

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatio

2019

Antti Saari

YHTEISTYÖROBOTIN KÄYTTÖKOHTEET

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Antti Saari

YHTEISTYÖROBOTIN KÄYTTÖKOHTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Universal Robots -yhteistyörobotin käyttömahdollisuuksia yleisesti ja Treston Oy:n tuotannossa. Opinnäytetyön aikana saatujen näyttöjen perusteella yrityksessä päätetään oman robotin hankimisesta. Työ suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun kanssa yhteistyössä ja käytössä oli amk:n Universal robots UR5e-yhteistyörobotti.

Robotisoinnin tavoitteena on vähentää ihmisiltä toistuvia, yksinkertaisia ja paljon aikaavieviä työvaiheita. Tavoitteeksi asetettiin myös noin 2 vuoden takaisinmaksuaika ja kannattavuuden tutkiminen.

Työ alkoi yhteistyöroboteihin liittyvällä tiedonhauilla ja kertomalla niistä yleisesti. Opinnäytetyön toinen vaihe liittyy annettujen vaatimusten perusteella tuotannon robotisointiin. Robotisoinnin yhteydessä laajemmin käsiteltäviä aiheita ovat tarraimen suunnittelu, työvaiheiden toteutus, tarvittavat automaatio osat, sekä kannattavuus.

Saatujen tuloksien perusteella robotin kannattavuus on tarpeeksi korkea, että robotin ostaminen on järkevää. Opinnäytetyön aikana kokeiltujen onnistuneiden työvaiheiden lisäksi Trestonilla on muitakin robotisoitavia kohteita, mikä pienentää robottiin sijoittamisen riskiä tulevaisuutta ajatellen.

ASIASANAT:

Automaatio, robotit, teollisuusautomaatio

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

2019 | number of pages 29

Antti Saari

APPLICATIONS FOR COLLABORATIVE ROBOT

This thesis was commissioned by a company called Treston Oy in Turku Finland. Treston Oy manufactures ergonomic industrial furniture and workstations for global market areas. The purpose of this thesis was to find out the possibilities of using the Universal robot UR5e collaborative robot in general and in Treston Oy's production. Based on the information obtained during research, the company decided to buy their own robot. The work was done in co-operation with Turku University of Applied Sciences and University of Applied Sciences' UR5e collaborative robot was used during this project.

The main goal of the robotization was to reduce the number of repetitive, simple and time-consuming work processes and transfer them to the collaborative robot. The target that was set was also a two-year payback period and profitability study.

The thesis began with the search for information about collaborative robots in general. The rest of the thesis is based on the given requirements for the robotization of production. The topics covered in robotics include gripper designs, 3D layout pictures and the necessary automation components.

.

KEYWORDS:

Automation, robots, industrial automation

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 TRESTON OY	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Historia	8
3 UNIVERSAL ROBOTS YHTEISTYÖROBOTIT	10
3.1 Universal Robots	10
3.2 Työssä käytetty robotti ja osat	12
3.2.1 Universal Robot UR5e	12
3.2.2 Robotiq Hand-E Adaptive Gripper	13
3.2.3 Robotiq Wrist Camera	15
4 ROBOTIN KÄYTTÖKOHTEIDEN TOTEUTUS	17
4.1 Listojen poistaminen koneesta	17
4.1.1 Työvaiheen toteutus	17
4.1.2 Robotin ohjelmointi	19
4.1.3 Robotin ohjelmointi Euromap 67-liitännällä	19
4.2 Tasojen asentaminen hyllyyn	20
4.2.1 Tasojen asennus kehikkoon	21
4.2.2 Robotin ohjelmointi	24
4.2.3 Havainnekuva	24
5 KANNATTAVUUS	26
5.1 Taloudellinen kannattavuus	26
5.2 Tuotannollinen kannattavuus	27
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1. Universal Robots ensimmäinen robottimalli UR5 (Universal Robots).	11
Kuva 2. Universal Robots UR5e (Universal Robots).	12
Kuva 3. Robotiq Hand-E Adaptive Gripper (Robotiq).	13
Kuva 4. Robotiq Wrist Camera (Robotiq).	14
Kuva 5. Snapshot asento ja tason luominen kalibrointilevyllä (Robotiq).	15
Kuva 6. Kappaleen paikantaminen-> Moniulotteisen mallin luominen (Robotiq).	15
Kuva 7. Robotti ja puristuskone.	17
Kuva 8. Pientavaralaatikosto 550 (Treston Oy).	19
Kuva 9. Pientavaralaatikon nykyinen koontikehikko (Treston Oy).	21
Kuva 10. Tehty yksinkertaistettu tarrain ja ensimmäinen luonnos.	22
Kuva 11. Tason asentaminen kehikkoon.	22
Kuva 12. Solidworks 3D-malli pientavaralaatikon kokoonpano liukuhihnoilla.	24

TAULUKOT

Taulukko 1. Suuntaa antavia lukuja (Treston Oy 2019).	26
---	----

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

GWS	G.W.Sohlberg
I/O	Tulo ja lähtösignaalit
ISO	Kansainvälinen standardisointi organisaatio (International Organization for standardization)
Solidworks	3D-mallinnukseen käytettävä ohjelmisto
UR	Universal Robots
UR5	Universal Robotsin valmistama robotti 5kg:n maksimi hyötykuormalla (numero voi vaihdella, mutta kertoo aina robotin hyötykuorman kilogrammoina)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia yhteistyörobotin käyttökohteita erilaisiin tuotannon vaiheisiin. Vaiheiden valintaperusteina oli robotin sopivuus työvaiheeseen, siihen käytettävä aika ja tuotantomäärät. Näiden perusteella päätettiin kaksi sopivaa robotisoinnin kohdetta. Tavoitteena oli lisäksi tutkia robotin kannattavuutta tuotannossa ja robotin hankintaan liittyvää kokonaisuutta.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja työvaiheiden toteuttamisesta, sekä suunnittelusta. Aluksi esitellään kohdeyrityksen yleisiä tietoja ja historiaa. Myös Universal Robots esitellään yrityksenä ja samaan yhteyteen on liitetty tiedot työssä käytetystä robotista ja komponenteista. Neljännen pääotsikon alle on koottu kaikki työn toteuttamiseen liittyvät tiedot. Toteutusosio sisältää muun muassa kirjoittajan suunnittelemia 3D-malleja tarraimesta ja työpisteestä. Lopuksi mietitään työvaiheiden kannattavuutta eri näkökulmista.

