



Lean Robotics ja ketterä käyttöönotto pk-yrityksissä

Arttu Tammisto

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2019

Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneautomaatio

TAMMISTO, ARTTU:
Lean Robotics ja ketterä käyttöönotto pk-yrityksissä

Opinnäytetyö 25 sivua
Marraskuu 2019

Teollisuusrobotin käyttöönotto on yritykselle suuri tuotannonkehityksellinen harppaus. Erityisen vaativaa se on pienissä ja keskisuurissa yrityksissä, joissa resursien vähyys ja osaavan työvoiman puute voivat vähentää halukkuutta automatisoida tuotantoa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia mitä työkaluja pk-yrityksillä on käytettävissään robotin käyttöönoton helpottamiseksi.

Opinnäytetyössä tutkittiin kahta eri lähestymistapaa, jotka ovat Lean Robotics -käyttöönottomalli ja Robotics as a Service -toimintamalli. Työn tarkoituksena on luoda tutkimuksen pohjalta ohjepaketti, jota asiasta kiinnostuneet pk-yritykset voivat käyttää tiedonlähteenään ensimmäistä robotisointiprojektiaan varten.

Työssä tutustuttiin robotiikan tilanteeseen nykypäivänä ja teollisuusrobotin käyttöönotosta saataviin etuihin ja mahdollisiin ongelmatilanteisiin. Lean Robotics -käyttöönottomallista käytiin läpi teoria ja sen yhtäläisyydet Lean -valmistukseen. Käyttöönottomallin suunnittelu-, yhdistämis- ja käyttövaiheiden sisältö selvitettiin ja analysoitiin, kuinka projekti toteutetaan käytännössä. Lisäksi käytiin läpi, mitä toimenpiteitä käyttöönottomallissa suositellaan ensimmäisen projektin jälkeen. Tämän jälkeen työssä tutkittiin Robotics as a Service -toimintamallia. Sen peruseriaatteet käytiin läpi ja selvitettiin millainen sopimus tilaaja- ja tuottajayrityksen välille muodostetaan. Lopuksi vertailtiin toimintamallin eroja perinteiseen käyttöönottoon ja analysoitiin sen hyviä ja huonoja puolia.

Tutkimuksen perusteella selvitettiin millaisiin tilanteisiin käyttöönottomallit soveltuvat ja minkälaisille yrityksille niistä olisi eniten hyötyä. Lopputuloksena tultiin siihen johtopäätökseen, että teknologia-alan pk-yrityksille on tällä hetkellä eniten apua Lean Robotics -käyttöönottomallista.

Asiasanat: teollisuusrobotti, lean, lean robotics, robotics as a service, pk-yritys, käyttöönotto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Machine and production engineering
Machine automation

TAMMISTO, ARTTU:

Lean Robotics and agile implementation in small and medium sized companies

Bachelor's thesis 25 pages

November 2019

Implementing an industrial robot for the first time is going to be a challenge for any company. This is especially true for small and medium sized companies. Their lack of resources and skilled workforce can postpone plans for factory automation. The purpose of this thesis is to research what kind of tools and services small and medium sized companies can utilize in their mission to deploy first robots to the factory floor.

This thesis analysed two different methods for agile implementation of robots. They are Lean Robotics implementation model and Robotics as a service business model. The goal of this thesis is to provide a set of instructions that small and medium sized companies can use for guidance when implementing their first robot.

The work started by analysing the state of modern-day robotics and what kind of benefits and challenges can arise from robot implementation. After this the basic principles of Lean Robotics implementation model were examined. Its similarities to Lean manufacturing were also pointed out. This was followed up by examining how an automation project develops during the design, integrate and operate phases. Finally, the recommendations what to do after the first completed project were examined. Next the theory behind Robotics as a Service business model was analysed. After this it was explained how a service level agreement is made between the service provider and the customer. Finally, the differences between Robotics as a Service model and traditional implementation were analysed as well as its strengths and weaknesses.

Based on the research this thesis defined what kind of situations and companies benefit from these implementation models. The conclusion was that Lean Robotics implementation model works best for small and medium sized industrial companies.

Key words: industrial robot, lean, lean robotics, robotics as a service, small and medium sized companies, implementation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ROBOTIIKKA NYKYPÄIVÄNÄ.....	7
	2.1 Mitä tarkoitetaan teollisuusrobotilla	8
	2.2 Ongelmat robotin käyttöönotossa.....	9
	2.3 Robotin hankkimisesta saatavat hyödyt	10
3	LEAN ROBOTICS.....	11
	3.1 Robottisolun käyttöönotto.....	12
	3.1.1 Suunnitteluvaihe	13
	3.1.2 Yhdistämisvaihe	16
	3.1.3 Käyttövaihe.....	18
	3.2 Toimenpiteet ensimmäisen projektin jälkeen	19
4	ROBOTICS AS A SERVICE	20
	4.1 RaaS -mallin hyvät ja huonot puolet.....	21
5	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	23
	LÄHTEET.....	25

ERITYISSANASTO

Pk-yritys	Pieni- ja keskisuuri yritys.
Lean	Japanissa kehitetty järjestelmä teollisuusyrityksille hukkatyön minimoimiseen tuottavuuden edistämiseksi.
Mittarit	Tuotannon seuraamiseen käytettävät suureet, esim. tehokkuus, tuotantomäärä, tuntimäärä ja laatu puutteet.
5S	Työalueen organisointijärjestelmä.
RaaS	Robotics as a Service

1 JOHDANTO

Maailma automatisoituu kiihtyvällä tahdilla. Suurin osa teollisuusroboteista on sijoittunut elektroniikan- ja autonvalmistuksen suuryrityksiin, mutta laskevat hinnat ja kehittyvä ihmisläheisempi teknologia mahdollistavat niiden käyttöönoton yhä useammilla teknologian aloilla yrityksen koosta ja kokemuksesta riippumatta. Tämä on johtanut robottiyksikköjen toimitusmäärien maailmanlaajuiseen kasvuun, joka on kolminkertaistunut viimeisen vuosikymmenen aikana. (IFR World Robotics Outlook 2019)

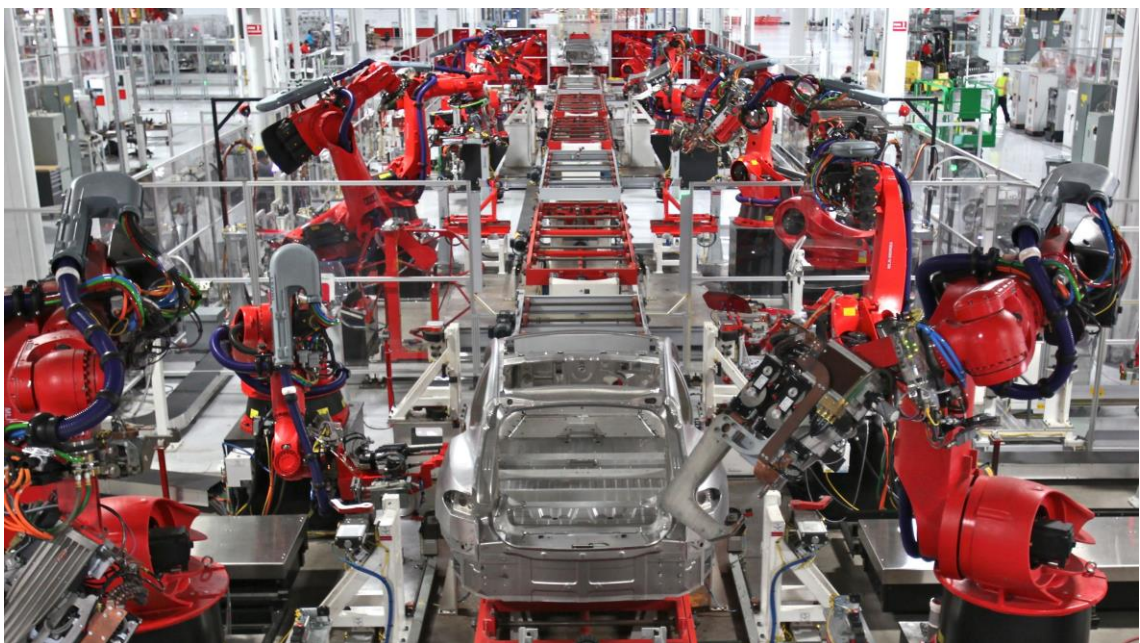
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kuinka pieniin ja keskisuuriin yrityksiin olisi järkevää hankkia ja käyttöönottaa ensimmäinen teollisuusrobotti. Työssä perehdytään robotiikkaan nykypäivänä ja selvitetään, mitä ongelmia robotiikan käyttöönotossa tavallisesti kohdataan. Käyttöönoton helpottamiseksi työssä tutkitaan kahta eri lähestymistapaa. Ensimmäiseksi Lean Robotics -käyttöönottomallia, joka on kirjoitettu avuksi edellä mainittuihin tilanteisiin, joissa pieni yritys on itse hankkimassa ensimmäistä teollisuusrobottiaan. Toiseksi tarkastellaan Robotics as a Service -toimintamallia, jossa robotisoitavan kohteen suunnittelu ja robottiyksikön hankinta ja ylläpito ovat ulkoistettu erilliselle toimijalle.

