



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUHA AALTO

Valosten poiminta astiasta 3D-konenäköä käyttäen

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
KOULUTUSOHJELMA
2021

Tekijä(t) Aalto, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 37	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Valosten poiminta astiasta 3D-konenäköä käyttäen		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin robottisolu, joka poimii kappaleita laatikosta (bin picking). Solussa käytettiin ABB:n teollisuusrobotia, jollainen työn toimeksi antaneella yrityksellä oli käytettävissä. Robotti hyödyntää poimintatyössä 3D-kamerajärjestelmää, joka tunnistaa poimittavat kappaleet ja niiden sijainnit laatikossa.</p> <p>Työtä varten yrityksellä oli valmiina robotin tarttuja ja siihen koneistetut leuat sekä Pickit M -3D-konenäköjärjestelmä, jonka yritys hankki toimeksiantoa varten. Yrityksellä oli valmiina myös laatikko, josta kappaleet oli tarkoitus poimia. Kyseinen laatikko todettiin käyttöön sopimattomaksi, sillä robotti ei mahdu poimimaan kappaleita kyseisen tarttujan kanssa laatikon joka kohdasta.</p> <p>Työn ensimmäinen vaihe oli opettaa kappaleet konenäköjärjestelmälle sekä suunnitella uudenlainen laatikko. Kappaleet opetettiin 3D-konenäköjärjestelmän omalla kuvausmenetelmällä ja uudeksi laatikoksi järjestelmän testausta varten valittiin FIN-kuormalava 20 cm:n kauluksella.</p> <p>Robotti ja kamerajärjestelmä asennettiin demoasemaksi, jossa lopullista järjestelmää päästiin testaamaan, kun suunniteltu uusi laatikko saatiin kohteeseen. Demoasemalla testattiin koko järjestelmän toimivuutta ja kykyä toimia todellisessa työtehtävässä.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> Konenäkö, robotiikka, robotisoitu poiminta</p>		

Author(s) Aalto, Juha	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 37	Language of publication: Finnish
Title of publication Bin picking castings with 3D machine vision		
Degree program Electrical and automation engineering		
<p>In this thesis, a robot cell that picks up castings from the crate (bin picking) was designed and implemented. The cell uses an ABB industrial robot, which was available in the company providing the work. In the picking work, the robot utilizes a 3D camera system that identifies the castings to be picked and their locations in the bin.</p> <p>For the work, the company had a robot gripper and machined jaws ready for it, as well as a Pickit M 3D machine vision system, which the company acquired for the assignment. The company also had a crate, from which to pick up the castings. The crate was found to be unsuitable for this use because the robot could not pick up castings with the gripper from every point in the crate.</p> <p>The first phase of the work was to teach the castings to the machine vision system and to design a new kind of crate. The castings were taught to the 3D machine vision system and a FIN pallet with a 20 cm collar was selected as a new crate for testing the system.</p> <p>The robot and camera system were installed as a demo cell, where the final system could be tested when the planned the new kind of crate was delivered to the cell. The demo cell tested the functionality of the entire system and its ability to function in a real job.</p>		
<p><u>Key words</u> Machine vision, robotics, bin picking</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TOIMEKSIANTAJA	6
3 TAVOITE	9
4 KONENÄKÖ	10
4.1 Yleistä konenäöstä	10
4.2 1D-konenäkö	10
4.3 2D-konenäkö	11
4.4 3D-konenäkö	11
4.4.1 Stereokuvaus	11
4.4.2 Rakenteellinen valaisu ja valaisukuvio	12
4.4.3 Time of flight	13
5 KÄYTETTÄVÄT LAITTEET	14
5.1 Pickit M -kamerajärjestelmä	14
5.2 ABB IRB 2400	15
5.3 Schunk PGN-plus 100-1	16
6 KAPPALEEN OPETTAMINEN	18
7 DEMOASEMAN TOTEUTUS	26
8 TULOKSET	34
9 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Oras Group Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on ottaa konenäköjärjestelmä käyttöön ja yhdistää se robottiin, joka siirtää valettuja kappaleita valosastiasta kuljettimelle. Toimeksiantajan tavoite on lisätä työn tehokkuutta tuotantovaiheen automatisoinnilla sekä parantaa työergonomiaa vähentämällä itseään toistavaa fyysisesti rasittavaa ja monotonista työtä. Lisäksi työ tarjoaa tilaajalle mahdollisuuden tutustua uuteen teknologiaan.

Toteutuksessa käytetään Pickit M -3D-kameraa yhdessä ABB IRB 2400 -robotin kanssa. Pickit M on helppokäyttöinen ja tehtävään sopiva 3D-kamera. ABB IRB 2400 taas on yleinen teollisuudessa käytettävä käsivarsirobotti. Molemmat laitteet sopivat tehtävään hyvin niiden yleisyyden ja monipuolisuuden vuoksi. Laitteiden yleisyys parantaa käytettävissä olevien resurssien, kuten ongelmanratkaisun ja ohjelmointiohjeiden saatavuutta.

2 TOIMEKSIANTAJA

Toimeksiantaja työlle on suomalainen LVI-alan tuotteita valmistava Oras Group Oy. Yrityksen perusti vuonna 1945 Erkki Paasikivi yhdessä vaimonsa Irja Paasikiven sekä Irjan isän, Kosti Oraksen, kanssa ja se on yksi Euroopan suurimmista hana- ja suihku-tuotteiden valmistajista sekä markkinajohtaja Pohjoismaissa. (Oras Invest OY.)

Yritys aloitti toimintansa korjaamalla linja-autoja ja huoltamalla niitä, sillä Kosti oli aiemman työskennellyt linja-autoliikennöitsijänä. Erkki kuitenkin halusi yrityksen kehittyvän konepajana. Siirtyminen LVI-tuotteisiin tapahtui vuonna 1947 Erkki Paasikiven hankittua vaunulastillisen ilmantorjuntakranaattien kuoria, joista valmistettiin putkiliittimiä. (Oras Invest OY.)

1951 Oras aloitti vesihanojen valmistamisen, jolle oli suuri tarve Suomessa. Vesihanojen kysyntä oli niin suurta, että yritys pystyi keskittymään ainoastaan hanojen valmistukseen. Aluksi valaminen teetettiin alihankintana, mutta laadun vaihdellessa päätti yritys perustaa oman valimon. Tekniikka lisensointiin Piel & Adey -yritykseltä Länsi-Saksasta 1955. (Oras Invest OY.)

1960-luku oli Oraksella nopean kehityksen aikaa. Kaksiotehanat myivät erittäin hyvin ja niistä muodostui yrityksen tärkein tuote. Vienti oli kuitenkin vaatimatonta ja suuntautui lähinnä Pohjoismaihin. Oras osallistui 1967 Frankfurtin ISH-messuille, jotta vientiä saatiin kasvatettua. Uusi tehdas Isometsässä vihittiin käyttöön 1970. (Oras Invest OY.)

1975 oli Oraksen historian ensimmäinen tappiollinen vuosi öljykriisin aiheuttaman laman vuoksi. Toipuminen oli kuitenkin nopeaa Safira-vipuhanan avulla, joka oli Suomessa erittäin suosittu. Lisäksi hana muodosti noin puolet yrityksen vientituloista. Vuosi 1979 oli merkityksellinen, sillä Erkki Paasikivi antoi yrityksen johtotehtävät pojilleen, Pekka, Juhani ja Jari Paasikivelle. (Oras Invest OY.)

Samoihin aikoihin Oraksella uskottiin kotimaan kysynnän saavuttaneen huippunsa ja kasvua piti jatkaa ulkomailla. Strategiaa aloitettiin suorittaa ostamalla saksalainen hanavalmistaja Goswin & Co vuonna 1982, suurin kansallinen kilpailija, Osy, 1983 ja norjalainen Lyng Armatur vuonna 1984. Lisäksi 1980-luvulla Oraksen toimintaa oli kuudessa maassa ja vientiä oli myös Euroopan ulkopuolelle. (Oras Invest OY.)

1990-luvun laman osuessa erityisen kovaa rakennusallalla, Oraksen kotimaan liikevaihto laski. Onneksi Saksan ja Norjan vienti korvasivat yrityksen kotimaassa aiheutuneet menetykset. 1993 yritysostot jatkuivat kasvun varmistamiseksi ja näkymät olivat positiiviset oman uuden teknologian, elektronisen vesihanan, vuoksi. (Oras Invest OY.)

1995 Oras aloitti kasvustrategian ”Visio 2005”, jonka tavoitteena oli Euroopan markkinat ja liikevaihdon kolminkertaistaminen. Ensi askel strategiassa oli elektronisen vesihanan markkinoille tuominen ensimmäisenä eurooppalaisena valmistajana. Yrityksen nimi ja tavaramerkki olivat kehittyneet tunnistetuksi ja arvostetuksi brändiksi, joka yhdistettiin kestävyteen, innovaatioihin ja laadukkaaseen muotoiluun. 1996 Puolan Olesnosta Oras osti hanatehtaan. Visio 2005 osoittautui kuitenkin liian monimutkaiseksi toteuttaa ja katse siirtyi toimialaan laajemmin. (Oras Invest OY.)

