

Robottihitsauksen käytettävyyden parantaminen

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Konetekniikka
2021
Tomi Katajainen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Katajainen, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 24	
Työn nimi Robottihitsauksen käytettävyyden parantaminen		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli tehostaa Peikko Finland Oy:n hitsausrobottiasemien käytettävyyttä. Työssä tutkittiin robottien nykyistä käytettävyyttä ja robottien hävikkien syitä. Tavoitteena oli muodostaa yritykselle ehdotuksia robottihitsauksen tehostamiseen.</p> <p>Teoriaosuudessa käydään läpi tuotannonohjauksen eri ohjaustapoja. Lisäksi esitellään tehokkaita tuotannon tehostamisen menetelmiä kuten Lean, Six Sigma ja TPM.</p> <p>Opinnäytetyön käytännön osuudessa mitattiin kahden robottihitsausaseman käytettävyyttä kahden viikon ajan. Tulokset analysoitiin ja määritettiin juurisyyt hävikkeille. Juurisyyden perusteella tehtiin kehitysehdotuksia käytettävyyden parantamiseen.</p> <p>Tutkimuksessa löydettiin toimenpiteitä, joilla robottien käytettävyyttä pystyy parantamaan. Lisäksi yritykselle ehdotettiin jatkotutkimuskohteita.</p>		
Asiasanat Käytettävyys, robottihitsaus, TPM		

Abstract

Author(s) Katajainen, Tomi	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 24	
Title of Publication Improving availability of robotic welding		
Name of Degree Bachelor of Engineering		
Name, title and organization of the client		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to improve productivity of robotic welding stations. This thesis was made for Peikko Finland Oy. Current availability status of welding robots was researched. The reason for stoppages was studied. The objective of the thesis was to construct development suggestions.</p> <p>Theory part focuses on basics of production control. Basic principles of Lean, Six Sigma and TPM are introduced.</p> <p>Two welding robot stations' productivity of two weeks was researched. The results were analyzed, and root causes were determined. Suggestions for improving the availability were made based on root causes.</p> <p>Research found effective methods to improve availability of welding robots. Also, follow-up actions were suggested.</p>		
Keywords Availability, robotic welding, TPM		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Työn tausta ja tavoite.....	1
1.2	Toteutus ja rakenne.....	1
1.3	Peikko Finland Oy.....	1
2	Teoria.....	3
2.1	Tuotannonohjaus.....	3
2.1.1	Tilauksen kohdennuspiste.....	3
2.1.2	Varaston hallinta.....	4
2.1.3	Imu- ja työntöohjaus.....	5
2.2	Lean.....	6
2.2.1	Hukka.....	7
2.2.2	5S.....	8
2.3	Six Sigma.....	9
2.3.1	Tilastolliset työkalut.....	9
2.3.2	DMAIC.....	10
2.3.3	DFSS.....	11
2.4	TPM.....	12
3	Robottiasemien käytettävyyssanalyysi.....	13
3.1	Mittaus.....	13
3.2	Tulosten analysointi.....	15
3.3	Kehitysehdotukset.....	20
4	Yhteenveto.....	23
	Lähteet.....	24

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoite

Opinnäytetyö tehtiin Peikko Finland Oy:lle. Työn tarkoituksena oli tehostaa liitososatehtaan robottihitsaustiimin tuotosta. Robottihitsaustiimissä kokoonpannaan tuotteet alkutuotannon valmistamista komponenteista. Hitsausroboteille oli määritelty 75% tavoite käytettävyydelle. Käytettävyydellä tarkoitetaan aikaa, jolloin robotti on käynnissä suhteessa suunniteltuun käyntiaikaan. Lähtötilanteessa hitsausrobottien käytettävyys ei ollut tavoitellulla tasolla. Robotilla hitsattavat tuotteet muodostavat suuren osan Peikon liikevaihdosta. Näin ollen on tärkeää, että tuotteet tehdään tehokkaasti, ja että niitä saadaan toimitettua lyhyellä toimitusajalla asiakkaille.

Työn tarkoituksena oli tutkia robottihitsauksen käytettävyyttä ja etsiä syitä robottien pysähtymisille. Työn tavoitteena oli tuottaa kehitysehdotuksia yritykselle robottihitsauksen tehostamiseen. Pysähdyksiä vähentämällä ja lyhentämällä, robottien käyttöastetta olisi mahdollista parantaa.

1.2 Toteutus ja rakenne

Työn alussa on teoriaosuus, jossa käydään läpi tuotannonohjauksen perusteita sekä yleisimpiä käytäntöjä. Teoriaosuudessa etsitään tehokkaat menetelmät tuotannon tehostamiseen. Tutkimuksessa hyödynnetään teoriaosuuden tietopohjaa ja lähdemateriaaleja.

Mittausvaiheessa tutkitaan kahden hitsausrobottiaseman käytettävyysdataa. Robottien käyntitilaa seuraavasta järjestelmästä saadaan tietoa siitä, miten paljon robotit ovat olleet käynnissä mittauksen aikavälillä. Operaattoreiden täyttämästä häiriökirjausjärjestelmästä saadaan tietoa siitä, minkä vuoksi robotit kulloinkin ovat pysähtyneet.

Tulokset esitetään tekstimuodossa sekä kuvaajina. Tuloksien avulla pohditaan, mitkä asiat ovat kriittisiä robottien hyvälle käytettävyydelle. Lopuksi tulosten analysoinnin perusteella ehdotetaan yritykselle toimenpiteitä käytettävyyden parantamiseen.

1.3 Peikko Finland Oy

Peikko on perheomisteinen yritys, joka on perustettu vuonna 1965. Peikko on erikoistunut betoniliitoksien ja liittopalkkien elementti- ja paikallavalurakentamiseen. Peikolla on lisäksi erilaisia ratkaisuja esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin, betonilattioihin sekä parvekerakentamiseen.

Tuotanto alkoi seinäelementeissä käytettävien ansaiden valmistamisella. Tavoitteena oli helpottaa ja nopeuttaa rakentamista, sekä tehdä siitä turvallisempaa. Peikolla on yhä edelleen sama tavoite. Peikko investoi vahvasti tutkimukseen ja tuotekehitykseen.

Suomessa Peikko työllistää noin 300 henkeä ja maailmanlaajuisesti yli 2000 henkeä. Tuotantoa Peikolla on kahdessatoista maassa ja myyntitoimistoja 34 maassa. Suomen toimitilat sijaitsevat Lahdessa. Peikon liikevaihto on noin 240 miljoonaa euroa. (Peikko Group)

2 Teoria

2.1 Tuotannonohjaus

2.1.1 Tilauksen kohdennuspiste

Tuotannolla on useita eri muotoja. Tuotannonohjaus voidaan jakaa neljään eri perustyyppiin. Nämä muodot eivät sido yritystä tiettyyn tyyliin, vaan eri muotoja voidaan soveltaa yksittäisiin tuotteisiin tai tuoteryhmiin. Tuotantomuodot erottuvat toisistaan vaiheessa, jossa asiakastilaus kohdistuu tuotantoon. Tilauksen kohdennuspisteestä käytetään englanninkielisestä nimestä tulevaa lyhennettä OPP (Order Penetration Point). (Logistiikan Maailma 1)

- Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS = Make to Stock)
- Tilauksesta kokoonpano (ATO = Assemble to Order)
- Tilauksesta valmistus (MTO = Make to Order)
- Tilauksesta suunnittelu (ETO = Engineer to Order)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa (MTS) asiakkaalle toimitetaan tilatut tuotteet lopputuotevarastosta. Tuotteita on siis jatkuvasti varastossa. Tyypillisesti varasto-ohjautuva tuotanto on käytössä, kun asiakas vaatii tuotteiden toimituksen hyvin lyhyessä ajassa. Lisäksi pitkät läpimenoajat tuotannossa voivat johtaa varastojen tarpeellisuuteen. Varastoinnissa on myös heikkoutensa. Varastossa olevat tuotteet sitovat pääomaa ja aiheuttavat näin kustannuksia. Tuotteilla on myös riski vahingoittua tai vanhentua. Tavoitteena on valmistaa tuotteita varastoon riittävä määrä ennusteiden ja ohjaustavan avulla. (Logistiikan Maailma 2)

Tilauksesta kokoonpantaessa (ATO) asiakkaan tilauksesta aloitetaan valmistustuotteiden kokoonpano. Tuotteiden puolivalmisosat ovat jo valmiina välivarastossa. Varastointi tapahtuu puolivalmiissa osissa eikä valmiissa tuotteissa. Ylivarastoinnin riski on pienempi, kun osia voidaan hyödyntää useampiin tuotteisiin. Myös niiden määrä ja arvo on pienempi kuin varasto-ohjautuvan tuotannon tuotteilla. Osien täydennystä voidaan määritellä esimerkiksi ennusteiden avulla tai imuohjatusti. Tilauksesta kokoonpano yhdistelee pienemmät varastonarvot kohtuullisen lyhyeen toimitusaikaan. (Logistiikan Maailma 3)