Opinnäytetyön aihe valittiin, koska Treston Oy:n Turun tehtaalla halutaan uudistaa tuotantomenetelmiä tulevaisuudessa ja tähän mennessä robotteja ei olla käytetty. Yrityksen suhtautuminen automaation ja robottien lisäämiseen tulevaisuudessa on ollut myönteinen. Ensimmäisestä robotista saatavat tulokset vaikuttavat tulevaisuudessa suuntaan, mihin tuotantoa aletaan kehittämään.

2 TRESTON OY

2.1 Yleistä

Treston Oy on yksi maailman johtavista teollisuuskalusteiden ja -työpisteiden toimittajista. Treston tunnetaan hyvin laadukkaasta ergonomiasta ja modulaarisuudesta lähtöisesti suunnitelluista tuotteista. Tehtaat sijaitsevat Turussa ja Jyväskylässä, lisäksi Trestonilla on tytäryhtiöitä kuudessa eri maassa. Vuonna 2018 Trestonin liikevaihto oli 33,795 miljoonaa euroa (Treston Oy, 2019).

2.2 Historia

Treston Oy:n juuret ylettyvät yli 100 vuoden taakse. Treston, nimi mitä yritys kantaa nykyäänkin on toiminut vuodesta 2011 yhdessä Sovella Oy:n kanssa Treston Group -konsernissa ja 2015 fuusioituneet Treston-yhtiöksi. Treston Oy:n perustusvuosi on 1969 ja Sovella Oy:n 1876 (Treston Oy, 2019).

Varhaisin vuonna 1876 osaksi Trestonia tullut yritys sukuyhtiö G.W.Sohlberg (GWS) oli alun perin pläkkisepänerverstas. Vuonna 1909 GWS alkoi muuttua teollisuusyritykseksi ja alkoi valmistamaan peltirasioita elintarviketeollisuuden tarpeisiin. 1930-luvulla alkoi ensimmäisten metallisten toimisto- ja työpaikkakalusteiden tuotanto, mikä kehittyi vuoteen 1950 mennessä yrityksen tärkeimmäksi tuoteryhmäksi. Samaan aikaan GWS aloitti teollisuuskalusteiden valmistuksen. Sovella nimi syntyi 1960-luvulla, kun yritys alkoi valmistaa säilytyskalusteita kotitalouksiin. 1970-luvulla tuotantoon tulivat myös oluttölkkit, korkit ja pullonavaajat, jotka olivat aikansa hittituotteita. Tämän jälkeen vuonna 1974 GWS:n johtaminen ja teollisuuskalusteiden valmistus siirrettiin Helsingistä Jyväskylään uuden tehtaan tiloihin (Treston Oy, 2019).

Treston nimi tuli ensimmäistä kertaa esille vuonna 1969, kun Vaasan Höyrymylly perusti yhdessä MK-tuotteen kanssa Trestonin ja tehdas rakennettiin Turkuun. Tehtaan rakennusvuonna alkoi myös Trestonin tie muoviteollisuudessa. Muovi alettiin nähdä tulevaisuuden alana ja kehitys suunnattiin siihen. Ensimmäiset tuotteet olivat muovista ruiskuvalettuja laatikoita ja laatikostoja. 1970-luvulla yrityksen tärkeimmäksi tuotteeksi tuli ”Palaset” eli sisustuselementiksi tarkoitettu muovikuutio, mistä syntyi mm. hyllyjä ja pöytiä eriväreissä. Tuotteesta tuli ajanmittaansa vientimenestys, mikä sai Trestonin suuntaamaan

resursseja vientimarkkinoille. Palasetin menestyksen laskemisen jälkeen kehitettiin pater-noster-periaatteella toimivan kokoonpanotyöpisteen ja laajensi samalla työpöytien valmistukseen. Myöhemmin Treston osti Ergofinn Oy:n, jossa kehitettiin ja valmistettiin teollisuuspöytiä. 1970-luvun lopulla Treston muodosti teollisuuskaluste-tuotelinjan (Treston Oy, 2019).

1980-luvulla alkoi molempien yhtiöiden kansainvälistyminen. Treston alkoi panostaa kevyen teollisuuden kalustamiseen ja vientitoiminnan kehittämiseen tytäryhtiötä laajentamalla Saksaan ja iso-Britanniaan. GWS Systems puolestaan keskittyi raskaamman teollisuuden kalusteliiketoiminnan kehittämiseen ja nousi markkinajohtaksi TK 75 -teollisuuskalustejärjestelmällä. Seurauksena GWS perusti myyntiyhtiöt Saksaan ja Ranskaan ja 1990-luvulla yhdysvaltoihin. Samaan aikaan molemmissa yrityksissä pääpaino oli siirtynyt teollisuuden kalustamiseen, Treston keskittyi erityisesti kevyempään teollisuuteen ja GWS raskaampaan. Vuonna 2004 G.W Sohlberg myi GWS Systems Oy:n toimivalle johdolle ja yrityksen, sekä tuotteiden nimi vaihdettiin vuonna 2007 Sovella Oy:ksi (Treston Oy, 2019).

Vuoden 2011 alussa molemmat yritykset Sovella ja Treston ovat suomalaisessa omistuksessa olevia suomalaisia yrityksiä. Yritysten yhdistyminen tapahtui myöhemmin samana vuonna 2011 ystävänäpäivänä, kun Treston Oy osti Sovella Oy:n koko osakekannan. Samana vuonna konsernin omistuspohjaa laajennettiin entisestään kun pääomasi-joitusyhtiö Sentic Partners tuli pääomistajaksi. Yritysten fuusioitumisen jälkeen 2015 Treston ollut yksi maailman johtavista teollisuuskalusteiden ja -työpisteiden toimittajista (Treston Oy, 2019).

2019 Sentic Partners Oy myi enemmistöosuutensa Treston Group Oy:sta yksityissijoittajille. Suuri osa vanhoista yksityisomistajista jatkaa ja kasvattaa osuuksiaan. Uusina sijoittajina mukaan tuli yrityksen toimiva johto (Kauppalehti, 2019).