1999 Oraksesta tuli Uponorin suurin omistaja ja teollinen omistajuus alkoi. Uponorin hallituksen puheenjohtajaksi nousi Pekka Paasikivi. (Oras Invest OY.)

Oras Invest perustettiin 2006 hallinnoimaan perheenomistuksia. Oras Investin strategia oli alusta alkaen olla pörssiyhtiöiden suurin omistaja, ja yksityisomistuksessa olevien yritysten pitkään aikaväliin sitoutunut enemmistöomistaja. (Oras Invest OY.)

Kemira oli 2007 yrityksen seuraava sijoituskohde sen toimialan vuoksi. Kemiran pääomistaja, Suomen valtio, oli valmis luopumaan riittävän suuresta osakkuudesta, jotta Oras Investistä tulisi suurin omistaja. Pian oston jälkeen Tikkurila irrotettiin Kemirasta itsenäiseksi pörssiyhtiöksi, jolloin Oras sai neljännen tukijalkansa. (Oras Invest OY.)

Oras Invest osti saksalaisen kilpailijansa Hansan 2013. Oston yhteydessä muodostui Oras Group ja yrityksen liikevaihto ja henkilöstömäärä kaksinkertaistuivat. Koko historiansa ajan Oras Invest on pysynyt täysin perheyrietyksenä ja se on sitoutunut jatkamaan työtään Oras Groupin, Uponorin, Tikkurilan ja Kemiran pitkän tähtäimen aktiivisena omistajana. (Oras Invest OY.)

Yrityksen omistaa perheyritys Oras Invest Oy ja sen merkittävimmät tuotemerkit ovat Oras ja Hansa. Yrityksellä on n. 1400 työntekijää kahdessakymmenessä maassa ja sen liikevaihto oli vuonna 2019 225,4 milj. €. (Oras Invest OY.)

3 TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, ohjelmoida ja rakentaa työasema, jossa valosastiasta siirretään robotilla valokset telineeseen, jonka avulla ne siirretään sahausrobotille. Tarpeen vaatiessa suunnitellaan uusi asema tai muokataan olemassa olevaa tapaa, jolla valokset siirretään työasemalla. Tavoiteaika yhden kappaleen siirtämiseen laatikosta telineeseen on kolme minuuttia. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain telineeseen asti siirtämiseen.

Työhön käytetään Pickit M -koneäkökamerajärjestelmää sekä ABB IRB 2400 -robottia. Lisäksi robottiin liitetään Schunk PGN-plus-P 100-1 -tarttuja työn tilanneen yrityksen koneistamalla tarttujan leuoilla.

Työn tavoitteena on parantaa tuotannon tehokkuutta automaatiota lisäämällä sekä parantaa työntekijöiden ergonomiaa ja työviihtyvyyttä vähentämällä raskasta ja yksinkertaista, fyysistä työtä.

4 KONENÄKÖ

4.1 Yleistä konenäöstä

Konenäkö on yhden tai useamman kameran kaappaaman kuvan tulkintaa tietokonetta ja tietokoneohjelmaa tai kameran sisäänrakennettua älyä käyttämällä. Konenäköjärjestelmä rakentuu yleensä kamerasta, tietokoneesta ja tietokoneella käytettävästä ohjelmasta sekä valaistuksesta. Joissakin tapauksissa tietokonetta ei tarvita, vaan sen työ voidaan toteuttaa kameran omalla älyllä. Konenäköjärjestelmät suorittavat lähes aina ohjelmia, jotka ovat tarkoituksenmukaisesti ohjelmoituja. Konenäköä käyttämällä lähes kaikista roboteista voidaan tehdä älykkäitä. Tämä tarkoittaa sitä, että robotti kykenee sopeutumaan tehtäviinsä havaitsemalla muuttuvat tilanteet kuten poimittavien kappaleiden sijainnin tai asennon. Konenäöllä voidaan myös tarkistaa esimerkiksi liimattavan kappaleen liimapinnan laatu, jolloin robotti voi palata takaisin liimanlevityspisteelle. Konenäön etuja ihmiseen nähden ovat nopeus, toistettavuus ja tarkkuus. Lisäksi konenäöllä voidaan havaita aallonpituuksia, joita ihminen ei näe, kuten infrapuna ja ultravioletti. (Cognex 2016.)

4.2 1D-konenäkö

1D-konenäkö on konenäön tekniikka, jossa kuvataan kohdetta viiva kerrallaan, eikä sitä välttämättä edes mielletä konenäöksi. Yleisin käyttötarkoitus 1D-konenäölle on viivakoodien lukeminen, johon yleensä käytetään laseriin perustuvaa lukutapaa. 1D-konenäköä voidaan käyttää myös laadunvalvontaan, kuten paperin tasalaatuisuuden tarkistamiseksi. Tällaisissa käyttötarkoituksissa kuvattava kohde liikutetaan lukualueen läpi ja tekniikassa verrataan edellistä kuvaa sitä seuraaviin kuviin. (Vision systems design 2019.)

4.3 2D-konenäkö

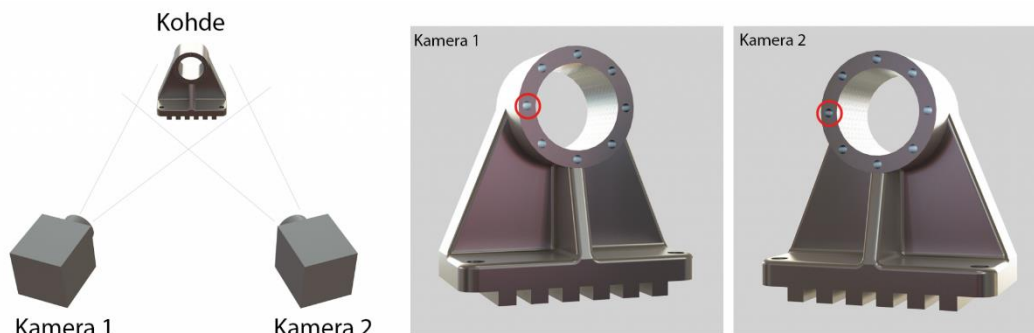
2D-konenäköä käytettäessä kuvataan tiettyä aluetta tasolla. Näissä tapauksissa koko kuvattava kappale on kameran kuvausalueella ja kappaleesta saatava kuva on yhtenevä. Tällä tavalla saatavaa kuvaa voidaan käyttää esimerkiksi laadunvalvonnassa kappaleen koon tai muodon varmistamiseksi. Muita käyttötarkoituksia 2D-konenäöllä löytyy muun muassa kappaleiden laskemisessa. 2D-kamerat, joita käytetään konenäön sovelluksissa, voivat olla tavallisia valokuvauskameroita mutta yleensä käytetään tarkoitukseen valmistettuja kameroita, jotka ovat pienempiä ja kestävämpiä sekä yleensä edullisempia verrattuna tavallisiin kameroihin. Konenäkökäyttöön tarkoitetuissa kameroissa erilaisten kuvaukseen liittyvien asetusten säätäminen on yleensä myös helpompaa. Yleisimpiin kameratarkkuuksiin lukeutuvat 5 megapikselin kamerat, mutta käyttötarkoituksesta riippuen tarkempiakin kameroita käytetään. (Vision systems design 2019.)

4.4 3D-konenäkö

3D-konenäköä käytettäessä kuvattuun alueeseen saadaan lisättyä myös syvyys. Syvyyden lisäämiseksi kuvaan tarvitaan erikoistuneita laitteita.

4.4.1 Stereokuvaus

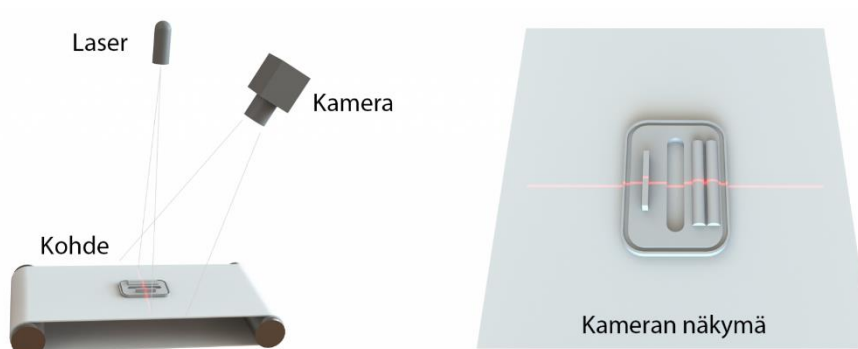
Yksi tapa 3D-kuvata kappaleita on stereokuvaus. Stereokuvauksessa käytetään kahta tai useampaa kameraa, jotka ovat aseteltu vierekkäin kuvaamaan kappaletta hieman eri kulmista. Stereokuvattaessa konenäköjärjestelmä laskee kappaleiden sijainnin syvyysuunnassa kameran havaitsemien pisteiden avulla, jotka ovat kuvattavassa kohteessa fyysisesti samassa paikassa, mutta jotka eri kamerat havaitsevat eri kulmista. Näitä pisteitä kutsutaan vastinpisteiksi (kuva 1). Stereokuvausta ennen kamerat on kalibroitava käyttämällä tunnettua kuviota, jonka avulla järjestelmä pystyy laskemaan kameroiden sijainnin toisiinsa nähden. Lähes aina kalibrointi toteutetaan konenäköjärjestelmän valmistajan toimittamilla kalibrointilevyillä ja järjestelmän ohjelmistolla. (Marshall 1994.)



