoaa kattavan ja joustavan ohjelmistot. Ohjelmistot soveltuvat mekaniikkasuunnitteluun, yksittäisten kappaleitten suunnitteluun ja tuotteiden simulointiin. Inventorista löytyy myös tilausohjattavuus ja toisille käyttäjille tiedostojenjakomahdollisuus. Inventorilla pystyy myös visualisoimaan valmistettujen laitteiden toimintaa. (Ohjelmistot.com [Viitattu 20.3.2019].)



Kuva 5. Autodesk logo (Autodesk [Viitattu 28.3.2019])

Autodesk Inventor Professional 2019 on saatavilla Autodeskin sivuilta, ohjelmasta on ilmainen kolmen vuoden lisenssi opiskelijoille. Lataaminen on mahdollista, kun syöttää tiedon, mitä koulua käy ja koulun sähköpostiosoitteen. Koulun tiedoista tarvitaan, ala ja koulun nimi. (Autodesk [Viitattu 28.3.2019].) Inventorin ja muut Autodeskin ilmaiset opiskelijaversiot voi ladata osoitteesta: <https://www.autodesk.com/education/free-software/featured>.

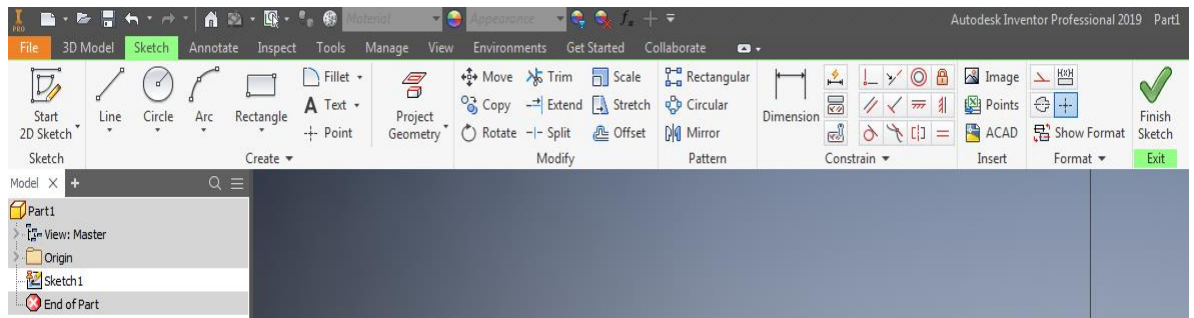
3.1 Ominaisuudet

Autodesk Drive on pilvipalvelu, jolla pienet ryhmät pystyvät jakamaan tiedostoja keskenään. Inventorin tiedostot on yhteensopivia SolidWorksin, Solid Edgen ja Creo-ohjelmistojen kanssa. Inventorissa on mallinnus-, simulointi-, suunnittelu- ja renderointiominaisuus. (Autodesk [Viitattu 11.3.2019].)

Inventorilla pystyy suunnittelemaan kappaleita, ohutlevyjä, putkipalkkirunkoja, kokoonpanoja sekä piirustuksia ja räjäytyskuvia. Inventorissa on myös fysiikkamootori, jonka avulla voidaan testata kappaleiden tai rakennelmien kestävyyttä ja toimintaa. (Autodesk [Viitattu 11.3.2019].)

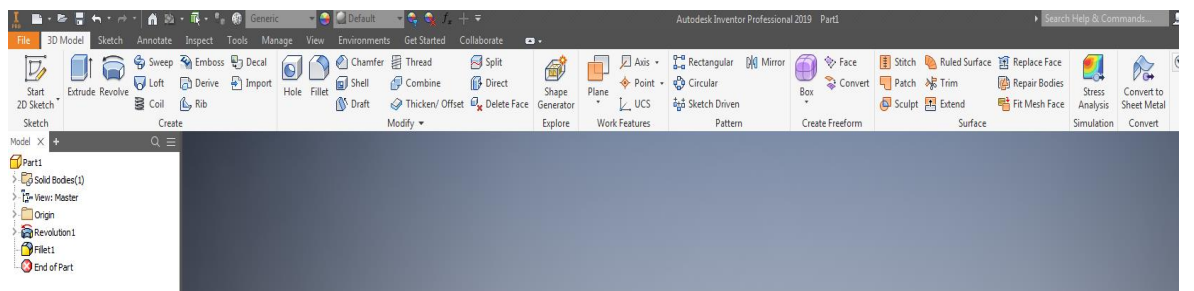
3.2 Piirtäminen

Piirtäminen tapahtuu 2D-tilassa, mistä löytyy kaikille piirustusohjelmille yleisimmät viivanpiirtotyökalut. Piirtämisessä voidaan valita, käytetäänkö tuumayksiköitä vai millimetrimetrisiä yksiköitä.



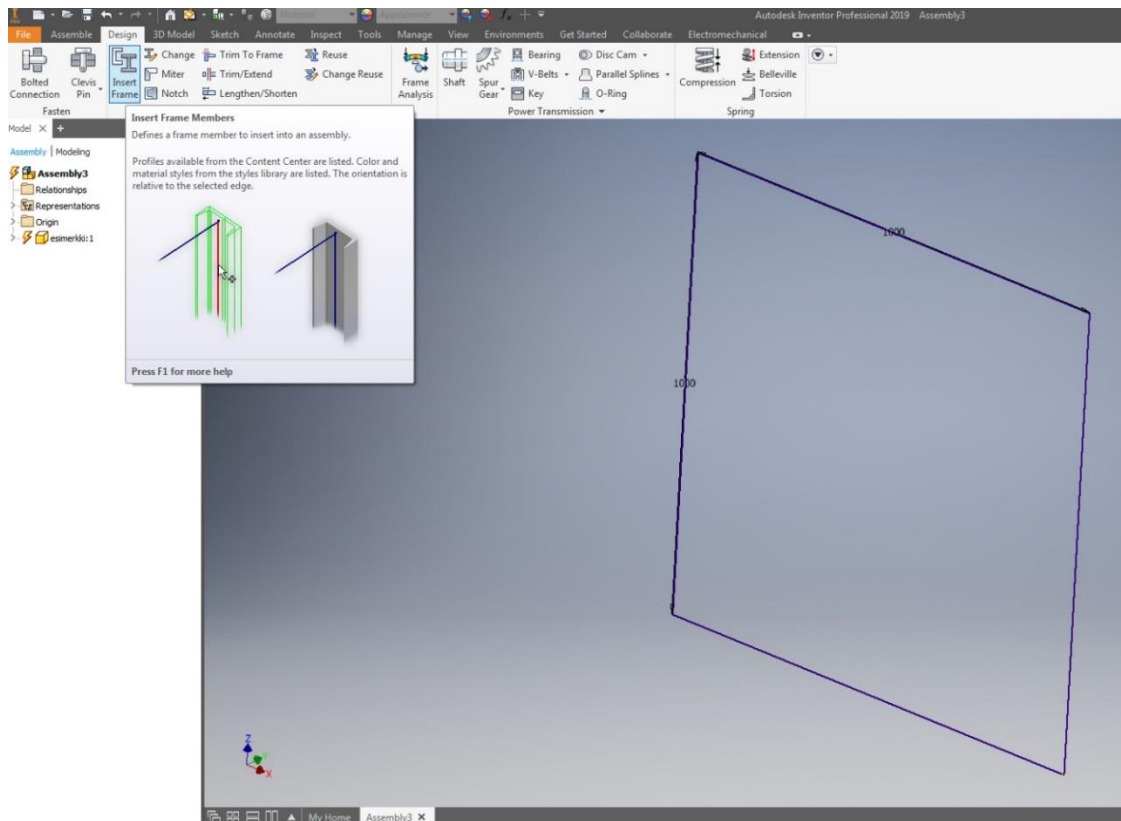
Kuva 6. Inventor-piirustustila

Kun kappaleen muoto on saatu piirrettyä, se voidaan tehdä kolmiulotteiseksi mallilla eri tavalla. Inventorilla voidaan tehdä Extrude-komennolla myös reikiä.