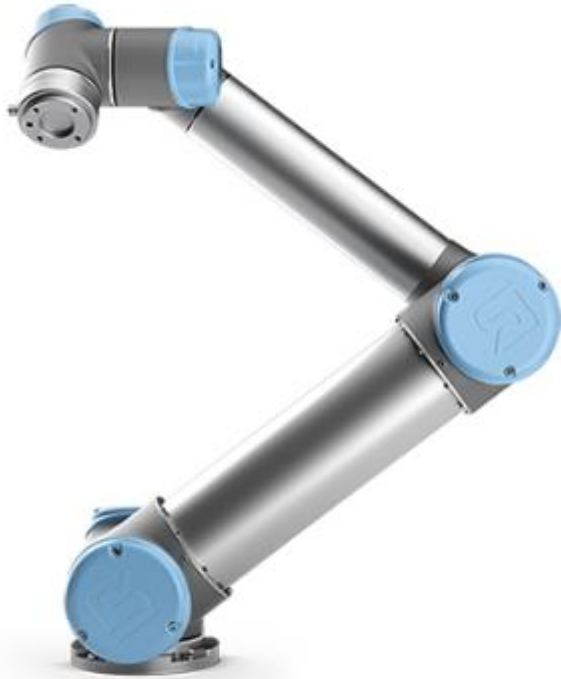
3 UNIVERSAL ROBOTS YHTEISTYÖROBOTIT

Yhteistyörobotit, kuten nimikin kertoo on tarkoitettu toimimaan ihmisten kanssa yhteistyössä. Pienen ja kevyen rakenteen vuoksi yhteistyörobotit sopivat hyvin osaksi pien-
tuotantoa. Ominaista kaikille yhteistyöroboteille on sisään asennetut moottorit ja peh-
mennetty muotoilu lisäämään turvallisuutta ihmisten kanssa toimiessa. Yhteistyörobotin
etuina on lisäksi siirtämisen ja ohjelmoinnin helppous, kun robotin työtehtävää vaihde-
taan. Lisäksi robottien lisävaruste valikoima on todella laaja, koska niitä valmistavia yri-
tyksiä on useita. Lisävarusteita ovat mm. konenäkö, voima-anturit, tarraimet, sekä erilai-
set kiinnitystasot.

3.1 Universal Robots

Universal Robots on Tanskasta vuonna 2003 alkunsa saanut yritys, jonka perustaja ovat
Esbem Østergaard, Kasper Støy ja Kristian Kassow. Heille syntyi idea luoda robotti elin-
tarviketeollisuuden tarpeisiin, joka on edullinen, sekä helppo asentaa ja ohjelmoida eri-
laisille tuotteille. (Universal Robots, 2019)

Vuosien 2005-2008 aikana löydettyjen sijoittajien avulla pystyttiin aloittamaan ensimmäi-
sen robotin valmistus, jonka nimi oli UR5. Ensimmäiset kappaleet myytiin vuonna 2008
Tanskaan ja Saksaan. Robotin menestymisen jälkeen vuonna 2010 robottien vienti si-
sälsi koko Euroopan ja seuraavien viiden vuoden aikana yrityksen markkinat levittyi Kii-
naan ja Yhdysvaltoihin. Vuonna 2012 yritys esitteli UR10 robotin, jossa oli lisätty nosto-
kykyä ja toimintasädettä. Universal Robotsin tuotantotilat uudistettiin vuonna 2014, jol-
loin saatiin lisättyä tuotannon tehokkuutta. Tässä vaiheessa robotteihin oli jo tarjolla useita
eri ominaisuuksia ja tuoteryhmään lisättiin UR3 robotti. (Universal Robots, 2019)



UR5

Kuva 1. Universal Robots ensimmäinen robottimalli UR5 (Universal Robots).

Nykyään Universal robots on myös keskittynyt robottien ympäristöystävällisyyteen, mikä tuo yritykselle lisäarvoa. Yrityksen päämääränä on aina ollut myös helppo ohjelmoitavuus ja kattavat ilmaiset opetusmateriaalit netissä. Robottiin lisävarusteita valmistavien yritysten määrä on noussut kymmeneen ja robottiin sertifikoituja lisävarusteita on yli sata. (Universal Robots, 2019)

Yhteistyörobotit, kuten nimikin kertoo on tarkoitettu toimimaan ihmisten kanssa yhteistyössä. Pienen ja kevyen rakenteen vuoksi yhteistyö robotit sopivat hyvin osaksi pien-tuotantoa. Ominaista kaikille yhteistyöroboteille on sisään asennetut moottorit ja pehmenetty muotoilu lisäämään turvallisuutta ihmisten kanssa toimiessa. Yhteistyörobotin etuina on lisäksi siirtämisen ja ohjelmoinnin helppous, kun robotin työtehtävää vaihdetaan.

3.2 Työssä käytetty robotti ja osat

Opinnäytetyön aikana käytettiin Turun ammattikorkeakoulun Universal robot UR5e robottia ja siinä olevia lisävarusteita. Työvaiheiden toimivuutta testattiin ammattikorkeakoululla ja lopuksi Treston Oy:n tuotannossa.

3.2.1 Universal Robot UR5e

Tässä opinnäytetyössä oli käytössä Universal robotsin UR5e robotti, mikä on päivitetty malli UR5 robottiin verrattuna. UR5e robottikonaisuuteen kuuluu 6-nivelinen robotti, ohjausyksikkö, sekä robotin ohjain.



UR5e NEW

Kuva 2. Universal Robots UR5e (Universal Robots)

UR5e robotti on Universal Robotsin uusi malli UR5 robotista. Robotin parannettuja ominaisuuksia ovat mm. vakiona sisältyvä voimasensori kuudenteen niveleen, parannettu HMI kapasitiivisella kosketusnäytöllä ja korkeammalla resoluutiolla (1280 x 800 px).

Liikkeiden toistuvuus robotilla on $\pm 0,03$ mm, kun vastaava luku UR5 robotilla oli $\pm 0,1$ mm. Robotista löytyy myös 17 muokattavaa turvaominaisuutta. Robotin kyynärpään seuranta on sertifioitu Cat 3 PL d luokituksella ja ohjauslaite standardoitu ISO 10218. (Universal Robots, 2019)

Tekniset tiedot:

Materiaali = alumiini, teräs ja muovi

Paino (sisältää kaapelin) = 20,6 kg

Hyötykuorma = 5 kg

Ulottuvuus = 850 mm

Toiminta-ala = \varnothing 149 mm

Nivelten kääntösäde = $\pm 360^\circ$

Nivelten nopeus 180 °/s

3.2.2 Robotiq Hand-E Adaptive Gripper

Tarraimena käytettiin kanadalaisen Robotiq yrityksen Hand-E adaptiivista tarrainta, mikä on suunniteltu käytettäväksi yhteistyörobotissa. Tarraimen Plug + Play -liitäntä mahdollistaa nopean tarraimen vaihdon ja helpon ohjelmoimisen. Tarrain on suunniteltu pääasiassa tarkkoihin kokoonpano tehtäviin. Tarraimen geometria ja saatavilla olevat piirustukset robotin istukasta mahdollistavat myös omien tarrainten suunnittelun ja valmistuksen. (Robotiq, 2019)



Kuva 3. Robotiq Hand-E Adaptive Gripper (Robotiq)

Tarraimen tekniset tiedot:

Tarraimen avautuminen = 0 – 50 mm

Suurin suositeltu kuorma = 5,0 kg

Suurin suositeltu kuorma (kitkapito) = 3,3 kg

Tarraimen korkeus (ilman työkalua) = 100,5 mm

Tarraimen halkaisija = 75,0 mm

Tarraimen paino = 1070 g

Tartuntavoima = 60 – 130 N

Työkalun nopeus = 20 – 150 m/s

3.2.3 Robotiq Wrist Camera

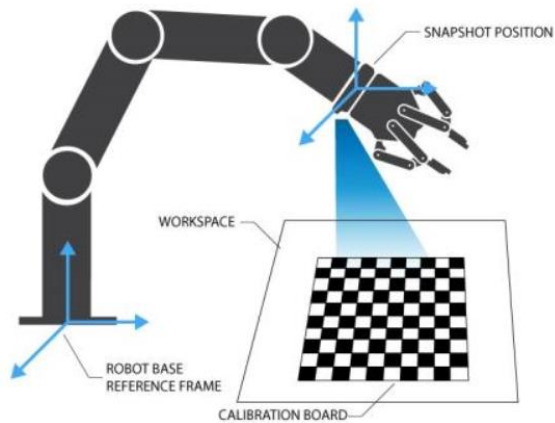
Robotiq Wrist Camera on yrityksen suunnittelema konenäkö Universal Robotsin UR -sarjan robotteihin. Konenäkö on yhteensopiva robotin kanssa "Plug + Play" -liitännällä eli kamera liitetään robottiin tarttujan yläpuolelle ja on valmis käytettäväksi. Universal Robotsin ohjauspaneelissa on konenäkölle oma sovellus, missä konenäön käyttöönotto toimii ohjatusti. Wrist Camera pääsääntöinen käyttökohde on kappaleiden poimiminen ja asettaminen. Kameran resoluutio on 0,3 – 0,5 megapikseliä ja kuvanpäivitysnopeus 2 – 30 ruutua sekunnissa. Kameroiden ominaisuuksiin vaikuttaa robotin kokoluokka. (Robotiq, 2019)



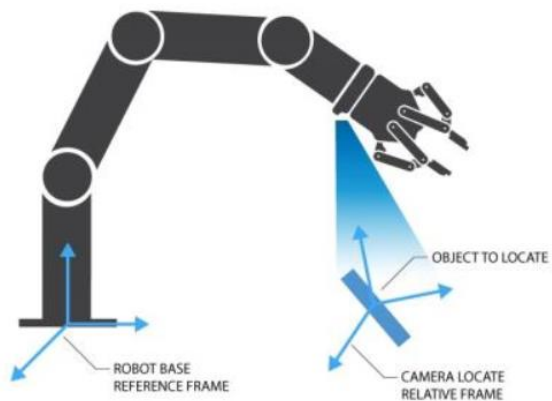
Kuva 4. Robotiq Wrist Camera (Robotiq)

Wrist Cameran käyttöön otto:

Snapshot asennon luominen -> Tason luominen kalibrointilevyllä -> Kappaleen paikantaminen-> kaksiulotteisen mallin luominen



Kuva 5. Snapshot asento ja tason luominen kalibrointilevyllä (Robotiq)



Kuva 6. Kappaleen paikantaminen-> Kaksiulotteisen mallin luominen (Robotiq)

4 ROBOTIN KÄYTTÖKOHTEIDEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön aikana robotin käyttöä tuotannossa testattiin kahdessa eri tuotannon vaiheessa . Vaiheiden valintaan vaikuttavia tekijöitä olivat mm. tuotantomäärät, tuotteen koko ja muoto sekä kannattavuus.

4.1 Listojen poistaminen koneesta

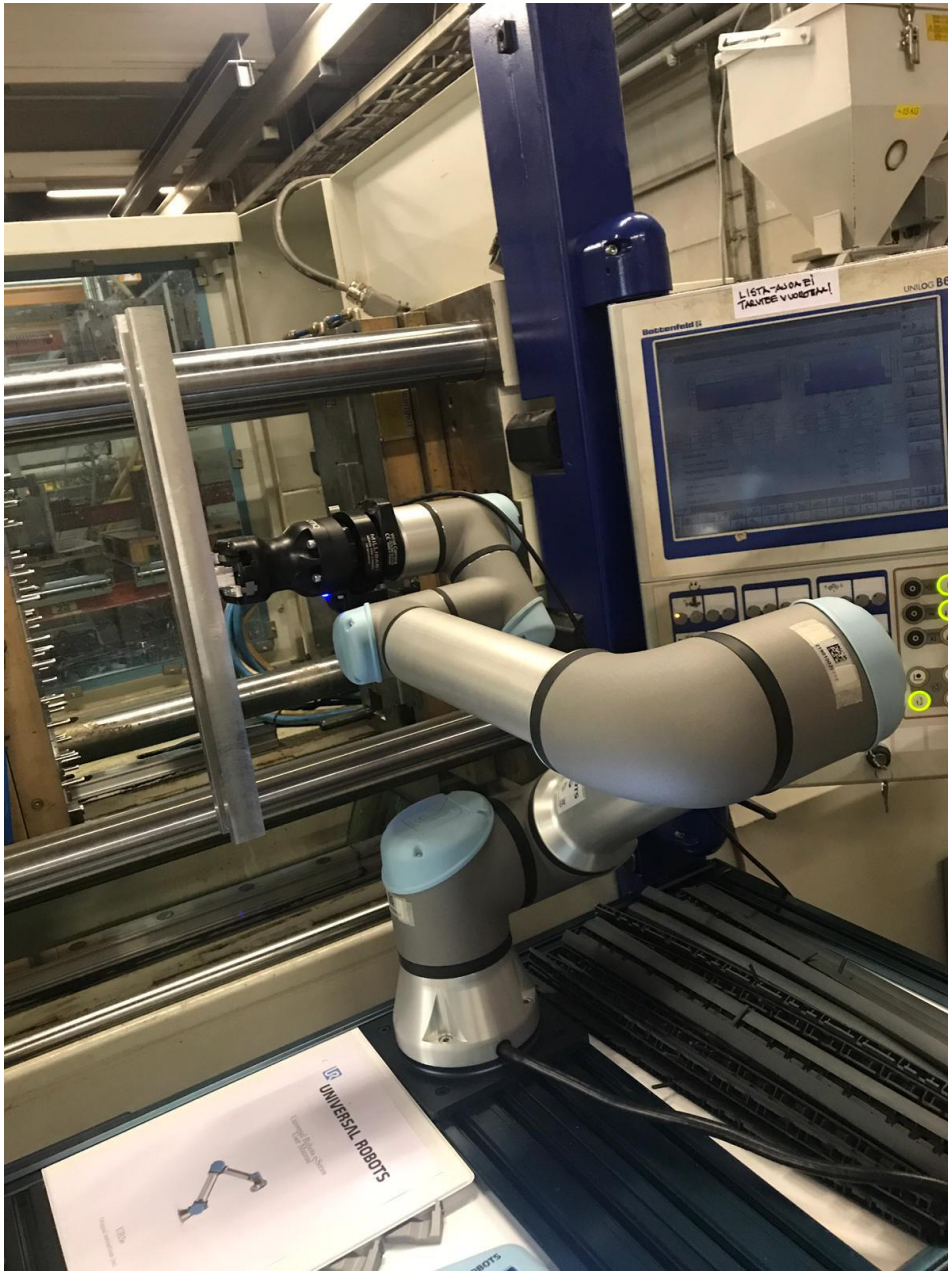
Listat ovat puristuskoneella valmistettuja muovisia kappaleita, mitkä ovat osa Trestonilla valmistettavaa pientavaralaatikostoa (yksi laatikosto sisältää kaksi listaa). Listat on aiemmin otettu koneesta työntekijän toimesta. Puristuskoneella toimivan henkilön työtehtävät koostuvat muutamasta vaiheesta. Työvaihe aloitetaan käynnistämällä ohjelma, jonka jälkeen avataan ovi ja valmiit kappaleet kerätään koneesta. Listat laitetaan kahteen eri laatikkoon riippuen onko lista oikean vai vasemman puoleinen ja lopuksi vedetään ovi kiinni. Työvaihe on usein toistuva ja työaika kuluttavaa. Robotin vahvuuksia tässä tehtävässä on puristuskoneen kanssa yhteentoimivuus ja yhtäjaksoisentyön vähentäminen. Työvaihe on ihmiselle ergonomisesti haastava.