Tilauksesta valmistus (MTO) tarkoittaa, että asiakkaan tilaama tuote valmistetaan alusta asti. Tilauksesta valmistusta käytetään tyypillisesti, kun tuotantomäärät ovat suhteellisen pieniä verrattuna lopputuotevaihtoehtojen määrään. Lopputuotevarasto sitoisi liikaa

pääomaa tai se ei olisi edes mahdollinen tilan tarpeen vuoksi. Varastoon ostetaan raaka-aineet, osat ja komponentit. Varaston arvo ja riskitaso ovat jälleen pienempiä kuin edeltävissä tuotantomuodoissa. Tällä tuotantomuodolla heikkoutena ovat pitkät toimitusajat. Tuotanto alkaa materiaalien jalostamisesta tarvittaviksi komponenteiksi. Tuotannon kuorman vaihtelu voi olla suurta, kun kaikki työt liittyvät asiakastilauksiin. Resurssien hallinta on haastavampaa kuin varasto-ohjautuvassa tuotannossa. (Logistiikan Maailma 4)

Tilauksesta suunnittelu (ETO) on tuotannonohjausjärjestelmä, jossa kaikki vaiheet tehdään tilausohjautuvasti. Asiakkaan tilauksesta aloitetaan tuotteen suunnittelu. ETO-menetelmällä valmistettavat tuotteet ovat useimmiten arvokkaampia ja monimutkaisempia kuin muilla menetelmillä valmistettavat tuotteet. Toimitusajat ovat tässä tuotantomuodossa pisimmät. Varastossa on materiaaleja ja komponentteja tai hankinnat tehdään vain tarpeeseen. (Logistiikan Maailma 5)

2.1.2 Varaston hallinta

Varaston hallinnan tavoitteena on varmistaa ostettavien materiaalien ja osien saatavuus sekä myytävien tuotteiden toimituskyky. Tavoitteena on myös toteuttaa hankinnat ja tuotanto niin, että niistä koituvat kustannukset ovat mahdollisimman pienet. Materiaaleja tulisi olla riittävästi tuotannon käyttöön ja valmiita varastoitavia tuotteita toimitettavissa asiakkaalle. Ylimääräisten materiaalien ja tuotteiden varastointi puolestaan sitoo pääomaa ja lisää varastoinnista johtuvaa työtä. (Sakki 2009, 115.) Seuraavaksi käydään läpi muutama varaston hallinnan menetelmä.

Tilauspistemenetelmässä tehdään tilaus varastotäydennykselle, kun varaston arvo saavuttaa määritellyn rajan, eli tilauspisteen. Tiluserä pysyy useimmiten samana. Tilaaminen tapahtuu epäsäännöllisin väliajoin, johtuen menekin epätasaisuudesta. Tilauspisteen alittuessa tuotetta ehditään normaalilla toimitusajalla hankkimaan lisää. Menekin muutoksiin voi varautua varmuusvarastolla. Tilauspiste (T) lasketaan kaavalla:

$$T = DL + B$$

jossa D on keskimääräinen menekin yksiköissä aikajaksolla, esimerkiksi kappaletta viikossa. L on toimitusajan pituus viikoissa. B on varmuusvarasto yksiköissä. Varmuusvarasto lasketaan kaavalla:

$$B = ks\sqrt{L}$$

k on varmuuskerroin, s on menekin standardipoikkeama ja L on toimitusajan pituus. Varmuuskerroin saadaan valitsemalla taulukosta haluttua toimitusvarmuutta vastaava

kerroin. Standardipoikkeama eli keskihajonta tarkoittaa menekin yksittäisten havaintojen keskimääräistä poikkeamaa saman tuotteen menekin keskiarvosta.

Tilausvälimenetelmässä puolestaan varastotilaus tehdään säännöllisillä väleillä, esimerkiksi kerran viikossa. Tilauserän koko muuttuu kulutuksen mukaan. (Sakki 2009, 120-123)

Min-maks -menetelmässä tuotteelle on määritelty varaston ylä- ja alarajat. Varastomäärän halutaan liikkuvan rajojen välissä. Jos tarkasteluhetkellä varastotaso on alle alarajan, tilataan määrä, joka nostaa varaston ylärajan päälle. Minimivarasto on tilauspiste. Tilattava määrä vaihtelee tilauksesta toiseen. Maksimivaraston määrittelyyn lasketaan varmuusvaraston lisäksi menekki tarkasteluvälin ja toimitusajan aikana. Minimivarasto on varmuusvarasto lisättyä toimitusajan menekkiin. Tilauserä määritetään vähentämällä maksimivarastosta tarkasteluhetken varastomäärä. (Sakki 2009, 125)

Kaksilaatikkojärjestelmä on hyvin käytännön läheinen tapa varastonohjaukseen. Yksinkertaisimmillaan tuotteelle on kaksi "laatikkoa". Kun toinen "laatikko" tyhjenee, tehdään tilaus kyseistä "laatikkoa" vastaavalle määrälle. Tilauspiste ja tilauserä ovat samat. Menetelmä sopii hyvin tuotteille, joiden menekki on tasaista. Jos menekki kasvaa tai toimitusaika pitenee, on tilauserää ja tilauspistettä kasvatettava. (Sakki 2009, 124)

2.1.3 Imu- ja työntöohjaus

Tavaratuotannossa on kaksi erilaista materiaalin ohjauksen menetelmää. Työntöohjaus perustuu materiaalitarvelaskentaan, jossa edelliset työvaiheet työntävät materiaalia seuraaville työpisteille. Imuohjauksessa työvaiheet pyytävät materiaalin edeltävistä työvaiheista.

1970-luvulta alkaen materiaalisuunnittelua on hallinnut materiaalitarvelaskenta, joka tunnetaan yleisesti englanninkielisellä lyhenteellään MRP. MRP tulee sanoista material requirements planning. Tätä menetelmää kutsutaan myös työntöohjaukseksi. Osien valmistus- ja hankintatarpeet voidaan suunnitella ja ajoittaa, kun lopputuotteiden valmistus on suunniteltu ja kunkin tuotteen tuoterakenne on tiedossa. Tiedossa on oltava myös, kuinka paljon osia on varastossa ja kuinka paljon osia on avoimilla tuotanto- tai ostotilauksilla. Näillä tiedolla lasketaan tarve uusille osa- tai materiaalitalauksille. Tarvelaskennassa voidaan lisäksi tuottaa enemmän tuotetta kuin on kyseisellä hetkellä tarvetta. Näin voidaan tehdä esimerkiksi, jos tuotteiden valmistamisella on pitkä asetus aika. Pitkän asetusajan vuoksi ei ole kannattavaa tehdä pientä määrää usein. (Lehtonen 2004, 74-75) Valmistusvaiheessa tuotettavat määrät lasketaan varastotason, avoimen menekin ja myyntiennusteiden avulla. Tarvelaskennan toteuttamisessa on myös vaikeutensa. Kaikki

tarpeet eivät ole oikeita asiakastilauksia, vaan perustuvat ennusteeseen. Varastoon tekeminen varaa resursseja ja materiaaleja tuotteilta, joilla on oikeaa menekkiä. Muutokset menekkiin ovat myös mahdollisia. Tuotteiden tuoterakenteissa voi olla useita tasoja, mikä voi synnyttää äkillisiä pullonkauloja monivaiheisessa tuotannossa. Myös läpimenoaikojen ja toimitusaikojen muutokset voivat aiheuttaa koko tuotannon uudelleen laskemisen ja ajoittamisen. (Sakki 2009, 128.)

JIT-tuotanto, just-in-time tai suomeksi juuri oikeaan tarpeeseen (JOT), on imuohjaukseen liittyvä käsite, joka syntyi apunperin japanilaisessa autoteollisuudessa. Tavoitteena on minimoida välivarastojen sekä keskeneräisen tuotannon määrää, ei niinkään resurssien käytön maksimointi. Imuohjaus konkretisoituu kanban-korteissa, joilla kokoonpanon työvaiheet tilaavat edellisiltä työvaiheilta riittävän määrän osia. Imuohjauksen yhteydessä käytetään usein myös termiä lean. (Sakki 2009, 129.) Kanban-kortit ja esimerkiksi kaksilaatikkojärjestelmä ovat visuaalisia keinoja materiaalin täydennyksen laukaisijoiksi (Lehtonen 2004, 72). Lehtonen (2004, 75) toteaa, että visuaalisen ohjauksen avulla tuotettavat keskeisimmät tuotteet ovat edullisia ja tasaisen menekin omaavia.

Solutuotanto on yksi JIT-tuotannon kulmakivistä. Koneet on järjestelty omiin soluihin kunkin tuoteryhmän valmistusta varten. Solutuotanto minimoi kuljetusmatkat ja vähentää keskeneräistä tuotantoa. Myös ohjaus yksinkertaistuu. Soluryhmän tuotteiden välillä ei saa olla merkittäviä asetusten tekoja, sillä suuria eriä ei tehdä. Edeltävä vaihe saa aloittaa valmistuksen, mikäli seuraava vaihe on ottanut käyttöön edellisen vaiheen tuottaman osan. Hitain työvaihe määrittää tuotantovauhdin. Tämä voi johtaa työvaiheiden vaihtelevaan kuormitukseen. Työntekijöitä pitäisi pystyä siirtämään helposti työvaiheesta toiseen kuormituksen tasaamiseksi. (Lehtonen 2004, 66.)