Pohdinta ja johtopäätökset -osiossa käydään läpi käyttöönottomallien hyviä ja huonoja puolia ja tutkitaan millaisiin tilanteisiin ne olisivat sopivia. Työn tarkoituksena on luoda tutkimuksen pohjalta suuntaa antava ohjepaketti, jota asiasta kiinnostuneet pk-yritykset voivat käyttää tiedonlähteenään ensimmäisiä robotisointiprojektejaan varten.

2 ROBOTIIKKA NYKYPÄIVÄNÄ

Pääosa tämän päivän uusista teollisuusroboteista myydään auto- ja elektroniikkateollisuuden käyttöön. Suurimpia käyttäjämaita ovat Aasiassa Kiina, Japani ja Etelä-Korea. Länsimaista eniten robotteja löytyy USA:sta ja Saksasta. Suomessa teollisuusrobottien määrä on hieman Euroopan keskitasoa korkeampi eli 139 robottia kymmentä tuhatta työntekijää kohden. Maailmanlaajuisesti toimitettujen laitteiden määrät ovat kasvaneet lähes lineaarisesti vuodesta 2008. (IFR World Robotics Outlook 2019)

Yleisimmin teollisuusrobotti otetaan käyttöön työvaiheeseen, jossa tuotevalikoima on pieni ja määrät suuria. Tällaisia tapauksia ovat mm. elektroniikkakomponenttien ladonta tai kuvassa 1 esitetty auton kokoonpanolinjasto. Näissä tapauksissa voidaan olettaa, että robotti voi tehdä samaa työvaihetta hyvin pienillä muutoksilla useita vuosia. Tämän markkinatilanteen takia suurin osa tuotekehityksestä on keskittynyt edellä mainituille segmenteille. Tilanteen odotetaan kuitenkin muuttuvan lähitulevaisuudessa uusien teknologian alojen syntyessä ja kehittyessä. Myös väestön ikäjakauman ja koulutustason nousun sekä yleisen elintason kasvun odotetaan näkyvän positiivisesti uudenlaisten robottien myyntiä ajatellen. (IFR World Robotics Outlook 2019)

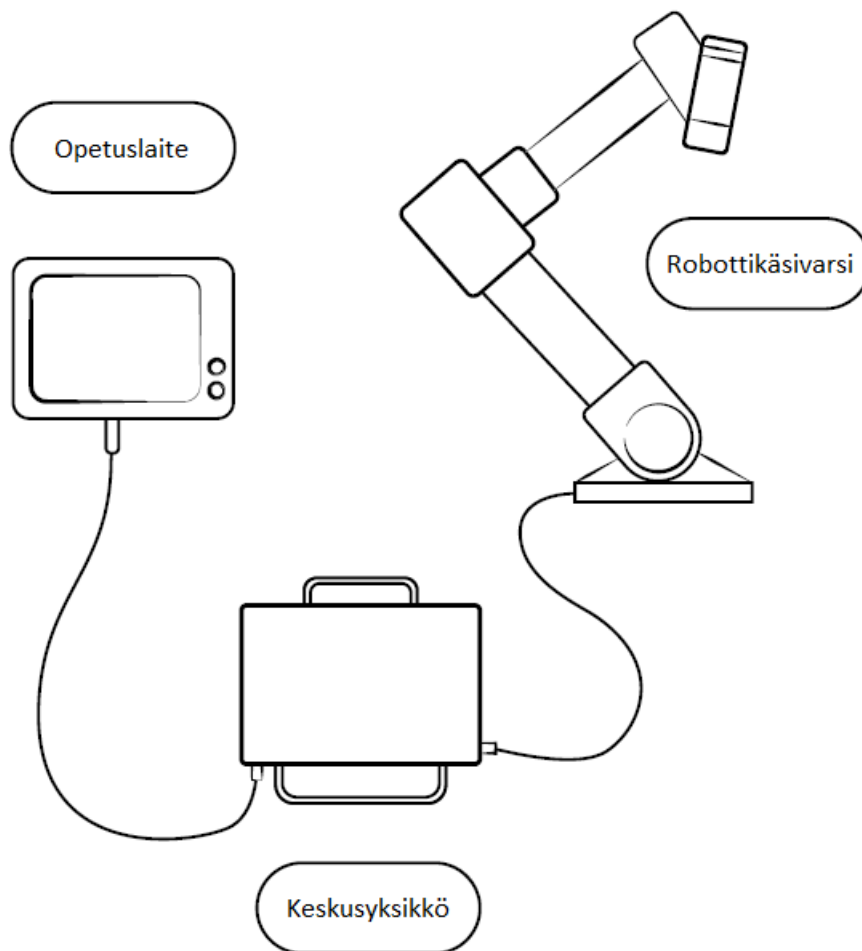


KUVA 1. Autotehtaan kokoonpanolinjasto. (Tesla Motors 2014)

2.1 Mitä tarkoitetaan teollisuusrobotilla

Teollisuusrobotille on yllättävän hankala antaa yksiselitteistä määritelmää, koska niiden rakenne ja käyttökohteet ovat hyvin erilaisia. Aina kokoonpanolinjastoista, jotka sisältävät useita kymmeniä robottiyksikköä pieniin ja yksinkertaisiin kappaleenkäsittelijöihin asti. ISO 8373:2012 standardi määrittelee teollisuusrobotin seuraavasti. Robotti on automaattisesti kontrolloitu, uudelleenohjelmoitava, vähintään kolmeakselinen monikäyttöinen kappaleenkäsittelijä, joka voidaan asentaa paikalleen tai mobiilialustalle automaatioteollisuuden käyttöön. (Wyatt 2019, 20.) Yksinkertaisempi ja ehkä hieman ihmisläheisempi määritelmä voisi kuitenkin olla seuraava. Robotti on ohjelmoitava mekaaninen laite, jota käytetään suurta tarkkuutta vaativiin vaarallisiin ja/tai yksitoikkisiin tehtäviin ihmisen sijasta.