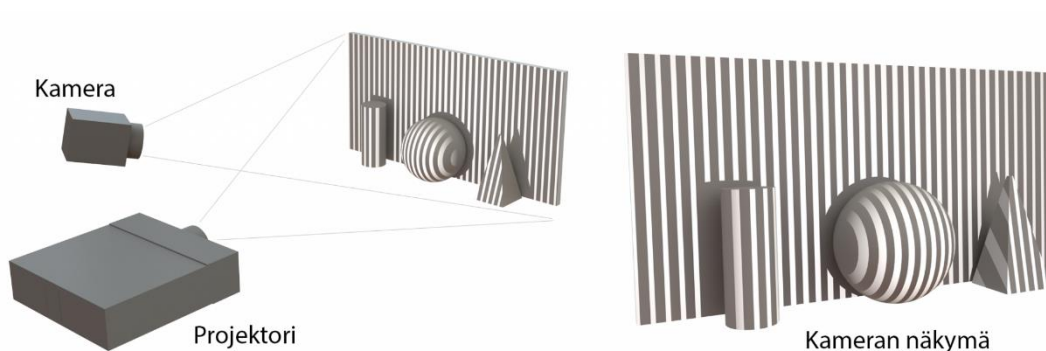
Kuva 1. Stereokuvauksen periaate (Tehokas konepaja 2021)

4.4.2 Rakenteellinen valaisu ja valaisukuvio

Rakenteellinen valaisu on toinen mahdollinen tapa 3D-kuvauksen toteuttamiseen. Rakenteellista valaistusta käytettäessä kuvauslaitteistoon kuuluu kamera sekä valaisin. Valaisimella kuvattavasta kappaleesta valaistaan osa, josta valaisimen paikan ja kulman suhteella kameraan voidaan laskea kappaleen etäisyys kamerasta. Tavallisin käytetty valaisin rakenteellisessa valaistuksessa on laserviiva (kuva 2). Tekniikka tunnetaan myös toiselta nimeltään laserskannaus. Laserskannaus voi verrata 1D-konenäköön siten, että kappaleen on liikuttava viivan alta, jotta kappaleesta saadaan kokonaisvaltainen kuva. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää projektoria, joka valaisee kuvattavan alueen kokonaisuudessaan (kuva 3). Projektoria käytettäessä käytetään erilaisia valaisukuvioita kuvattavien kappaleiden 3D-pistepilven muodostamiseksi. Kun valaisukuvioiden muodot tunnetaan, saadaan 3D-pistepilvi muodostettua niiden muodonmuutosten perusteella. Pistepilvestä voidaan laserskannauksen tavoin projektorin paikan ja kulman perusteella laskea pisteiden etäisyys kamerasta. (Valo 2019.)



Kuva 2. Laserviivan muodonmuutoksin perustuvan 3D-kuvauksen periaate (Tehokas konepaja 2021)



Kuva 3. Valaisukuvioon perustuva 3D-kuvauksen periaate (Tehokas konepaja 2021)

4.4.3 Time of flight

Time of flight -kuvaustekniikka perustuu sen ajan mittaamiseen, mikä valolta kuluu kameranlta kohteeseen ja takaisin. Tekniikka on verrattavissa ultraääniantureihin. Kun kohde on kuvattu, kuvatuista pisteistä voidaan muodostaa syvyyskartta (eng. depth map) tai pistepilvi. Syvyyskartta on harmaasävykuva, jossa harmaan eri sävyillä osoitetaan pisteiden etäisyys kamerasta. Vaihtoehtoisesti kuvauksesta voidaan luoda pistepilvi. Jos kuvattavasta kohteesta otetaan myös 2-ulotteinen värikuva, voidaan värikuvasta luoda tekstuuri, joka voidaan asettaa pistepilven päälle. Täten saadaan todellisuutta vastaava 3D-malli. (Li 2014.)

5 KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

5.1 Pickit M -kamerajärjestelmä



Kuva 4. Pickit M -kamera, tietokone sekä kaapelit (Pickit verkkosivut 2020)

Pickit M -kamerajärjestelmä (kuva 4) koostuu kahdesta fyysisestä osasta sekä valmistajan ohjelmistosta. Fyysiset osat ovat itse kameraosa, johon kuuluu kaksi kameraa, sekä tietokone, johon kameraosa liitetään. Tietokone tunnistaa kappaleen ja suorittaa laskutoimitukset robotille, jotta robotti voidaan ajaa oikeaan paikkapisteeseen. Kamera on varustettu kahdella linssillä ja optisella kennolla 3D- kuvan muodostamiseksi. Kameran kuva-ala on korkeintaan 700 x 900 mm, 875 mm:n etäisyydellä. Kameran suurin kuvausetäisyys on 1275 mm. Kameralla voidaan kuvata kohteita jo 425 mm etäisyydeltä, mutta kuva-ala on silloin vain 300 x 350 mm. Kameran virhe kuvattaessa on valmistajan ilmoituksen mukaan alle 3 mm. Tarkin kuva kameralla saadaan mahdollisimman läheltä kuvattaessa. (Pickit:n verkkosivut 2020.)

5.2 ABB IRB 2400



Kuva 5. ABB IRB 2400 -robotti (ABB verkkosivut 2020)

ABB on maailmalla yleisimpiin teollisuusrobottien valmistajiin kuuluva ruotsalaisveitsiläinen yritys. ABB IRB 2400 (kuva 5) on 6-akselinen teollisuusrobotti, ja sitä on saatavilla sekä 10 kg että 16 kg nostokyvyllä. Kaikkia robotin akseleita voidaan liikuttaa samaan aikaan, mikä mahdollistaa sulavat, tarkat ja tehokkaat liikkeet. Mahdollisia ajotiloja robotilla on kolme. Ne ovat automaattitila, manuaalitila ja manuaalitila 100 %. Työssä käytetään 16 kg nostokyvyn mallia, sillä työn tilaajalla on kyseinen robotti käytettävissä työtä varten. (ABB verkkosivut 2021)

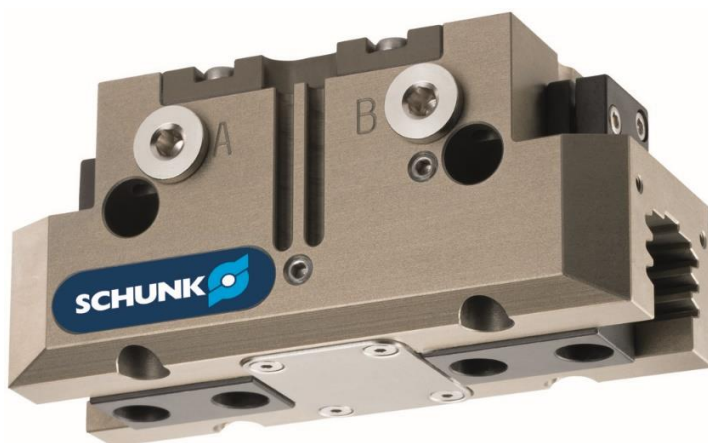
Automaattitilaa käytetään, kun robotin ohjelma on valmis ja todettu varmatoimiseksi. Automaattitilaa käytetään myös robotin varsinaisessa työssä. Automaattitilassa ohjelman muokkaaminen ei ole mahdollista. (ABB verkkosivut 2021)

Manuaalitilassa robotin liikkeiden nopeus on rajoitettu yleensä 25 %:iin huippunopeudesta käyttäjän, ympäristön ja robotin turvallisuuden parantamiseksi. Manuaalitilaa käytetään sekä robotin kalibrointiin että robotin ohjelmointiin. Lisäksi manuaalitilassa

voidaan tarkistaa ohjelman toimivuus sekä mahdollisesti vaaralliset liikkeet ja liikera-dat ilman, että aiheutetaan yhtä suurta vaaraa kuin automaattitilassa tai manuaalitilan 100 % -tilassa. Toisin kuin automaattitilassa, manuaalitilassa ja manuaalitila 100 %:ssa on käyttäjän pidettävä Flexpendant-ohjaimen kuolleen miehen kytkin käyttö-asettoon painettuna, jotta robotti liikkuu. Tällä keinolla robotti pysähtyy välittömästi, jos käyttäjä ei ole kykenevä pitämään kytkintä oikeassa asennossa tai jos robotti tekee jotakin, mitä sen ei ole tarkoitus tehdä kuten poikkeaa tarkoitettulta liikeradalta. (ABB verkkosivut 2021)

