

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Antti Saukkonen

LÄPIMENOAJAN LYHENTÄMINEN KONEISTUKSESSA

Opinnäytetyö
Joulukuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2018
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Tikkarinne
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Antti Saukkonen

Nimeke
Läpimenoajan lyhentäminen koneistuksessa

Toimeksiantaja
Mantsinen Group Ltd Oy

Tiivistelmä

Yritysten tuotannolta vaaditaan nopeutta ja tehokkuutta. Kustannusten vähentämiseksi työn tuottavuutta on parannettava jatkuvasti. Suomessa yritykset eivät juurikaan voi kilpailla hinnalla kansainvälisillä markkinoilla. Opinnäytetyön toimeksiantaja Mantsinen kamppailee myös kansainvälisesti jatkuvasti kiristyvässä kilpailussa.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli läpimenoajan lyhentäminen koneistuksessa. Läpimenoaikojen lyhentämiseksi etsittiin toimintatapoja ja ratkaisuja koneistusosastolle. Tarkastelun kohteena oli Zayer-merkkisellä pitkäjyrsinkoneella tapahtuva materiaalinkäsittelykoneen nostopuomin koneistusprosessi.

Teoriaosuudessa perehdyttiin läpimenoaikaan liittyvään tuotannoteoriaan ja leanin keskeisiin työkaluihin läpimenoajan lyhentämiseksi. Käytännön osuus suoritettiin selvittämällä nostopuomin koneistusprosessissa tapahtuvat työn vaiheet ja niihin kuluneet ajat. Opinnäytetyön pääpaino oli hukan tunnistaminen ja vähentäminen koneistusprosessissa sekä asetusajan lyhentäminen SMED-menetelmää hyödyntäen.

Työvaiheseurannan havaintojen pohjalta laadittiin koneistusprosessin tehostamissuunnitelma. Seuraava puomi koneistettiin tehostamissuunnitelman mukaisesti. Vertaamalla ensimmäistä ja viimeistä puomin koneistusprosessia havaittiin läpimenoajan lyheneminen. Johtopäätöksenä todettiin, että läpimenoaikoja voidaan lyhentää yksinkertaisillakin toimenpiteillä. Jatkossa voisi kehittää kappaleiden kiinnitysmenetelmiä.

Kieli
suomi

Sivuja 51
Liitteet 3
Liitesivumäärä 7

Asiasanat

lastuava työstö, SDEM, läpimenoaika, tuottavuus



THESIS
December 2018
**Degree Programme in Mechanical
and Production Engineering**

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Author (s)
Antti Saukkonen

Title
Reducing Production Lead Time at Machining

Commissioned by
Mantsinen Group Ltd Oy

Abstract

The production of an enterprise has to be fast and efficient. For keeping the costs in control, the productivity has to be improved continuously. For a company situated in Finland it is not easy to compete with price on the international market. The client of the thesis, Mantsinen Group Ltd Oy, is also facing the challenge.

The aim of the thesis was to reduce the lead time at the machining process. New approaches were studied for the machining department. The focus was on the machining process with the Zayer boring milling machine.

The first part of the thesis work was to study the Lean manufacturing tools and the production theory regarding the lead time of production. In the second part, the machining process was studied in practice. The workpiece was a lift boom of a material handling crane. The different stages of the process were studied and logged. The main goal was to find the waste time and reduce the setting time by using the SMED-method.

A plan on increasing the efficiency of the process was made, based on the observations and the stage log. The following boom was machined according to the plan, resulting in a shorter lead time. It was illustrated that the lead time can be reduced by rather simple methods. In future, the attachment of the workpiece could be enhanced.

Language

Finnish

Pages 51

Appendices 3

Pages of Appendices 7

Keywords

machining, lead time, productivity, SMED

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Mantsinen Group Ltd Oy	5
1.2	Työn kuvaus ja rajaus	6
2	Lastuava työstö	8
2.1	Jyrsintä	8
2.2	Avartaminen	9
2.3	Työstettävän kappaleen kiinnittäminen	10
3	Tuotannon tunnuslukuja	10
3.1	Läpimenoaika	11
3.2	Toimitusvarmuus	12
3.3	Käyttösuhde	13
3.4	Tuottavuus	14
3.5	Kokonaistehokkuus KNL/OEE	14
4	Benchmarking	15
5	Lean	16
6	Leanin työkaluja	18
6.1	Arvovirtakuvaus VSM	18
6.2	Kaizen	20
6.3	5S	21
6.4	JIT	22
6.5	SMED	22
6.5.1	SMED-menetelmän 8 vaihetta	23
6.5.2	SMED:n toteutus	26
7	Hukka	27
8	Tarkasteltavan tuotteen valinta ja seurannan toteutussuunnitelma	30
9	Työvaiheseuranta	31
10	Koneistusprosessin vaiheet	32
11	Koneistusprosessin havainnot ja kehitysehdotukset	34
11.1	Valmisteluvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset	36
11.2	Koneistusvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset	37
11.3	Viimeistelyvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset	40
12	Kehitysideoiden valinta	41
13	Kehitystoimenpiteiden testaaminen	42
14	Tulokset ja johtopäätökset	45
15	Pohdinta	50
	Lähteet	52

Liitteet

Liite1	Seurantalomake
Liite2	Asetuskortti kiinnitystarvikkeille
Liite3	Asetuskortti koneistustyökaluille

1 Johdanto

Suomessa teollisuuden haasteena on kansainvälisillä markkinoilla pärjääminen. Globaalissa kilpailussa pärjätäkseen kilpailukyvyllä ja tuottavuudella on suuri merkitys. Yrityksen kilpailukyky tarkoittaa sen mahdollisuuksia selviytyä taloudellisesta kilpailusta muiden alalla toimivien yritysten kanssa. Yrityksiltä vaaditaan entistä enemmän nopeutta ja tehokkuutta tuotteiden tuottamiseen, ja kustannusten vähentämiseksi työn tuottavuutta on kyettävä parantamaan jatkuvasti. Korkean koulutustason, ammattitaidon, verotuksen ja palkkatason vuoksi Suomessa yritykset eivät juurikaan voi kilpailla hinnalla kansainvälisillä markkinoilla. Kilpailukykyyn vaikuttavat oleellisesti myös tekijät, jotka vaikuttavat tuotteen haluttavuuteen. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi laatu, markkinointi, imago, huoltovarmuus, toimitusvarmuus ja palvelu.

Opinnäytetyön toimeksiantaja Mantsinen Group Ltd Oy kamppailee myös kansainvälisesti jatkuvasti kiristyvässä kilpailussa, koska sen tuotteista suurin osa menee vientiin. Tämän opinnäytetyön aiheena on läpimenoaikojen lyhentäminen koneistuksessa. Mantsisella koneistetaan pääosin suuria kappaleita, ja tuotanto on lähes kokonaan yksittäistuotantoa. Piensarja- ja yksittäistuotannossa korostuu niin työntehokkuuden parantaminen rätionalisoimalla työntekemistä kuin arvoa tuottavien työvaiheiden vähentäminen.