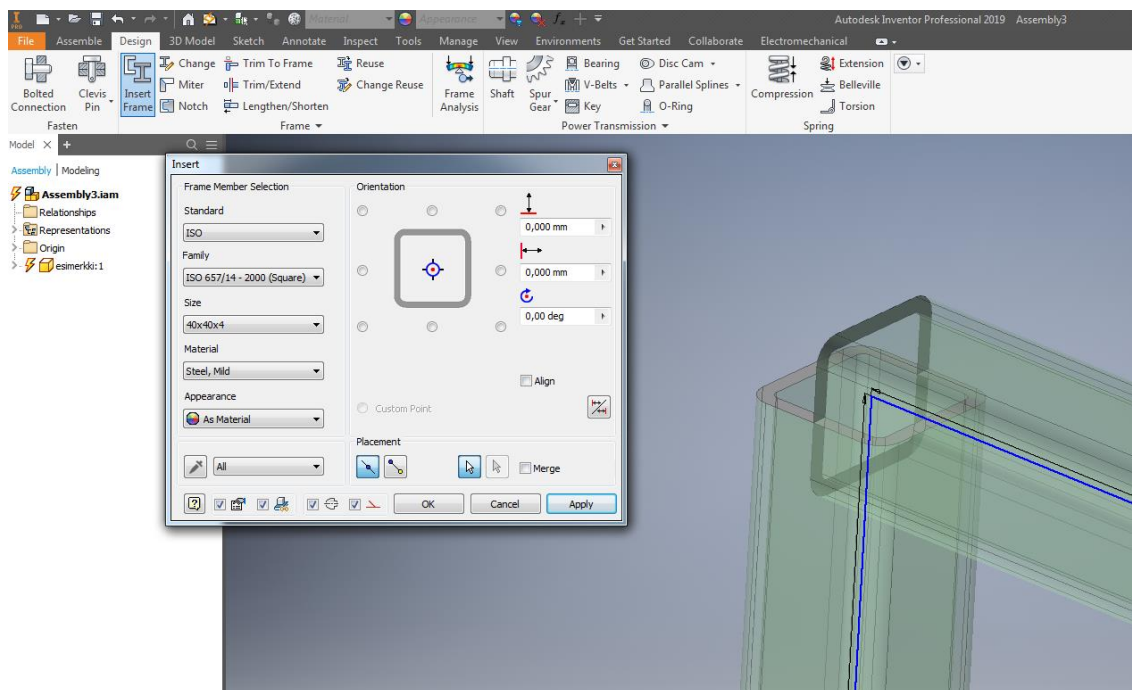
Kuva 7. Inventorin 3D-tila

Inventorilla voi myös tehdä putkipalkkirunkoja. Putkipalkkirunkojen piirtäminen täytyy tehdä piirustustilassa ja piirustus täytyy tuoda kokoonpanotiedostoon, jossa viivoille määritetään, minkälaisia rautoja ne ovat. Putkipalkkien tekemisessä täytyy piirtää vain viivat ja valita kirjastosta minkälainen rauta halutaan viivan olevan ja missä kohtaa putkipalkkia viiva on.



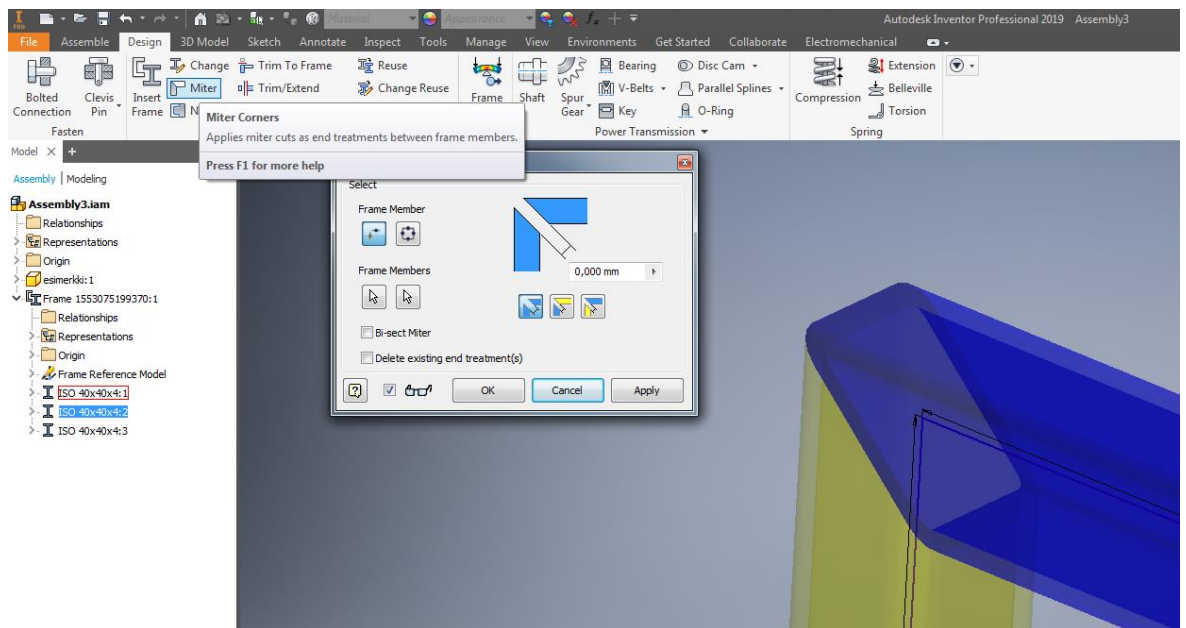
Kuva 8. Putkipalkkien määrittely

Kun haluttu runko on piirretty, se tuodaan Assembly-tiedostoon, jossa valitaan Insert Frame -kohta. Tämän jälkeen valitaan viivat, joille halutaan määrittää materiaali.



Kuva 9. Putkipalkin määrittely

Lopuksi voidaan rautojen päät tasoittaa ja valita, kuinka rautojen päiden saumat leikataan Trim- ja Mitter-komennoilla.



Kuva 10. Putkipalkkien päiden tasaus

4 Turvallisuus

Turvallisuuskartoituksessa selvitetään linjaston turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Riskien arviointi tehdään sen pohjalta, ettei laitteessa ole erillisiä suoja- tai turvalaitteita ja riskien tapahtumisen todennäköisyyttä ei oteta huomioon. (Siirilä 2008, 66.)

4.1 Riskien kartoitus

Riskien arviointi on työssä olevien vaarojen tunnistamista, vaarojen aiheuttamien riskien suuruuden ja merkityksen arviointia (Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto Työturvallisuuskeskus 2015, 7).

Riskien kartoituksessa tulee ottaa huomioon niin laitteen kuin ympäristön aiheuttamat tapaturman vaarat. Kartoituksessa tulee myös huomioida vaaran vakavuus ja sen tapahtumisriski. Laitteen koko ja nopeus vaikuttavat riskin suuruuteen. (Siirilä 2009, 42-48.)

Laitteen turvallisuus on helppo selvittää seuraavien kysymyksiä pohjalta:

- Voiko tapaturma sattua?
- Miten se voi sattua?
- Mitkä tekijät aiheuttavat tapaturman?
- Voiko työntekijä tehdä virheen?
- Voiko laitetta käyttää väärin?
- Voiko työvaiheita oikoa?
- Onko laite helppo huoltaa?
- Liian haastava työ?
- Onko odottamaton käynnistyminen huomioitu riittävästi?
- Voiko jonkin asian unohtaminen aiheuttaa vaaraa? (Siirilä 2009, 47-48.)

Tässä työssä on perehdytty riskien ehkäisemiseen ohjauslaitteiden turvallisuutta tutkimalla.

4.2 Standardit

Standardit EN 62061 ja EN ISO 13849-1 on johdettu standardista EN 61508 koneenrakennusalaan varten. Molemmat standardit liittyvät ohjauksen turvallisuuteen liittyviin osiin. Standardit ovat yhdenmukaiset konedirektiivien kanssa ja vastaavat tekniikan nykyistä kehitystasoa. Kyseisiä standardeja voidaan myös soveltaa monimutkaisiin ja ohjelmoitaviin järjestelmiin. Molemmissa standardeissa mitataan turvallisuuden eheyttä. Standardissa EN 62061 turvallisuustasot ovat SIL 1–3 ja standardissa EN 13849 PL a–e. (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)

Standardien eroavaisuudet selviää taulukosta 1

Taulukko 1. Standardien eroavaisuudet (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

EN 62061	EN ISO 13849-1
Yksinkertaiset sähkömekaaniset järjestelmät, kuten releet tai yksinkertainen elektroniikka.	Yksinkertaiset sähkömekaaniset järjestelmät, kuten releet tai yksinkertainen elektroniikka.
Monimutkaiset sähköiset järjestelmät, kuten ohjelmoitavat järjestelmät kaikilla arkkitehtuureilla.	Monimutkaiset sähköiset järjestelmät, kuten ohjelmoitavat järjestelmät määrätyillä arkkitehtuureilla.
Vaatimukset on luotu erityisesti sähköisille ohjausjärjestelmille, mutta säädettyä kehystä ja metodologiaa voi soveltaa myös muihin teknologioihin.	Vaatimuksia voidaan soveltaa suoraan myös muihin teknologioihin kuin elektrotekniikkaan, esimerkiksi hydraulikkaan tai pneumatiikkaan.

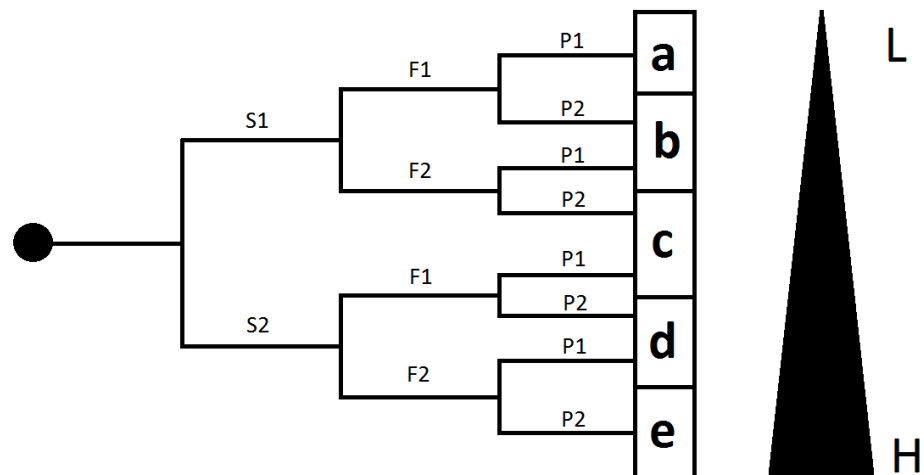
4.3 Turvallisuusluokan määrittely

Tässä luvussa käsitellään Standardista EN 61508 johdettuja EN 62061- ja EN ISO 13849-1 -standardeja. Standardit liittyvät ohjauksen turvallisuuteen.