2.2 Lean

Leanin konsepti on asiakkaalle tuotettavan arvon maksimointia vähentämällä hukkan määrää mahdollisimman pieneksi. Lean-tekniikkaa käytetään vähentämään kiertoaikaa, arvoa tuottamatonta työtä, resursseja ja työvaiheita. Tekniikan tarkoituksena on kehittää yritykselle kilpailuetu muihin saman alan toimijoihin. Leania ei käytetä pelkästään tuotantoympäristöissä, vaan sitä voidaan hyödyntää millä tahansa toimialalla. (Taghizadean, 2013) Tuomisen (2009, 6.) sanoin, *lean ei ole tila, johon pyritään. Se on jatkuva oppimisen ja kehittymisen prosessi.* Lean ei anna valmiita toimenpiteitä toiminnan kehittämiseen. Ensin on opetettava lean-tekniikoita ja ymmärrettävä niiden periaatteet. Koko organisaation on oltava sitoutunut, jos halutaan parhaita tuloksia. Merkittäviä tuloksia syntyy, kun prosesseista riittävän suuri määrä toimii leanin periaatteiden mukaisesti. Lean voidaan jakaa kahteen keskeiseen periaatteeseen. Ensimmäinen on materiaalien, tiedon ja

tuotteiden keskeyttömän virtauksen luominen. Toinen on johdon sitoutuminen työntekijöihin panostamiseen ja jatkuvan parantamisen edistämiseen. (Tuominen 2009, 6.)

2.2.1 Hukka

Lean-ajattelun ydin on hukan väsymätön poistaminen (Tuominen 2009, 86). Kaikki työt, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle ovat hukkaa. Hiroyuki Hiranon määritelmän mukaan kaikki mikä ei ole absoluuttisen välttämätöntä, on hukkaa. Tuottavuuden lisäämiseksi ei tarvitse lisätä työn nopeutta, vaan työmenetelmiä vaihtamalla voidaan vähentää hukan määrää. Hukat voidaan määrittellä seitsemään helposti havaittavaan tyyppiin (Santos, Wysk & Torres 2006, 7).:

- Ylituotanto
- Tarpeettomat varastot
- Odottaminen ja viivästyks
- Tarpeeton kuljettaminen
- Laatuvirheet
- Ylikäsittely
- Tarpeeton liike työskentelyssä

Ylituotantoa tehdessä, tuotteita valmistetaan enemmän kuin asiakkaalla on tarve. Siitä syntyy ylimääräisiä kuluja, kun käytetään enemmän materiaalia ja työtunteja. Lisäksi syntyy turhaa tarvetta kuljettamiselle sekä varastointitalalle. (Sayer, Williams 2007, 44.) Ylituotanto piilottaa toiminnassa syvällä olevat ongelmat.

Tarpeettomat varastot saattavat usein liittyä ylituotantoon. Varastoinnilla voi olla tarvetta, mutta se ei tuota arvoa. Tarpeettomat varastot sitovat yhtiön pääomaa materiaan. Varastoivat tuotteet voivat vanhentua, vahingoittua tai tulla tarpeettomiksi. Turha varastointi myös vie tilaa. Varastoja tarvitsee myös seurata ja ohjata. Ylituotannon tavoin varastointi voi suojella muita ongelmia. (Sayer, Williams 2007, 44.)

Kaikentyyppinen odottaminen on hukkaa. Tämä koskee sekä operaattoreita, että koneita. Tuotantoympäristössä syntyy aina odotushukkaa, kun operaattorin kädet eivät tee mitään. Syitä voi olla seisokit, epätasainen työkuorma, puutteelliset lähtötiedot tai työn periaate. Tiettyjä koneita valvottaessa ei tehdä muuta ja tämä on lean ajattelussa hukkaa. (Sayer, Williams 2007, 44.)

Tarpeeton kuljettaminen työvaiheiden välillä on hukkaa. Huono layout ja epäorganisoitu toiminta ovat yleisiä syitä tarpeettomalle kuljettamiselle. Kuljettamiseen vaaditaan työvoimaa ja kuljetuksessa on aina riski vahingoittumiselle. (Sayer, Williams 2007, 44.)

Prosessi, tuote tai palvelu, joka ei täytä vaatimuksia on hukkaa. Laatuvirheiden korjaamista ei pidetä arvoa tuottavana. Tällöin ei täytetä leanin kriteeriä, jossa tuotteen pitäisi valmistua kerralta riittävän laatutason täyttäen. (Sayer, Williams 2007, 44.)

Ylikäsittely on tuotteen prosessointia, joka ei tuota arvoa. Ylikäsittely voi johtua sopimattomasta teknologiasta, vääristä materiaaleista tai ylilaadun tuottamisesta. Ylimääräinen kappaleiden hiominen ja hinkkaaminen on turhaa. (Sayer, Williams 2007, 45.)

Tarpeettomat liikkeet ovat niitä ihmisen tekemiä liikkeitä, jotka eivät tuota arvoa. Näihin liikkeisiin kuuluu tarpeeton kävely, taivutus, nosto, kääntyminen ja kuroittelu. Myös kappaleille tehtyjä ylimääräisiä säätöliikkeitä ja kohdistuksia tulisi välttää. (Sayer, Williams 2007, 45.)

2.2.2 5S

5S on alunperin Japanissa kehitetty työkalu työpisteiden siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseen. Perustana on siisti työpiste, josta on poistettu kaikki arvoa tuottamaton ja kaikelle tarpeelliselle on merkitty paikka. Kun työpiste on organisoidussa kunnossa, niin työnteolle on tilaa ja työvälineiden löytäminen helpottuu. Kertaluontoisten siivousurakoiden sijaan työpisteen siisteyttä pidetään yllä päivittäisillä pienillä teoilla. Siisti ja organisoitu työpiste parantaa työnteon turvallisuutta sekä tuotteiden laatua. 5S koostuu viidestä eri vaiheesta. (Santos, ym. 2006, 147-148.)

Ensimmäisessä vaiheessa, Seiri, käydään läpi kaikki työpisteellä olevat työvälineet ja tarvikkeet. Välineet jaetaan käyttötaajuuden mukaan kolmeen kategoriaan: usein käytetyt, harvoin käytetyt ja ei käytetyt. Välineitä, joita ei käytetä työpisteellä, poistetaan. Tavarat, joita käytetään harvoin voidaan siirtää pois työpisteeltä. (Santos, ym. 2006, 151.)

Toinen vaihe, Seiton, on systematisointia. Työpisteestä tehdään selkeä. Tarvittaville työvälineille ja lavoille merkataan paikat sekä alueet voidaan rajata. Työn tekeminen tehostuu, kun tarvittavia työvälineitä ei tarvitse etsiä. (Santos, ym. 2006, 152.)

Seiso on kolmas vaihe. Tässä vaiheessa työpiste siivotaan täysin kaikesta liasta ja pölystä. Työpisteen siisteyttä hoidetaan päivittäin. Suurien siivousurakoiden tarve poistuu, kun siisteyttä ylläpidetään päivittäin pienillä toiminnoilla. Puhtaassa työpisteessä vuodot ja rikkoontumiset huomataan helpommin. Lisäksi työturvallisuus paranee, kun esimerkiksi öljystä sotkeutuneet lattiat puhdistetaan. (Santos, ym. 2006, 153.)

Neljäs vaihe on Seiketsu, standardisointi. Kun edelliset vaiheet ovat käytössä ja ylläpidosta on tullut päivittäistä, voidaan ohjeet vakioida. Työntekijöiden kanssa suunnitellaan mitä kuuluu päivittäisiin ja viikoittaisiin toimenpiteisiin. Joka päiväisiin toimenpiteisiin kuuluu esimerkiksi työvälineiden palautus paikalleen ja työtasojen putsaaminen. Vastuu toteuttamisesta siirretään työntekijälle. (Santos, ym. 2006, 154-155.)

Viimeiseksi vaiheeksi jää seuranta, Shitsuke. Seurataan, että sovitut toimenpiteet tehdään. On tärkeää antaa palautetta työpisteen työntekijöille sekä hyvistä että huonoista suorituksista. Työpiste palaa helposti vanhaan olemukseensa, jos valvonta loppuu heti alussa. Jos työpiste palaa sotkuiseen tilaan, on 5S-työ vaikeampaa aloittaa uudestaan. Seuranta tehdään niin kauan, että toimenpiteistä tulee tapa. (Santos, ym. 2006, 155-156.)