1.1 Mantsinen Group Ltd Oy

Mantsinen Group Ltd Oy on Liperissä toimiva materiaalikäsittelykoneita valmistava yritys. Yrityksen ovat perustaneet Veli Mantsinen ja Juhani Mantsinen 1974. Työntekijöitä Mantsisella on noin 500, ja yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli 70 miljoonaa euroa. Yrityksen strategiana on tarjota asiakkaille tehokkain ja turvallisinkin ratkaisu irtotavaran käsittelyyn. Yrityksen toiminta jakaantuu kahteen liiketoimintayksikköön: hydraulisten materiaalinkäsittelykoneiden ja niiden lisälaitteiden valmistukseen sekä logistiikkapalveluihin. Materiaalinkäsittelykoneet, jotka ovat kokoluokaltaan 50 tonnista yli 300 tonniin, soveltuvat monien erilaisten tuotteiden

lastaus- ja purkutöihin. Pääasiassa Mantsisen valmistamilla koneilla työskennellään satamissa, terminaaleissa ja tehdasympäristöissä. Materiaalinkäsittelykoneet valmistetaan ja suunnitellaan Liperin Ylämyllyllä sijaitsevalla tehtaalla (kuva 1). Mantsinen Group Ltd Oy noudattaa ISO 9001-, ISO 14001- ja OHSAS 18001 -standardeja, ja se on DNV:n sertifioima. Mantsisella on sitouduttu ympäristö- ja laatu järjestelmän sekä työturvallisuuden jatkuvaan parantamiseen. (Mantsinen Group Ltd Oy 2018.)



Kuva 1. Mantsisen tehdas (Mantsinen Group Ltd Oy 2018).

1.2 Työn kuvaus ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada Mantsisella koneistettavien tuotteiden läpimenoaikaa lyhyemmäksi. Läpimenoaikojen lyhentämiseksi etsittiin toimintatapoja ja ratkaisuja koneistusosastolle. Tarkastelun kohteeksi rajattiin Zayer-merkkisellä pitkäjyrsinkoneella tapahtuva koneistusprosessi, koska Zayer (kuva 2) on tuotannon kannalta keskeisessä asemassa koneistamossa. Zayerillä koneistettavat kappaleet ovat kokoluokaltaan 1000-40000kg. Mantsisella koneistus on keskittynyt suuriin ja vaativiin hitsattujen teräsrakenteiden koneistukseen, ja pienemmät koneistettavat komponentit yritys ostaa alihankintana. Kappaleiden ison kokoluokan vuoksi alihankkijoita on monesti vaikea löytää, ja lisäksi niiden

kuljetukset alihankintaan ja takaisin ovat verrattain kalliita. Läpimenoaikaa lyhentämällä on mahdollista tehostaa tuotantoa ja lisätä kannattavuutta.

Tämä opinnäytetyö jakaantuu teoriaosaan, käytännön toimenpiteiden suorittamiseen ja työn arviointi- ja pohdintaosuuteen. Teoriaosuuden aluksi käydään läpi lastuavan työstön käsitettä ja jyrsinän sekä avartamisen periaatetta. Seuraavaksi perehdytään läpimenoaikaan liittyvään tuotannon teoriaan ja leanin keskeisiin työkaluihin läpimenoajan lyhentämiseksi. Tämän opinnäytetyön pääpaino oli hukan tunnistaminen ja vähentäminen koneistusprosessista, sekä asetusajan lyhentäminen SMED-menetelmää hyödyntäen. Koska koneistus on Mantsisella valtaosin yksittäistuotantoa, hukan vähentämisellä ja asetustyön kehittämällä olisi mahdollista saada läpimenoaikaa lyhennettyä.

Käytännön osuus suoritettiin selvittämällä nostopuomin koneistusprosessissa tapahtuvat työn vaiheet. Työvaiheet selvittämällä oli tarkoitus saada esille arvoa tuottamattomat työvaiheet sekä keinoja asetustyön tehostamiseen. Työntehostamiseen käytettiin PDCA-syklin mukaista jatkuvan parantamisen menetelmää.



Kuva 2. Zayer 30 KCU 14000 (Mantsinen 2018).

2 Lastuava työstö

Lastuava työstö eli koneistaminen on koneellisesti lastuamalla tapahtuvaa kappaleen työstämistä. Koneistamalla valmistetaan tarkkamittaisia koneen osia, jopa tuhannesosamillin mittatarkkuudella. Koneistettavien kappaleiden raaka-aineet ovat taottuja-, tanko-, levy- tai valuaihioita, ja koneistettava kappale voi olla myös hitsattu rakenne. Metalliteollisuudessa koneistaminen on yksi tärkeimmistä valmistamisen osa-alueista. Nykyisin käytetään paljon tietokoneohjattuja työstökoneita, joita käytetään sarjatuotantoon tai toistuviin yksittäistuotteiden valmistukseen. Manuaalisia työstökoneita käytetään yleisesti korjauspajoissa tai yksittäisten tuotteiden valmistuksessa. Yleisimmät koneistusmenetelmät ovat po-raaminen, hionta, sorvaus, sahaaminen, aventaminen, avartaminen ja jyrshintä. (Maaranen 2012, 11-15.)

2.1 Jyrshintä

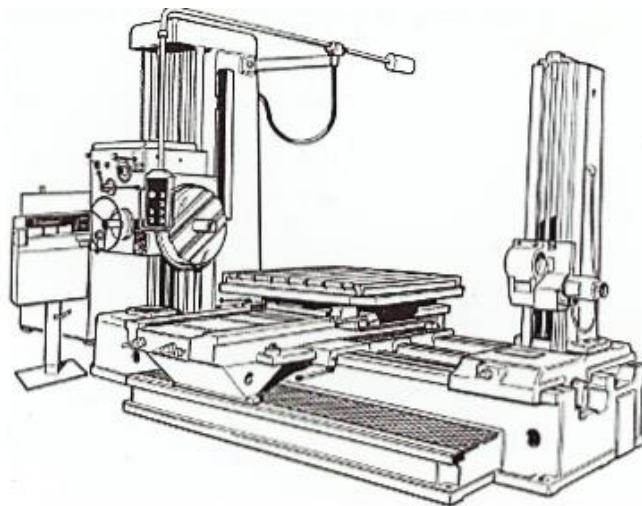
Jyrshintäminen on työstömenetelmää, jossa yleensä monihampaisella pyörivällä työkalulla irrotetaan lastuja kappaleesta. Jyrshintäminen on tehokas työstömenetelmä, jolla saadaan tarvittaessa nopeasti pois suuriakin ainemääriä. Jyrshintäkoneilla voidaan valmistaa myös monipuolisia ja vaativia muotoja kappaleeseen. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2002, 163.)