4.3.1 ISO EN 13849-1

Jokaiselle valitulle ohjausjärjestelmän turvatoiminnon osille on määritettävä suoritustaso ja se on dokumentoitava. Vaadittava suoritustaso saadaan riskien arvioinnista ja se viittaa vaadittavaan riskinpientämismäärään, jonka turva ohjausjärjestelmän on tarkoitus toteuttaa. Mitä suurempi riski on, sitä korkeampi suoritustaso vaaditaan komponenteilta. (SFS-EN ISO 13849-1 2015, 22.)

Vaadittava PL-taso saadaan laskettua alla olevasta kuvasta. Saadun luokituksen perusteella on valittava vaatimustason täyttävät komponentit laitteen ohjaukseen ja turvallisuuteen. Standardi käsittää laitteistorakenteen lisäksi myös ohjelmistorakenteen. Standardi asettaa vaatimuksia turvatoimintojen koko elinkaarelle ja menetelmäsuosituksia koskien konfiguroitavia turvamoduuleita. (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)



Kuva 11. PLr-riskigraafi (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Kuvassa 11 seuraavat merkit ovat:

S-kohdassa valitaan seurausten vakavuus:

S1 = Vahingot ovat pieniä

S2 = Vahingot ovat vakavia

F-kohdassa valitaan aika, kuinka usein ihminen voi altistua vaaralle:

F1 = Altistumisaika on pieni

F2 = Altistumisaika on pitkä

P-kohdassa määritetään vaaran välttämismahdollisuus:

P1 = Vaara on vältettävissä

P2 = Vaaraa ei voi välttää. (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)

Ohjaukseen liittyvä turvallisuus määritetään seuraavilla kriteereillä:

- Luokka – esiintyy standardissa määriteltynä rakenteena
- Keskimääräinen vaarallinen vikaantumisaika (MTTFd) – komponenttivalmistajan toimittama tieto
- Diagnostinen kattavuus (DC) – selviää standardista
- Yhteisviat (CCF) – määritetään pistejärjestelmänä erilaisten kriteerien mukaisesti
- Saavutettu Performance Level -taso (PL) – määritetään taulukon perusteella ja sen on oltava vähintään yhtä suuri kuin vaadittu PLr. (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)

4.3.2 DIN EN 62061

DIN EN 62061 -standardi kuvaa sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien ohjausjärjestelmien turvallisuuteen liittyviä toiminnallisia turvallisuusnäkökulmia. Tärkein turvallisuustoimintojen luetettavuuden parametri on eheystaso (SIL). (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)

Vaadittava turvallisuustaso SIL saadaan määritettyä seuraavissa taulukoissa esitetyillä kriteereillä

Taulukko 2. Tapaturman vakavuus (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Vaikutus	Vakavuus (S)
peruuttamaton: kuolema, silmän tai käsien menetys	4
peruuttamaton: murtuneet raajat, yhden/useamman sormen menetys	3
peruuntuva: vaatii lääkärin hoitoa	2
peruuntuva: vaatii ensiapua	1

Taulukko 3. Kauanko vaaralle altistutaan (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Altistumisen taajuus	Kesto (F) > 10 m*
<= 1h	5
> 1 tunti - < = 1 päivä	5
> 1 tunti - < = 2 viikkoa	4
> 2 viikkoa - < = 1 vuosi	3
> 1 vuosi	2

Taulukko 4. Vaaralle altistumisen todennäköisyys (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Esiintymistodennäköisyys	Todennäköisyys (W)
erittäin korkea	5
todennäköinen	4
mahdollinen	3
harvinainen	2
ei merkittävä	1

Taulukko 5. Vaaran vältettävyys (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Mahdollisuus välttää tai rajoittaa	Välttäminen ja rajoittaminen (P)
mahdoton	5
harvinainen	3
todennäköinen	1

Taulukko 6. SIL-luokituksen määrittäminen (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

Vakavuus (S)	Luokka (K)	Luokka (K)	Luokka (K)	Luokka (K)	Luokka (K)
	3-4	5-7	8-10	11-13	14 - 15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		muut toimenpiteet	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			muut toimenpiteet	SIL 1	SIL 2
1				muut toimenpiteet	SIL 1

Ohjaukseen liittyvä turvallisuus määritetään seuraavilla kriteereillä:

- Laitteiston vikasietoisuus (HFT), sovelluskohtainen
- Vaarattomien vikojen osuus (SFF), valmistajan ilmoittama
- Diagnostiikan kattavuus (DC), valmistajan ilmoittama tai standardin EN ISO 13849-1 mukaan
- Vaarallisen vikaantumisen taajuus tuntia kohden (PFHd), määräytyy muiden arvojen perusteella
- Testausväli tai käyttöikä, valmistajan ilmoittama / erityinen
- Diagnostinen testausväli, sovelluskohtainen
- Yhteisvika-alttius, valmistajan ilmoitus tai standardin EN ISO 13849-1 mukaan. (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019].)

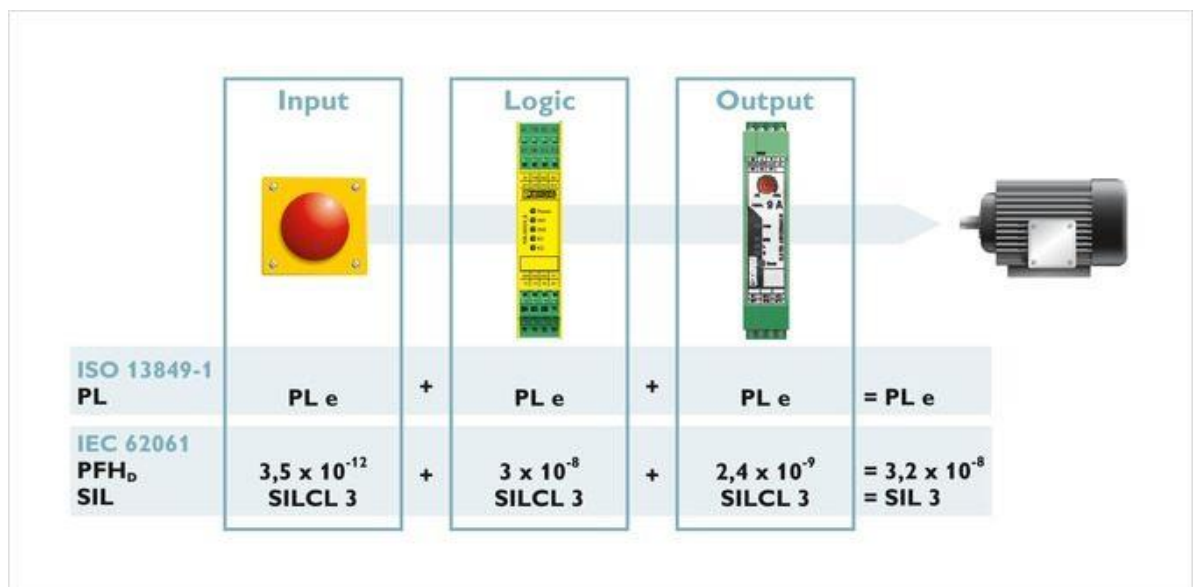
4.3.3 Luokitusten vertailua

Taulukossa 7 on esitetty, mitä arvoa kunkin standardin arvo vastaa.

Taulukko 7. PL suoritustaso (Schneider Electric [Viitattu 20.3.2019])

PL	SIL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaian todennäköisyys tuntia kohden (PFHD) 1/h
a	-	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	1	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	1	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	2	10^{-7} to $< 10^{-6}$
e	3	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

Kuvassa 12 on esimerkki laitteiden valinnan turvallisuusluokan täyttymisestä.



Kuva 12. Laitteiden määrittäminen (Phoenix Contact [Viitattu 21.3.2019])

4.4 Tapaturmien estäminen

Jos linjastossa tai koneessa on vain muutama vaarapaikka, voidaan ne eristää yksitellen esimerkiksi irrotettavilla suojuilla tai valoverhoilla. Mikäli koneessa on paljon liikkuvia osia tai vaara-alue on epämääräinen ja kolmiulotteinen, on helpointa aidata koko laite. (Siirilä 2008, 133-134.)