2.3 Six Sigma

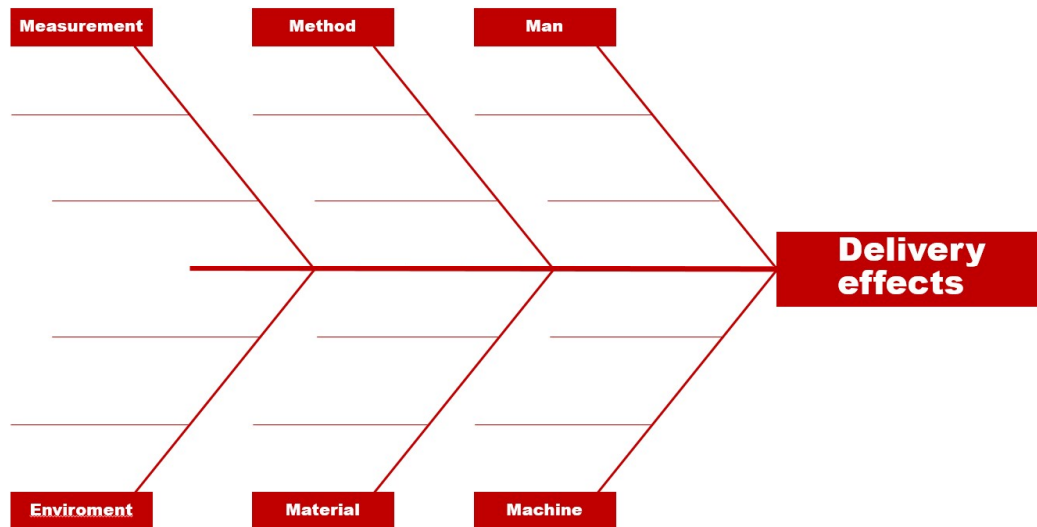
Six Sigma oli alkujaan laadun parantamisen menetelmä. Nykyisin se on yleisesti yhdistetty Leaniin. Six Sigma yleiskäyttöinen lähestymistapa virheiden minimoimiseen ja tuotetun arvon maksimoimiseen. Jokainen virhekappale maksaa yritykselle kuluja. Tuote täytyy tehdä uudestaan ja uuden tekemiseen kulutetaan materiaalia, työvoimaa ja koneiden tuottavaa aikaa. Arvioiden mukaan yrityksillä voi mennä hukkaan ja virheisiin jopa 20 prosenttia liikevaihdosta. Lean Six Sigman keskeinen kysymys on, että kuinka paljon tuotteita pystyy tekemään riittävällä laadulla mahdollisimman lyhyessä ajassa ja pienimmillä kustannuksilla. (Gygi, Decarlo & Williams 2005, 12-13.)

Six Sigma on joukko menetelmiä ja tapoja, joilla systemaattisesti parannetaan prosessia. Prosessia tutkitaan tieteellisesti, tilastollista ajattelua hyödyntäen. Six Sigman menetelminä käytetään erilaisia laatutyökaluja, DFSS- ja DMAIC-menetelmää. Six Sigman ytimessä on prosessin vaihtelun minimointi. Vaihtelu aiheuttaa virhekappaleita, joista syntyy hukkaa. Prosessin tuotoksen vaihtelua pienentämällä vähennetään virheiden määrää. (Six Sigma) Vaihtelu on poikkeamaa odotusarvosta.

2.3.1 Tilastolliset työkalut

Syy-seurauskaavion on alunperin kehittänyt Kaoru Ishikawa työkaluksi Kawasakin telakoille. Kaavio tunnetaan myös nimillä kalanruotokaavio tai juurisyyanalyysi. Syy-seurauskaavio helpottaa tunnistamaan ja priorisoimaan syiden ja seurausten suhteita. Etenkin kalanruotokaavio on visuaalisesti toimiva, mutta helposti tehtävä työkalu. Kaavioon merkataan ”ruotoihin” keskeisimmät virheiden aiheuttajat: menetelmät (method), materiaalit (materials), koneet (machines), työvoima (manpower), ympäristö (environment) ja mittaaminen (measurement). Näiden pääkategorioiden alle merkataan kaikki muuttujat,

jotka voivat vaikuttaa lopputuotteeseen. (Gygi ym. 2005, 258-259.) Kuviossa 1. on esimerkki kalanruotokaavion käytöstä.



Kuvio 1. Kalanruotokaavio

2.3.2 DMAIC

Six Sigma -projekteissa, joissa kehitetään olemassa olevia prosesseja, käytetään DMAIC-menetelmää. DMAIC on lyhenne sanoista define, measure, analyze, improve ja control eli määrittely, mittaus, analysointi, parannus ja ohjaus. DMAIC on dataan ja tilastolliseen ongelmanratkaisuun perustuva prosessi. Projekti viedään läpi vaihe kerrallaan niin, että edellinen vaihe on valmis ennen uuden aloittamista. Six sigma -projekti voidaan todeta valmiiksi vain, jos merkittäviä parannuksia on saavutettu. (Gygi ym. 2005, 42.)

Define-vaiheessa ensin määritellään ongelma, jota lähdetään ratkaisemaan. Ongelma ei saa olla liian pieni, jotta projektille on tarvetta. Toisaalta turhan monen ongelman ratkaisu samassa projektissa ei ole kannattavaa. Seuraavaksi selvitetään ongelmaan liittyvät prosessit ja niiden fyysiset sijainnit. Valitulle ongelmalle on määritettävä nykyinen suorituskky sekä mikä ongelman kustannus on yritykselle. Kustannusten ollessa tiedossa, projektiin voidaan panostaa tarpeellinen määrä resursseja. (Gygi ym. 2005, 72-75.)

Seuraava vaihe on valitun ongelman mittaaminen. Measure-vaihe saattaa olla projektin haastavin vaihe. Prosessista valitaan tärkeimmät ongelmaan liittyvät ominaisuudet. Hankalinta on valita oikeat ominaisuudet. Ominaisuus on oltava yksiselitteisesti mitattavissa. Jos prosessia ei voida mitata, niin sitä ei voida myöskään parantaa. On myös turhaa mitata dataa, jolla ei ole vaikutusta prosessin ongelmaan. Kun mitattavat kohteet

ovat päätetty, aloitetaan mittaaminen. Prosessia tulee mitata riittävästi, että saadaan luotettavat arvot. Tärkeimpiä mitta-arvoja ovat esimerkiksi keskiarvo, mediaani ja vaihtelu. (Gygi ym. 2005, 85-91.)

Analyze-vaiheessa tutkitaan mittauksessa kerätty data ja tilastot. Datan avulla prosessista etsitään tarkemmin prosessista tekijät, jotka aiheuttavat ongelman. Luodaan syy-seurauskaavio ja määritetään ydinsyyt. Analyysi-vaiheen jälkeen saadaan hypoteesi, eli oletamus mistä ongelmat johtuvat ja kuinka ne korjataan. (Taghizadegan 2006, 46-47.)

Improve-vaiheessa jalostetaan analysoinnin hypoteeseja. Kehitetään ja arvioidaan ratkaisuja ongelman korjaamiseen. Toimenpiteet hajonnan pienentämiseen toteutetaan prosessissa. Gygi, DeCarlo ja Williams (2005) ehdottavat, että ratkaisuja voidaan hakea myös kokeilemalla. Prosessin arvoja, esimerkiksi syöttöarvoja tai materiaaleja, testataan yksi kerrallaan ja arvioidaan kuinka ne vaikuttivat lopputulokseen. Saavutettua halutut tulokset, prosessi standardoidaan. Prosessista tehdään prosessikuvaaja ja työohjeet. (Taghizadegan 2006, 46-47.)

Viimeisessä vaiheessa prosessia ohjataan ja valvotaan. Prosessille tehdään valvontasuunnitelma, josta usein käytetään englanninkielistä vastinetta control plan. Control planiin merkataan kriittiset laatuvaatimukset tuotteelle, sekä käytetyille komponenteille, osille ja säädöille. Lisäksi control planista löytyy ohjeet, mitä tehdä, kun jotkin edellisistä eivät osu raja-arvoihin. (Gygi ym. 2005, 85-91.) Lisäksi prosessia seurataan ja suorituskykyä arvioidaan jatkuvasti. (Taghizadegan 2006, 46-47.)

2.3.3 DFSS

DFSS, eli Design for Six Sigma, on Six Sigman lähestymistapa uusien tuotteiden, palveluiden tai prosessien kehittämiseen. Kun DMAIC-menetelmää käytetään olemassa olevien prosessien kehittämiseen, DFSS:n avulla suunnitellaan prosessit niin, etteivät ne tuota virheitä. DFSS-työkalujen avulla ennustetaan mahdollisia tulevia ongelmia ennen niiden ilmaantumista. Laadukas suunnittelu vähentää yllättävien ongelmia nousemasta ja vähentämistä tuottoa. (Gygi ym. 2005, 44-45.)

DFSS:n vaiheet ovat define, measure, analyze, design ja verify. Ensimmäiset kolme vaihetta ovat hyvin samanlaiset kuin DMAIC-menetelmässä. Ensin määritellään projektin tavoitteet ja asiakkaan tarpeet. Measure-vaiheessa mitataan ja määritetään asiakkaan vaatimukset. Vaatimusten ollessa selvät analysoidaan prosessi- ja tuotevaihtoehdot. Design-vaiheessa suunnitellaan yksityiskohtaisesti tuote tai prosessi niin, että se täyttää tarpeet. Viimeisessä vaiheessa tarkistetaan suunnittelun prosessin toteutus ja kyky kohdata asiakkaan vaatimukset.