Manuaalitila 100 % on yhdistelmä automaattitilaa ja manuaalitilaa. Tässä tilassa ro-botti liikkuu täydellä ohjelmoidulla nopeudella, mutta kuolleen miehen kytkintä on käytettävä. Myös robotin ohjelmointi onnistuu tässä tilassa. Tilaa käytetään useimmi-ten viimeisenä testausvaiheena ennen, kuin robotti otetaan työkäyttöön ja asetetaan automaattitilaan. (ABB verkkosivut 2021)

5.3 Schunk PGN-plus 100-1



Kuva 6. Schunk PGN-plus 100-1 -tarttuja ilman leukoja (Schunk verkkosivut 2020)

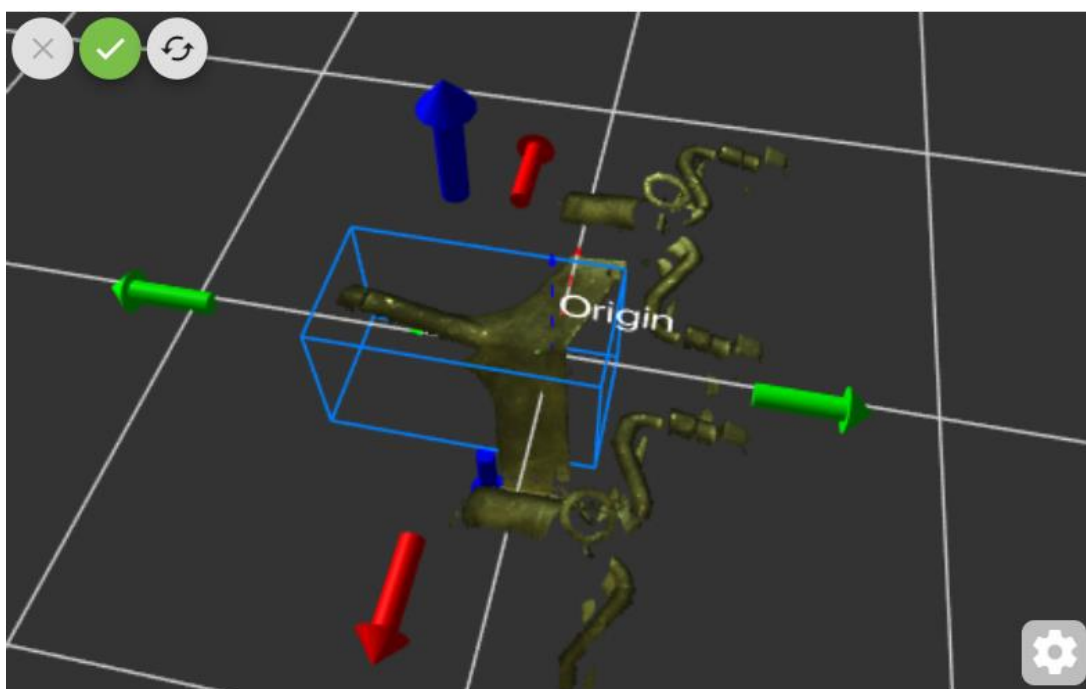
Schunk PGN-plus 100-1 (kuva 6) on paineilmalla toimiva tarttuja, jota käytetään opin-näytetyössä kappaleiden käsittelyyn. Tarttujaa voidaan käyttää 2,5-8 barin paineil-malla, mutta suositeltu paine on 6 baria. Tarttujan sulkuvoima on 660 Newtonia ja avausvoima 725 Newtonia. Suositeltu käsiteltävän kappaleen enimmäismassa tart-

tujalla on 3,3 kg, suositus koskee kuitenkin ainoastaan kappaleita, joihin tartutaan pelkällä puristusvoimalla, eikä siinä huomioida tarttujan leukojen muotoilua. Muotoiltuja leukoja käytettäessä voidaan tarttujalla käsitellä merkittävästi raskaampiakin kappaleita. Käyttölämpötila-alue tarttujalle on 5-90 °C. Tarttujan leukojen liikerata on 10 mm per leuka, eli 20 mm koko tarttujalle. (Schunk verkkosivut 2021.)

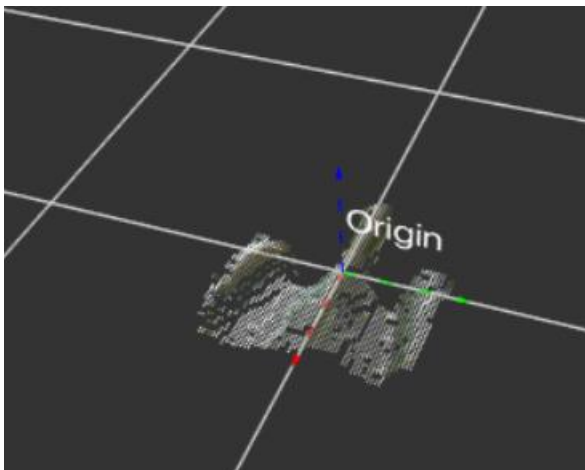
6 KAPPALEEN OPETTAMINEN

Pickit-konenäköjärjestelmälle kappaleen voi opettaa kahdella tavalla, kuvaamalla kappaleesta opetuskuva järjestelmän omalla kameralla tai lataamalla järjestelmään poimittavan kappaleen 3D-malli tiedostona. Työssä testattiin molempia tapoja, lopulta työssä päätettiin käyttää 3D-tiedostosta opetettua mallia. (Pickit 2020.)

Järjestelmän kameralla opetettava malli on helppo ottaa käyttöön, sillä mallin opettamiseksi ei tarvita muuta kuin konenäköjärjestelmä ja poimittava kappale. Malli opetetaan ottamalla kuva kappaleesta tasaisella alustalla (kuva 7) ja Pickit:n omaa ohjelmaa käyttämällä siitä rajataan pois alueet ja kameran havaitsemat pisteet, mitkä eivät kuulu kappaleeseen (kuva 8). Metodin heikkouksia ovat tarkkuus verrattuna tiedostosta opetettuun malliin ja se, että kappaleista, jotka eivät ole pyörähdyskappaleita joudutaan ottamaan useita kuvia eri suunnista, jotta kappaleesta saadaan asennosta riippumatta poimintapiste tunnistettua.



Kuva 7. Kameralla kuvattu malli, jonka raja-alue on valittu, mutta ei rajattu



Kuva 8. Kameralla opetetusta kappaleesta rajattu malli

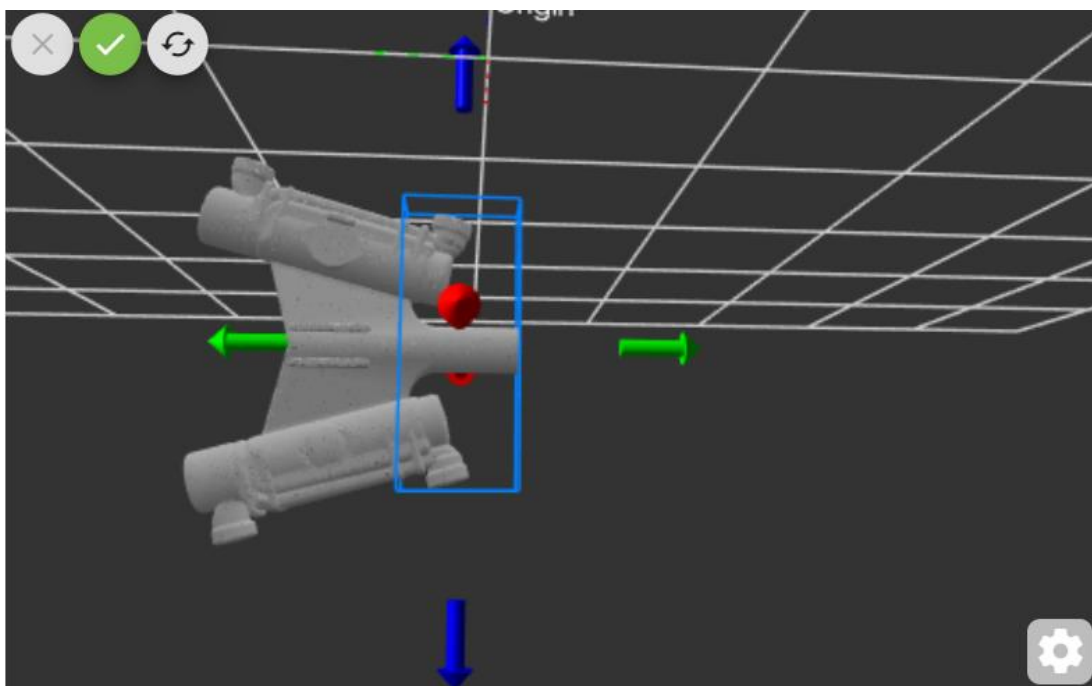
3D-malli, joka opetetaan tiedostosta, on vielä helpompi ottaa käyttöön kuin kameralla opetettava malli. Pickit tukee kolmea yleistä 3D-mallin tiedostoformaattia: ply, stl ja obj. Tiedosto voidaan raahata suoraan Pickit:n ohjelmaan, joka näyttää mallin esikat- selussa kuten kameralla kuvatussakin mallissa (kuva 9). Verrattuna kameralla opetta- miseen suoraan tiedoston lataaminen järjestelmään on kaikin puolin parempi tapa edel- lyttäen, että kappaleesta on 3D-malli olemassa.