Yleensä helpoin, yksinkertaisin ja varmin tapa vaara alueen eristämiseen on aidata se kokonaan verkkoaidalla. Vaara-alueelle pääsee vain antureilla valvotusta ovesta tai valoverholla varustetusta aukosta. Aidan korkeutta ei ole standardisoitu erikseen. Aidan on oltava kumminkin niin korkea, ettei sen yli pysty kiipeämään. Aidassa olevien aukkojen kautta ei saa ylettyä vaarakohtiin. (Siirilä 2008, 134-136.)

Aitaukseen päädyttyäessä on varmistettava, että laite on tykkänään pysähdyksissä, kun työntekijä pääsee alueelle. Aidatun alueelle sisäpuolella olevat vaarat vaikuttavat aidassa olevien ovien avaamisen turva-antureihin. Mikäli vaara on suuri, esimerkiksi nopeasti liikkuvat laitteet tai suuri puristumisvaara, on oven avaaminen suoritettava kahdennettujen asematietoantureiden kautta. Vikaantumisen välttämiseksi on käytettävä kahta erilaista anturia. Anturit on kytkettävä turvalogiikalle, normaali kytkentä logiikkaan ei ole tarpeeksi luotettavaa. (Siirilä 2008, 140, 146.)

Jottei asema-antureita pystyttäisi ohittamaan, on ne suunniteltava niin että niiden mitätöinti on vaikeaa:

- Siihen ei pääse käsiksi
 - Anturia ei voi huijata helposti saatavilla olevalla esineellä kuten köyttämällä narulla
 - Kielityyppisen anturin ohittaminen erillisellä kielellä onnistuu
 - Käytetään yksilöllisesti koodattuja kytkimiä
 - Anturit on kiinnitettävä niin, ettei niitä saa tavallisilla työkaluilla siirrettyä.
- (Siirilä 2008, 146.)

Työntekijän pääsy alueelle voidaan myös huomioida valoverhoilla tai tunnistavilla matoilla. Turvalaite on sijoitettava niin, että kun se tunnistaa ihmisen, laite ehtii pysähtymään ennen kuin ihminen kerkeää vaara-alueelle. (Siirilä 2008, 147-148.)

5 Anturien valinta

Anturi on laite, jolla saadaan tieto sellaiseen muotoon, että se voidaan siirtää logiikalle. Anturilla voidaan muuntaa mm. etäisyyttä, painetta, asemaa/sijaintia, tiheyttä ja materiaalia. (JJJ-Automaatio Oy 2006, 9-10.)

Tässä luvussa käsitellään eri antureita ja vertaillaan niiden toimivuuksia eri olosuhteissa. Tässä työssä on käsitelty antureita, joilla pystytään tunnistamaan etäisyyttä ja kappaleen läheisyyttä. Työhön on valittu induktiivinen anturi, kapasitiivinen anturi, kennopari, etäisyysanturi ja konenäkökamera.

5.1 Induktiivinen anturi

Induktiivinen anturi on anturi, joka tunnistaa metalleja ja sähköä johtavia kappaleita. Anturin toimintaperiaate perustuu oskillaattoriin, joka muodostaa magneettikentän anturin päähän. Kun kenttään tulee metallinen tai hyvin sähköä johtava esine, esine magnetisoituu, mikä aiheuttaa kuormitusta oskillaattoriin. Lisääntyneestä kuormituksesta anturi tietää, että esine on tunnistusalueella. (Elmatik 2019.)



Kuva 13. Induktiivinen anturi (Sick [Viitattu 26.3.2019])

Induktiivisia antureita käytetään, kun halutaan tunnistaa sähköä johtavia tai metallisia kappaleita koskematta niihin. Anturi ei sisällä liikkuvia osia, jolloin sen luotettavuus paranee. (Metropolia 2010.)

Antureita on saatavilla tunnistusetäisyydellä 0 mm – 75 mm. Anturit ovat yleensä lieriön muotoisia. Anturin kotelointi on yleensä IP 67 tai parempi. Antureita on saatavilla myös ääriolosuhteisiin. Anturin kytkentään tarvitaan kolme johtoa: Anturille plus- ja miinusvirta, joka on yleensä 10 - 30 volttia tasasähköä, sekä anturin antama aktivoitumistieto. (Sick [Viitattu 26.3.2019].)

5.2 Kapasitiivinen anturi

Kapasitiivinen anturi tunnistaa kaikki materiaalit. Anturin toiminta perustuu oskillaattoriipiiriin. Oskillaattoriipiiri muodostaa sähköstaattisen kentän anturin tunnistusalueelle. Kun tunnistettava kohde tulee tunnistusalueelle, sähköstaattinen kenttä heikkenee ja anturi tunnistaa kohteen. Tunnistusetäisyys riippuu siitä, kuinka hyvin materiaali eristää sähköä. Mitä parempi sähkön eristyskyky, sitä kauempaa kohde pystytään tunnistamaan. (JJJ-Automaatio Oy 2006, 52-53.)



Kuva 14. Kapasitiivinen anturi (Sick [Viitattu 25.3.2019])

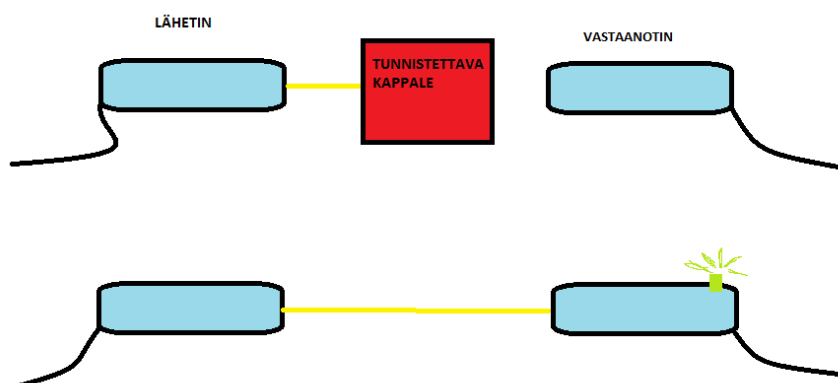
Kapasitiivisilla antureilla tunnistetaan yleensä kaikki muita kuin metalleja, mutta anturilla pystyy myös tunnistamaan metalleja. Kapasitiivisella anturilla pystytään tunnistamaan muun muassa, jauhoja, nesteitä ja kiinteitä aineita. Anturi ei sisällä liikkuvia osia, jolloin sen luotettavuus paranee. Antureita on saatavilla tunnistusetäisyydellä 0.6 mm – 25 mm. Anturit ovat yleensä lieriön muotoisia. Anturin kotelointi on yleensä IP 67 tai parempi. Antureita on saatavilla myös ääriolosuhteisiin. Anturin kytkentään tarvitaan 3 - 4 johtoa. Anturille plus- ja miinusvirta, joka on yleensä 10 - 36 volttia tasasähköä sekä signaalitieto. (Sick [Viitattu 25.3.2019].)

Neljän johdon anturissa on galvaanisesti erotettu virransyöttö ja signaalitieto. Erotus on yleensä toteutettu optoelektronisesti. (JJJ-Automaatio Oy 2006, 20).

Anturia asennettaessa on otettava huomioon, ettei anturin tunnistuspäähän pääse kertymään epäpuhtautta, koska anturi tunnistaa kaikkea materiaalia, se tunnistaa myös epäpuhtaudet anturin päässä (JJJ-Automaatio Oy 2006, 53-55).

5.3 Optinen lähetin-vastaanotin-pari

Optisen lähetin-vastaanotin-parin toiminta perustuu valon heijastumiseen. Anturissa on valoa tuottava lähde ja valoa vastaanottava anturi. Yleisin valon muoto on infra-punavalo. Rajatieto tulee siitä, kun kahden kennon välinen yhteys katkaistaan. Valo kulkee vain yhteen suuntaan. Optinen lähetin-vastaanotin-pari on varmatoiminen kaikilla materiaaleilla. Heijastuksesta ei aiheudu häiriöitä. Anturit tunnistavat pitkiä matkoja eivätkä ole herkkiä ympäristön lialle. (JJJ-Automaatio Oy 2006, 61-65.)



Kuva 15. Lähetin-vastaanotin-pari

Anturi on hyvin herkkä asennusvirheille sekä tärinälle. Anturia asennettaessa kannattaa lähetin kiinnittää ensin tukevasti paikoilleen, minkä jälkeen vastaanotin kohdennetaan paikoilleen. Anturin tunnistusherkkyyttä säädetään heikommalle, kun halutaan tunnistaa läpinäkyviä materiaaleja, muulloin anturin herkkyys saa olla täysillä. Ympäristön ilmanlaatu voi vaikuttaa anturin tunnistukseen. Esimerkiksi likainen ja pölyinen ilma voi aiheuttaa virheitä. (JJJ-Automaatio Oy 2006, 70-74.)