2.4 TPM

Total Productive Maintenance eli TPM on tuotannon ja kunnossapidon yhteinen työkalu. TPM (Total productive maintenance) tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. TPM:n tavoitteena on parantaa laitteiden käytettävyyttä, turvallisuutta ja laatutekijöitä ennakoivalla kunnossapidolla. Tarkoituksena on osallistaa operaattoreita enemmän laitteistojen huoltoon, joilloin he oppivat myös korjaamaan häiriöitä. Näin kunnossapidolle jää aikaa muuhun, esimerkiksi prosessien kehittämiseen.

Proaktiivisella ja ennakoivalla huollolla pyritään maksimoimaan laitteiston käytettävyys. Käytettävyydellä tarkoitetaan aikaa, jolloin laitteisto tuottaa hyvälaatuisia kappaleita suhteutettuna suunniteltuun tuotantoaikaan. Sitä aikaa, kun laitteisto on pysähdyksissä ja ei tuota lisäarvoa, kutsutaan hukaksi. TPM:ssä on määritelty seuraavat kuusi keskeisintä hukkaa:

- Suunnittelemattomat pysähdykset
- Asetteen teko
- Pienet pysähdykset
- Hidas tuotanto
- Poikkeamat laadussa tuotannon aikana
- Ylösajoon kulunut aika

Yrityksille hukat ovat suuria kustannuseriä, joten on tärkeää tunnistaa tuotannosta näitä hukanmuotoja. Hävikkejä voidaan tutkia esimerkiksi kirjaamalla ylös jokainen syy koneen pysähtymiselle työvuoron aikana. Kun dataa on saatu riittävästi, voidaan panostaa suurimpiin hävikkeihin. (Liker 2006, 33.)

3 Robottiasemien käytettävyysoanalyysi

3.1 Mittaus

Työssä mitataan ja tutkitaan kahden hitsausrobottiaseman käytettävyyttä kahden viikon ajalta, 4.1-17.1.2021. Mittauksesta saatavan datan avulla määritetään suurimmat syyt, jotka pysäyttävät koneiden tehokkaan käytön, eli aiheuttavat hävikkiä. Data saadaan kahdesta lähteestä. Machine Track-järjestelmästä saadaan hitsausaseman jalostavaa työtä tekemä aika sekä pysähdyksissä oleva aika. Lisäksi operaattorit ovat merkanneet pysähdyksien syyt ja keston häiriökuittausten TPM-järjestelmään.

Peikolla on käytössä TPM-järjestelmä tärkeimmillä työpisteillä. Näillä tärkeimmillä työpisteillä kerätään dataa työpisteen häiriöistä ja tuotannon katkoista. Operaattori kirjaa jokaisen pysähtymiseen johtaneen häiriön, osapuutteen tai muun syyn tietojärjestelmään. Syykoodit pysähtymisille ovat kaikille työpisteille yhteisiä, kuten puuttuvat materiaalit ja komponenttien huono laatu. Työpisteittäin on myös yksilöllisiä vikakoodeja, esimerkiksi hitsausroboteilla yleinen sytytyshäiriö. Työnjohtajat käyvät läpi omien työpisteidensä häiriökirjaukset ja tarvittaessa varmistavat operaattoreilta havainnon. TPM-työryhmä kokoontuu kerran viikossa. Työryhmään kuuluu työnjohtajat, tuotantoinisinöörit, tuotannon johto sekä tehdaspalvelun esimiehet. Työryhmä käy työpisteittäin edellisen viikon käytettävyyden, tehokkuuden ja häiriökirjaukset. Samalla määritetään kehitystoimenpiteet, joille asetetaan vastuuhenkilöt ja aikataulut. Toimenpiteiden toteuttamista valvotaan viikottaisessa palaverissa.

Operaattori tekee koneen pysähtymisestä merkinnän TPM-järjestelmään työpisteellä olevalla tablet-laitteella. Näitä merkintöjä kutsutaan myös häiriökirjauksiksi. Tabletilla on sovellus johon merkataan päivämäärä, vuoro, hävikkityyppi 1, hävikkityyppi 2, mahdollinen selite sekä pysähdyksen kesto. Hävikkityyppi 1 on yleiskategoria pysähdysten syille. Hävikkityyppi 1:n valintoja ovat häiriö, vaihto, logistiikka, käyttäjäkunnossapito, materiaali ja muut. Hävikkityyppi 2 tarkoittaa pysähdyksen syytä. Tyyppi 2:n vaihtoehdot liittyvät aina tyyppiin 1. Mikäli kaksi ensimmäistä kohtaa eivät selosta pysähdystä tarpeeksi tarkasti, selite-kenttään voi operaattori kirjoittaa vapaasti tarkemman selvityksen. Hävikkityyppeinä ovat myös muut tai muu syy. Näitä käytetään, jos pysähdyksen syy ei osu valmiina oleviin hävikkityyppeihin.

Osassa Peikon työpisteissä on käytössä Machine Track-järjestelmä. Järjestelmä seuraa jatkuvasti missä tilassa koneet ovat. Koneissa on painikkeet, joilla operaattori ilmoittaa mitä koneella tehdään, kun kone on pysähdyksissä. Esimerkiksi tuotevaihtoa aloittaessa tai häiriön ilmetessä, operaattorin tulisi painaa taulusta pysähdyksen syytä vastaavan

painikkeen. Koneen jatkaessa työkiertoa tila vaihtuu automaattisesti käynti-tilaan. Työnjohtaja päivittää koneittain Machine Trackin kalenteria, sen mukaan missä vuoroissa työpisteellä on tehty töitä. Sovellus piirtää kuvaajaa, josta nopealla silmäyksellä näkee milloin koneet ovat käyneet tai seisoneet. Sovellus tekee myös ympyrädiagrammit päivittäisestä ja viikottaisesta käytettävyydestä työpisteittäin. Sovelluksesta saa myös tehtyä raportin haluamasta ajankohdasta. Raporttiin saa esimerkiksi koneen työajan tunteina ja prosenttiosuutena käytettävissä olleesta ajasta. Kuviossa 2 on esimerkki Machine Trackin konenäköstä. Esimerkissä näkyy P006-robotin data yhdeltä viikolta.



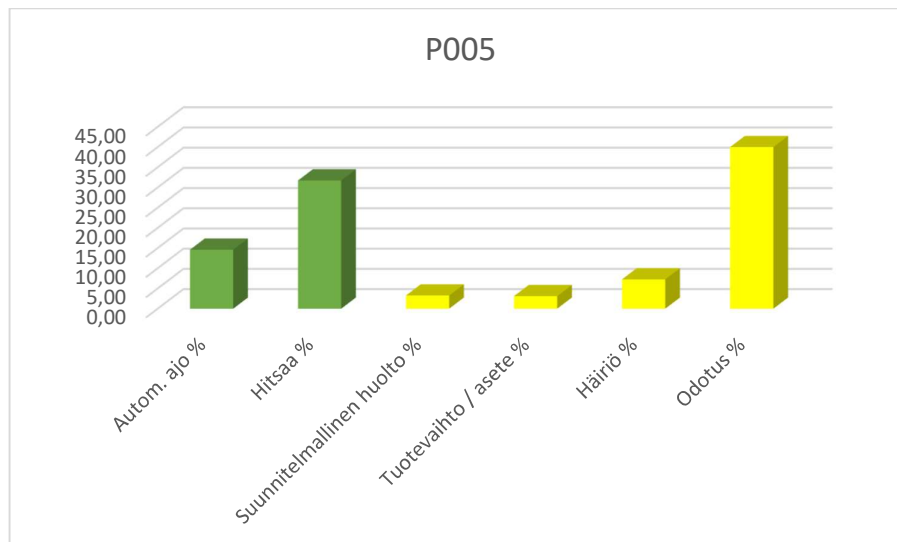
Kuvio 2. P006-robotin käyntitiedot viikon ajalta

Mittauksen ajankohdalla roboteilta mitatut tilat olivat hitsaus, automaattiajo, suunnitelmallinen huolto, tuotevaihto, häiriö ja odotus. Robotin käytettävyyteen lasketaan yhteen hitsausaika sekä automaattiajon aika. Machine Track tunnistaa automaattisesti nämä tilat robotin työkierrosta. Robotin pysähtyessä vikatilanteessa Machine Track ilmoittaa tilaksi häiriön. Myös näppäinpaneelista häiriötilan voi laittaa päälle. Suunnitelmallinen huolto laitetaan käyntiin, kun tehdaspalvelu tekee robotilla etukäteen sovittua huoltoa. Tuotevaihto tulee laittaa käyntiin, kun robotille tehdään asetteiden vaihtoa seuraavaa tuotetta varten. Odotus-tilaan tulevat muut ajat, kun robotti on pysähdyksissä, mutta mitään tilaa ei ole kuitattu näppäinpaneelista tai järjestelmä ei tunnista sitä häiriöksi.

Odotukseen kuuluu muun muassa taukoajat, vuorojen vaihdossa kuluva aika sekä aika, jolloin robotti odottaa operaattoria purkamaan ja lataamaan robotin työpöydän.