Jyrshintäkonetyypit jaotellaan mallin ja käyttötarkoituksen mukaan erikoisjyrshintäkoneisiin, polvimallisiin jyrshintäkoneisiin ja runkomallisiin jyrshintäkoneisiin. Pitkäjyrshintäkone kuuluu runkotyyppisiin koneisiin. Nimensä mukaan pitkäjyrshintäkoneessa on pitkänomainen pöytä, johon kappale kiinnitetään. Koneenmallin mukaan koneessa voi olla useampia jyrshintäaroja, joka mahdollistaa samanaikaisen työstön. Pitkäjyrshintäkoneita on yksi- ja kaksipylyväisiä ja portaalimallisia. (Maaranen 2007, 174-175.)

2.2 Avartaminen

Avartaminen on menetelmä, jossa olemassa olevan reiän halkaisijaa suurennetaan halutun mitan ja pinnanlaadun mukaiseksi. Avartaminen suoritetaan pyörivällä työkalulla, jossa on yksi tai useampi leikkaava terä. Työkaluissa on usein säädettävä poikittaisluisti, jolla halkaisijaa voidaan muuttaa. Avartaminen on yksinkertainen työstömenetelmä, mutta erikoistyökaluilla voidaan valmistaa monimutkaisiakin muotoja. Avartaminen voidaan suorittaa avarruskoneella, porakoneella, jyrsinkoneella ja sorvilla. (Ihalainen ym. 2002, 186.)

Avarruskoneet eli aarporat ovat yleensä suurikokoisia työstökoneita (kuva 3). Avarruskoneissa voidaan käyttää avarrustyökalujen lisäksi samoja lastuavia työkaluja kuin jyrsinkoneissa, kuten jyrsimiä, poria ja väljentimiä. Avarruskoneet on suunniteltu kotelomallisten kappaleiden työstämistä varten. Tyypillistä avarruskoneille on, että kara on karalaatikossa vaakatasossa. Karalle on mahdollista kiinnittää myös erilaisia lisälaitteita, kuten kulmapää tai tukilaakeri. Lisälaitteet mahdollistavat monipuolisemman työstön. Avarruskoneet jaetaan ristipöytätyypisiin ja lattiatyypisiin avarruskoneisiin. (Ansaharju, Ilomäki & Maaranen 1982, 207-210.) Työstettävät kappaleet kiinnitetään avarruskoneissa johteiden päällä olevaan pyörityspöytään. Vaakatasossa pyörivä pöytä mahdollistaa kappaleiden koneistuksen usealta eri suunnalta kappaletta välillä irrottamatta.

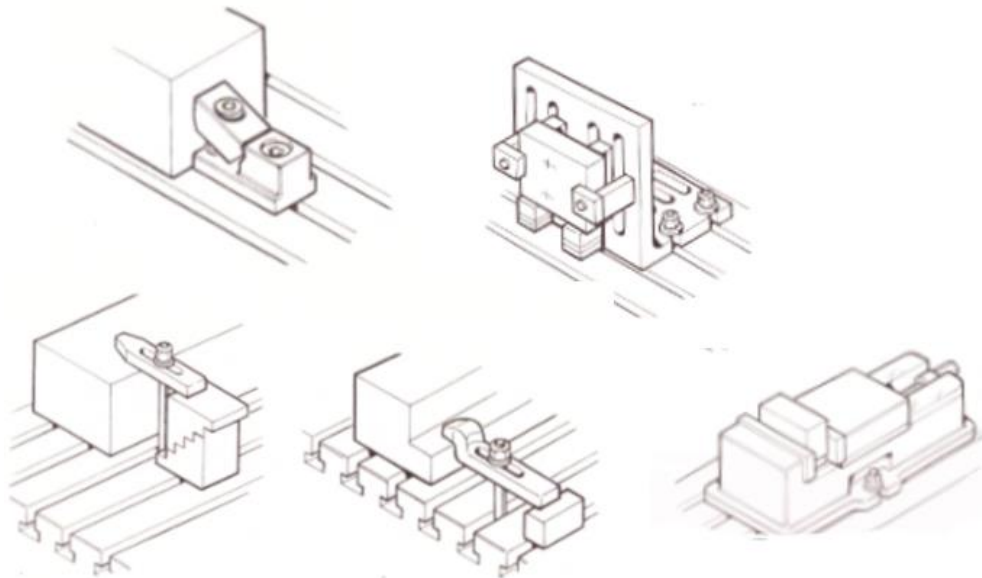


Kuva 3. Ristipöytätyyppinen avarruskone tukipilarilla (Maaranen 2007, 311).

2.3 Työstettävän kappaleen kiinnittäminen

Kappaleen kiinnittämisessä jyrsinkoneen tai avarruskoneen pöytään on monia erilaisia ratkaisuja. Kappale voidaan kiinnittää esimerkiksi koneruuvipuristimeen, suoraan pöytään tai kulmatasoon. Kiinnittämisessä tulee huomioida jyrsinterien aiheuttamat voimat työstettävään kappaleeseen, jotta kappale ei liikkuisi tai irtoaisi työstön aikana. (Maaranen 2007, 190.)

Usein työstettävät kappaleet ovat muodoltaan monimutkaisia ja sen vuoksi hankalia kiinnittää. Pöytään tai kulmatasoon kiinnittämistä varten on olemassa käyttötarkoitukseen sopivia kiinnitysrautoja ja tukija. (Maaranen 2007, 190-191.) Kuvassa 4 on esimerkkejä erilaisista kiinnitystavoista.



Kuva 4. Kappaleen kiinnitys esimerkkejä (Maaranen 2007, 190-191).

3 Tuotannon tunnuslukuja

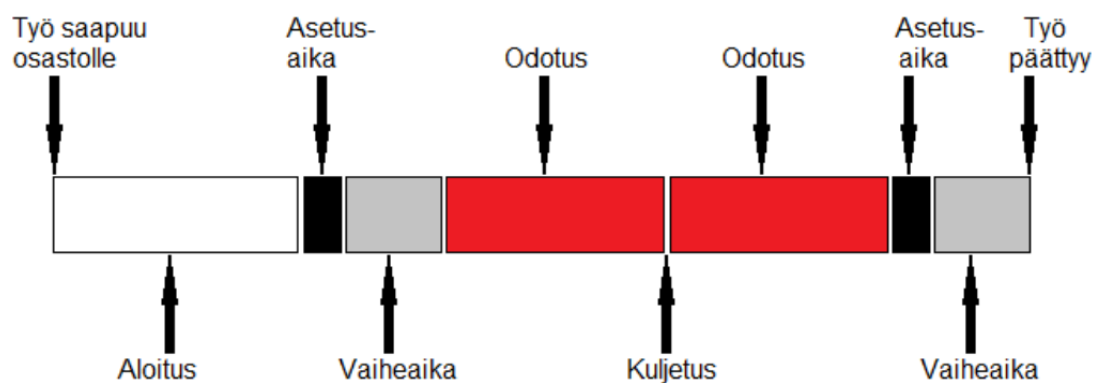
Tuotannon suorituskykymittari on KPI (Key Performance Indicator). Yritykset käyttävät tunnuslukuja eli mittareita tuotannon mittaamisen, seurannan ja kehittämisen apuna. Yrityksessä päätetään tapauskohtaisesti, mikä tunnusluku olisi

toiminnan kannalta paras tuotannon mittaamiseen. Mittareiden avulla voidaan verrata, analysoida ja ohjata tuotantoa. Tunnusluvut mahdollistavat tietoon perustuvan johtamistavan. (Vuohelainen 2018a, 3-4.)