Yksinkertaisimmillaan teollisuusrobotti koostuu kolmesta pääkomponentista. Nämä ovat kuvassa 2 näkyvät robottikäsivarsi, keskusyksikkö ja opetuslaite. Keskusyksikkö sisältää robotin ohjelmoimiseen tarvittavat logiikat, virransyötön ja käyttöjärjestelmän. Opetuslaite on tarkoitettu robotin käytöstä vastaavalle ihmiselle kauko-ohjaimeksi, jolla voidaan kirjoittaa tai opettaa robotille halutut liikeradat ja muut toiminnot. Robottikäsivarsi on kolme- tai useampiakselinen laite, jolla voidaan manipuloida fyysisiä kappaleita. Käsivarsi ei tähän yksinään pysty vaan sen päähän on tarkoitus kiinnittää kyseistä työtä varten vaadittu työkalu. Näiden lisäksi robotti varustellaan usein kappaleen syöttömekanismeilla, turvalaitteilla ja sensoreilla. Tällöin yksittäisistä komponenteista muodostuu robottisolun. Yleensä robotin mukana tulee myös sen käyttöön vaadittava ohjelmisto. (Bouchard 2017, 18-20.)



KUVA 2. Teollisuusrobotin pääkomponentit. (Bouchard 2017)

2.2 Ongelmat robotin käyttöönotossa

Yritys, joka suunnittelee ensimmäisen robottinsa hankintaa, kohtaa todennäköisesti useita haasteita projektinsa aikana. Yleisin este on robotin komponenttien korkeat hankintakustannukset, jotka nousevat helposti satoihin tuhansiin euroihin. Muita ongelmia käyttöönoton aikana voi aiheuttaa mm. robottien kehittyminen korkean volyymin ja pienen tuotevalikoiman sovelluksiin, robotiikkaan liittyvien standardien vähyyys, rajoittunut yhteistyö laitevalmistajien kesken, laitteiden toiminta fyysisessä maailmassa ja robotiikkaan perehtyneen työvoiman puute. (Bouchard 2017, 25-28.)

Korkean volyymin tuotannossa tärkeimmät ominaisuudet, joita robotilta vaaditaan ovat luotettavuus, nopeus ja tarkkuus. Suuriin yrityksiin voi olla kannattavaa hankkia hyvinkin monimutkainen, kallis ja pitkään kehitetty robottilinjasto, koska se saa itselleen pitkän takaisinmaksuajan työvaiheen pysyessä samana. Pk-yrityksille tärkeitä ominaisuuksia robotissa ovat kuitenkin edullisuus ja asennustyön sekä käytön vaivattomuus. Valitettavasti näiden ominaisuuksien kehittämiseen ei ole käytetty paljon resursseja pienen kysynnän vuoksi. Jokaisella laitevalmistajalla on lisäksi omat käyttöjärjestelmät, käyttöönottomallit ja alalla vallitsee kova kilpailu. Kun robottivalmistajia on lukuisia ja kaikkia laitteita ohjelmoidaan hieman eri tavoilla, lähes mitään standardimalleja tai kolmannen osapuolen ohjelmistoja ei ole tullut markkinoille.

Robotin toiminnassa täytyy myös ottaa huomioon sekä fyysinen että digitaalinen ympäristö. Fyysinen maailma on usein täynnä epävarmuuksia ja pieniä virheitä, jonka vuoksi robotin oikeanlaisen toiminnan aikaansaamiseksi tarvitaan runsaasti hienosäätöä. Tähän vaaditaan hyvin koulutettua työvoimaa, jota voi olla vaikea löytää muutaman kymmenen ihmisen yrityksestä. Nämä syyt voivat antaa yritykselle painetta ulkoistaa robotin hankinta kokonaan kolmannen osapuolen tehtäväksi. (Bouchard 2017, 28-29.)

2.3 Robotin hankkimisesta saatavat hyödyt

Usein ajatellaan, että yritykset automatisoivat tuotantoaan vain säästääkseen henkilöstön palkkakuluissa. Tämä pitää tietyllä tavalla paikkansa, sillä kone ei voi jäädä sairauslomalle eikä pidä taukoja ja voi tarvittaessa työskennellä 24 tuntia vuorokaudessa. Robotin hankkimisen on kuitenkin todettu vaikuttavan monella positiivisella tavalla koko yrityksen toimintaan. IFR on julkaissut vuonna 2005 listan, jossa on lueteltu kymmenen suurinta yksittäistä hyötyä, jotka voivat seurata robotin käyttöönotosta tuotantoon. Ne ovat tuotantokulujen lasku, tuotteen laadun paraneminen, työntekijöiden työn laadun paraneminen, tuotantomäärien nousu, tuotannon joustavuuden kasvu, materiaalihävikin väheneminen, työturvallisuuden paraneminen, työvoiman vaihtuvuuden hillitseminen, pääomatulojen kasvu ja tilan säästö tuotantotiloissa. (Wyatt 2019, 33-34.)

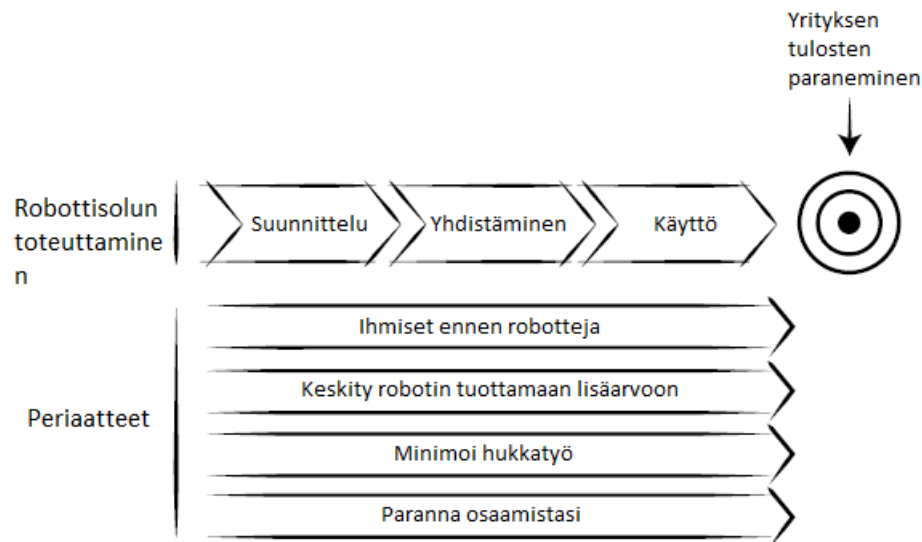
3 LEAN ROBOTICS

Samuel Bouchardin kirjoittama teos Lean Robotics julkaistiin vuonna 2017. Sen päämääränä on tarjota yksinkertaistettu metodi sille, kuinka teollisuusyrityksessä otetaan käyttöön ensimmäinen robotti. Metodin perustana on kirjailijan ja hänen tiiminsä vuosikymmenen mittainen kokemus teollisuusrobottien toimittamisesta yrityksiin ympäri maailman. Kirja on tarkoitettu ensisijaisesti teollisen tuotannon alan toimihenkilöille, joilla ei välttämättä ole vielä kokemusta robottien kanssa työskentelystä. Siitä löytyy lisäksi myös paljon vinkkejä, uusia näkökulmia ja optimointimahdollisuuksia niille, jotka ovat jo onnistuneet tuotannon pienimuotoisessa robotisoinnissa.

Lean Robotics -käyttöönottomalli pohjautuu neljän pääperiaatteen varaan, jotka ovat tuttuja myös Lean -valmistusmenetelmästä. Ne ovat lisäarvo asiakkaan näkökulmasta, lisäarvon tuottamisen ketju, hävikin minimointi ja jatkuva parantaminen. (Bouchard 2017, 34.) Robotisoidussa tuotannossa asiakkaalla tarkoitetaan yleensä seuraavaa asemaa tai työvaihetta, johon valmistettava tuote on siirtymässä. Tällöin lisäarvoa voi tuottaa esimerkiksi se, että eteenpäin siirretty tuote on varmasti oikea, oikeassa asennossa ja oikeaan aikaan. Kun tähän lisätään robottisolun suunnittelutyössä ja käyttöönottovaiheessa mahdollisesti säästettävät säästöt ja optimoinnit, niistä muodostuu koko robotin elinkaaren ajalle lisäarvon tuottamisen ketju, jota voidaan tarkastella. Erittäin tärkeää on myös hävikin ja hukkatyön minimointi koko elinkaaren ajalta. Näin varmistetaan robotin käyttöönotosta saatava mahdollisimman suuri tuotto yritykselle. Jatkuvalle parantamisella tarkoitetaan sitä, että yrityksen työntekijät kehittävät omia robotiikan ja projektinhallinnan taitojaan, jotta he voivat jatkaa robotisoidun tuotannon kehittämistä tulevaisuudessakin. (Bouchard 2017, 35.)