3.2 Tulosten analysointi

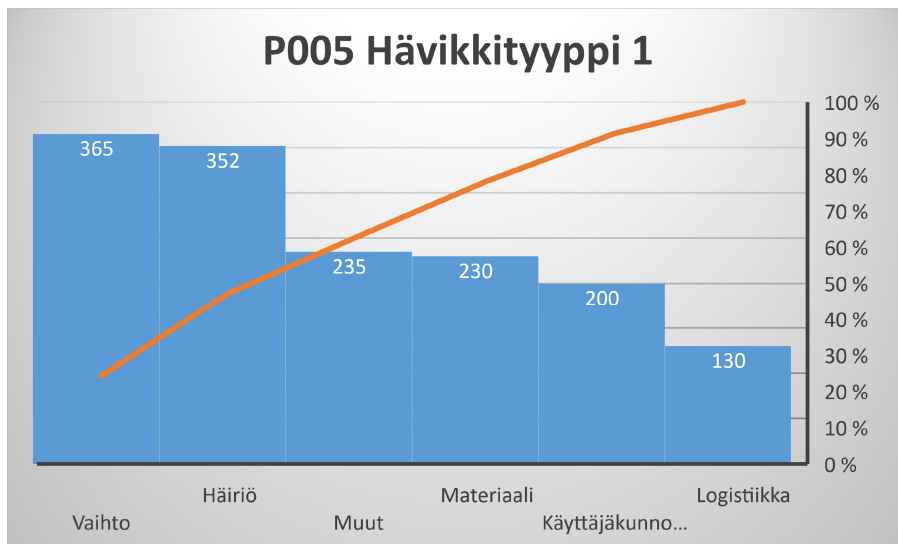
Kahden viikon ajalta P005-robotin Machine Trackin kalenteri oli auki 171 tuntia. Robotin käytettävyys oli 46,4%. Käytettävyys on automaattiajon ja hitsauksen summa. Jalostavan työn, eli hitsausajan osuus oli 31,7% koko käytössä olleesta ajasta. Automaattiajolla robotti oli 14,6%. Suunnitelmallista huoltoa tehtiin 3,2% ja tuotevaihtoja 3,1%. Häiriössä robottiasema oli 7,2% ajasta. Odotusaikaa robotilla oli yhteensä 40%. Robotti siis odotti 68 tuntia. Taukoajoja näistä oli noin 20 tuntia. Muita odotusaikoja on silti edelleen 48 tuntia. Tarkastellessa päivätason seurantaan koneen käyntiajoista voi huomata, että robotti pysähtyy jatkuvasti hitsausvaiheiden välissä. Pysähdysten kesto 5-10 minuuttia. Tästä voi päätellä, että operaattori ei kerkeä purkamaan hitsattuja tuotteita ja asettamaan uusia komponenttejä jigiin samaan tahtiin, kuin robotti hitsaa. Robotin käytösuudet on kuvattu kuviossa 3.



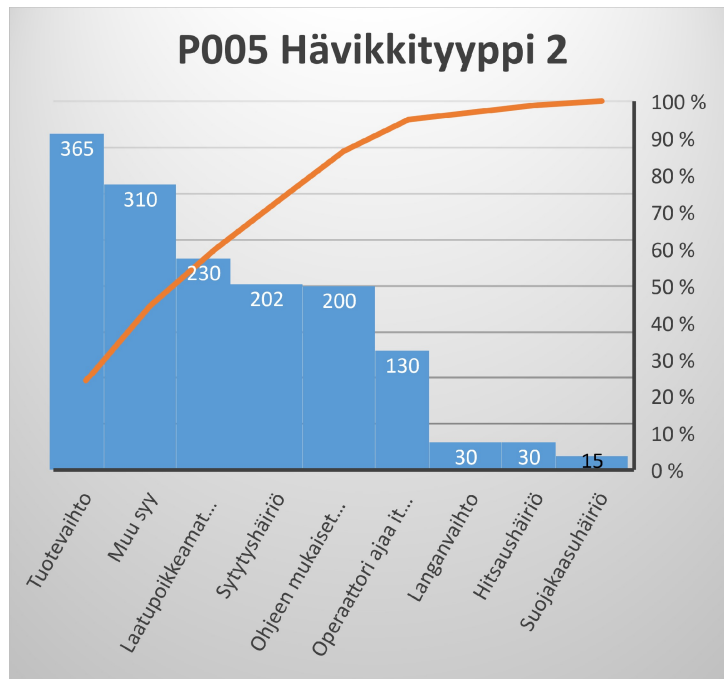
Kuvio 3. P005-robotin käyttöasteet 4.1-17.1

Häiriökirjausjärjestelmään oli P005-robotin osalta tehty 46 merkintää aikavälillä 4.1-17. Merkattujen pysähdysten kokonaisaika oli 1512 minuuttia eli 25,2 tuntia. Kaksi suurinta hävikkien syytä olivat vaihdot ja häiriöt. Vaihtoihin oli merkattu 365 minuuttia eli noin 24% merkinnöistä. Vaikka tuotevaihtojen tekeminen on yksi suurimmista hävikeistä häiriökirjausten mukaan, Machine Trackin datan perusteella vaihtoja tehtiin vain pieni osuus käytettävissä olleesta ajasta. Vaihtojen keskimääräinen kesto oli 61 minuuttia. Häiriöksi oli merkattu lähes saman verran kuin vaihtoja, 352 minuuttia. Osuutena tämä oli 23 prosenttia.

Häiriöistä suurin osa oli sytytyshäiriöitä, 202 minuuttia. Muut syyt käyttivät 235 minuuttia ja materiaalit 230 minuuttia. Muut syyt -kategoriaan kuului tuotteiden pakkaamiseen liittyviä tehtäviä ja ongelmia 70 minuuttia. Lisäksi hitsausjigien säätöön ja korjaukseen oli käytetty 155 minuuttia. Materiaalien 230 minuuttia koostui komponenttien huonosta laadusta. Edellisestä työvaiheesta oli tullut epäkurranteja osia, joita oli jouduttu korjaamaan. Käyttäjäkunnossapitoon kului 200 minuuttia. Käyttäjäkunnossapitoon, eli ns. TPM-toimiin, kuuluu vuoron jälkeiset ja viikottaiset huolto- ja siivoustoimenpiteet. Näillä toimilla edistetään työpisteen siisteyttä, turvallisuutta sekä tehokkuutta. Operaattorit olivat itse joutuneet suorittamaan logistiikan tehtäviä 130 minuuttia. Komponenttien haku sekä hitsattujen tuotteiden poisvienti kuuluu normaalisti trukkipuolelle. Kuviossa 4. on hävikkityypin 1 tuloksista tehty pareto-kaavio. Kuviossa 5 on hävikkityypin 2 kuvaaja.

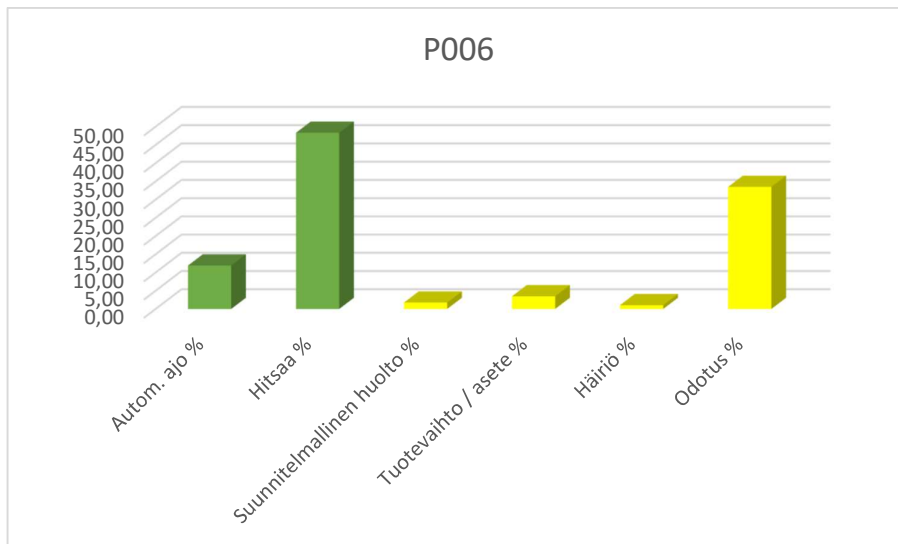


Kuvio 4. P005-robotin häiriökirjausten hävikkityyppi 1



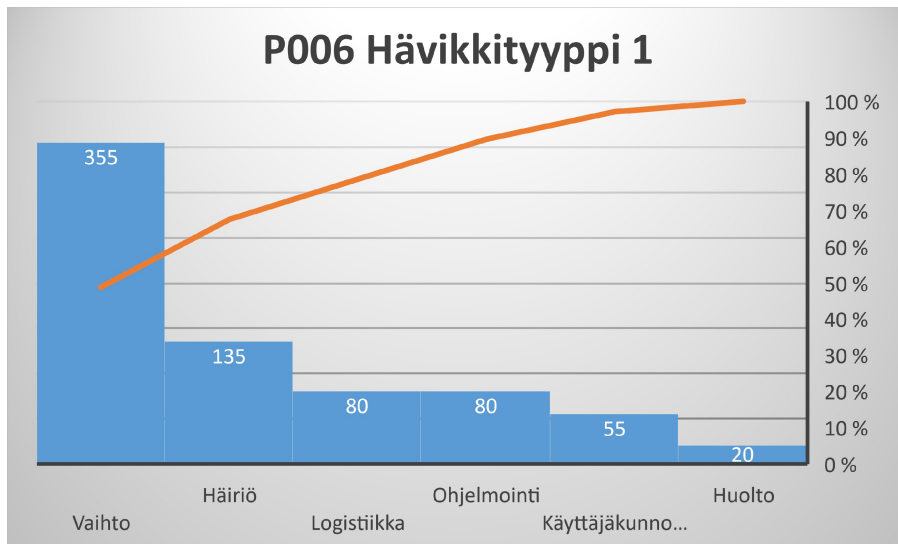
Kuvio 5. P005-robotin häiriökirjausten hävikkityyppi 2