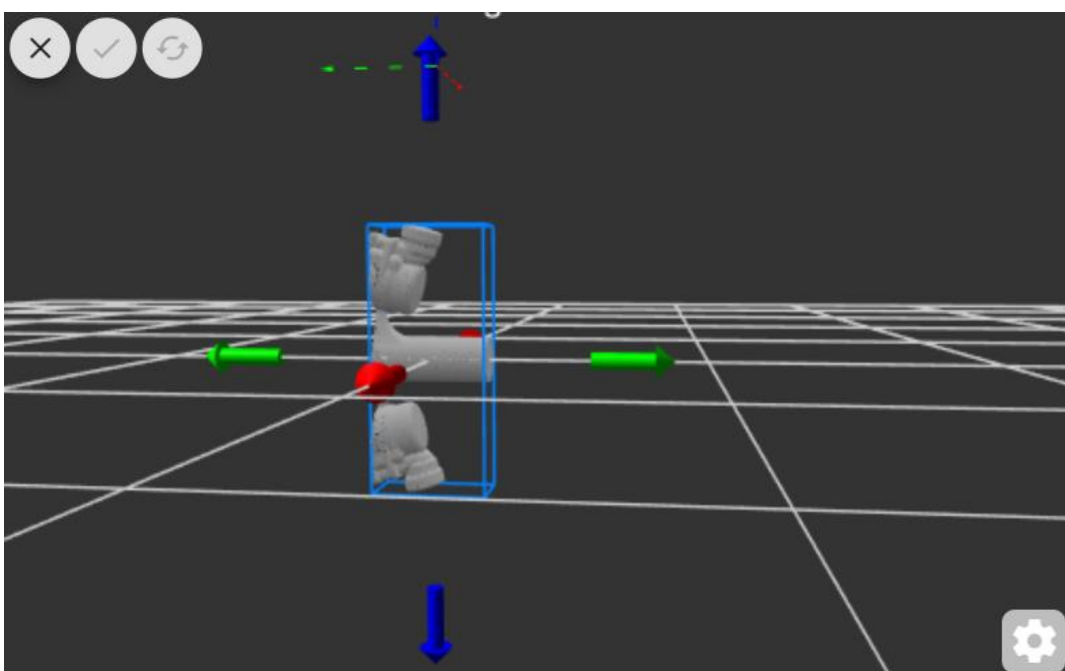
Kuva 9. 3D-mallitiedostosta opetettu kappale

Tavasta riippumatta malli on rajattava käyttökohteeseen sopivaksi. Kappaleista, jotka eivät ole pyörähdyskappaleita ja jotka ovat satunnaisessa kasassa esimerkiksi laati-

kossa, tulee vielä rajauksen jälkeen jäädä esiin poimintapiste, johon tarttujalla tartutaan sekä riittävästi kohtia, jotka antavat kappaleelle eriäviä piirteitä (kuvat 10 ja 11). Hyviä eriäviä piirteitä ovat esimerkiksi ulokkeet tai kaarevuudet sekä ohenemat ja paksuuntumat.

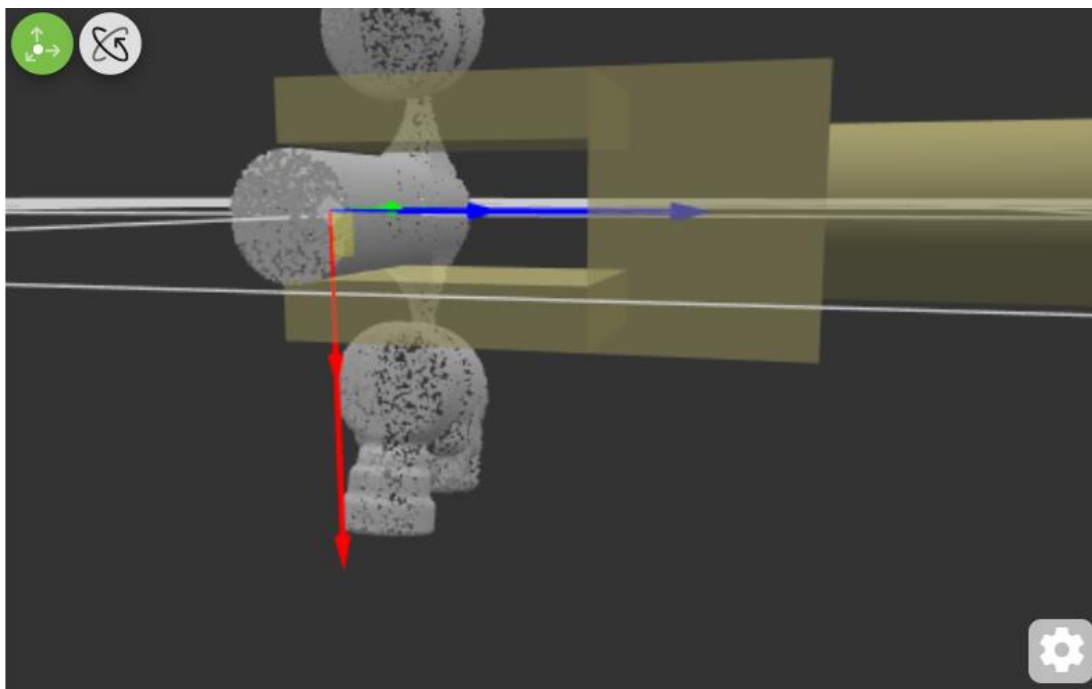


Kuva 10. 3D-mallista opetetusta kappaleesta on valittu tunnistuksessa ja poiminnassa käytettävä osa

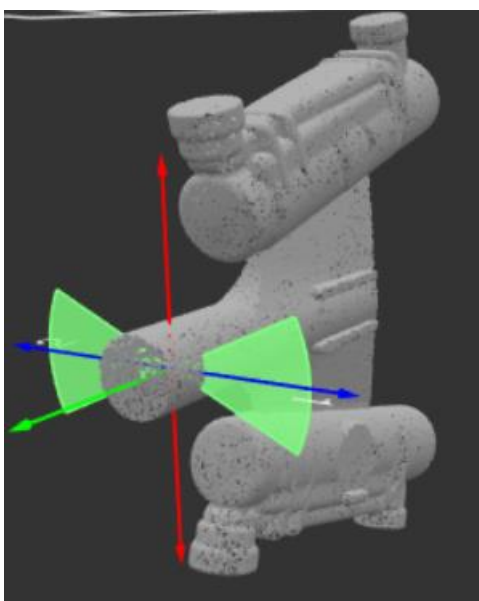


Kuva 11. Valittu osa on rajattu

Poimintapistettä opetettaessa on huomioitava, millaista tarttujaa käytetään (kuva 12). Sormitarttujalla poimintapiste valitaan eri perustein kuin esimerkiksi imukuppitarttujalla. Kun poimintapiste on valittu ja opetettu Pickit tarjoaa useita eri mahdollisuuksia poimintapisteen muokkaamiseen. Yhtenä vaihtoehtona on tarttujan poiminta-asennon väljyys X- ja Y- akseleiden suhteen. Työssä käytettävää sormitarttujaa käytettäessä voitiin antaa poiminta-asennolle 45° liikkumavara (kuva 13).