4.1.1 Työvaiheen toteutus

Työvaiheen toteutus aloitettiin päättämällä robotin sijainti koneeseen nähden. Robotin asennukselle oli kaksi eri mahdollisuutta eli asentaa robotti koneen päälle tai liukuoven kohdalle koneen viereen. Robotin siirreltävyyden takia robotin paikka valikoitui puristuskoneen viereen. Koneen vieressä robotin Toimintasäde riittää hyvin puristuskoneilla valmistettaviin listoihin ja valmiille tuotteille jää hyvin tilaa.

Työvaihetta testattiin Trestonilla Turun ammattikorkeakoulun Universal robots UR5e robotilla. Työvaihetta varten tehtiin väliaikainen tarrain, millä pystyttiin ottamaan listasta kiinni. Listojen ottaminen puristuskoneesta antoi lupaavia tuloksia, vaikka robotin ulottuvuus ajettiin melkein maksimiin. Robotin liikerata saatiin sellaiseksi, että se pystyi suorittamaan työvaiheen ongelmitta. Trestonille hankittava robotti tulee olemaan käytössä ollut UR5 robottia suurempi, mikä helpottaa robotin asentoa kauempaa listaa noutaessa. Robotin käyttäminen Trestonilla keskittyi vain kappaleen hakuun.

Puristuskoneesta ei otettu I/O tietoja robottiin aikataulun ja Euromap 67 -liitännän vähäisen tuntemuksen takia.



Kuva 7. Robotti ja puristuskone (Treston Oy)

4.1.2 Robotin ohjelmointi

Tämän työvaiheen suorittamiseen on yhteistyörobotilla on useita eri tapoja. Yhteistyörobotia käytettäessä voi myös miettiä luovia ratkaisutapoja ohjelmaa luodessa. Tässä tapauksessa se tarkoittaa, että robotti käyttää konetta ihmisen tavoin ja robotin siirtäminen yksinkertaistuu. Puristuskoneen käynnistykseen vaaditaan ohjauspaneelista yksi napin painallus. Painalluksen jälkeen koneen sylinterit painavat muotin umpeen, lisää koneeseen laitettun aineen ja lopuksi sylinterit avautuvat ja lopputuote jää kiinni sylinterien puolelle muottia.

Robotti ohjelmoidaan painamaan ohjauspaneelin nappia, jolloin robotille ei tarvita koneen I/O tietoja. Puristuskoneen oven avaaminen pystytään myös suorittamaan robotilla, oven avaamiseen tarvittava voima on noin 55N. Oveen on myös saatavilla valikoima erilaisia sylintereitä. Robotille tarvitaan vielä tieto, että koska robotilla voidaan mennä turvallisesti hakemaan kappaleita. Yksi tapa on käyttää optista anturia ja tunnistaa tilanne jolloin kone on auki. Tieto saadaan robotille, kun anturin digitaaliset lähdöt ja digitaaliset tulot yhdistetään robotin ohjausyksikköön.

4.1.3 Robotin ohjelmointi Euromap 67-liitännällä

Euromap 67 on sähköinen liitäntä puristuskoneen ja robotin välillä. Sen tarkoituksena on parantaa tietojen vaihdettavuutta laitteiden välillä. Puristuskoneesta saatavista signaaleista saadaan tiedot mm. sylinterien asennoista ja pystytään määrittelemään turvallisuuden liittyviä tekijöitä. Robotille vastaavasti tulee tieto, koska puristuskoneen väliin on turvallista mennä.

Euromap 67-liitäntän etuina tuotannossa on tehokkuus, koska robotin ja puristuskoneen välinen viestintä on välitöntä. Tässä työvaiheessa hyvää on myös robotin liikkeen vähentäminen rajatussa tilassa. Euromap 67 on aika yleinen liitäntä ja se löytyy useimmista yhteistyöroboteista vakiona tai lisävarusteena. Euromap 67-liitännästä löytyy paljon lisätietoa Euromap-organisaation nettisivuilta. (Euromap 67.1, 2015)

4.2 Tasojen asentaminen hyllyyn

Tässä työvaiheessa robottia käytetään Trestonin tuottaman pientavaralaatikon (180 x 310 x 550mm) kokoonpanoon. Laatikon kokoamisessa robotille suunniteltu työvaihe on tasojen laittaminen kehikkoon. Robotilla tehtäviä työvaiheita valitessa pohdittiin vaiheet, mitkä on mahdollista suorittaa toistuvasti ja poistamaan toistuvia työvaiheita. Valintaan vaikutti myös muovisten kappaleiden muoto puristuskoneesta tullessa, sekä kappaleiden asennustarkkuus.