P006-robotilla suunniteltua työaikaa oli 163 tuntia. Käytettävyys oli 60,3%. Hitsausta robotti suoritti 48,3% suunnitellusta työajasta. Automaattiajolla robotti kävi 11,9%. P006-robotti oli käynyt tehokkaammin kuin P005-robotti. Tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan verrattavissa, koska robotit eivät ole keskenään identtisiä. Roboteilla tehdään myös erilaisia tuotteita. Eri tuotteissa on erilaiset työkierrot ja eri määrä hitsausta. Suunnitelmallisen huollon osuus oli 1,7%. Tuotevaihtoja tehtiin työajasta 3,5%. Häiriössä robottiasema oli yhden prosentin. Odotusta robotille kertyi 33,4%. Kuviossa 6. on P006-robotin käyttöasteet kuvaajana.

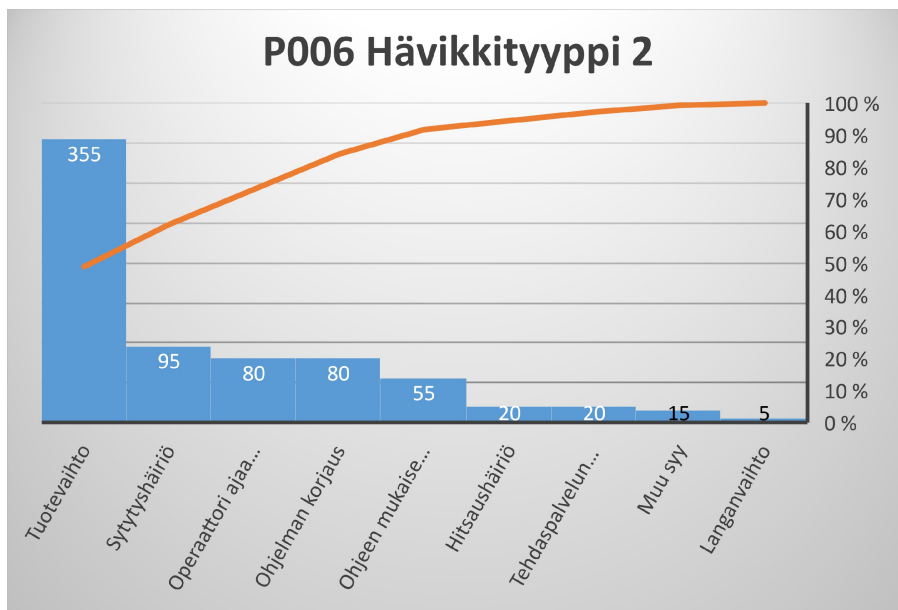


Kuvio 6. P006-robotin käyttöasteet ajalla 4.1-17.1

P006-robotilla häiriökirjausmerkintöjä oli tehty yhteensä 726 minuuttia. Selvästi suurimmaksi pysähdyksen syyksi nousi tuotevaihdot. Vaihtoja oli tehty 355 minuuttia, 49 prosenttia kaikista pysähdyksistä. Myös tällä robotilla toiseksi suurin hävikki tuli häiriöistä. Häiriötä kirjattiin 135 minuuttia, eli 18% kaikista merkinnöistä. Häiriöistä suurin osa, 95 minuuttia oli sytytyshäiriötä. Ohjelman korjausta tehtiin robotille yhdellä kerralla 80 minuuttia. Ohjelman korjauksen syytä ei ole merkitty. Ohjelmia joudutaan korjaamaan, jos komponenttien laatu on epätasaista. Jos osien mitat vaihtelevat voi ohjelmaa joutua muokkaamaan, jotta hitsausaumamat valmistuvat oikein. Kaksi kertaa robotti oli pysähtynyt, kun operaattori oli tehnyt logistiikan tehtäviä. Yhteensä näihin pysähdyksiin kului 80 minuuttia. Käyttäjäkunnossapitoon käytettiin 55 minuuttia. Tehdaspalvelua vaativaa huoltoa tehtiin robotille 20 minuuttia. Kuviossa 7 on P006-robotin häiriökirjausten hävikkityyppi 1 kuvaajana. Kuviossa 8 on syyt selitetty tarkemmin, eli hävikkityyppi 2:n tulokset kuvaajana.

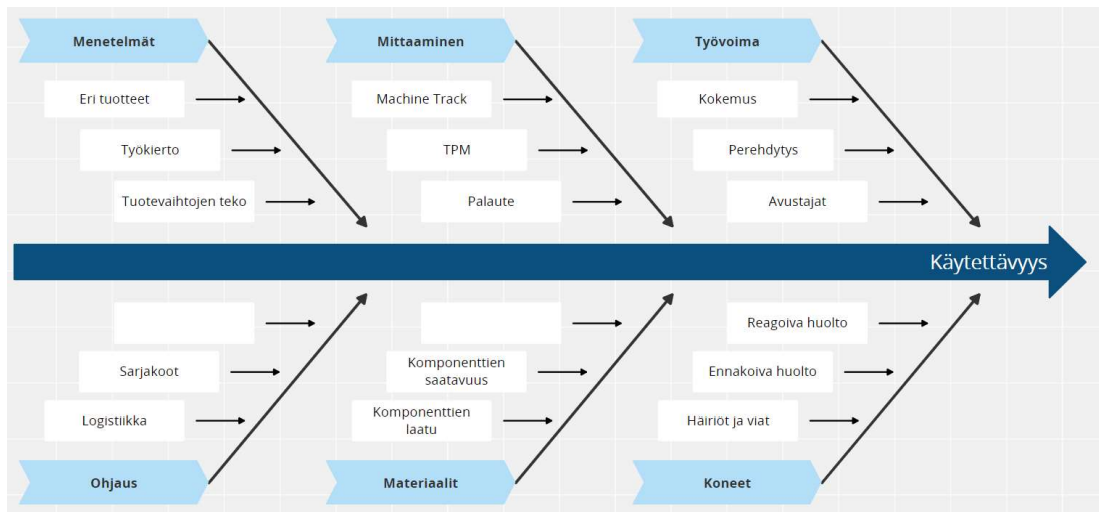


Kuvio 7. P006-robotin häiriökirjausten hävikkityyppi 1



Kuvio 8. P006-robotin häiriökirjausten hävikkityyppi 2

Havaintojen perusteella tehtiin kalanruotokaavio juurisyiden havainnollistamiseksi. Kaavioon laitettiin kaikki huomatuksi asiat, jotka voivat vaikuttaa robottiasemien tehokkaaseen käyttöön. Kaaviossa päädyttiin kuuteen kategoriaan; menetelmät, mittaaminen, työvoima, ohjaus, materiaalit ja koneet. Näiden kategorioiden alle listattiin yksittäisiä käytettävyyteen vaikuttavia asioita. Kaavio on esitetty kuviossa 9.



Kuvio 9. Kalanruotokaavio robotin käytettävyydestä

3.3 Kehitysehdotukset

Molemmilla roboteilla operaattoreiden kirjaamista pysähdyksistä suurin yksittäinen tekijä oli tuotevaihtojen tekeminen. Kuitenkin käytettävyyssuorituksen perusteella molemmissa tapauksissa vaihtojen tekemiseen oli käytetty 3,5% tai vähemmän robottien suunnitellusta ajoajasta, eli lähes päinvastoin kuin operaattoreiden omissa kirjauksissa. Tuotevaihtojen osuutta yksittäisenä suurimpana käytettävyyteen vaikuttavana tekijänä tulee tutkia tarkemmin. Tuotevaihtojen hävikkiä voi pienentää joko vähentämällä tuotevaihtojen määrää tai nopeuttamalla vaihtojen tekemistä. Tuotevaihdot tehdään käytännössä vaihtamalla hitsauspöydissä olevat jigit, vaihtamalla ohjelma sekä vaihtamalla komponenttien lavat. Logistiikkaa eli trukkipuolia tarvitaan jigien ja lavojen siirtelyyn. Tuotevaihtojen prosessi tulisi tutkia ja miettiä onko siihen jotakin apua, esimerkiksi olisiko nostoapuvälineille tarvetta.