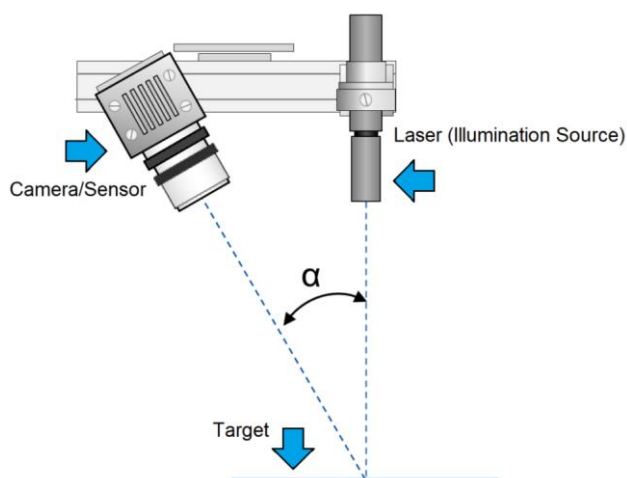
5.4 Etäisyysanturi

Anturit voidaan karkeasti jakaa lyhyen ja pitkän matkan antureihin. Antureita valmistetaan muutamasta millimetristä aina kolmen kilometrin mittausetäisyydelle. (Sensorola [Viitattu 26.3.2019].)

Etäisyyttä mittaavien antureiden signaaleja on:

- ultraääni
- laser
- led. (Movetec [Viitattu 26.3.2019].)

Anturilla pystytään mittaamaan, kuinka kaukana kohde on anturista. Etäisyyttä voidaan mitata takaisinheijastumisen aikana tai kolmioperiaatteen avulla. Kolmioperiaatteessa etäisyys mitataan missä kulmassa valo heijastuu takaisin kohteesta. Etäisyys pystytään laskemaan, kun tiedetään kameran ja valonlähteen paikat. (Micro-Epsilon [Viitattu 18.3.2019].)



Kuva 16. Kolmioperiaate (MoviMED 2018)

Ultraääniaaltoihin perustuvassa anturissa, anturi laskee kauanko äänellä kestää, kun se lähtee anturista ja heijastuu kohteesta takaisin (JJJ-Automaatio Oy 2006, 87). Häiriöitä mittaukseen voi aiheutua, jos anturi on sijoitettu voimakkaan magneetikentän läheisyyteen (JJJ-Automaatio Oy 2006, 97). Tunnistukseen vaikuttaa tunnistettavan kappaleen ääneneristämiskyky. Tunnistusetäisyydet vaihtelevat muutamasta millimetristä aina 15 metriin asti (JJJ-Automaatio Oy 2006, 90, 91).



Kuva 17. Ultraäänianturi (Sensorola [Viitattu 27.3.2019])

Optisen etäisyysanturin toiminta perustuu valon heijastumiseen kappaleesta. Antureita on saatavissa led-, infrapuna- ja laser-valonlähteellä. Anturit hyödyntävät sekä takaisinheijastusta ja kolmioperiaatetta. Nykyisillä tehokkailla valonlähteillä saadaan tuotettua kirkasta valoa, jonka ansiosta anturit eivät ole herkkiä ympäristön valoisuudelle. (Kinney 2001.)

Laservaloanturilla voidaan mitata kaikkia materiaaleja, jotka heijastavat valoa. Laservaloon perustuva anturissa voidaan hyödyntää kolmioperiaatetta tai takaisinheijastumista. Anturin säde voi olla joko pieni piste, kapea viiva tai leveä viiva. Leveämmällä viivalla pinnan epätasaisuus ei vaikuta mittaustulokseen. Laservalolla mitattaessa pystytään mittaamaan myös hyvin tummilta pinnoilta sekä kirkkaassa taustavalaistuksessa. (Baumer 2015.)



Kuva 18. Etäisyyttä mittaavia laserantureita (Micro-Epsilon [Viitattu 19.3.2019])

5.5 Konenäkö

Konenäkö on laite, johon kuuluu kamera, linssi, valaistus ja tietoa käsittelevä tietokone. Konenäkö on laite, jonka avulla voidaan analysoida otetusta kuvasta tietoa. Konenäkö muuttaa kuvasta saatavan tiedon digitaaliseksi tai analogiseksi tiedoksi. Konenäöllä pystytään korvaamaan ihmissilmä, se on väsymätön, nopeampi ja luotettavampi. (Lamb 2018.)

Nykyään on saatavilla niin sanottuja älykaineroita. Älykamerassa on laskentaa suorittava tietokone sisään rakennettuna, jolloin ei enää tarvita ulkoista tietokonetta. (OEM [Viitattu 27.3.2019].)

Konenäköjärjestelmää valittaessa kannattaa ottaa huomioon:

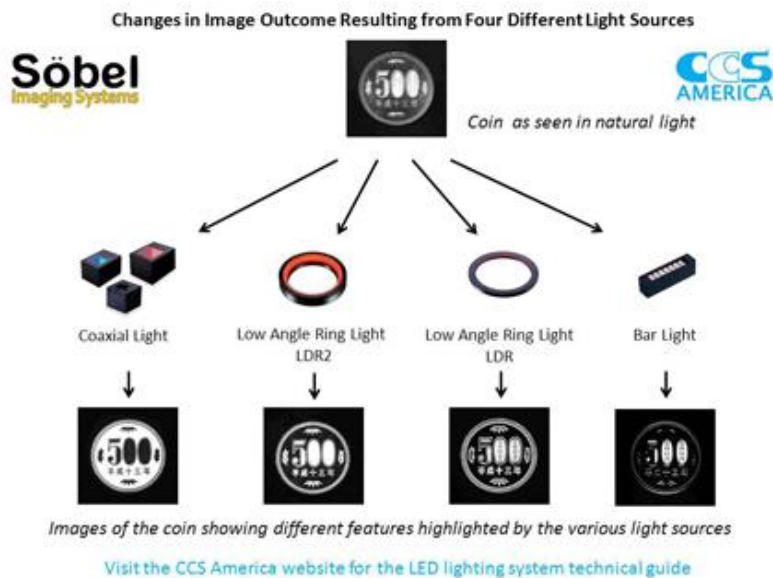
- Kuvattavan alueen koko
- Kuvaukseen käytettävä aika
- Mustavalkokuva vai värikuva
- Kuvaustarkkuus
- Eri tuotteiden lukumäärä kuvassa
- Valaistusolosuhteet. (Robotmation [Viitattu 15.3.2019].)

Kamera on laite, joka ottaa ja muokkaa kuvan digitaaliseen muotoon. Kameran tietokone suorittaa laskennat, jolla kuvasta saadaan haluttu tieto. (Teledyne DALSA, 2019.) Kameraa valittaessa on mietittävä, mitä sillä halutaan tunnistaa. Värikamera on kalliimpi kuin mustavalko ja mustavalkokamera. Mustavalkokamera kannattaa valita, mikäli värien tunnistusta ei tarvita. Mustavalkokamera on tarkempi muotojen tunnistamiseen. Kameran voidaan lajitella viivaskannereihin, 2D-kameroihin ja 3D-kameroihin. On olemassa myös mustavalkokaineroita ja värillisiä kameroita. Kameran resoluutio vaikuttaa kuvattavan kohteen kokoon, mitä isompi resoluutio, sitä tarkempi kuva. (Fell 2017.)



Kuva 19. Konenäkökamera (Fell 2017)

Kamera ei pysty ihmissilmän tavoin sopeutumaan ympäristön valoisuuteen. Sen takia on valaistus pyrittävä saamaan samanlaiseksi joka tilanteessa. Kameran tunnistuksen kannalta on erittäin tärkeä saada valaistus säädettyä niin, että kuvattavan kohteen muodot tulevat esiin. Ympäriältä tuleva valaistus ei ole hyvä valinta, koska valon eteen voi tulla esteitä, jotka aiheuttavat varjoja. Myös ympäriältä tulevan valon heikkeneminen, esimerkiksi yhden lampun palaminen, aiheuttaa valaistuksen muutoksen, mikä heikentää kameran luotettavuutta. (Teledyne DALSA 2019.) 3D-kamerat käyttävät yhtä tai useampaa kameraa kuvan muodostamiseen (Lehtinen 2009).



Kuva 20. Eri valaistuksia (Söbel Imaging System [Viitattu 27.3.2019])

Linssin valinnalla saadaan valittua kuvattava alue ja kameran etäisyys kuvattavasta kohteesta. Kun on saatu selville kuvattava alue, sen ja kameran etäisyyden perusteella pystytään laskemaan linssin polttoväli. Yleisimmät polttovälit ovat 12 mm, 16

mm, 25 mm, 35 mm ja 55 mm. Linssiä valittaessa katsotaan, mikä polttoväli osuu lähimmäksi, ja säädetään kameran etäisyyttä niin että saadaan kuvattua haluttu alue. Myös linssin ja kameran yhteensopivuus on tarkistettava linssin kiinnitystypistä. (Teledyne DALSA 2019.)



Kuva 21. Konenäkölinssi (Teledyne Dalsa [Viitattu 19.3.2019])

5.6 Anturien vertailua

Oheisessa taulukossa 8 on vertailtu antureita, joilla voidaan tunnistaa pakettin sijaintitietoa.