Laatikon kokoonpano koostuu neljästä eri vaiheesta:

- Tasojen asentaminen
- Tukiraudan asentaminen
- Listojen asentaminen
- Laatikoiden laittaminen paikalleen

Laatikon työvaiheet on suoritettu aiemmin yhden henkilön toimesta yhdellä työpisteellä. Robotin käyttöön ottamisen yhteydessä laatikon kokoaminen hajautetaan kahden eri työpisteeseen, missä robotti vastaa ensimmäisestä vaiheesta.



Kuva 8. Pientavaralaatikosto 550 (Treston Oy)

4.2.1 Tasojen asennus kehikkoon

Pientavaralaatikosto sisältää yleensä tilauksesta riippuen 7-11 tasoa. Tasojen asennus tapahtuu työntämällä tasot pientavaralaatikon kehikkoon niin, että molempien kappa-
leiden urat kohtaavat. Tasojen tulee olla kehikon urassa koko matkalla kiinni, että myö-
hemmin asennettavat osat sopivat paikalleen.

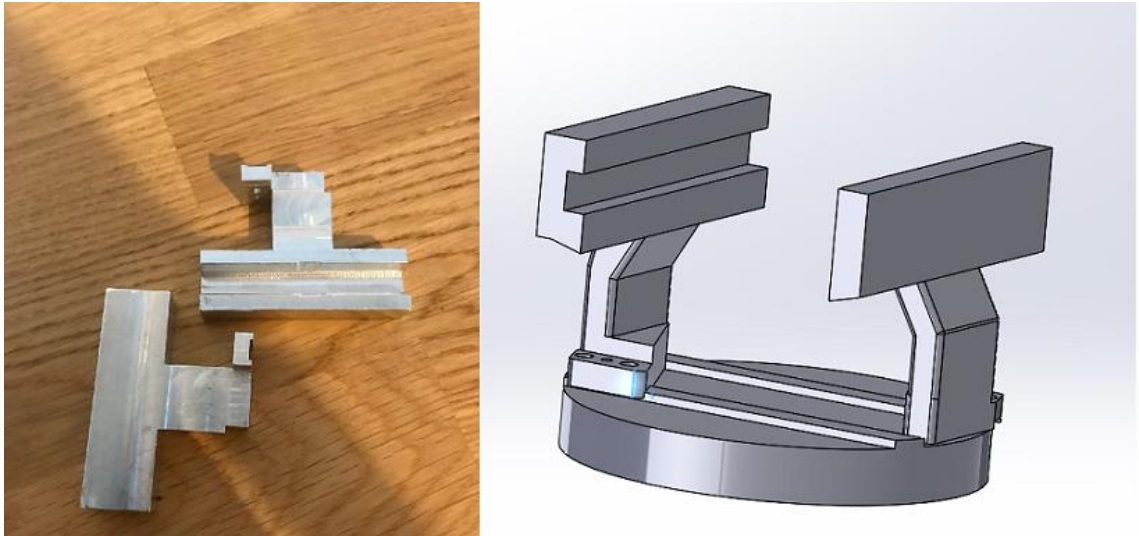
Pientavaralaatikon kehikko valmistetaan puristuskoneella, materiaalina on polypro-
peenaa. Tuotantotavan vuoksi kehikon pystyseinät taipuvat sisäänpäin viilentyessä. Ke-
hikon muodon muutoksen vuoksi tasojen teräviin kulmiin pitää tehdä viiste, millä voidaan
parantaa robotin toistovarmuutta huomattavasti. Muutos vaatii uuden iskutyökalun lisää-
mistä koneeseen.

Kehikon tasoja asentaessa kehikko on sille asennetussa telineessä. Telineeseen on ollut
suunnitelmissa tehdä alipaineella toimiva ratkaisu, millä kehikon seinät saadaan pidettyä
suorassa. Opinnäytetyötä tehdessä käytössä oli vanha teline ja tavoitteena oli saada
mahdollisimman paljon tietoa työvaiheen onnistumisesta.



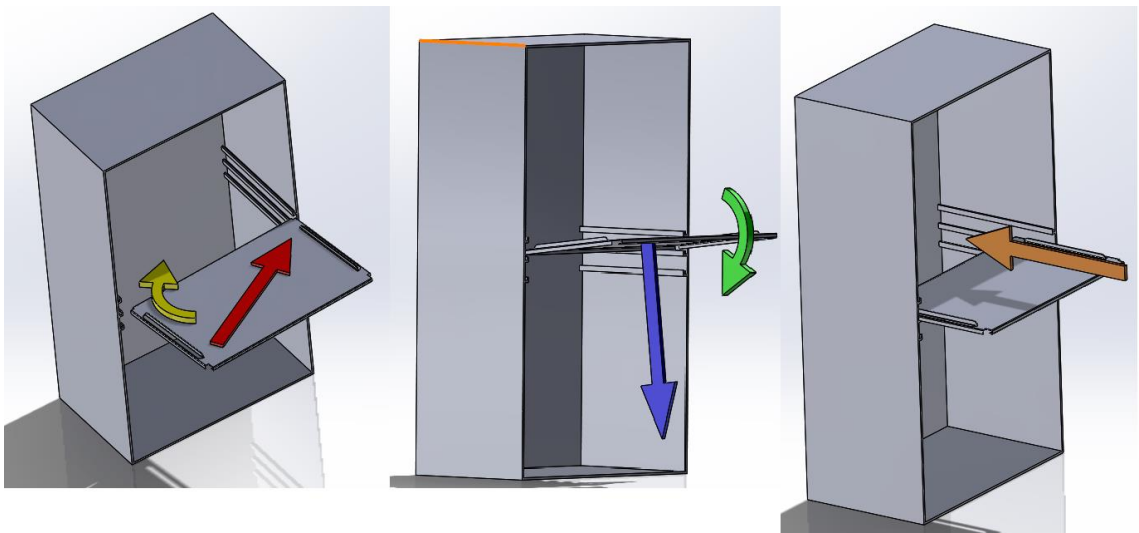
Kuva 9. Pientavaralaatikoston nykyinen kehikko (Treston Oy)

Työ alkoi sillä, että suunnittelin hyllyjen laittoon sopivan tarraimen, mikä sopii käytössä olevaan UR5 robottiin. Tarrain yksinkertaistettiin ja sen jälkeen valmistettiin Treston Oy:lla. Tarraimen vaatimuksena oli tukeva ote kappaleesta ja suurempi tartuntapinta-ala kuin robotin alkuperäisessä tarraimessa.



Kuva 10. Tehty yksinkertaistettu tarrain ja ensimmäinen luonnos

Tasojen asennuksessa tärkeänä osana oli robotin liikeradan luominen niin, että se täyttää vaatimukset tuotteen viimeisiä osia asennettaessa. Alla olevassa 3D-mallissani on havainnollistettu parhaiten toimivaa asennustapaa. Asennuksen nuolilla merkityt liikkeet ovat lineaariliikkeitä.