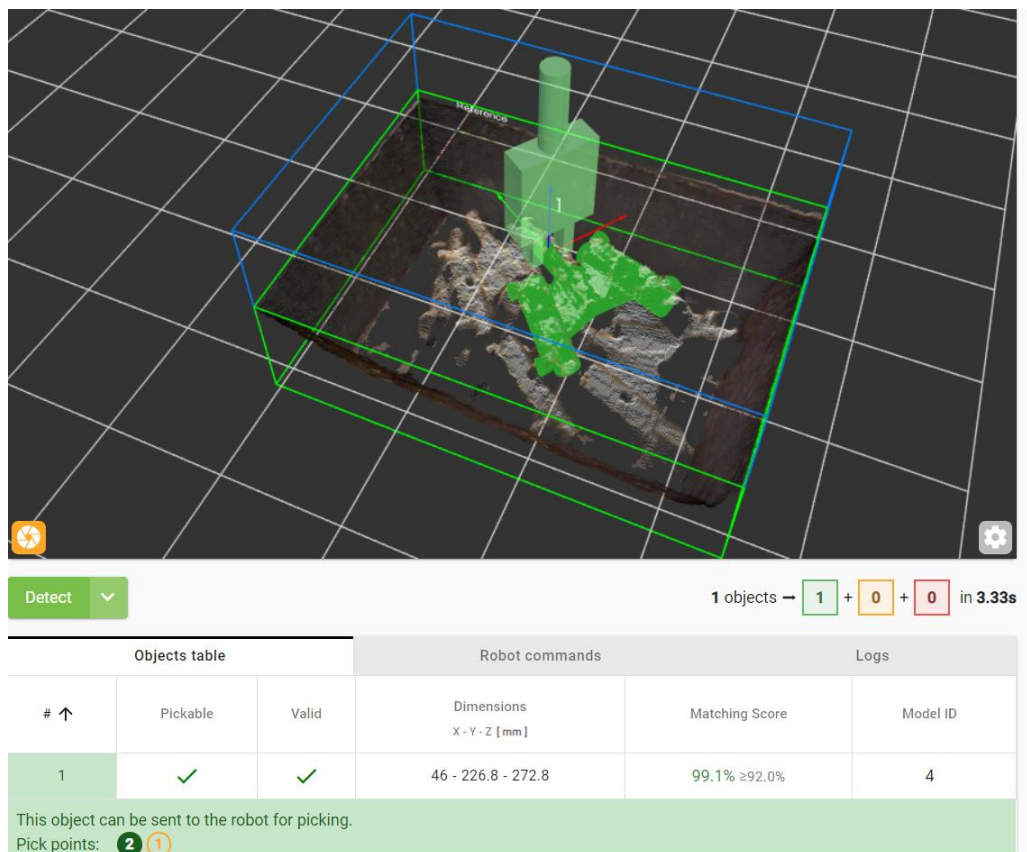


Kuva 12. Poimintapiste on valittu esikatselun esittämän työkalun avulla

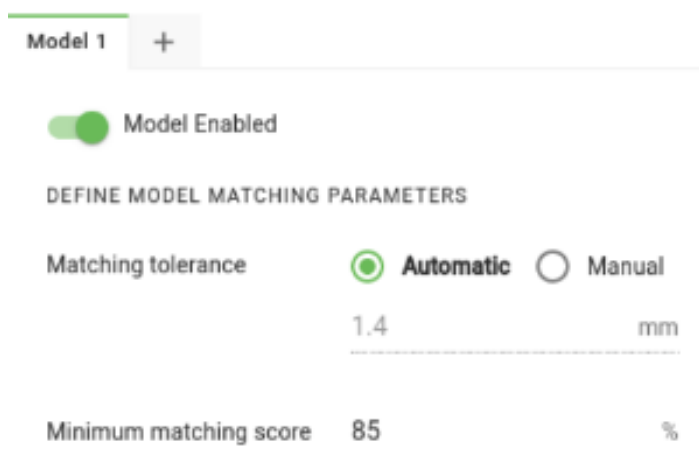


Kuva 13. Poimintapisteen tarttumissuunnat esitettynä vihreinä viipaleina

Kun tartuntapisteet ja mallit on saatu opetettua, otetaan poimintatilanteesta esikatselukuvia (kuva 14). Esikatselukuvien avulla mallien ja kuvattavien kappaleiden yhtenäisyyttä voidaan hienosäätää poimintatilanteeseen sopiviksi (kuva 15).



Kuva 14. Esikatselukuva poimintatilanteesta

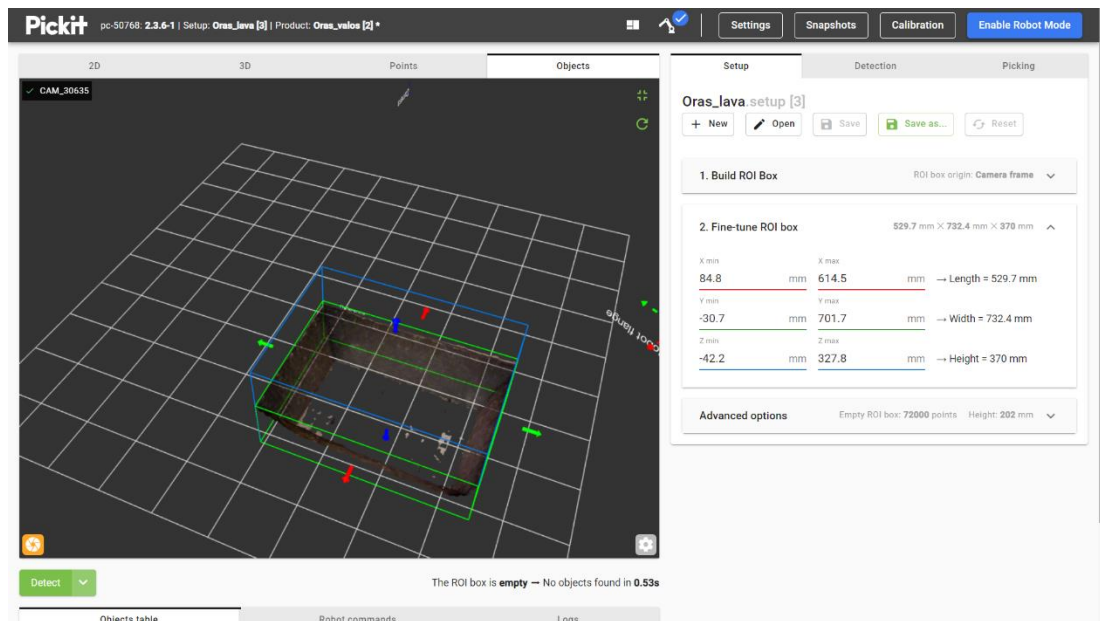


Kuva 15. Kappaleen ja mallin yhtenäisyyden määrittely

Mallien ja kappaleiden opettamisen jälkeen opetetaan poiminta-astia Pickit:lle. Tämä tapahtuu helpoiten asettamalla Pickit:n omat QR-koodilla merkatut opetuslaatat (kuva 16) poiminta-astian kulmiin astian päälle. Kun poiminta-astian reunat on opetettu QR-laattojen avulla, voidaan poiminta-astialle asettaa syvyys ja tarpeen vaatiessa myös korkeutta voidaan muuttaa, jolloin kappaleita voidaan poimia myös astian reunojen yläpuolelta astian ollessa kukkurallaan kappaleita (kuva 17).



Kuva 16. Poiminta-astian opettamiseen käytettävät QR-laatat



Kuva 17. Astian korkeuden määrittely ja reunojen hienosäätö

Poimittavien kappaleiden, poiminta-astian ja tarttujan perusteella voidaan päätellä, kannattaako työssä käyttää Pickit:n törmäyksenestotoimintoa. Tässä työssä poimittavat kappaleet ovat useita kiloja painavia kovia metallikappaleita, ja tarttujana toimii teräksisin sormin varustettu sormitarttuja, joten törmäyksenesto otettiin käyttöön. Törmäyksenestoa voidaan säätää useilla tavoilla ja sitä käyttäen voidaan erotella poiminta-astian reunat kameran havaitsemasta pistepilvestä (kuva 18). Koska poiminta-astia on valmistettu teräksestä, estetään myös tarttujan törmäminen poiminta-astiaan. Törmäyksenestossa voidaan määrittää, miten suuri ja tiheä pistepilvi pitää havaita kameralla, että se tulkitaan törmäykseksi, mitä tulee välttää.

4. Prevent collision with tool

Collision checks: **Bin, Other objects** ^

Tool collision
prevention with

Bin Other objects

Bin box

Different from ROI box

Z-min -42 mm → Height = 202 mm
Z-max 160 mm

Change the bin box settings in the Setup tab

Detect collision with



All points ROI box points

Volume occupancy
threshold

80 %

Volume size

3 mm

Kuva 18. Törmäkseneston asetukset

7 DEMOASEMAN TOTEUTUS

Demoasemalla testataan rakennettavan työpisteen toimivuutta sekä esitellään robotin ja 3D-kamerajärjestelmän toimintaa ennen kuin järjestelmä asennetaan työsoluun. Tällä menettelyllä voidaan taata parhaat mahdollisuudet järjestelmän toimintaan ja tutustua järjestelmän vaatimaan tilantarpeeseen.

Ennen kuin demoaseman perustaminen voitiin aloittaa, oli robottiin asennettava tarvittavat työkalut ja apulaitteet mukaan lukien tarttuja, tarttujan varsi ja työkalunvaihtaja (kuvat 19 ja 20). Varsi tarttujalle tehtiin 45 mm alumiiniprofiilista ja työkalunvaihtajaksi oli hankittu Robot System Productsin RSP P0106A. Työkalunvaihtajaan liitettiin paineilmaventtiilit, joilla ohjataan ja annetaan käyttövoimaa tarttujalle (kuva 21).