3.1 Robottisolun käyttöönotto

Lean Robotics -malli jakaa robottisolun toteuttamisen kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat suunnitteluvaihe, yhdistämisvaihe ja käyttövaihe. Kun näiden aikana noudatetaan Lean-valmistuksesta sovellettuja neljää perusperiaatetta, muodostuu kuvassa 3 näkyvä kartta. (Bouchard 2017, 33.)

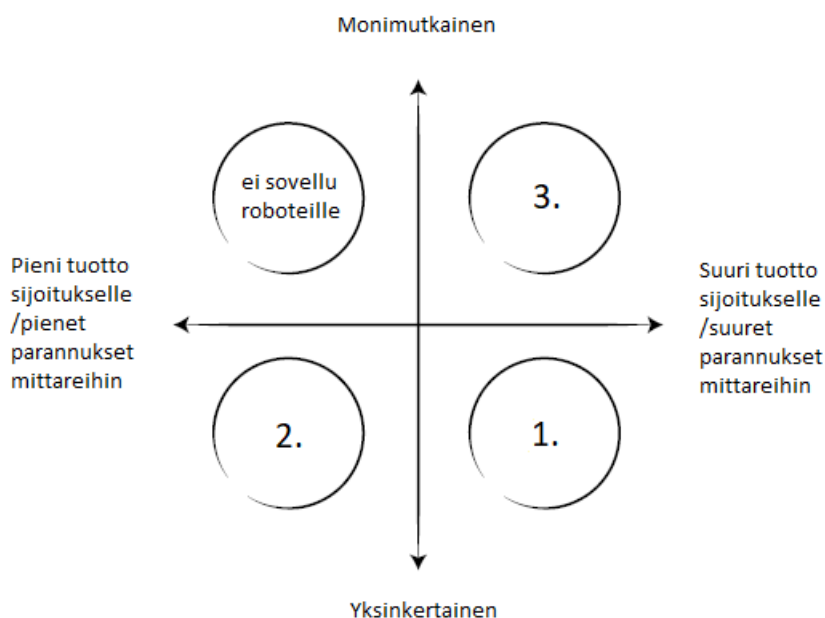


KUVA 3. Robottisolun toteutuskartta (Bouchard 2017)

Näitä perusperiaatteita kannattaa tarkastella jo heti projektin valmisteluvaiheessa. Ensiarvoisen tärkeää on muistaa se, että robotti tulee olemaan vain työkalu ihmisten käyttöön. Tällöin ihmisten tarpeet on aina laitettava robotin edelle. Robotin tulee olla turvallinen ja sen täytyy olla mahdollisimman helppokäyttöinen ja helposti lähestyttävä. Seuraavaksi tulisi keskittyä siihen, kuinka robottisolun tuottaisi eniten lisäarvoa seuraavalle työvaiheelle. Suunnittelu ja yhdistämisvaiheessa lisäarvoa saadaan siitä, kuinka nopeasti robottisolun saadaan käyttökuntoon. Käyttövaiheessa lisäarvo määräytyy työstettävän kappaleen saapumisesta seuraavalle työpisteelle oikeanlaisena ja oikeaan aikaan. Hukkatyön minimoimilla pyritään eliminoimaan sellaisia työvaiheen osia, jotka ovat kokonaisuuden kannalta lisäarvoa tuottamattomia. Esimerkkinä ylimääräiset liikkeet, odottaminen tai virheet tuotteessa. Päämääränä on myös kasvattaa yrityksen henkilöstön taitoja robottisolun käyttöönoton aikana. Vaikka ensimmäinen robotisointiprojekti olisikin yksinkertainen ja hankitun robotin vaikutus tuotannossa vielä pieni, tuotannon kehittyessä jokainen seuraava projekti saadaan vietyä läpi nopeammin ja tehokkaammin ensimmäisestä opittujen taitojen avulla. (Bouchard 2017, 41-58.)

3.1.1 Suunnitteluvaihe

Ensimmäiset asiat, jotka projektitiimin tulee selvittää ovat, mikä manuaalinen työtehtävä halutaan automatisoida, mitä tuotannon mittareita halutaan parantaa ja millainen aikataulu projektilla tulee olemaan. Ensimmäinen robotisointiprojekti olisi myös hyvä pitää realistisena ja yksinkertaisena. Kuvasta 4 nähdään, millaisia projekteja Lean Robotics -käyttöönottomalli suosittelee yritykselle ensimmäiseksi. Vaikka mahdollinen tuotto investoinnille voisikin olla suuri, kannattaa silti suosia yksinkertaisempia projekteja, koska niistä kerrytetyt taidot antavat todennäköisesti enemmän tuottoa tulevaisuudessa uusia projekteja tehdessä. (Bouchard 2017, 204-207.)



KUVA 4. Ensimmäisen projektin valinta. (Bouchard 2017)

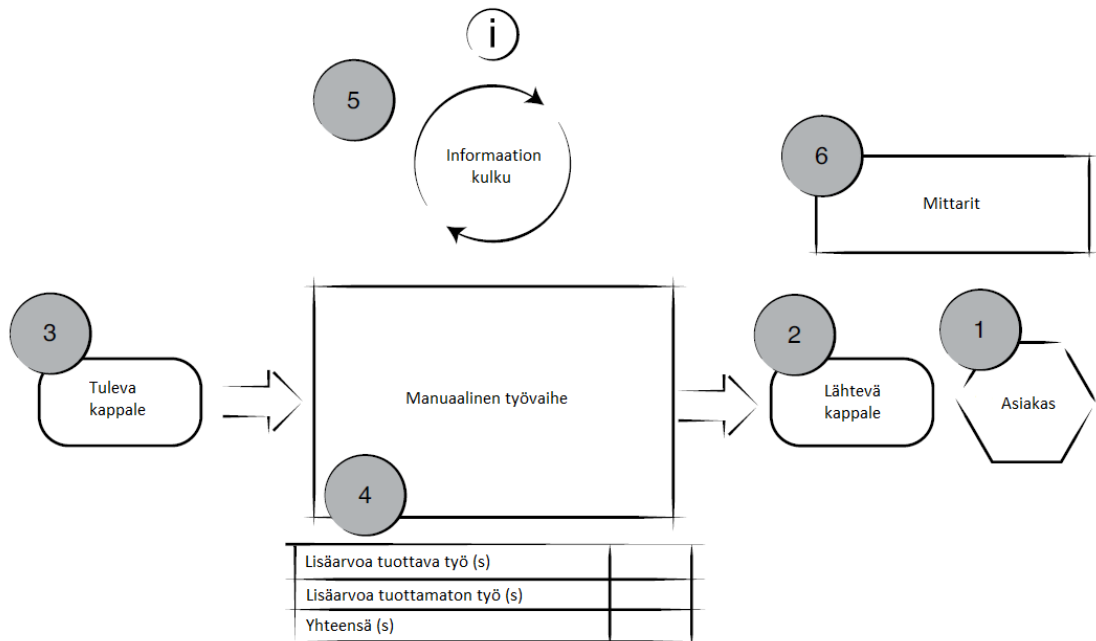
Myös itse robottisolun suunnittelussa kannattaa tähdätä ns. vähimmäiskykyiseen robottisoluun. Tällä tarkoitetaan sellaista robottisoluun, joka täyttää vain sille annetut ehdottomat vaatimukset työvaiheeseensa liittyen. (Bouchard 2017, 52.) Näin projekti ei lähde niin herkästi paisumaan suuremmaksi ja robotin tuoma lisäarvo voidaan maksimoida. Suunnitteluvaihe on hyvä aloittaa projektiryhmän luomisella ja roolien jakamisella asianosaisten kesken. Projektille määritellään sen tavoitteet, laajuus ja aikataulu. Kun nämä ovat selvillä ja projekti on virallis-

tettu, se voidaan julkistaa koko työpaikalle ja valmistautua ottamaan vastaan kysymykset ja huolenaiheet, joita työntekijöillä voi olla robotiikkaa kohtaan. (Bouchard 2017, 60-67.)