Kuva 11. Tason asentaminen kehkoon (Liikkeiden järjestys ensimmäisestä viimeiseen: punainen, keltainen, sininen, vihreä ja oranssi)

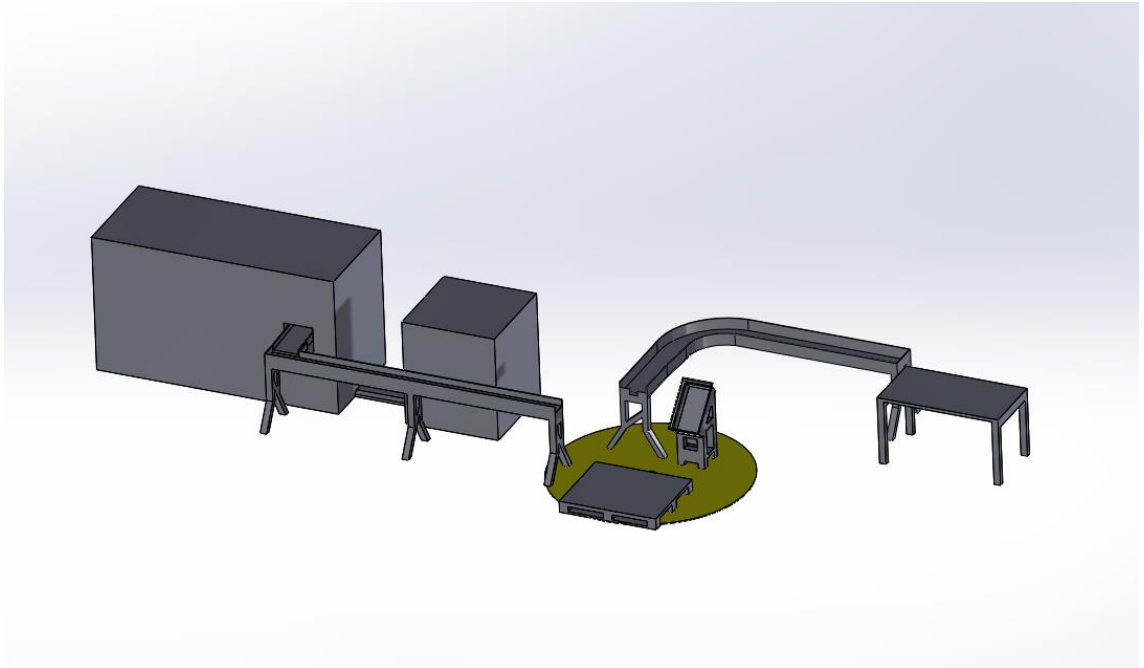
4.2.2 Robotin ohjelmointi

Robotin ohjelmointi hyllyjen asennuksessa on suurimmaksi osaksi yksinkertaisia liikekäsikyjä. Kehikon paikka on määritetty telineeseen ja sen paikka pysyy samana asennuksen ajan. Tason ja kehikon urien välinen kontakti haetaan robotissa olevaa voimasensoria käyttäen. Voimasensorin avulla kokoonpanoon saadaan enemmän pelivaraa. Robotti liikuttaa tasoa kehikon uria kohti maksimissaan 2cm ja saavutettuaan 10N voiman, robotti jatkaa ohjelmaa eteenpäin.

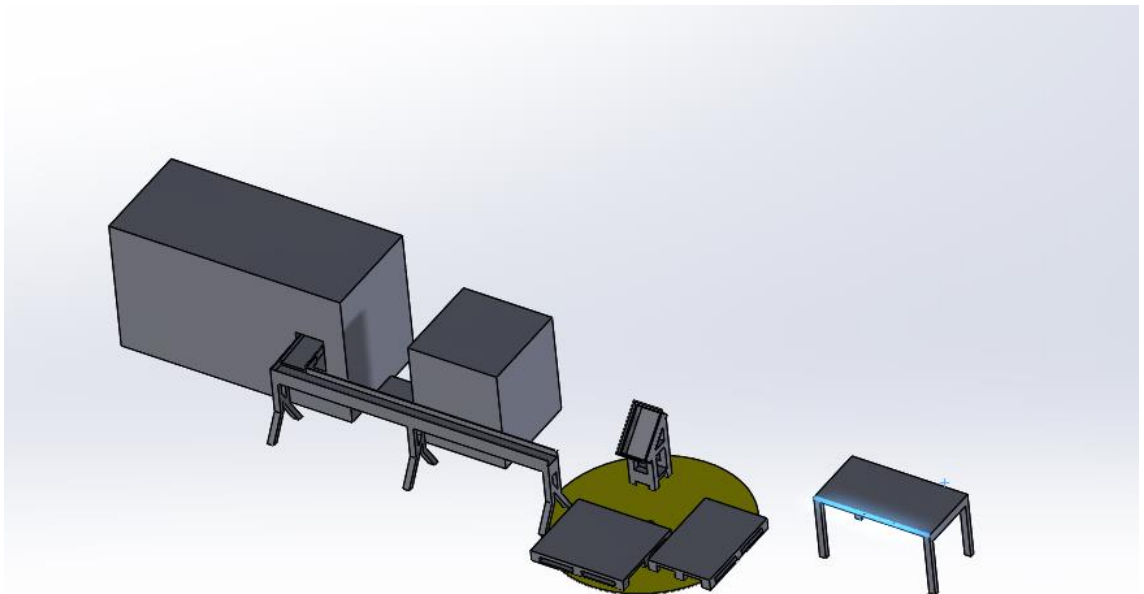
4.2.3 Havainnekuva

Tässä työvaiheessa kokoonpanon suorittamiseen tarvitaan kappaleille omat nouto- ja vientipaikat. Tuotantotilan robotisointi johtaa muutoksiin solun tilankäytössä. Mietimme kahta eri tapaa, minne kehikot laitetaan sen jälkeen kun hyllyt on asennettu. Ensimmäinen tapa on suunnitella linjasto, millä valmiit kappaleet siirretään jatkokäsittelyä varten. Toinen tapa on pinota kappaleet toiselle lavalle, mistä niitä otetaan toiselle työpisteelle.