Taulukko 8. Lähestymiskytkimien vertailua (Imf [Viitattu 26.3.2019])

	induktiivinen anturi	Kapasitiivinen anturi	Optinen anturi
Tunnistaa	Sähköä johtavat	Kaikki materiaalit	Valoa heijastavat
Tunnistus etäisyys	1-60mm	2-20mm	10mm-450m
Liitäntä	DC 2, 3 tai 4 johdin	DC 2, 3 tai 4 johdin	DC 3 tai 4 johdin
IP-luokka	65<	65<	65<
Hinta keskimäärin	30-60€	80-150€	(30-600€) 70-200€

Jokaisesta anturista löytyy halpoja ja kalliita versioita. Anturin hintaan vaikuttaa kotelon kestävyys, tunnistusetäisyys ja liitäntätyyppi (Imf [Viitattu 26.3.2019]).

Taulukko 9. Paketin paikoitus (Imf [Viitattu 20.3.2019]; Myyntijohtaja 29.3.2019)

	Konenäkö	Etäisyysanturi
Tarvitaan	1kpl	3kpl
Tunnistusetäisyys	Täytyy laskea resoluution, linssin ja halutun tarkkuuden avulla.	1mm-3km
Pystyy tunnistamaan	Kaikkea mitä kuvasta näkee	Etäisyyttä
Hinta kpl	1000-10000€	100-400€

Ylläolevaan taulukkoon on kerätty tietoa etäisyysantureiden hankintakustannuksista (Imf [Viitattu 20.3.2019]). Konenäköjärjestelmälle on hankala määrittää hintaa, siihen vaikuttaa niin monet asiat komponentteja valittaessa (Myyntijohtaja 29.3.2019).

6 Automatisaation suunnittelu

Automatisaatio- ja mekaniikkasuunnitelmat tehtiin useaan eri paketin purkamisen vaihtoehtoiseen toteutustapaan, joista yritys voi valita itselleen parhaan mahdollisen ratkaisun. Työssä hyödynnettiin neljää eri tapaa purkaa paketti, joista suurin osa perustuu alipainetarttujaan.

Työssä selvitettiin ohjelmointipäällikön kanssa linjaston tämänhetkisen automatisaation tilanne. Paketin purkuun vaadittavan laitteen toimintanopeus selvitettiin tämänhetkisen tuotantokapasiteetin perusteelta. Paketin purkuun on mietitty, kuinka puusta saadaan kiinni ja kuinka sivuttaissiirto voitaisiin toteuttaa.

6.1 Nykyinen linjasto

Nykyinen linjasto saadaan automatisoitua ilman että siihen rakennetaan mitään uutta. Linjaston automatisoimiseksi tarvittaisi muutama anturi lisää paikoittamaan paketin sijaintia ja laskemaan purettuja kappaleita.

Nykyisen linjaston automatisointi olisi halvin ratkaisu toteuttaa automatisaatio. Nykyinen linjasto on toiminnaltaan hyvin epävarma täysin automaattiseksi. Suurin ongelma paketin purkamisessa nykyisellä linjastolla on pakettien vaihteleva laatu. Pakettien suurin laatuongelma on puiden taipuminen niiden kuivumisen johdosta. Myös paketin sidontavanteiden poisto aiheuttaa ongelmia automatisoimisessa.

Hyviä puolia on:

- Halpa toteuttaa
- Ei tarvita suuria muutoksia linjastoon

Huonoja puolia on:

- Sidontavanteen poisto hankalaa
- Paketin purkuun tulee helposti virheitä, kun kappaleet jäävät jumiin nipussa
- Paketin purkamisessa suuri mahdollisuus virheelle

6.2 Uusi linjasto

Mikäli päätetään, että nykyisen linjaston automatisoinnilla ei saavuteta sitä mihin ollaan pyritty, on työssä myös käyty läpi kolme muuta vaihtoehtoa. Paketin purkamisessa voidaan käyttää ainoastaan alipainetekniikkaa, koska kappaleeseen ei voida tarttua muulla tavalla.

6.2.1 Teollisuusrobotti

Paketin purkaminen robotilla toteutetaan purkamalla nykyinen purkaja pois. Teollisuusrobotti sijoitetaan linjaston päähän niin, että se ylettyy siirtämään kappaleen kuljettimelta toiselle. Robotin pitää olla sellainen, että työskentelyalue on riittävän suuri, jotta se ylettyy kuljettimien välille.

Teollisuusrobotti on paras mahdollinen ratkaisu kyseiseen ongelmaan. Merkittävin hyöty robotista tulee paketin sidontavanteen poistossa. Sidontavanne saadaan poistettua helposti robotin monen akselin ja vaihdettavan työkalun ansiosta.

Hyviä puolia on:

- Vanteenpoisto voitaisi toteuttaa vaihtamalla työkalua robottiin
- Paketin nostaminen nosto pöydällä voitaisi poistaa
- Nopeus riittää varmasti
- Monipuoliset käyttömahdollisuudet
- Mahdollisuus poistaa virheet robotin avulla

Huonoja puolia on:

- Kallis
- Nopeat liikkeet vaativat tukevan kiinnityksen
- Robotti ja ohjauskaappi vie suuren tilan
- Tarvitaan vain X- ja Y-liikkeet
- Turvallisuussyistä aidattava iso alue robotille

6.2.2 Lineaarirobotti

Linjastossa paketinpurku voidaan suorittaa lineaarirobotilla purkamalla kappale kerrallaan linjastoon. Nykyisestä linjastosta puretaan pois nykyinen purkaja. Lineaarirobotti, joka liikkuu X- ja Z-suunnassa sijoitetaan kahden kuljettimen päälle, niin että se ylettyy kulkemaan molempien kuljettimien päällä. Nykyinen nostokuljetin jätetään paikoilleen, mikäli ei löydetä lineaarirobotia, jonka Z-liike on riittävän suuri.

Hyviä puolia on:

- Halvempi kuin teollisuusrobotti
- Käsittelynopeudet 5 m/s 90 sykliä minuutissa
- yksinkertainen liikerata
- Helppo ohjelmoida

Huonoja puolia on:

- Paketin paikoitustieto tarvitaan
- Vanteen katkaisuun tarvitaan eri laite

6.2.3 Alipainetarttuja

Linjastoon rakennetaan itse tai ostetaan Joulinin rakentama alipaineella toimiva tarttuja, joka purkaa paketin kerros kerrallaan varastokuljettimelle, josta ne syötetään linjastoon yksi kerrallaan. Laitteella suoritettu purku on luotettavin, mutta laitteen rakentamisessa on iso työ ja se tarvitsee paljon osia.

Hyviä puolia on:

- Paketin paikoitustietoa ei tarvita
- Paketin purku on luotettavaa
- Varastokuljettimien ansiosta laitteen liikenopeus voi olla pieni

Huonoja puolia on:

- Tarvitaan lisää kuljettimia
- Vanteen poistoon tarvitaan toinen laite
- Vie suuren tilan

6.2.4 Vanteen katkaisu

Vanteen katkaisuun on rakennettava laite, joka tarttuu vanteeseen ja katkaisee sen. Katkaistuaan vanteen laite syöttää vanteen silppuriin. Laitteen täytyy olla robottikäden tapainen, jotta se ylettyy katkaisemaan useamman vanteen ja syöttämään sen silppuriin. Toinen vaihtoehto katkaista vanteet on sijoittaa katkaiseva puukko, joka katkaisee vanteen, ja jättää sen paketin alle.

7 Työn kulku

7.1 Aloitus

Työ aloitettiin tutustumalla nykyiseen linjaston toimintaan ja ongelmiin. Linjastosta tehtiin käsin piirustuksia, joiden pohjalta saatiin laadittua layoutkuva. Tässä vaiheessa havaittiin, että linjaston automatisoinnissa tulee enimmäkseen ongelmia pakettien rakenteessa.

Jotta työ voitaisiin aloittaa, oli nykyisestä linjastosta tehtävä dokumentaatio, koska linjasto on itse rakennettu, siitä ei ollut sähköisessä muodossa olevaa layoutkuvaa tai toimintaselostusta. Linjastosta löytyi yksi käsin piirretty layoutkuva sekä I/O-luettelo.

Paketin purkajalle laskettiin toimintanopeus nykyisen kapasiteetin perusteella. Laitteelle mitattiin suurin mahdollinen työskentelyalue ja pakettien koko.

7.2 Suunnittelu

Työssä pohdittiin, kuinka paketti voidaan purkaa hyödyntämällä erilaisia menetelmiä. Työssä päädyttiin siihen, että kappaleet voidaan purkaa vain alipainetarttujalla tai työntämällä ne pois paketista, koska puuhun ei voida tarttua kynsillä tai sivuista puristamalla. Paketin rakennetta muuttamalla voitaisiin kappaleet saada purettua muillakin tavoilla, mutta alipainetarttuja todettiin hyväksi vaihtoehdoksi, joten ei ole tarvetta muuttaa paketin rakennetta tässä vaiheessa.

Yrityksen työntekijöiltä kysyttiin myös heidän ehdotuksiaan paketin purkamisen automatisoimiseksi. Huollon henkilökunnalla oli jo kehitettynä hyvä idea, joka päätettiin suunnitella ja tehdä siihenkin tarvittavat dokumentit.