Projekti alkaa manuaalisen työvaiheen kartoituksella. Tällä tarkoitetaan sitä ihmisen tekemää työvaihetta, jota ollaan automatisoimassa. Aluksi määritellään työvaiheen asiakas eli se asema, mihin työvaiheesta valmistunut kappale menee seuraavaksi. Sen lisäksi määritellään, mikä lopputulos nykyisestä työvaiheesta halutaan ulos eli millainen käsiteltävän kappaleen tulee olla, jotta se on käyttökelpoinen seuraavassa työvaiheessa. Samankaltaisesti määritellään mitä materiaaleja tai osia tulee nykyiselle työvaiheelle työstettäväksi. On robottia ajatellen hyvin tärkeää tarkastella, kuinka osat saapuvat työpisteelle. Esimerkiksi ovatko kappaleet aseteltu satunnaisesti liukuhihnalle vai järjestelty siististi laatikoihin, jotka ihminen tuo paikalle keräilylavalla. (Bouchard 2017, 72-78.)

Tämän jälkeen voidaan katsoa mitä itse työstettävälle kappaleelle työpisteellä tehdään. Suoraviivaisin lähestymistapa on mennä haastattelemaan työntekijää, joka hoitaa tällä hetkellä kyseistä työvaihetta. Huomiota kannattaa kiinnittää etenkin sellaisiin työmenetelmiin, joita työntekijä joutuu tekemään vain silloin tällöin esimerkiksi tavallista likaisemman osan puhdistaminen. Jokainen työvaihe ja siihen kuluva aika dokumentoidaan ja katsotaan mitkä niistä ovat lisäarvoa tuottavaa työtä. Seuraavaksi tarkastellaan informaation kulkua työpisteiden välillä. Miten työntekijä saa tiedon kappaleen saapumisesta työpisteelle, ja kuinka hän tietää mitä kullekin osalle tulee tehdä. Dokumentoidaan myös se, miten tieto kulkee eteenpäin kappaleen valmistuttua ja mihin se päättyy. (Bouchard 2017, 79-81.)

Seuraavaksi analysoidaan työvaiheen olemassa olevia mittareita. Esimerkiksi kuinka monta kappaletta työpisteen läpi kulkee tunnin aikana ja millainen on valmistuneiden kappaleiden yleinen laatu. Myös ergonomiaa ja työturvallisuutta on hyvä tarkastella, kuten onko työvaiheessa yleisiä tapaturman riskejä tai muita ihmistä rasittavia aspekteja. Tässä vaiheessa kannattaa myös etsiä tai tehdä työpisteen layout-piirustukset. Kaikista näistä kerätyistä tiedoista luodaan kuvassa 5 esitetty manuaalisen työvaiheen kartta, jossa esitetään kokonaisvaltaisesti nykyinen työvaihe. (Bouchard 2017, 81-84.)



KUVA 5. Manuaalisen työvaiheen kartta (Bouchard 2017)

Manuaalisen työvaiheen kartoituksen jälkeen tehdään robotisoidun työvaiheen kartoitus, jossa ihmisen tekemä työ on korvattu robotilla. Prosessi on hyvin samankaltainen kuin manuaalisen työvaiheen kartoituksessa. Ensimmäisenä täytyy kuitenkin luoda konsepti robotisoidusta työasemasta. Mallinnetaan millaisia muutoksia työpisteen layoutiin pitää tehdä, jotta robotti voidaan asentaa paikalleen. Kun konsepti on valmis, robotisoidusta työvaiheesta tehdään samanlainen analyysi kuin manuaalisestakin. (Bouchard 2017, 97-105.)

Kun molemmat työvaiheet on saatu kartoitettua, niitä voidaan vertailla keskenään. Tutkitaan millaisia muutoksia robotisoitu työvaihe aiheuttaa sen mittareihin ja lisääntyykö vai väheneekö lisäarvoa tuottavan työn määrä. Robotti vaatii todennäköisesti muutoksia kappaleen tuontiin työpisteelle ja vaikuttaa siihen, millä tavalla valmis kappale poistuu sieltä. Selvitetään myös, kuinka tiedonkulku muuttuu robotisoinnin takia. Robotin täytyy saada tiedot kappaleen kulusta tuotannossa digitaalisesti. Suositeltavaa on myös tarkastella poikkeustilanteita ja robotin mahdollisuuksia selvittää niistä. Päämääränä työvaiheiden vertailussa on selvittää, kuinka robotin käyttöönotto vaikuttaa työvaiheen mittareihin ja onko muutos positiivinen ja tarpeeksi suuri, jotta investointi olisi kannattava. Myös riskien analysointi kannattaa tehdä tässä vaiheessa. (Bouchard 2017, 117-123.)

Kun työvaiheita on vertailtu keskenään ja on todettu, että robotisoinnilla saavutetaan hyötyä tuotannossa, voidaan suunnitelma robottisolusta tehdä valmiiksi. Ensimmäisenä lasketaan robotin tuoma tuotto sijoitukselle. Sijoituksen hinta muodostuu robottisoluun vaadittavien komponenttien hinnasta ja muutostöistä aiheutuvista palkkakuluista. Mitä nopeammin robottisolu saadaan toimintaan, sitä nopeammin se voi alkaa tehdä tuottoa. Kannattaa laskea myös mikä vaikutus ensimmäisellä robotisointiprojektilla on taloudellisesti seuraavia projekteja ajatellen. Kokenut henkilöstö voi tehdä toisen projektinsa nopeammin ja saada lopputuloksesta tehokkaamman, joka lisää osaltaan taas investoinnista saatavaa tuottoa. Nyt on viimeinen hetki paneutua vielä esiin nousseisiin riskeihin ja kysymyksiin, koska seuraavana vaiheena on jäädyttää muodostunut robottisolun konsepti. Jäädyttämisellä tarkoitetaan sitä, että luotuun suunnitelmaan ei tulisi enää tehdä muutoksia projektin edetessä yhdistys- ja käyttövaiheeseen. Lopuksi voidaan tilata kaikki tarvittavat komponentit ja muut materiaalit robottisolun rakentamiseksi tuotantolinjalle. (Bouchard 2017, 126-140.) Suunnitteluvaiheen päätteeksi tiimillä pitäisi olla resursseinaan lopullinen robotisoidun työvaiheen kartta, robottisolun layout suunnitelma, sähkö- ja mekaaniset piirustukset ja lista tilattavista materiaaleista. (Bouchard 2017, 141.)