Tunnusluvuilla voidaan seurata pitkän ja lyhyen aikavälin tapahtumia. Lyhyen aikavälin tunnusluvuilla saadaan tietoa siitä, kuinka on suoriuduttu töistä päivä- tai viikkotasolla. Pidemmän aikavälin mittareilla voidaan seurata suuntaa, eli onko tuotannon tehokkuus laskevaa vai nousevaa. (Vuohelainen 2018a, 3-4.)

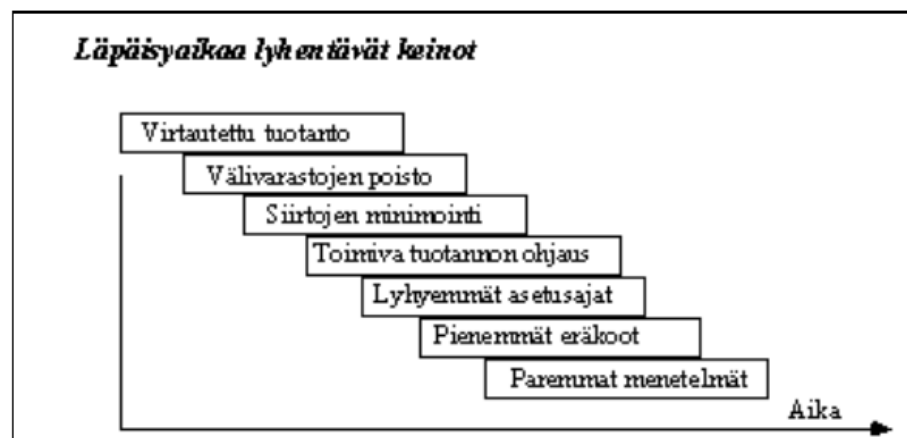
3.1 Lämpimenoaika

Lämpimenoajalla tarkoitetaan toimintaketjun läpiviemiseen kuluva-aikaa. Lämpimenoajalla kuvataan kokonaisläpimenoaikaa tai valmistuksen läpimenoaikaa. Kokonaisläpimenoaika on aikajakso, joka kuluu tilauksesta tuotteen toimitukseen. Valmistuksen läpimenoajalla ymmärretään aikajakso, joka kuluu tuotteen valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmiiksi saattamiseen (kuvio 1). Lämpimenoaika kertoo toimintaketjun kokonaisajan, mutta ei sitä, miten tuote tai tilaus etenee prosessin aikana. Tuottavuus tai tuotteen vaatima valmistusaika ei myöskään tule esille läpimenoaikaa tarkasteltaessa. Yleensä läpimenoajasta suurin osa on odottelua. Tuotteen arvoa kasvattava aika eli jalostusaika on vain pieni osa kokonaisajasta. (Haverila 2005, 401.)



Kuvio 1. Esimerkki tuotteen läpäisyajan rakenteesta (Haverila 2005, 401).

Tuotantoa suunniteltaessa halutaan tilauksien tai tuotantoerien läpimenoajat mahdollisimman lyhyiksi. Lyhyellä läpimenoajalla saavutetaan monia etuja pitkään läpimenoaikaan verrattuna: Toimintavarmuus ja tuotteen laatu paranee, sekä keskeneräisen tuotannon sitomaa pääomaa saadaan vähennettyä. Lyhyt läpimenoaika yksinkertaistaa myös kapasiteetin suunnittelua. Valmistavassa tuotannossa läpimenoaikojen lyhentämiseksi tulisi valmistuserät saada mahdollisimman pieneksi, ja tuotannossa olevat välivarastot poistettua. Suuret valmistuserät kasvattavat työvaiheiden välistä odotusaikaa. Valmistusprosesseissa on myös paljon turhia välivarastoja, joiden poistamisella nopeutetaan läpimenoaikaa ja vähennetään varastoinneista syntyviä kuluja. (Haverila 2005, 402, 406.) Kuviossa 2 on esitetty läpäisyäikää lyhentävät keinot.



Kuvio 2. Läpäisyäikää lyhentävät keinot (Peltonen 1998).

3.2 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus käsittää sisäisen ja ulkoisen toimitusvarmuuden. Ulkoinen toimitusvarmuus kertoo varmuudesta toimittaa tilaus asiakkaalle tilaushetkellä sovitettuun toimitusajan kohtaan mennessä. Toimitusvarmuutta kuvataan toimintavarmuusprosentilla, jossa ajoissa toimitetut tilaukset suhteutetaan kaikkiin tilauksiin. Toimitusvarmuusprosentti lasketaan Vuohelaisen (2018a, 6) mukaan kaavalla:

$$\text{Toimitusvarmuus-\%} = \frac{L}{K} * 100\%$$

jossa:

L= ajoissa toimitetut tilaukset

K= kaikki jakson aikana olleet tilaukset

Sisäinen toimintavarmuus mittaa yrityksen sisäistä toimitusvarmuutta. Sisäinen toimitusvarmuus kuvaa tuotannon kykyä tehdä tuote valmiiksi ennalta suunnittelun aloitus- ja lopetusajankohdan puitteissa. Toimitusvarmuuden avulla nähdään, kuinka paljon tuotteita on tehtävä haluttuun ajankohtaan mennessä, ja kuinka paljon tuotteita on todellisuudessa tehty. Tunnusluku kertoo, onko tuotanto edellä vai jäljessä suunnitellusta aikataulusta. (Vuohelainen 2018a, 6.)

3.3 Käyttösuhde

Käyttösuhde ymmärretään usein samaksi asiaksi käyttöasteen ja käytettävyyden kanssa tuotannon tehokkuudesta puhuttaessa. Monesti termit epähuomiossa sekoitetaan. Termeillä on kuitenkin kokonaan eri merkitys. (Vuohelainen (2018a, 6.) Vuohelaisen (2018a, 6) mukaan termit tarkoittavat seuraavaa:

Käyttösuhdeella tarkoitetaan suhteellista osuutta suunnitellusta tuotantoajasta tietyllä, aikavälillä, jolloin koneella tai linjalla tehdään aidosti tuottavaa työtä.