Tuotevaihtojen määrää voi vähentää kasvattamalla tehtävien erien kokoa. Varasto-ohjautuville tuotteille on laskettu keskimääräisen menekin ja läpimenoajan avulla varaston minimi- ja maksimiarvot. Varastomäärän alittaessa minimiarvon ERP-järjestelmä ehdottaa uutta tuotantotilauksia. Ehdotetun tuotantotilauksen kappalemäärä on lavakerrannainen, niin että maksimiarvo ylittyy. Kun uusi sarja tuotteita on tehty määritellyn läpimenoajan puitteissa, niin tuotteita riittää varastossa myytäväksi jatkuvasti. Sarjakokojen kasvattamiseksi varaston maksimiarvoa tulisi kasvattaa. Robottien käytettävyys nousisi, mutta myös varastoon sijoitettu pääoma kasvaisi sekä samalla varastojen tilantarve. Samoin myös tuotteiden läpimenoaika kasvaa. Yrityksen tulisi miettiä halutaanko robottien käytettävyyttä nostaa varastoinnin kulujen kustannuksella.

Yksi tärkeimmistä käytettävyyden edellytyksistä on komponenttien saatavuus. Ilman osia tuotteita ei voi hitsata. Peikolla osa robotilla hitsattavien tuotteiden komponenteista on varasto-ohjautuvia ja osa on tarpeeseen tehtäviä. Pääasiassa komponentit, joilla on useampi työvaihe, ovat varasto-ohjautuvia. Lyhyemmän työketjun komponentteja saa nopeammin valmiiksi. Komponenttien oikea-aikaisella valmistuksella on vastuita koko tuotanto-organisaatiolla. Tuotannon johdon on järjestettävä oikea määrä kapasiteettia työalueille. Tuotannosuunnittelun on suunniteltava työt niin, että oikeat osat valmistuvat ajallaan. Työnjohdon on varmistettava tuotannosuunnitelman toteutusta ja hienokuormittaa työpisteitä. Työntekijöiden on toteutettava työjärjestystä ja operoitava työpisteitä tehokkaasti. Näiden vastuiden toteutuessa, komponentit valmistuvat ajallaan seuraaviin työpisteisiin.

Lisäksi komponenttien laatuun tulisi kiinnittää huomiota. Mittauksen aikana laatuongelmien vuoksi robotti oli pysähtynyt lähes neljä tuntia. Robotti saattaa seistä, kun operaattori korjaa komponentteja. Jos mittaheittoja on paljon, saattaa ohjelmaakin joutua muuttamaan. Kaikilla operaattoreilla ei ole ohjelmointitaitoa, jolloin ohjelmoijaa saatetaan joutua odottamaan. Joissain tapauksissa komponentit voivat olla niin heikkolaatuisia, että ne tarvitsee romuttaa kokonaan ja tehdä uudet tilalle. Silloin robotti odottaa uusia osia tai tehdään vaihto toiseen tuotteeseen.

Tutkimuksessa jäi epäselväksi miksi odotusaikaa oli roboteilla niin paljon. P005-robotilla odotusta oli 40% ja P006-robotilla 33% suunnitellusta ajoajasta. Ehdotetaan, että yritys tekisi roboteilla työntutkimuksia, joissa seurataan koko työvuoron ajan robotin ja operaattorin toimintaa. Näillä tutkimuksilla voisi saada tarkemman selvityksen, mistä suuri odotusaika johtuu.

Robottiasemaa on ladattava ja purettava jokaisen työkierron jälkeen. Vuorottaisiin operaattorin taukoihin menee noin 12% työpäivästä. Työkierron ollessa lyhyt, robotti pysähtyy operaattorin tauon aikana. Käytettävyys paransi samantien lähes kymmenen prosenttiyksikköä robotin jatkaessa työkiertoa operaattorin taukojen aikana. Yksi ehdotus olisi toisen operaattorin käyttö taukojen aikana. Tämä sijaisoperaattori ei välttämättä tarvitsi samaa kokemusta ja taitotasoa kuin varsinainen operaattori. Tämä on kuitenkin hankala järjestää ja sijainen olisi joltain muulta työpisteeltä pois.

Työssä ei tutkittu ollenkaan kuinka paljon tuotteita valmistui kyseisenä ajankohtana. Vain käytettävyttä ja pysähdyksien syitä tutkittiin. Mahdollisesti käytettävyttä tärkeämpi tilasto onkin robotin työkierron nopeus, eli kuinka nopeasti yksi kappale valmistuu. Robotin liikkeitä hidastamalla automaattiajona, ja samalla käytettävyyden, osuus kasvaa mutta valmistuvat tuotteet vähenevät. Ehdotetaan, että robottien hitsausohjelmat käydään läpi ja etsitään

tehostavia korjauksia niistä. Joissain tuotteissa työkierto on jo nopeampi kuin operaattorin toimenpiteet, tällöin robotin nopeuttamisesta ei ole hyötyä.

4 Yhteenveto

Teorian ytimen muodostavat ohjaustavat, Lean, Six Sigma ja TPM. Mittauksessa päädyttiin käyttämään Peikolla jo käytössä olevia mittaus- ja raportointityökaluja. Machine Trackin avulla tutkittiin robottien käytettävyyttä. Operaattoreiden kirjaamista TPM-kuittauksista saatiin syitä, miksi robotit pysähtyivät. Teoriaosuudessa käytyjen menetelmien avulla tutkittiin kerättyä dataa. Juurisyyanalyysi tehtiin kalanruotokaavion avulla. Tulosten perusteella määriteltiin yritykselle kehitysehdotuksia.

Työn tavoitteena oli tuottaa yritykselle kehitysehdotuksia robottiasemien käytettävyyden parantamiseen. Yksi tehokas, heti toteutettavissa oleva ehdotus on toisen operaattorin käyttö varsinaisen operaattorin taukojen aikana. Avustajan käyttö hieman kasvattaa työvoimakustannuksia, mutta parantaisi käytettävyyttä heti noin 10 prosenttiyksikköä. Komponentteja on oltava saatavilla, jotta tuotantoa voidaan tehdä. Lisäksi komponenttien laatu on oltava riittävällä tasolla. Jatkokehitykseen ehdotetaan myös jatkuvien työntutkimusten tekoa, operaattorin ja robotin havainnointia.

Tämän tyyppisessä tuotannossa on aina omat haasteensa. Tuotteet ovat sellaisia, että niiden käsittelyä on hankala automatisoida. Näin ollen kappaleita on käsiteltävä manuaalisesti paljon. Ohjelmoitu hitsaaminen ei jätä varaa mittaheitoille. Tuotannosuunnittelua useamman vuoden tehneenä, voin todeta että kaikki ei aina mene niin kuin on suunniteltu. Järjestelmään tulee saldovirheitä, jotka yllättäen pysäyttävät tuotannon. Samoin myös suunnittelemattomat poissaolot hidastavat tai jopa pysäyttävät suunnitelman toteuttamisen.

Haasteeksi opinnäytetyön tekemisessä muodostui ajankäyttö, sillä työ tehtiin pääasiassa omalla ajalla. Ensimmäiset ajatukset opinnäytetyön tekemisestä pohdittiin yrityksen kanssa jo vuonna 2019. Nyt oli viimein aika valmistaa työ ja tuoda käytettävyyssanalyysin pohjalta havaitut tulokset esiin, jotta robottiasemien käytettävyyttä voidaan kehittää tulevaisuudessa. Opinnäytetyön prosessi osoittautui hyvin opettavaiseksi oppimiskokemukseksi. Tässä prosessissa hyödyllisiksi toimintatavoiksi osoittautuivat aiheen selkeä rajaaminen ja tavoitteiden kirkastaminen.

Lähteet

Gygi, C., DeCarlo, N. & Williams, B., 2005. Six Sigma for Dummies. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Lehtonen, J. 2004. Tuotantotalous. Vantaa: WSOY

Liker, J. K. 2006. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi

Logistiikan Maailma 1 [Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste \(OPP\) – Logistiikan Maailma](#) Viitattu 25.4.2021

Logistiikan Maailma 2 [Varasto-ohjautuva tuotanto \(MTS\) – Logistiikan Maailma](#) Viitattu 25.4.2021

Logistiikan Maailma 3 [Tilauksesta kokoonpano \(ATO\) – Logistiikan Maailma](#) Viitattu 25.4.2021

Logistiikan Maailma 4 [Tilauksesta valmistus \(MTO\) – Logistiikan Maailma](#) Viitattu 25.4.2021

Logistiikan Maailma 5 [Tilauksesta suunnittelu \(ETO\) – Logistiikan Maailma](#) Viitattu 25.4.2021

Peikko Group [Peikon tarina vuodesta 1965 nykypäivään | Peikko Finland](#) Viitattu 22.11.2021

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. Vantaa: Jouni Sakki oy

Santos, J., Wysk, R. & Torres, J. 2006. Improving Production with Lean Thinking. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Sayer, N. & Williams, B. 2007. Lean for Dummies. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Six Sigma <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/> Viitattu 23.5.2021

Taghizadegan, S. 2013. Mastering Lean Six Sigma: Advanced Black Belt Concepts. New York: Momentum Press.

Taghizadegan, S. 2006. Essentials of Lean Six Sigma. Oxford: Elsevier Publishing.

Tuominen, K. 2009. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: A Bonnier Group Company