3.1.2 Yhdistämisvaihe

Yhdistämisvaiheen päämääränä on saada käyttökuntoinen robottisolu tuotantolinjalle. Se toimii Lean Robotics -mallin mukaan ikään kuin asiakkaana suunnitteluvaiheelle, jonka inputtina toimivat edellisestä vaiheesta saadut resurssit. Ensimmäisenä työvaiheena on robottisolun valmistelu. Tuotannon seisahdusten minimoimiseksi valmisteluista kannattaa tehdä mahdollisimman suuri osa erillään eli ennen kuin komponenttien asennus aloitetaan tuotantolinjalle. Tilatut komponentit ja muut materiaalit on hyvä käydä läpi ja testata niiden asianmukainen toimivuus. Tässä vaiheessa alkaa robotin ohjelmoiminen. Ideaalitulanteessa yrityksellä olisi kaksi identtistä robottisoluja, joista toista voisi käyttää tutkimus- ja kehitystyöhön ja toinen olisi tuotantolinjalla. Pk-yrityksissä tällaista tilannetta ei todennäköisesti ole, joten robotin käytöstä kannattaa simuloida ohjelmallisesti niin paljon kuin mahdollista. Jokaisen robottivalmistajan tuotteet myös käyttävät

hieman erilaisia ohjelmointiympäristöjä. Lean Robotics -malli kehottaakin tutustumaan robotiikkayhteisön ohjelmointia opastaviin resursseihin, joita on saatavilla helposti mm. internetistä. (Bouchard 2017, 141-151.)

Ohjelmointityön rinnalla voidaan aloittaa myös itse tuotantolinjan valmistelu. Suunnitteluvaiheessa toteutetun manuaalisen ja robotisoidun työvaiheen vertailun tuloksena yrityksellä pitäisi olla tiedossa, minkälaisia muutoksia tuotantolinjalla tarvitsee tehdä. Jos soluun saapuvan työstettävän komponentin syöttöön tai lähtemiseen tuli muutoksia, niiden toimivuus kannattaa testata ensin tuotantolinjasta irrallaan. Manuaalisessa työvaiheessa on myös saatettu tarvita osan käsittelyssä erinäisiä puristimia, pidikkeitä tai astioita, joissa kappale on ollut kiinni työstämisen aikana. Ne on muutettava robotille sopiviksi. Robotti vie myös fyysisesti tietyn tilan linjalta, joka voi vaikuttaa edellisen tai seuraavan työvaiheen työstöpisteisiin. Koneita ja laitteita voi joutua siirtämään, jotta robottisolun saadaan mahtumaan paikalleen. Informaation kulku robotille ja siltä eteenpäin on myös erilainen kuin manuaalisessa työvaiheessa. Täytyy huomioida, millaiset järjestelmät tarvitaan siihen, kuinka robotti tietää uuden työstettävän kappaleen saapuneen tuotantosoluun ja kuinka robotti ilmoittaa kappaleen olevan valmis lähtemään seuraavaan työvaiheeseen. Solun toiminta kannattaa dokumentoida vielä ennen kuin robottia aletaan asentamaan paikalleen. Solun tulevia käyttäjiä varten olisi hyvä tehdä koulutusohje. Siihen sisältyy kuvaus robottisolun komponenteista, turvallisuusmääräykset, ohjeet robottisolun normaaliin käyttöön, ohjeet yleisimpien poikkeustilanteiden kanssa toimimiseen, huolto-ohjeet ja vianetsintätaulukko. (Bouchard 2017, 151-154.)

On hyvä myös valmistautua tilanteisiin, jossa robottisolun toiminta syystä tai toisesta pysähtyy. Seisokkiin johtavat suurimmat riskit kannattaa analysoida ja varautua ennalta todennäköisimpiin tilanteisiin. Tärkeää on mm. varmistaa varaosien saatavuus, tehdä ennaltaehkäisevä huoltosuunnitelma ja huolehtia, että hälyttimet tai muut anturit ilmoittavat ongelmista ajoissa. Robottisolun kannattaa suunnitella sellaiseksi, että seisokin aikana ihminen pystyisi työskentelemään väliaikaisesti robotin sijasta. On myös tärkeää pitää huoli, että robottisolua osaa käyttää enemmän kuin yksi työntekijä. (Bouchard 2017, 154-155.)

Hyvien valmistelujen jälkeen voidaan aloittaa robottisolun asentaminen tuotantolinjalle. Asentamisen aikana tehdään testiajoja ja niiden pohjalta robotin toimintaa voidaan vielä hienosäätää. Solun tulevien käyttäjien koulutukseen kannattaa myös panostaa. Hyvin koulutettu operaattori pystyy toimimaan itsenäisesti myös poikkeavissa tilanteissa. Uusien taitojen oppiminen on työntekijöille motivoivaa ja heiltä on mahdollisuus saada tulevaisuudessa arvokasta palautetta seuraavia robotisointiprojekteja varten. (Bouchard 2017, 156-157.)

3.1.3 Käyttövaihe

Käyttövaihe on Lean Robotics -mallissa kuvattu silmukkana, jonka aikana robotisolua tarkastellaan ja parannetaan jatkuvasti. Tähän vaiheeseen tullessa yrityksellä on tuotantolinjalla valmis robottisolu, tuotantolinja, joka on muunnettu robotisolun toimintaa tukevaksi ja koulutetut operaattorit. Robottisolun käynnistys tulee todennäköisesti laskemaan aluksi tuotantolinjan tehokkuutta ja tähän kannattaa varautua tuotannonohjauksessa aikataulutuksilla ja varaston puskuroinnilla. Kun solu on saatu käyntiin ja robotti tekee työtä, voidaan tarkastella työvaiheen mittareita ja verrata niitä suunnitteluvaiheessa laskettuihin arvoihin. Tutkitaan siis, päästiinkö niihin tehokkuutta parantaviin tavoitteisiin, jotka robottisolulle oli annettu. (Bouchard 2017, 159-161.)

Solussa olisi hyvä olla operaattoreita varten päiväkirja tilanteisiin, joissa robotin toiminta pysähtyy. Päiväkirjaan merkitään silloin mikä ongelmatilanne syntyi, mitkä olivat sen juurisyyt ja kuinka ongelma ratkaistiin. Hyvin dokumentoitujen ongelmatilanteiden pohjalta robotin toimintaa voidaan parantaa ja ottaa nämä asiat huomioon jo etukäteen seuraavaa robottisolua valmistellessa. Jos yritys tarvitsee ongelmien ratkaisemiseen ulkopuolista apua, valokuvat ja videot voivat antaa tilanteesta vielä paremman kuvan dokumenttien lisäksi. Lopuksi onnistunutta projektia kannattaa juhlistaa. Jos robottisolu on jo tässä vaiheessa näyttänyt positiivisia merkkejä tuotannon eri mittareissa, ne kannattaa esitellä koko työpaikalle. (Bouchard 2017, 161-163.)

3.2 Toimenpiteet ensimmäisen projektin jälkeen

Kun ensimmäinen robottisolu on saatu käyttöön ja sen käytöstä on tullut rutiinia muiden työvaiheiden joukossa, herää kysymys, mitä tehdä seuraavaksi. Jos yksi robottisolu täyttää yrityksen antamat tavoitteet tuotannon tehostamiseksi, sen toimintaa voidaan vielä tehostaa keskittymällä hukkatyön minimoiseen Lean Robotics -mallin käyttövaiheessa. Tähän yksi hyödyllisimpiä työkaluja on Lean valmistuksessa käytettävä 5S. Sen tarkoituksena on pitää työskentelyalue siistinä ja hyvin organisoituna. Robotti vaatiikin lähtökohtaisesti työtilan, jossa ei ole ylimääräisiä tavaroita, likaa tai muutoksia esim. työkalujen ja kappaleiden sijainnissa. Hukkatyötä voi käyttövaiheessa aiheuttaa myös mm. odotusajat, ylituotanto, laatuutteet, ylimääräiset liikeradat ja varaston kierron häiriöt robotin toiminnan takia. On myös mahdollista, että yrityksessä tulee tarve ottaa tuotannossa käyttöön toinen robottisolu. Tällöin hukkatyön minimointia voidaan tehdä myös suunnittelu- ja yhdistämisvaiheessa. (Bouchard 2017, 167-189.)