Käytettävyydellä tarkoitetaan suhteellista osuutta suunnitellusta tuotantoajasta, jolloin kone tai linja on teknisesti käytettävissä tuotantotoimintaan.

Käyttöasteella kuvataan suhteellista osuutta tuotantoajasta, jolloin koneella tai linjalla tehdään aidosti tuottavaa työtä.

Käyttösuhde, käytettävyys ja käyttöaste lasketaan kaavoilla:

$$\text{Käyttösuhde} = \frac{\text{Tuottavan työn aika}}{\text{Suunniteltu tuotantoaika}}$$

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Suunniteltu tuotantoaika} - \text{odottamattomat seisokit}}{\text{Suunniteltu tuotantoaika}}$$

$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Tuottavan työn aika}}{\text{Kokonaisaika}}$$

3.4 Tuottavuus

Tuottavuus on yksi yritysten tärkeimmistä mittareista. Tuottavuudella mitataan tuotosten ja tuotoksien tekemiseen käytettävien panosten suhdetta. Tuottavuutta laskettaessa voi mittayksikkö olla esimerkiksi raha, tunti, henkilö tai kappale. (Vuohelainen 2018a, 10.) Tuottavuus lasketaan kaavalla:

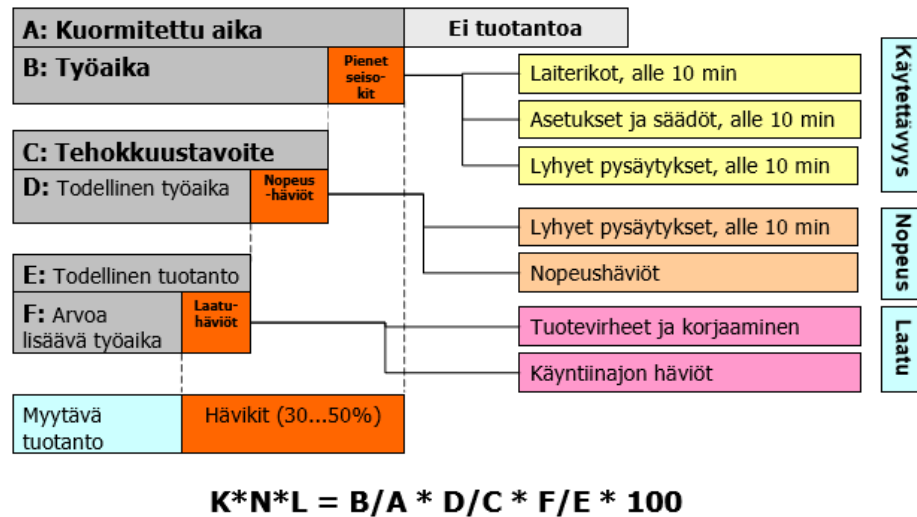
$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotosten määrä}}{\text{Panosten määrä}}$$

3.5 Kokonaistehokkuus KNL/OEE

KNL lyhenne tulee sanoista Käytettävyys, Nopeus ja Laatu. OEE tarkoittaa samaa asiaa, lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Overall Equipment Effectiveness. KNL/OEE-mittauksella saadaan esiin tuotantokoneella ilmenneet tuotannon tehokkuutta heikentävät ongelmat. (Vuohelainen 2018a, 11.) OEE/KNL liittyy TPM:ään (Total Productive Maintenance) eli tuottavan kunnossapidon ajattelutapaan, joka tavoittelee mahdollisimman täydellistä tuotantoa, jossa ei vikoja, pysähdyksiä, häiriöitä tai konerikkoja syntyisi. (ARROW engineering 2016.) KNL/OEE mittaa kolmen tekijän aiheuttamia tuotantohävikin syitä (kuvio 3). Seisokkihäviöt johtuvat koneen vikaantumisesta tai säädöistä ja asetuksista. Nopeushäviöt syntyvät alentuneesta tuotantonopeudesta, vajaakäynnistä ja pienistä häiriöistä, kuten antureiden toimintavirheistä. Laatuhävikit tulevat hyljistä ja korjauksista vaativista tuotteista. (Opetushallitus 2018.) KNL lasketaan kaavalla:

$$\text{Käytettävyys}(K) * \text{Nopeus}(N) * \text{Laatu}(L) = \text{KNL}$$

Jos tuotanto koneet toimisivat jatkuvasti ilman minkäänlaisia häiriötekijöitä KNL-luku olisi 100 %. Yritys, jonka valmistavan tuotannon KNL on yli 85 % pidetään jo erittäin tehokkaana. Yleisesti teollisuudessa päästään kuitenkin vain noin 60 % tasoon. (ARROW Engineering 2016.)



Kuvio 3. Tuotantoajan hävikki voi olla hyvinkin suuri kuormitetusta ajasta (Villanen 2013).

4 Benchmarking

Benchmarking on oman toiminnan vertaamista toisen yritysten toimintaan. Kohdeksi valitaan sellainen kohde, jolla on omaan toimintaan paras vastaava käytäntö. Benchmarking jaetaan neljään päätyyppiin, sisäiseen-, kilpailija-, toiminnalliseen-, ja toimialasta riippumattomaan benchmarkiin. (Järviö 2007, 107-108).

Benchmarkin kohteet voivat olla oman alan toimijoita, tai toisen alan yrityksiä. Benchmarking toteutetaan monesti vieraillemalla yrityksessä, jonka toimintaa haetaan verrata omiin käytäntöihin. Vierailun suunnittelussa etukäteen huomioidaan se mitä halutaan selvittää, ja mihin kiinnitetään huomiota. Osallistujien kannattaa etukäteen valmistella kysymykset ja havainnointilistat, jotta vierailusta

saadaan mahdollisimman paljon hyötyä. Hyvin valmistelu vierailu käynti Benchmarkin kohteessa on systemaattisempi oppimistapa, kuin tavallinen yritys-vierailu. (Järviö 2007, 107-108).

5 Lean

Lean johtaa juurensa Toyotan autotehtaan tuotantosysteemiin (Toyota Production System, TPS), joka tarkoittaa Toyotan sisäistä tuotantofilosofiaa. Lean on asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli, jossa Lean-ajattelutavalla ja toimintamalleilla pyritään virtauksen maksimointiin ja hukan poistamiseen sekä laadun parantamiseen. Leanin yksi keskeisin päätavoite on nopeuden kasvattaminen tuotannossa eli läpimenoajan lyhentäminen. Läpimenoajan lyhentämisellä säävutetaan kilpailukykyä ja taloudellista hyötyä. (Quality Knowhow Karjalainen 2018.)