Kuva 19. Tarttuja, tarttujan varsi, tarttujan leuat ja paineilmaletkut tarttujan ohjausta sekä käyttövoimaa varten



Kuva 20. Tarttuja, tarttujan varsi, työkalun vaihtaja sekä tarttujan leuat



Kuva 21. Paineilmaventtiili ja ohjausjohtimet tarttujan ohjaamiseen

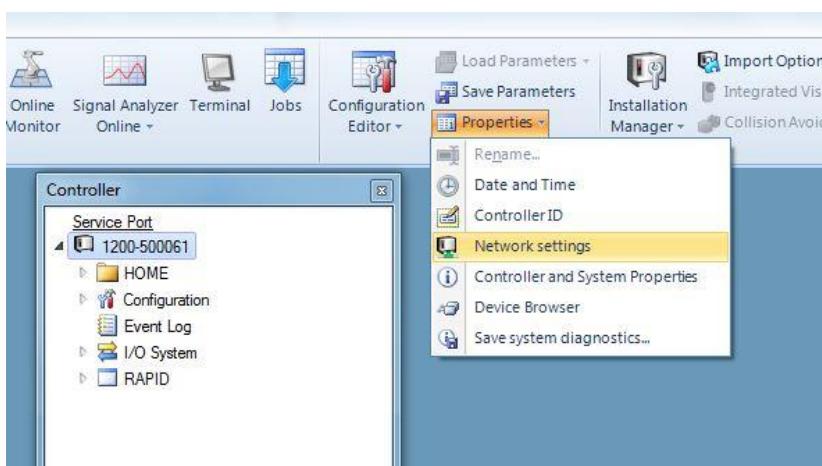
Demoaseman perustaminen aloitettiin suunnittelemalla karkeat paikat robotin, kameran sekä poiminta-astian sijoittelulle. Sopivan asettelun löydyttyä otetaan kameran tietokone käyttöön. Tietokone liitetään robotin ohjausyksikköön ja tietokoneeseen RJ-45

-johdoilla ja sitä käytetään erillisen tietokoneen selaimella. Kamera liitetään tietokoneeseen USB-johdolla.

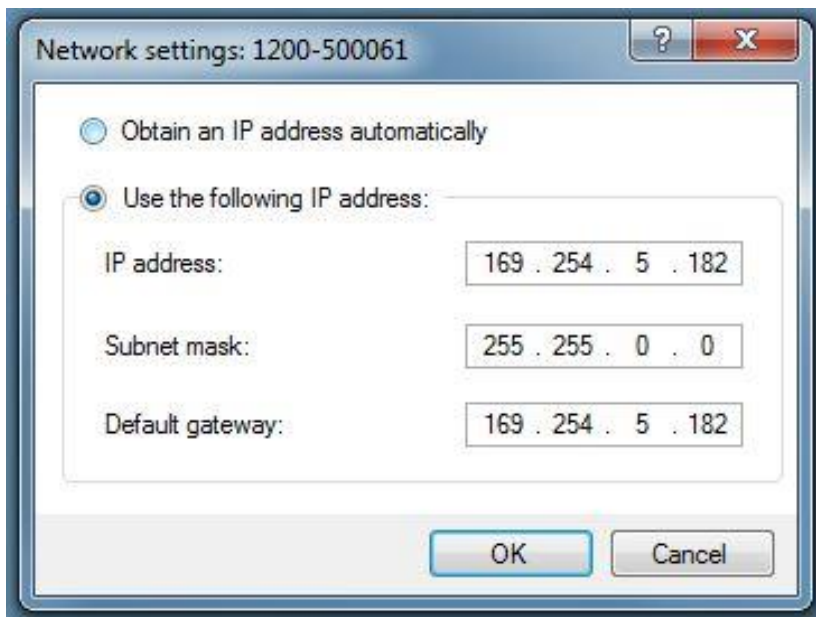


Kuva 22. Pickit-liitännät laitteen yhdistämiseksi tietokoneeseen ohjelmointia varten sekä robottiin ohjausta varten

Tietokoneen kytkentä robottiin suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaan (kuva 22). Ensimmäinen askel käyttöönottoon tapahtuu muuttamalla robotin IP-osoite samaan aliverkkoon Pickit-tietokoneen kanssa. Ohjeita seuraamalla selviää aliverkon osoite ja maski 169.254.XXX.XXX:255.255.0.0, Pickit:n suositusten perusteella robotin IP-osoitteeksi annetaan 169.254.5.182 (kuvat 23 ja 24). (Pickit 2020.)

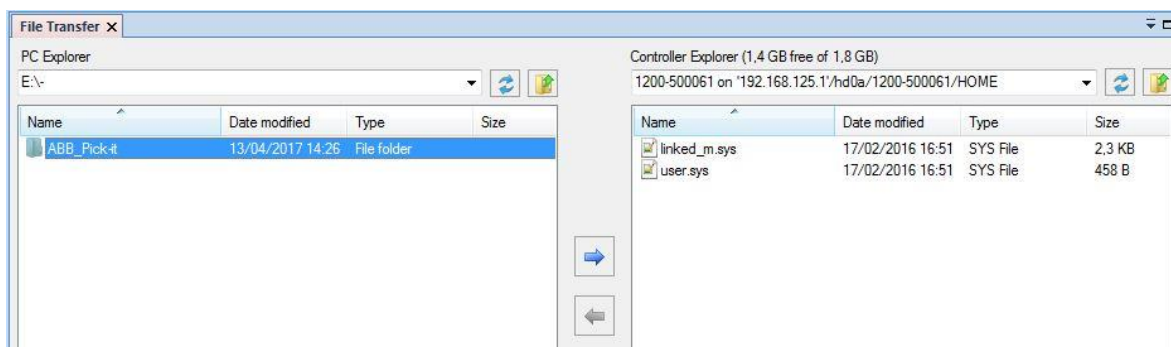


Kuva 23. Verkkoasetuksien muuttaminen RobotStudiassa



Kuva 24. IP-osoitteen vaihtaminen RobotStudiassa

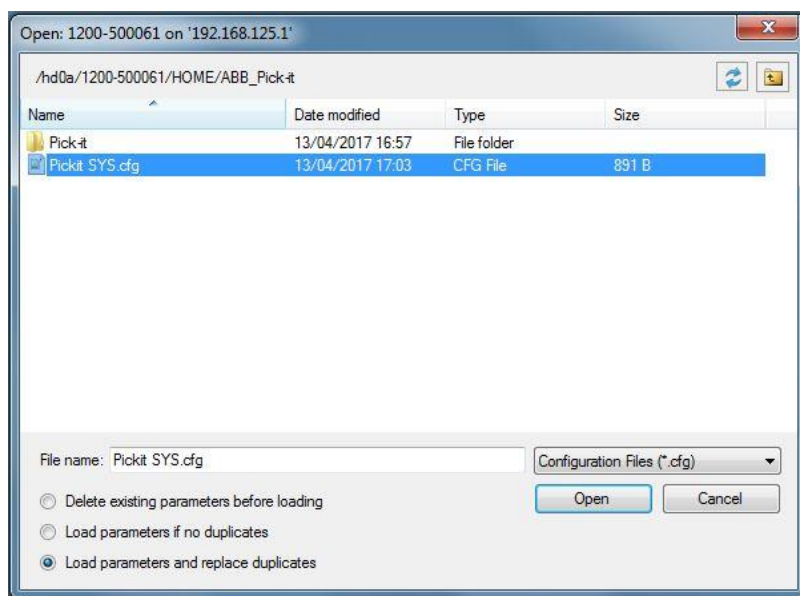
Robotille lähetetään Pickit-tietokoneesta rajapintatiedostot sekä konfiguraatitiedostot (kuva 25), jotka otetaan käyttöön robotissa (kuvat 26 ja 27).