Jos yritys päättää robotisoida tuotantoaan laajemmin, pitää miettiä, kuinka yhden robottisolun käyttöönotto voidaan skaalata ylöspäin. Yhtenä tehokkaimmista keinoista tähän on standardoida käyttöönoton vaiheet yrityksen sisällä. Kohteet, jotka käyttöönotosta kannattaa standardoida ovat robottisolun käyttöönoton menet, käytetyt komponentit ja ohjelmointitavat. Standardoinnilla saavutetaan tehokkaampi suunnittelu- ja yhdistämisvaihe, koska yrityksellä on jo käytössään valmis pohja, josta uutta robottisolua lähdetään kehittämään. Myös käyttövaiheeseen päästään nopeammin ja robotin aiheuttama tuotannon seisahdusaika lyhenee. Nämä kaikki aiheuttavat sen, että robottiin investoitu raha tuottaa itsensä nopeammin takaisin. Projektitiimin ja työntekijöiden jatkokoulutus on tässä myös avainasemassa. (Bouchard 2017, 189-202.)

4 ROBOTICS AS A SERVICE

Oman teollisuusrobotin hankkiminen ja käyttöönotto voi olla pk-yrityksille suuri taloudellinen ongelma. Myös henkilöstön tietotaidon puutteet voivat vähentää halukkuutta automatisoida tuotantoa. Näihin haasteisiin pyrkii vastaamaan nouseva bisnesmalli Robotics as a Service, josta käytetään lyhennettä RaaS. Se on tilaajatuottaja -tyyppinen sopimus, jossa palvelun tarjoava yritys vuokraa robotin komponentit ja ohjelmistot tilaajan käyttöön maksusopimuksella. Esimerkkeinä kyseistä palvelua tarjoavista yrityksistä ovat Savioke, InVia Robotics ja Knight-scope. RaaS -palvelujen markkinaosuus uusien teollisuusrobottien käyttöönotoista ennustetaan kasvavan 20 miljardiin dollariin vuoteen 2023 mennessä. (Roboticbusinessreview 2017)

RaaS -mallissa tilaajayritys tekee palvelutasosopimuksen automaattioratkaisua tarjoavan yrityksen kanssa. Siinä määritellään minimissään järjestelmän odotettu luotettavuusaste, tuottajan reagointikyky, järjestelmän seurantatavat, toimenpiteet vikatilanteissa ja tilaajan pakolauseke. (Roboticbusinessreview 2017)

Automaattioratkaisulle annetaan selkeät määreet käyttöasteesta, läpimenoajasta, tarkkuudesta ja laadusta. Tuottajan reagointikyvyllä tarkoitetaan sitä, miten nopeasti vikatilanteet ja korjaustarpeet voidaan hoitaa ja millainen mahdollisuus tilaajalla on saada teknistä tukea. Järjestelmän seurantatavoissa määritellään mitä teknologioita etätarkastelu vaatii tilaajalta ja minkä asteinen pääsy tuottajalle annetaan tilaajan järjestelmiin. Pakolausekkeessa asetetaan ne tilanteet, joissa tilaaja voi irtisanoa RaaS -sopimuksensa. Sopimuksessa määritellään myös ne mittarit, joista robotin tai muun automaattioratkaisun tuottavuutta voidaan tarkastella. Yleisimmin ne ovat laitteiden toiminta-aika tai valmistettujen osien lukumäärä. (Roboticbusinessreview 2017)

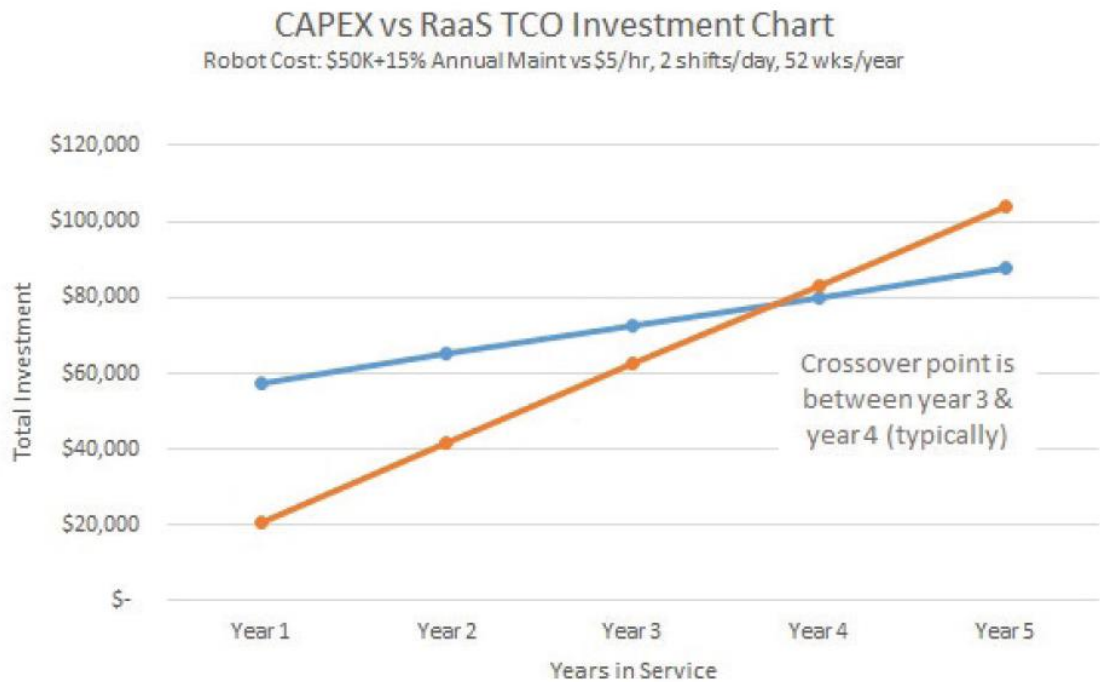
4.1 RaaS -mallin hyvät ja huonot puolet

RaaS -toimintamallin suurimpana houkuttimena on se, että palvelun tilaavan yrityksen ei tarvitse sijoittaa suurta alkupääomaa robotin hankintaan. Palvelusopimus tehdään tavallisesti noin 1-2 vuoden mittaiseksi, jonka aikana tilaajayritys maksaa tuottajalle joko suoraan robotin tuottamaan työhön perustuvaa maksua tai kiinteää vuosimaksua. Tämä luo tilaajan ja tuottajan välille läheisemmän suhteen kuin perinteisessä käyttönotossa. Vastuu robotin kunnossapidosta ja päivittämisestä säilyy sopimuksen aikana tuottajalla. Tämä on hyvä asia tilaajan kannalta, koska se antaa tuottajalle painetta pitää robotti täydellisessä toimintakunnossa ja optimoida sen toimintaa. Myös vikatilanteissa tuottaja on vastuussa, joten tarjottu automaattioratkaisu on lähtökohtaisesti toimintavarmempi. Tilaaaja voi myös vaihtaa tai palauttaa robotin omien tarpeidensa mukaan ilman, että siihen on tehty suurta alkuinvestointia. RaaS- malli auttaa tilaajayritystä myös muuttuvien tuotantomäärien kanssa, sillä se on helposti skaalautuva. Robottien kapasiteettia tai määrää voidaan vaihdella kesken sopimuskauden joustavasti markkinatilanteen mukaan. Tuottaja voi myös tarjota tilaajalle uusia robottimalleja tai teknologioita sopimuksen aikana, jolloin tilaaja pysyy kehityksen aallonharjalla. (Roboticbusinessreview 2017)