Lean-toiminnan kehittämisessä käytetään monia erilaisia tapoja. Yleisesti käytetty etenemistapa on viisiportainen (kuvio 4). Ensimmäisenä Lean-ajattelun lähtökohtana on arvo. On tärkeää tunnistaa palvelun tai tuotteen arvo asiakkaan näkökulmasta. Arvo koostuu laadusta, ominaisuuksista, toimitusvarmuudesta ja toimitusajasta. Asiakas on valmis maksamaan vain palvelun tai tuotteen arvon lisäyksestä. Keskeistä on tunnistaa arvoa tuottava toiminta, sekä selvittää ja poistaa asiakkaalle arvoa tuottamaton toiminta eli hukka. (Kouri 2010, 6-8.)

Lean-ajattelun toinen vaihe on arvovirran tunnistaminen. Huomion kiinnittäminen tuotannon tai palvelun kokonaisuuteen on tärkeässä asemassa. Osoptimointia pitäisi välttää, koska yhden osa-alueen tehostaminen saattaa olla kokonaisuuden kannalta arvaamaton. Arvovirta sisältää kaikki toiminnan kannalta tarvittavat tehtävät tuottivatpa ne tuotteelle arvoa tai eivät. Arvovirta voi alkaa esimerkiksi raaka-aineen jalostamisesta valmiin tuotteen luovuttamiseen asiakkaalle. Keskeistä on kiinnittää huomio tietyn tuotteen arvovirtaukseen ja nähdä se asiakkaan näkökulmasta. Arvovirrassa olevia tehtäviä voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäisen luokan tehtävät ovat arvoa lisäävää toimintaa, joka on esimerkiksi

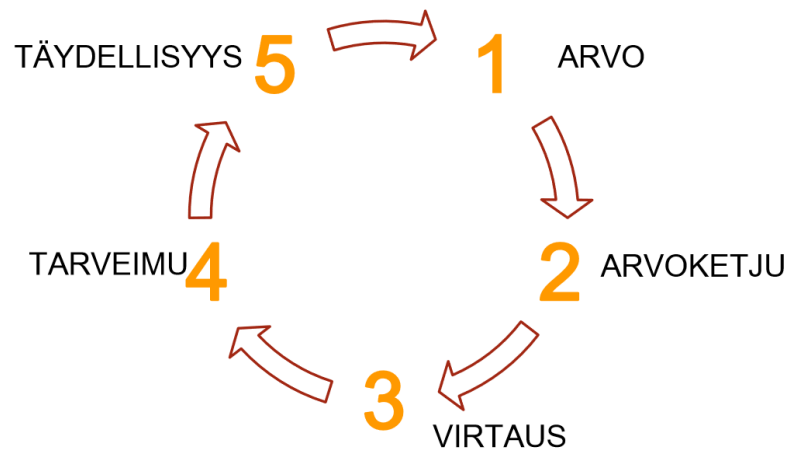
kappaleen kokoonpano hitsaamalla. Toisessa luokassa ovat tehtävät, jotka on pakko tehdä, mutta jotka eivät lisää tuotteen arvoa. Tästä esimerkkinä on laadun varmistus kriittisissä hitsausaumoissa. Kolmantena ovat toiminnot, jotka eivät tuota arvoa. Esimerkkinä voi mainita tuotteen laadun tarkastus useamman tahon tekemänä. Tällainen toiminta tulisi poistaa välittömästi. (Huhtala, Pulkkinen 2009, 184.)

Kolmantena on virtauksen toteuttaminen, joka tulee suorittaa arvovirtojen tunnistamisen ja hukkien poistamisen jälkeen. Kun hukat on poistettu ja arvovirrat tunnistettu jää jäljelle arvoa tuottavat toiminnot. Virroista etsitään mahdolliset pysähdykset, jossa arvon tuottaminen keskeytyy. Lopullisena tavoitteena on sujuvasti virtaava tuotanto, jossa esiintyy vain arvoa lisäävää toimintaa. (Huhtala, Pulkkinen 2009, 184.)

Neljäntenä on imun järjestäminen, jonka asiakaskysyntä mahdollistaa. Toimintaa tehdään vain silloin kun asiakas tarvitsee tuotetta tai palvelua. Imuohjaus on vastakohta työntöohjaukselle, jossa tuote valmistetaan ennalta määrätyn suunnitelman mukaisesti. Imulla voidaan myös parantaa tuotannon virtauksen sujuvuutta, missä se muutoin on vaikea järjestää. (Huhtala, Pulkkinen 2009, 185.)

Viimeisenä vaiheena on täydellisyyden tavoittelu. Kun yritys on toiminut edellä mainittujen toimintojen mukaisesti ja päässyt asetettuihin tavoitteisiin huomataan hyvin nopeasti, että parannettavaa ja kehitettävää löytyy. Täydellisyyden tavoittelu ei tunnu enää mahdottomalta toteuttaa, kun on edetty määrätietoisesti kohti asiakkaan määrittelemää tavoitetta tuloksia saavuttaen. Täydellisyyden tavoittelu johtaa jatkuvan parantamisen kehään, jossa löydetään aina uusia tapoja tehdä kaikki paremmin ja tehokkaammin. Monesti ratkaisut ovat pohjimmiltaan yksinkertaisia ja nopeasti toteutettavia. Läpinäkyvyys on erittäin tärkeässä osassa täydellisessä lean-järjestelmässä. Kun kaikki arvoketjuun kuuluvat voivat nähdä koko toimintaprosessin osa-alueet, on silloin helppo puuttua epäkohtiin, joissa arvon toteutuminen pysähtyy. (Huhtala, Pulkkinen 2009, 186.)

LEAN ASKELEET



Kuvio 4. Lean askeleet (Riihiaho, 2018).