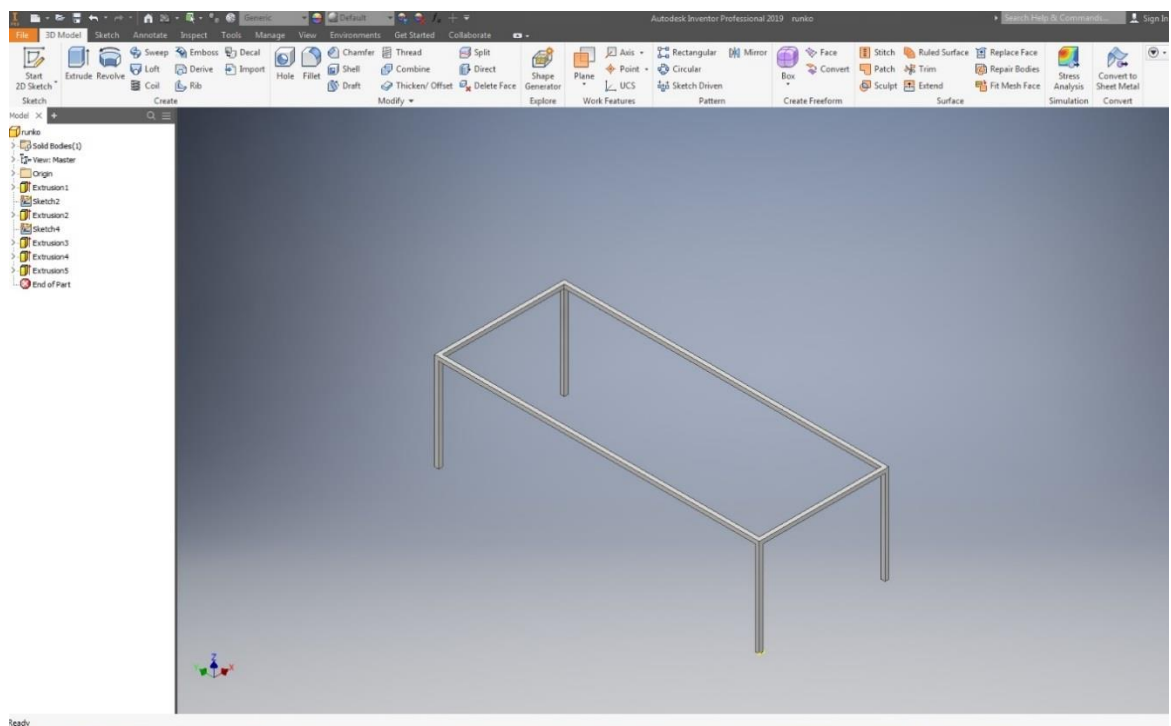
Eri vaihtoehtojen toimivuutta selvitettiin laitevalmistajien sivuilta. Valmiiden laitteiden toimintanopeus todettiin kaikilla vaihtoehdoilla riittävän suureksi, jotta laite pysyy tuotannon vauhdissa.

7.3 Materiaalin tuottaminen

Työssä laadittiin automatisaatio suunnitelmat neljälle eri tavalle toteuttaa pakettin purkamisen. Näistä yritys voi valita itselleen mieluisimman vaihtoehdon. Jokaisesta tavasta laadittiin layoutkuva, automatisaation toimintakuvaus sekä turvallisuuteen liittyvät kartoitus.

Työssä tarvittavat kuvat on suunniteltu ja piirretty hyödyntäen Autodesk Inventorin 3D- ja 2D-piirustusohjelmia. Työssä olevat layout kuvat on tehty 2D- piirustusohjelmalla. 2D-piirustuksiin on tehty laitteita 3D-ohjelmalla ja ne on tuotu layoutpiirustukseen.

Itserakennetusta alipainetarttujasta tehtiin 3D-malli, jolla kuvataan, minkälainen laitteen pitäisi olla, ja kuinka se saataisi sijoitettua linjastoon. Laitte mallinnettiin itse piirtämällä.



Kuva 22. Laitteen rungon suunnittelu

Automaatio suunnitelmat ja muu linjaston toimintaan liittyvät tiedot tehtiin erilliseen tiedostoon, jotteivat kilpailijat saisi tietoa linjastosta. Laitteiden ja antureiden esittely teorian osalta on kirjoitettu työhön, mutta kuinka niitä hyödynnettäisi linjastolla, on kirjoitettu toiseen tiedostoon.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Ongelmia työssä aiheutti se, ettei nykyisestä linjastosta ole kunnollista dokumentaatiota. Ainoat löytyneet dokumentit ovat käsinpiirretty layoutkuva ja I/O-lista. Ilman kunnollista aikaisempaa dokumentointia työn suunnittelu oli hankalaa. Jotta työ saatiin alkuun, täytyi laatia toimintakuvaus ja layoutpiirustukset.

Täysin automaattisen linjaston suunnittelussa eniten aiheutti ongelmia, se kuinka sidontavanteet saataisi poistettua automaattisesti. Ongelmia vanteen poistossa aiheuttaa pakettien asennon vaihtelu kuljettimella. Myös se, miten paketti on sidottu, vaikuttaa vanteen katkaisuun.

Työn suunnitteluvaiheessa aikaisempi työkokemus puunjalostuksen eri osa-alueilla helpotti työn suunnittelua. Myös aikaisempi kokemus kyseisen linjaston huollosta auttoi nykyisen automaation dokumentoinnissa. Suunnitelmien tekemistä hankaloitti Inventorin vähäinen käyttö putkipalkkirakennelmien suunnittelussa. Työssä käytetyt kolmiulotteiset kuvat ja layoutit tehtiin Autodesk Inventor Professional 19 -ohjelmalla, koska ohjelma oli helposti saatavilla.

Työhön on kerätty tietoa useiden eri laitevalmistajien sivuilta. Harva laitevalmistaja ilmoittaa suoraan hinnan laitteilleen, koska ne ovat usein tilaajan tarpeisiin suunniteltuja. Anturien valmistajakaan eivät ilmoita suoraan hintaa antureille, vaan niistä pitää pyytää tarjouspyyntö. Työssä ei lähdetty kilpailuttamaan laitevalmistajia. Työssä pyydettiin karkea hinta-arvio konenäköjärjestelmälle PJ Control Oy -yritykseltä.

Linjaston täysin automaattiseksi saaminen onnistuu parhaiten hyödyntämällä teollisuusrobotia ja konenäkökameraa. Niilläkään automatisointi ei ole helppoa nykyisen paketin rakenteen ansiosta. Konenäkökameralla saadaan luettua kaikki tarvittavat paikkatiedot, jotta robotti tietää, mihin kohtaan liikkua. Konenäkökameralla saadaan luettua, missä kohtaan paketti on, ja missä kohtiin pakettia on sidontavanteet. Automatisointi saataisiin toteutettua varmemmin, mikäli paketin rakennetta muutettaisiin niin, että sidontavanteet voitaisiin katkaista aikaisemmin ihmisen toimesta tai niiden katkaiseminen laitteella olisi helpompaa.

Ilman sidontavanteen poistoa luotettavasti automatisoinnista ei ole hyötyä. Jos sidontavannetta ei saada poistettua laitteella, on ihmisen edelleen oltava välittömässä yhteydessä ja poistettava sidontavanteet itse. Vaikkei automatisoinnilla sidontavannetta saadakaan poistettua, työntekijän työnkuva muuttuu vain valvonnaksi ja sidontavanteen poistamiseksi. Tässä tapauksessa parhain vaihtoehto olisi nykyisen laitteen automatisointi, koska se on halvin toteuttaa ja siinä työntekijä joutuu tekemään samat työt kuin robotilla suoritettussa automatisoinnissa.

Anturien valinnassa kannattaa ottaa huomioon, onko muualla tehtaassa tarkoitukseen sopivia antureita. Hyödyntämällä olemassa olevia antureita saadaan varosavarasto pidettyä pienempänä. Konenäköä käytettäessä ei tarvita muita antureita, koska kameralla voidaan lukea sijaintia joka suuntaan ja tunnistaa onko kuljetin tyhjänä.

Jotta valitulle laitteelle saadaan valittua mitä hirttä ajetaan, joudutaan ohjauksen helpottamiseksi hankkimaan logiikalle näyttö. Mikäli ajettavan hirren tieto saadaan valittua muualta, ei näyttöä tarvita. Hirren valintaan voidaan myös asentaa moniasentoinen kytkin.