RaaS -malli vaatii kuitenkin muutamia asioita sen käyttöä harkitsevalta yritykseltä. Näistä suurimpana on asianmukainen verkkojärjestelmä. Koska RaaS -mallin kulmakivenä on etänä tapahtuva laitteiden seuranta ja tukeminen, tilaajayrityksen on pystyttävä yhdistämään robotti internetiin. Jos ratkaisu sisältää useampia robottisoluja, niiden on pystyttävä siirtämään tietoa toisilleen sisäisessä verkossa. Jos robotit ovat mobiileja, niitä varten on oltava tarpeeksi tehokas langaton verkkoyhteys. Yhteyden täytyy myös olla tietoturvallinen ja suojattu ulkoisilta uhilta. Myös mahdollisen kuva- tai videomonitoroinnin tapauksessa tilaajayrityksen kannattaa määritellä tarkasti, kuinka tuottaja saa säilyttää ja käyttää sen omistamaa materiaalia. (Roboticbusinessreview 2017)

Tilaajayrityksen kulut RaaS -mallilla käyttöönotetusta robotista muodostuvat alkuinvestoinnista, johon kuuluvat asennus- ja yhdistämiskulut tuotantolinjalle ja sopimuksen mukaisista käyttömaksuista. Kuvasta 6 nähdään miten perinteisen

käyttöönottomallin ja RaaS -mallin kulut eroavat toisistaan. Tässä esimerkkitapauksessa RaaS -mallin mukaan tehty alkuinvestointi on vain kolmannes perinteisestä, mutta sen käyttömaksut kasvattavat ratkaisun hintaa nopeammin vuosien kuluessa. Käytännössä RaaS -malli tulee pitkällä tähtäimellä kalliimmaksi, mutta kulut ovat paremmin ennustettavissa eikä tilaajan tarvitse huolehtia järjestelmän ylläpidosta. (Roboticbusinessreview 2017)



KUVA 6. Perinteisen käyttöönottomallin ja RaaS -mallin kustannukset. (Roboticbusinessreview 2017)

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tutkituilla molemmilla käyttöönottomalleilla on mahdollisuus päästä yrityksen kannalta samaan lopputulokseen eli ensimmäisen robottisolun käyttöönottamiseen tuotantoon. Niiden keskeisenä ideana on antaa yritykselle tarvittavat resurssit käyttöönoton helpottamiseksi ja saada robottisolu tuottamaan arvoa mahdollisimman nopeasti. Ne eroavat toisistaan toteutuksen osalta kuitenkin hyvin laajasti ja molemmille malleille on mahdollista löytää omat optimaalisimmat käyttökohteet.

Lean Robotics -käyttöönottomalli tarjoaa hyvin yksityiskohtaiset ohjeet robottisolun käyttöönottoon. Siinä käydään läpi kaikki projektiryhmän perustamisesta aina tuotannon ylöspäin skaalaamiseen ja standardointiin asti. Ohjeet on kirjoitettu helposti ymmärrettäviksi eikä yrityksellä tarvitse olla vielä kokemusta tuotannon automatisoinnista. Se on myös suunniteltu alun perin teollisen alan pienemmille yrityksille. Sen vahvuuksia ovat erityisesti jokaisen käyttöönottovaiheen ympärille tehdyt esimerkkitapaukset ja laskelmat, joita yritykset voivat käyttää omiensa mallina. Toinen suuri etu Lean Robotics -mallilla on sen läheinen yhteys Lean -valmistukseen. Tämä aiheuttaa sen, että yrityksen on helpompaa sitoa valmistunut robottisolu jo olemassa oleviin tuotannon seuranta- ja parannusjärjestelmiin. Tämä käyttöönottomalli sopii sellaiselle yritykselle, joka on halukas tekemään robotisointiprojektinsa alusta loppuun itse ja kehittää samalla omaa robotiikkaosaamistaan. Se soveltuu erityisen hyvin niihin tilanteisiin, joissa yritys tietää tuotetarjontansa pysyvän samana pitkään ja haluaa automatisoida tuotantoaan asteittain. Lean Robotics -mallin mahdolliseksi haittapuoliksi voidaan katsoa suuremmat alkuinvestoinnit ja se, että vastuu projektin onnistumisesta on kokonaan yrityksen omilla harteilla.

Robotics as a Service -toimintamalli pyrkii helpottamaan robotin käyttöönottoa siirtämällä vastuun robotin hankinnasta, käyttöönotosta ja huollosta osittain palvelua tarjoavalle yritykselle. Sen ideana on antaa palvelun ostavalle yritykselle mahdollisuus keskittyä enemmän siihen mitä tehdään, kuin miten siihen tilanteeseen päästään. RaaS -mallissa hyvinä puolina ovat pienet alkuinvestointikustannukset ja se, että vastuu projektissa on hajautettu sekä tilaajalle että toimittajalle.

Toinen vahvuus on RaaS -mallin skaalautuvuus esimerkiksi sellaisissa tilanteissa, joissa tuotannon kuorma vaihtelee kausittain. RaaS -toimintamallia on mahdollista soveltaa muillekin kuin perinteisille teknologian aloille, esimerkiksi asiakaspalveluun. Se soveltuu modernille yritykselle, jolla on halukkuutta toteuttaa robotisointiprojektinsa yhteistyössä palveluntarjoajan kanssa. RaaS on myös etuasemassa sellaisissa tilanteissa, joissa yritys tietää tuotteensa tai palveluidensa muuttuvan tiheään tahtiin tai jos tuotannolla on usein tapana kiihtyä ja hidastua. Huonoina puolina toimintamallissa on sen uusi asema markkinoilla. Suomesta voi olla vaikea löytää yrityksen tarpeisiin sopivaa palveluntarjoajaa. RaaS -malli vaatii myös sen tilaavalta yritykseltä kattavat ja modernit teollisen internetin järjestelmät, joita monissa pk-yrityksissä ei välttämättä vielä ole.

Sopivan käyttöönottomallin valinta riippuu luonnollisesti yrityksen omista tarpeista. Lean Robotics -käyttöönottomalli soveltuu perinteisen teknologiateollisuuden pk-yritykselle, jolla on tarve robotisoida aikaisemmin ihmisen tekemä työvaihe. Sen kokonaisvaltaisten ohjeiden avulla projektin läpivienti on huomattavasti helpompaa kuin mitä aikaisemmin on ollut mahdollista. Se on hyvin loppuun asti mietitty ja helposti hallittava kokonaisuus, jota voi suositella käytettäväksi varauksetta. Robotics as a service -toimintamallia on sen sijaan vaikeampi suositella ennen kuin sen käytöstä on tullut vakiintuneempaa suomessa. RaaS -mallissa on paljon potentiaalia sen laajan soveltuvuuden vuoksi ja onkin mielenkiintoista seurata, millaisiin käyttökohteisiin sitä käytetään tulevaisuudessa. Se kuitenkin vaatii palvelun tilaavalta yritykseltä jo valmiiksi hyvin modernisoitua tuotantoa ja ei ole paras mahdollinen keino yksittäisen robottisolun käyttöönottoon. Tämän vuoksi pk-yrityksen kannattaa ensimmäiseksi ehdottomasti tutustua Lean Robotics käyttöönottomalliin.

LÄHTEET

Wyatt, S. 2019. IFR World Robotics Outlook 2019. Luettu 10.10.2019. https://ifr.org/downloads/press2018/IFR_World_Robotics_Outlook_2019_-_Chicago.pdf

Bouchard, S. 2017. Lean Robotics, A Guide to Making Robots Work in Your Factory.

PwC. The new hire: How a new generation of robots is transforming manufacturing. 2014. Luettu 2.10.2019. <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/mep/data/TheNewHire.pdf>

Robotic. Part presentation playbook. 2017. Luettu 5.10.2019

Robotiikka tutuksi. Modernit robottiratkaisut ja Hands-on -robotiikkakokeilut. Koulutus. Käyty 2.9.2019

Wilson, M. 2015. Implementation of Robot Systems, An Introduction to Robotics, Automation, and Successful Systems Integration in Manufacturing.

Oitzman, M. Robots as a Service: How to Lessen Upfront Costs. 2017. Luettu 22.10.2019. https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2018/03/RBR_RaaS_lessen_cost