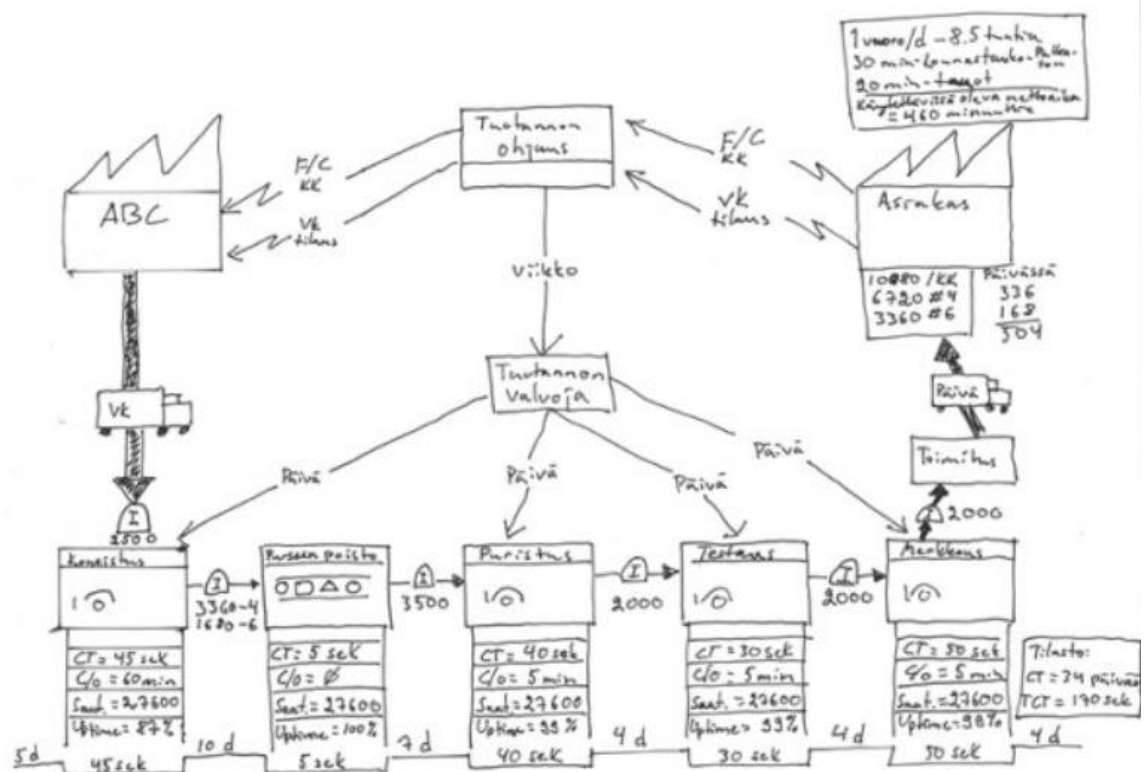
6 Leanin työkaluja

Lean pitää sisällään suuren määrä erilaisia teorioita, työkaluja ja tekniikoita, joilla prosessin välistä hukkaa voidaan vähentää ja tunnistaa: kuten VMS, Kanban, imuohjaus, 5S ja JIT. Leanissa työkalut ovat keskeinen osa johtamissysteemiä, ja leanin mukainen ajattelutapa on suuressa roolissa näkymättömänä kaiken taustalla. (Quality Knowhow Karjalainen 2018.)

6.1 Arvovirtakuvaus VSM

Arvovirtakuvaus Value Stream Mapping on Toyotalla 1950-luvulla kehitetty työkalu, jonka avulla tuotannon prosessissa olevat vaiheet, yhteydet, tapahtumien taajuudet, varaston määrä ja vaiheajat kuvataan. Arvovirtakuvauksella prosessissa olevat virtauksen esteet saadaan tunnistettua ja priorisoitua. Käytännössä

value stream map:llä kuvataan visuaalisesti, kuinka materiaali tai informaatio virtaa prosessin läpi (kuvio 5). Tehokkuuden parantamisen lähtökohtana on tunnistaa ongelmat ja ratkaista ne. Arvovirtakuvauksen avulla kyetään prosessissa oleva hukka ja virtauksen esteet tunnistamaan ja vasta tämän jälkeen on edellytyksiä parantaa prosessia. Arvovirtakuvaus aloitetaan tekemällä nykytilanteesta arvovirtakartta. Kuvauksesta nähdään selkeästi, mikä on kokonaiskuva ja lähtötilanne. Kuvauksen avulla prosessissa esiintyvä arvoa tuottamaton työ eli hukka havaitaan. Hukan tunnistamisen ja alkutilanteen kartoituksen jälkeen aloitetaan kehittämään ja suunnittelemaan tulevaisuudentilaa, jossa hukka on pienempi ja virtaus sujuvampaa. (Väisänen 2013.)



Kuvio 5. Esimerkki erään tuotteen arvovirtakuvauksesta (Piirainen 2008).

6.2 Kaizen

Kaizen eli jatkuvan parantamisen toimintamalli on systemaattista ja jatkuvaa toiminnan kehittämistä. Yrityksen henkilöstö pyrkii saamaan työvaiheet ja toiminnot sujuviksi jatkuvalla pienin askelin tapahtuvalla toiminnan kehittämisellä. Jatkuvan parantamisen ydin on siinä, että useilla pienillä kehitystoimenpiteillä pyritään saamaan aikaan suurempia muutoksia ja pysyviä tuloksia. Menetelmä kehittää henkilöstön osallistumista jatkuvan parantamisen mallin mukaan, jolloin ihmisten on helpompi ymmärtää ja asennoitua laajempiin muutoksiin. Kertaluontoiset ja isommat kehityshankkeet eivät kuulu jatkuvan parantamisen toimintamalliin.

Jatkuvan parantamisen avuksi on useita eri menetelmiä, joilla saadaan vietyä eteenpäin kehitys- ja aloitetoimintaa. Yksi hyväksi havaittu menetelmä on PDCA-sykli, joka on jatkuvaa parantamista tukeva laadun kehitysmenetelmä. Tämän avulla yrityksen kehitystoimintaa saadaan systematisoitua ja toiminnan jatkuvuus varmistettua. PDCA-sykli jakaantuu neljään vaiheeseen (kuvio 6).

Plan, Suunnittelu vaihe, jossa etsitään vaihtoehtoja ja määritellään vaiheet, kuinka parannustoimenpide voitaisi suorittaa.

Do, Toisena vaiheena testataan ja toteutetaan suunnitelma ja dokumentoidaan tehdyt muutokset

Check, Tarkastellaan, kuinka on onnistuttu uusien tavoitteiden toteutumisessa.

Ack, Jos tavoitteisiin päästään toiminnat vakiinnutetaan ja standardisoidaan. Niitä toimintoja kehitetään missä ei ole saavutettu haluttua tavoitetta ja aloitetaan sykli alusta. (Haverila 2005, 380-382.)



Kuvio 6. PDCA-sykli (Shmula 2017).

6.3 5S

5S on Japanissa kehitelty Lean-työkalu, jonka tavoitteena on kasvattaa työn tuotavuutta ja työturvallisuutta. Tiivistettynä 5S on tarpeellisten tavaroiden ja työkalujen oikeilla paikoilla säilyttämistä sekä työympäristön siistinä pitämistä. Menetelmällä pyritään tunnistamaan ja poistamaan prosessissa oleva hukka. 5S menetelmällä saadaan nopeasti työympäristö viihtyisäksi ja toimivaksi. 5S-menetelmä aloitetaan poistamalla kaikki ylimääräiset osat ja tarvikkeet työpisteiltä ja ympäristöstä, joita ei päivittäisessä työssä tarvita. Kaikki ylimääräinen materiaali hidastaa tuotannon virtausta ja läpimenoaika. 5S-menetelmä toimii vain, jos sitä pidetään jatkuvasti yllä, eikä sitä jätetä kertaluontoiseksi siivous- tai järjestelytoimenpiteeksi. Menetelmässä on nimensä mukaisesti viisi vaihetta. 5S nimi tulee japaninkielensanoista (seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke). Suomessa näille sanoille vastineet ovat sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. (Vuohelainen 2018b, 3-7.)