LÄHTEET

- Autodesk. Ei päiväystä. Inventor Professional. [www-dokumentti]. Autodesk Inc. [Viitattu 28.3.2019]. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/education/free-software/featured>
- Autodesk. Ei päiväystä. Mekaniikkasuunnittelu- ja 3D CAD -ohjelmisto. [www-dokumentti]. Autodesk Inc. [Viitattu 11.3.2019]. Saatavissa: <https://www.autodesk.fi/products/inventor/features>
- Baumer. 2015. Precise distance, spacing and position measurements. [www-dokumentti]. Baumer Group. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavissa: https://www.baumer.com/ch/en/product-overview/distance-measurement/optical-distance-sensors-c/medias/_secure_/Baumer_Optical+distance+sensors_EN_20180913_BR_11193806.pdf?mediaPK=8896919404574
- Eko-Form. Ei päiväystä. Wemo 6-5 Lineaarirobotti. [www-dokumentti]. Oy EKO-FORM AB. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: http://www.ekoform.fi/wemo_6_5.html
- Elmatik. 2019. Induktiiviset/kapasitiiviset kytkimet. [www-dokumentti]. Elmatik AS. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavissa: <http://www.elmatik.ee/info/pdf/Induktiivandurid/6502399018.pdf>
- Fell, J. 2017. How to Choose a Machine Vision Camera. [www-dokumentti]. Quality Magazine. [Viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <https://www.qualitymag.com/articles/93861-how-to-choose-a-machine-vision-camera>
- Global Robots. 2019. How robots are programmed. [www-dokumentti]. Global Robots LTD. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavissa: <http://www.globalrobots.com/guide.aspx?guide=3>
- Halonen, T. 2008. Robotiikka. [www-dokumentti]. DocPlayer. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: <https://docplayer.fi/1226752-Robotiikka-sisallysluettelo.html>
- Honkarakenne. Ei päiväystä. Yrityksen kotisivu. [www-dokumentti]. Honkarakenne Oyj. [Viitattu 23.1.2019]. Saatavissa: www.honkarakenne.fi
- Imf. Ei päiväystä. Optoelektroniset anturit - Koko tuotevalikoima. [www-dokumentti]. Ifm Electrorinc oy. [Viitattu 26.3.2019]. Saatavissa: https://www.ifm.com/fi/fi/category/010/010_050/010_050_001#!S/BD/DM/1/D/0/F/0/T/24?at_price=33.42~371.28
- imf. Ei päiväystä. Paikannusanturit. [www-dokumentti]. ifm electronic oy. [Viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/category/010>

JJJ-Automaatio Oy. 2006. Sähköiset lähestymiskytkimet. Tampere: JJJ-Automaatio Oy.

Joulin. Ei päiväystä. Joulin Vacuum Grippers. [www-dokumentti]. Joulin France. [Viitattu 4.3.2019]. Saatavissa: http://www.destaco.se/res/Joulin/Brochure_JOULIN_EN.pdf

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2001. Koneautomaatio 2: Logiikat ja ohjausjärjestelmät: koneautomaatio 2. Helsinki. WSOY

Kinney, A. T. 2001. Proximity Sensors Compared: Inductive, Capacitive, Photoelectric, and Ultrasonic. [www-dokumentti]. Machine Design. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavissa: <https://www.machinedesign.com/sensors/proximity-sensors-compared-inductive-capacitive-photoelectric-and-ultrasonic>

Lamb, F. 2018. What is machine vision, and how can it help?. [www-dokumentti]. Control Engineering. [Viitattu 24.3.2019]. Saatavissa: <https://www.controleng.com/articles/what-is-machine-vision-and-how-can-it-help/>

Lehtinen, L. 2009. Konenäkö saa Kolmannen ulottuvuuden. [www-dokumentti]. Tekniikka ja talous. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2009-08-27/Konen%C3%A4k%C3%B6-saa-kolmannen-ulottuvuuden-3278093.html>

Metropolia. 2010. Induktiivinen rajakytkin. [www-dokumentti]. Metropolia Amk. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Induktiivinen+rajakytkin>

Micro-Epsilon. Ei päiväystä. Anturit: siirtymä, etäisyys ja sijainti. [www-dokumentti]. Micro-Epsilon. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavissa: <https://www.micro-epsilon.fi/displacement-position-sensors/>

Micro-Epsilon. Ei päiväystä. optoNCDT // Laser displacement sensors (triangulation). [www-dokumentti]. Micro-Epsilon. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavissa: <https://www.micro-epsilon.fi/download/products/cat--optoNCDT--en.pdf>

Movetec. Ei päiväystä. Mittaavat anturit. [www-dokumentti]. Movetec Oy. [Viitattu 26.3.2019]. Saatavissa: <https://www.movetec.fi/fi/tuotteet/anturit-ja-mittalaitteet/anturit/mittaavat-anturit>

MoviMED. 2018. What is Laser Triangulation. [www-dokumentti]. MoviMED. [Viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <http://www.movimed.com/knowledgebase/what-is-laser-triangulation/>

Myyntijohtaja, M. 29.3.2019. Kommentteja kyselyyn. [Henkilökohtainen sähköposti]. Vastaanottaja: Juho Pitkäkangas [Viitattu 29.3.2019]

- OEM. Ei päiväystä. Älykamerat. [www-dokumentti]. OEM Finland Oy. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: https://www.oem.fi/tuotteet/konen%C3%A4k%C3%B6/kamerat/%C3%A4lykamerat_-426792
- Ohjelmistot.com. Ei päiväystä. Inventor Professional 2019. [www-dokumentti]. Software Explosion Oy. [Viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <https://www.ohjelmistot.com/inventor>
- Phoenix Contact. Ei päiväystä. EN ISO 13849-1: Standardit ja direktiivit. [www-dokumentti]. Phoenix Contact Oy. [Viitattu 21.3.2019]. Saatavissa: https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm:path:/fifi/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/safety/152e2fdb-2f77-410e-bdb3-52d3ed77aa29/152e2fdb-2f77-410e-bdb3-52d3ed77aa29
- Pilz. Ei päiväystä. EN ISO 13849-1: Suorituskykytaso (PL). [www-dokumentti]. Pilz Skandinavien K/S. [Viitattu 21.3.2019]. Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iso-13849-1>
- Pilz. Ei päiväystä. Toiminnallinen turvallisuus. [www-dokumentti]. Pilz Skandinavien K/S. [Viitattu 22.3.2019]. Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/knowhow/law-standards-norms/functional-safety>
- Pilz. Ei päiväystä. Turvallisuuden eheystaso (SIL). [www-dokumentti]. Pilz Skandinavien K/S. [Viitattu 23.3.2019]. Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>
- Robotmation. Ei päiväystä. Konenäkö ja tuotteen tunnistus. [www-dokumentti]. Robotmation Oy. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavissa: <http://www.robotmation.fi/Konenako.html>
- Schneider Electric. Ei päiväystä. General Presentation Safety Legislation and Standards. [www-dokumentti]. Schneider Electric. [Viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/225000/FA225416/en_US/Difference%20between%20EN_ISO%2013849%20and%20EN_IEC%2062061.pdf
- Sensorola. Ei päiväystä. Etäisyyttä mittaavat laserit. [www-dokumentti]. Sensorola Oy. [Viitattu 26.3.2019]. Saatavissa: <http://www.sensorola.fi/tuotteet/etaisyutta%20mittaavat%20anturit>
- Sensorola. Ei päiväystä. Mittaava ultraäänianturi. [www-dokumentti]. Sensorola Oy. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: <http://www.sensorola.fi/tuotteet/mittaava-ultra-aanianturi>

- SFS-EN ISO 13849-1. 2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- Sick. Ei päiväystä. Induktiiviset lähestymiskytkimet. [www-dokumentti]. Sick AG. [Viitattu 26.3.2019]. Saatavissa: <https://www.sick.com/fi/fi/laehestymiskytkimet/induktiiviset-laehestymiskytkimet/c/g190731>
- Sick. Ei päiväystä. Kapasitiiviset lähestymiskytkimet. [www-dokumentti]. Sick AG. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavissa: <https://www.sick.com/fi/fi/laehestymiskytkimet/kapasitiiviset-laehestymiskytkimet/c/g201659>
- Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus: EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2. uudistettu painos. Espoo: Inspecta koulutus Oy
- Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2. uudistettu painos. Espoo: Inspecta koulutus Oy
- Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto Työturvallisuuskeskus. 2015. Riskien arviointi työpaikoilla -työkirja. [www-dokumentti]. Työturvallisuuskeskus Ry. [Viitattu 21.3.2019]. Saatavissa: https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf
- Suomen robotiikkayhdistys Ry. 1999. Robotiikka. Helsinki. Talentum
- Söbel Imaging Systems. Ei päiväystä. Your Vision. [www-dokumentti]. Söbel Imaging Systems California. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: <http://sobelis.com/better-vision-corner/>
- Teledyne Dalsa. Ei päiväystä. Machine Vision 101. [www-dokumentti]. Teledyne DALSA Company. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavissa: <https://www.teledyne-dalsa.com/en/learn/knowledge-center/machine-vision-101-an-introduction/>
- TÜV. 2012. Functional Safety of Machinery: EN ISO 13849-1. [www-dokumentti]. TÜV SÜD Product Service. [Viitattu 18.3.2019]. Saatavissa: <https://www.tuv-sud.co.uk/uploads/images/1379673832283654260118/functional-safety-of-machinery-stewart-robinson.pdf>
- Työsuojeluhallinto. 2008. Koneturvallisuus. [www-dokumentti]. Työsuojeluhallinto. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavissa: https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc

LIITTEET

Liite 1. Nykyisen toiminnan kuvaus

Liite 2. Automatisointi nykyisellä laitteella

Liite 3. Automatisointi teollisuusrobotilla

Liite 4. Automatisointi lineaarirobotilla

Liite 5. Automatisointi itserakennetulla tai tilatulla alipainetarttujalla