Kuva 25. Pickit rajapinta- ja konfiguraatitiedostojen kopiointi RobotStudioon



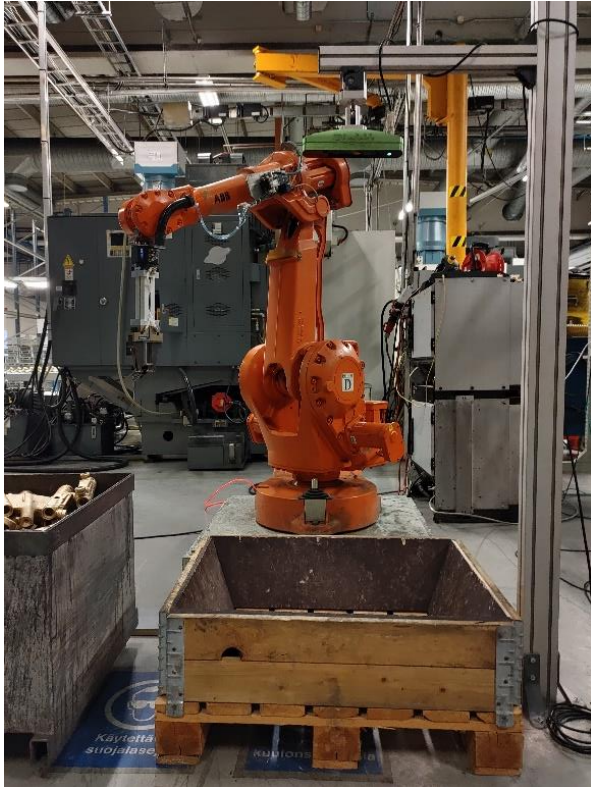
Kuva 26. Rajapintojen ja konfiguraatiodostojen siirtäminen RobotStudiosta robotille



Kuva 27. Pickit-rajapinnan ja konfiguraatiodostojen asennus robotille

Työalue pyritään asettelemaan siten, että kaikki poiminta-astiassa olevat kappaleet ovat aina robotin ulottuvilla, kuitenkin robotin välitöntä läheisyyttä välttäen, jotta robotin nivelet pysyvät varmemmin toiminta-alueillaan. Demoasemassa poiminta-astia on 480 mm robotin jalustasta ja sen pitkä sivu on robotin koordinaatistossa X-akselin suuntainen. Demoasemassa robotti on asennettu 200 mm korkean laatan päälle. Tällainen asennustapa parantaa robotin kykyä poimia kappaleita reunallisesta astiasta, sillä työkalu pysyy pystymässä asennossa verrattuna siihen, että robotti olisi työtason alapuolella.

Kameran sijaintia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kuvattavan alueen koko sekä etäisyys kamerasta. Työssä käytettävän kameran korkein kuvausetäisyys on 1275 mm ja kuvausalue 600 mm * 800 mm (Pickit). Näiden teknisten tietojen perusteella kameran paikaksi valitaan kuvausalueen keskeltä 1275 mm ylöspäin, jotta robotilla on mahdollisimman paljon tilaa työskennellä (kuvat 28 ja 29).



Kuva 28. Demoasema



Kuva 29. Demoasema

Demoasemalla pyritään myös simuloimaan erilaisia sekoitustekniikoita, joita voitaisiin käyttää lopullisessa työsolussa. Poiminta-astiaa on pystyttävä sekoittamaan, koska usein kappaleet ovat niin lähellä poiminta-astian reunoja sellaisessa kulmassa tai päällekkäin, että niihin ei voida tarttua poimintaa varten. Kappaleet irrottautuvat toisistaan hyvin kallistamalla laatikkoa sen toista reunaa 20-30 cm nostamalla ja sitten pudottamalla. Tavan ongelmaksi osoittautui kallistusmekanismin toteuttaminen ilman, että poiminta-astiaa joudutaan nostamaan lattiatasosta niin paljon, että se vaikeuttaa astian vaihtamista pumppukärryillä.

Toinen vaihtoehto, jota harkittiin, oli tärypöytä. Tämä vaihtoehto sai hyvin nopeasti kielteisen päätöksen pöydän aiheuttaman metelin vuoksi.

Lopulliseksi ratkaisuksi valittiin koukkutyökalu (kuva 30), jolla astiassa olevia kappaleita voidaan ”onkia”. Koukku tehtiin 2 mm teräslangasta, joka hitsattiin kiinni kupariseen hylsyyn. Hylsyn halkaisija on noin 30 mm, jotta sitä voidaan käyttää helposti ja kätevästi poimintaan tarkoitetulla sormitarttujalla. Koukun varren pituus on 100 mm ja koukkuosan 12 mm. Työn aikana testattiin toistakin koukkua, joka on samanlainen

mutta 10 mm koukulla. Testeissä todettiin, että 12 mm koukku on huomattavasti luotettavampi ja varmatoimisempi.

Koukulla tartutaan poimittavan kappaleen reikiin ja sitten kappaletta vedetään tartuntapisteestä 100 mm pois päin suuntaan, joka määräytyy Pickit:n parhaaksi havaitseman tartuntakulman mukaan. Pois vetäminen kappaleelle siis toteutetaan työkalun Z-akselin suuntaisesti.



Kuva 30. Koukku, jota käytetään kappaleiden siirtämiseen, kun kappaleita ei enää ole poimittavissa asennoissa

8 TULOKSET

Työssä saavutettiin tavoitteet 3D-kuvauksen suhteen. Kamerajärjestelmällä löydettiin kappaleet tarkoituksenmukaisesti ja robottia pystyttiin ohjaamaan tavoitteiden mukaisesti. Vaikka tarttujan avautumisliike on lyhyt, pystyttiin sitä käyttämään kappaleiden poimimisessa riittävällä tarkkuudella. Poimintaan kuluva aika oli huomattavasti lyhyempi kuin, mitä tarvitaan.

Poiminta-astia aiheuttaa poiminnassa ongelmia, sillä poimittavan kappaleen muodon vuoksi kappaleihin on tartuttava kohtisuoraan tarttujan Z- ja Y-akseleiden suhteen. Tämä aiheuttaa ongelmia niiden kappaleiden poiminnassa, jotka ovat kallellaan siten, että poimintapiste ja poimintasuunta ovat kääntyneinä poiminta-astian laitoja päin. Yritys suunnittelee tapaa, miten kappaleita saadaan sekoitettua astiassa siten, että viimeisetkin kappaleet saadaan poimittua robotilla.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Oras Oy:n Rauman tehtaalla ja sen tarkoituksena oli työvaiheen automatisointi ja työergonomian parantaminen poistamalla toistuva, fyysinen työvaihe. Työ toteutettiin Pickit M -koneäköjärjestelmällä ja ABB IRB 2400 -robotilla.

Työssä suunniteltiin ja toteutettiin valetun kappaleen poiminta laatikosta muiden samanlaisten kappaleiden joukosta ja kappaleen siirtäminen robotin läheisyydessä olevaan telineeseen. Telineestä valukappale siirtyy seuraavan robotin avulla sahausrobotille. Käytössä on varajärjestelmä, jossa hihnakuuljettimella olevia telineitä täytetään työntekijän toimesta, tarkoituksena on kuitenkin varajärjestelmän minimaalinen käyttö.

Kappaleiden löytäminen koneäköllä onnistui hyvin ja poiminnat olivat onnistuneita. Ongelmia tuli, kun poiminta-astiassa oli enää muutamia kappaleita jäljellä ja kappaleet olivat asennoissa, joihin robotilla ei voinut ajaa ilman, että tarttuja olisi törmännyt laattikkoon.

Tämä opinnäytetyö opetti valtavasti teollisen tuotannon prosesseista ja siitä, miten tuotantoketju toimii. Opinnäytetyön tekeminen nosti esiin todellisissa tilanteissa tulevia esteitä ja opetti, millaisia askelia voidaan ottaa niiden minimoimiseksi. Sain mahdollisuuden suunnitella työsolun osan todellisen ympäristön puitteissa. Opinnäytetyön tekeminen vahvisti ymmärrystäni 3D-koneäköön mahdollisuuksista, mutta myös sen haasteista vaikeiden kappaleiden poiminnassa. Myös ymmärrykseni AAB:n robottien käytöstä ja toiminnasta kasvoi huomattavasti.

LÄHTEET

ABB. (2017). Technical reference manual RAPID Instructions, Functions and Datatypes. https://library.e.abb.com/public/b227fcd260204c4dbeb8a58f8002fe64/Rapid_instructions.pdf

ABB verkkosivut. (2020). Haettu 14.12.2020 osoitteesta <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2400>

Cognex. (2016). Introduction to machine vision. https://www.assembly-mag.com/ext/resources/White_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf

Marshall D. (1994). Introduction to Stereo Imaging – Theory. Cardiff School of Computer Science & Informatics. http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Vision_lecture/node11.html

Li, L. (2014). Time-of-flight camera – an introduction. Texas Instruments. <https://www.ti.com/lit/wp/sloa190b/sloa190b.pdf>

Oras Invest OY. (2020). Meidän tarinamme 75 vuotta <https://www.orasinvest.fi/fi/historia>

Pickit. (2021). Pickit knowledge base. Haettu 5.2.2021 osoitteesta <https://docs.pickit3d.com/en/latest/>

Pickit verkkosivut. (2021). Haettu 5.2.2021 osoitteesta <https://www.pickit3d.com>

Tehokas konepaja verkkosivut. (2021). Haettu 8.2.2021 osoitteesta <https://tehokaskonepaja.samk.fi>

Schunk. (2021). PGN-plus 100–1 Haettu 30.1.2021 osoitteesta

https://schunk.com/fi_en/gripping-systems/product/547-0371102-pgn-plus-100-1/

Valo, P. (2019). Joustavan 3D-kuvaukseen perustuvan yhteistyörobotisovelluksen kehittäminen. Satakunnan Ammattikorkeakoulu.

Vision System Design. (2019). Types of machine vision. <https://www.vision-systems.com/knowledge-zone/article/14040180/types-of-machine-vision-systems>