Levykäsittelykoneen tekemät tasot voidaan tuoda liukuhihnalla robotin toimintasäteelle. Koneen toiminta pystytään muuttamaan niin, että levyt tulevat yksittäin (eikä pinoissa) robotin noutopaikalle. Kehikot tuodaan aihiolavoittain robotin viereen. Yhdelle 100 x 120 aihiolavalle mahtuu 54 kehikkoa. Lava vaihdetaan kun kehikot loppuvat. Robotti vie kehikot asennuspisteelle, missä tasot asennetaan. Valmiit tuotteet voidaan kasata robotilla toiselle aihiolavalle (800mm x 1200mm) tai investoida uuteen liukuhihnaan, millä ne siirretään jonoon odottamaan jatkokäsittelyä.



Kuva 12. Solidworks 3D-malli pientavaralaatikoston kokoonpano liukuhihnoilla. Keltainen alue kuvaa robotin toimintasädetä.



Kuva 13. Solidworks 3D-malli pientavaralaatikoston kokoonpano, missä valmiit tuotteet kootaan lavalle.

5 KANNATTAVUUS

Kannattavuutta tutkittiin kahdesta eri näkökulmasta. Tulokset perustuvat työn aikana saatuihin tuloksiin ja Treston Oy:n aiemmin keräämiin tietoihin.

5.1 Taloudellinen kannattavuus

Tässä kappaleessa on esitetty suuntaa antavia lukuja vaiheisiin käytettävästä ajasta ihmisen ja robotin välillä, sekä vuosittain valmistettavia kappalemääriä. Talukossa näkyy myös kohta ”sangan taivutus”, mikä on ollut yksi robotille suunnitelluista työvaiheista.

Taulukosta numero yksi voidaan havainnollistaa, että vaiheajojen välillä ei ole suurta eroa tuotantoaikoihin, tehtiin se robotilla tai käsin. Luvut ovat vielä suuntaa antavia, koska esimerkiksi listojen ottamista puristuskoneesta ei olla suoritettu alusta loppuun aiemmin opinnäytetyössä olevien suunnitelmien mukaan.

Kannattavuutta voidaan arvioida karkeasti taulukon kohdasta säästö. Säästö osio on arvio siitä paljonko työn tuottaminen maksaa tällä hetkelle vuodessa. Myös robotin käyttäminen (käynnistäminen ja siirtäminen), huoltaminen ja vikatilanteet vaikuttavat lopulliseen säästön määrään. Tällä hetkellä tarvitaan vielä muutama vaihe, että päästään noin 2 vuoden takaisinmaksuaikaan.

Taulukko 1. Suuntaa antavia lukuja. (Treston Oy, 2019)

		asetutusaikoja			
		Nykyinen		Säästö	Robotilla
Nimike	Nimikkeen kuvaus	Kpl/kk	Min/kpl	EUR /v	Min/kpl
1687	550 SANKA TAIVUTETTU	2100	0,3	3780	0,2 - 0,3
3222	550 LISTA VAS+OIK HARMAA RAL 7016	1900	0,7	7980	0,7
3297	550-ESD LISTA VAS+OIK	200	0,7	840	0,7
1264	HYLLY SINKITTY 550	18000	0,08	9000	0,07
				21600	

Tulevaisuutta ajatellen pidän lähtökohtaa hyvänä. Treston Oy:lla on paljon mahdollisuuksia robotisoida myös muita työvaiheita. Turussa on paljon automaatioon keskittyneitä yrityksiä ja korkeakouluopiskelijoita, joten askel automaation suuntaan on hyvä päätös.

5.2 Tuotannollinen kannattavuus

Kannattavuuteen tuotannon näkökulmasta liittyy monia huomioon otettavia asioita. Tyyppillisesti puhutaan valmistusprosessiin käytettävästä ajasta ja kappaleiden laadusta. Treston Oy on tunnettu ergonomiaa parantavien teollisuuskalusteiden valmistuksesta, joten ergonomia on hyvä näkökulma ottaa huomioon.

Valittujen kohteiden toistot ovat pääasiassa paikalla seisomista ja työvaiheesta riippumatta ihmistä kuluttavia. Työ tehtävien suorittaminen robotilla laskee vuosittaisten sairaslomien määrää ja resursseja voidaan kohdistaa muihin työtehtäviin.

Opinnäytetyötä tehtäessä ei havaittu laatuun liittyviä muutoksia. Robotin käyttämä aika kyseisissä kohteissa ei muuttunut merkittävästi.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen, koska se oli tarpeeksi haastava ja monipuolinen. Työssä painottui automaatiopuolen, robotiikan ja 3D-suunnittelun osaaminen. Omalla suunnittelulla pystyi vaikuttamaan merkittävästi lopputulokseen. Opinnäytetyön aikana tehdyt testaukset ja suunnittelu antoivat haluttuja tuloksia robotin toiminnasta. Liitännät, kuten Euromap 67 ei tule tuottamaan ongelmia vaikka sitä ei ehditty testaamaan, koska laitteet tukevat samoja liitännämahdollisuuksia. Työssä haastavaa oli päättää robotisoidut kohteet, valinta tehtiin lopulta testien ja vaadittavien komponenttien perusteella. Tein opinnäytetyötä Turun ammattikorkeakoululla UR5 robotilla ja vapaa-ajalla tein 3D-mallinnukset, sekä kirjoitin työn. Trestonilla pidetyissä palvereissa käytiin läpi työn etenemistä ja tuotantotiloissa testattiin/suunniteltiin työhön liittyviä vaiheita. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja robotin hankkimiseen on annettu lupa Treston Oy:n puolesta.

LÄHTEET

Euromap 67.1. Information. Viitattu 05.10.2019. [www.euromap.org > EU_67_Ver_1.11_May2015.pdf](http://www.euromap.org/EU_67_Ver_1.11_May2015.pdf)

Juvonen, A. 2019. Suomalainen sijoittajaryhmä ostaa Senticalta enemmistöosuuden Trestonista. Kauppalehti 15.2.2019. Viitattu 19.11.2019. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomalainen-sijoittajaryhma-ostaa-senticalta-enemmistoosuuden-trestonista/4d4a0a86-03cf-4219-8fdf-24e9f058d976>

Robotiq Wrist Camera, Hand_E adaptive Gripper, Torque Sensor. Viitattu 15.09.2019. <https://robotiq.com/products>

Robotiq. Robotiq wrist camera general presentation. Viitattu 10.09.2019. https://assets.robotiq.com/website-assets/support_documents/document/online/Vision_System_e-Series_HTML5_20190313.zip/Vision_System_e-Series_HTML5/Default.htm

Treston Oy. Historia. Viitattu 1.10.2019. <https://www.treston.fi/tietoa-meista/historia>

Universal Robots. Our History. Viitattu 01.10.2019. <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>

Universal Robots. UR5e technical details. Viitattu 10.09.2019. https://www.universal-robots.com/media/1802778/ur5e-32528_ur_technical_details_.pdf