5S toteutus viidessä vaiheessa:

1. Sorteeraus: Työpisteellä lajitellaan kaikki tarpeellinen tavara ja poistetaan ne, joita ei tarvita.
2. Systematisointi: Kaikille tavaroille määritetään omat paikkansa. Paikat merkaataan selkeästi käyttämällä esimerkiksi värikoodeja tai nimikylttejä.
3. Siivous: Pidetään paikat siistinä ja järjestyksessä. Siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi on laadittava selkeät ohjeet ja toimintatavat.
4. Standardisoi: Vakiinnutetaan 5S joka päiväiseksi toiminnaksi. Standardisointi on laadittujen toimintatapojen vakiinnuttamista, joista sovitaan työntekijöiden kanssa. Vakiinnuttamisen helpottamiseksi on hyvä laatia visuaalisia ohjeita.
5. Seuranta: Noudatetaan ja seurataan 5S-menetelmän toteutumista. Seuranalla halutaan varmistaa, että 5S-menetelmää noudatetaan. (Vuohelainen 2018b, 5-7.)

6.4 JIT

JIT (Just In Time), on Japanissa kehitetty toistuvan tuotannon tuotannonohjauksen malli. JIT pyrkii yksinkertaistamaan tuotannonohjauksen ja sitä kautta tehokkuus paranee. Tuotannossa pyritään minimoimaan JIT:n avulla hukkaa ja tuhlausta aiheuttavat varastoinnit ja virheelliset tuotteet. JIT-tuotannon yleiset periaatteet ovat alhaiset kustannukset, valmistuksen tasainen kuormitus, tuotantoon ja varastoon sitoutuneen pääoman vähentäminen, asiakaspalvelu sekä lyhyet läpäisyajat. Näiden lisäksi JIT-tuotannolla pyritään poistamaan kaikki turha, joita aiheuttavat suuret varastot, keskeneräinen tuotanto ja turhat työt. Käytännössä JIT-tuotanto toteutetaan usein virtauttamalla tuotanto, lyhentämällä asetusaikoja, tasoittamalla tuotanto, imuohjauksella, laatuun panostamalla, parantamalla alihankinta järjestelmää ja automatisoimalla tuotantoa. (Miettinen 1993, 51-53.)

6.5 SMED

Nykyäänä valmistavassa teollisuudessa pyritään välttämään suuria sarjoja, koska varastoon valmistaminen ei ole järkevää toiminnan kannattavuuden näkökulmasta. Yhä enemmän tuotteita valmistetaan pienissä valmistuserissä tai jopa yksittäin senhetkisen tarpeen mukaan. Pienet eräkoot tai yksittäin valmistettavat tuotteet lisäävät tuotevaihtoja. Tällöin on haasteena saada tuotantopysymään tehokkaana ja kilpailukykyisenä toistuvien ja paljon aikaa vievien tuotevaihtojen aikana. Tuotevaihtoaikojen lyhentämiseksi Shigeo Shingo kehitti Toyotalla SMED-menetelmän (Single Minute Exchange of Die). Single minute tarkoittaa SMED:n tavoitetta lyhentää tuotevaihtoihin kuluva kokonaisaika alle 10 minuuttiin. Tuotevaihtoaikojen lyhentäminen hyvästä optimoinnista huolimatta on tuotekohtainen, eikä alle 10 minuutin aina päästä. Joka tapauksessa menetelmä on hyvä keino lyhentää tuotevaihtoajoja. (Vuohelainen 2018c, 3-4.)

SMED:n pääperiaatteisiin kuuluu analysoida ja kartoittaa jokaisen vaihtoprosessin tarkoitus ja funktio. On myös tunnistettava ulkoiset ja sisäiset vaihtoprosessin tehtävät ja muutettava sisäisiä vaihtotehtäviä ulkoiseksi. Toisin sanoen tehdään

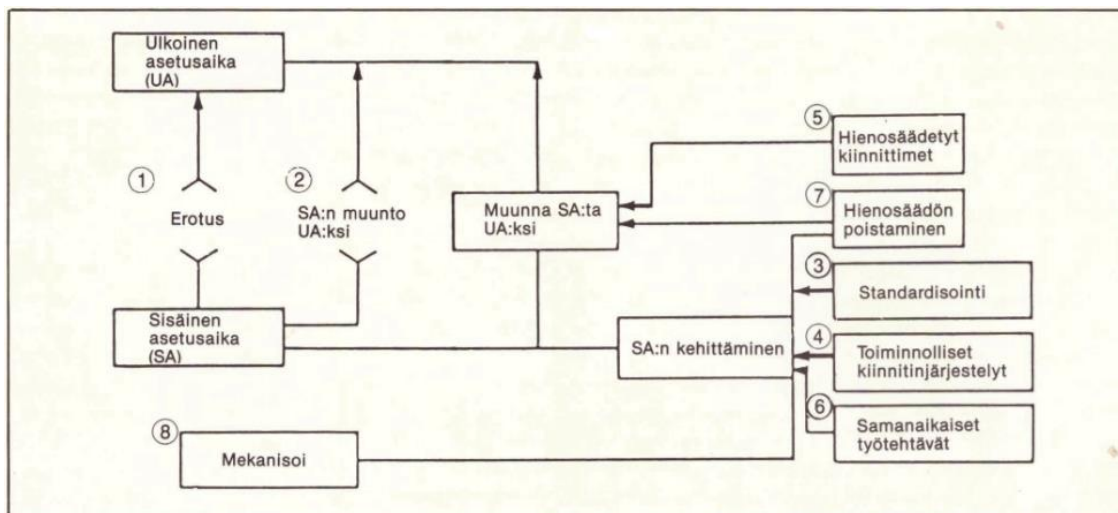
mahdollisimman paljon vaihtotehtäviä koneen käydessä. SMED-menetelmän mukaan vaihtoprosessit tulisi vakioida ja kouluttaa henkilöt siihen. Tuotevaihtoihin kulunutta aikaa seurataan ja tuodaan poikkeamat esille. Toimintaa kehitetään jatkuvan parantamisen keinoin. (Vuohelainen 2018c, 4.)

SMED-menetelmän suurin hyöty on lyhentynyt tuotteen vaihtoon kuluva aika. Lyhyestä tuotevaihtoajasta seuraa monia muita hyötyjä yritykselle. Tuotteen valmistaminen lyhentää tuotantoaikaa, toimitusaika asiakkaalle saadaan lyhemmäksi ja tuotteen läpimenoaika lyhenee. Koska tuotteen vaihtoihin kuluva aika lyhenee, on mahdollista valmistaa pieniä eriä tai yksittäisiä kappaleita, jolloin varastoja saadaan pienemmäksi ja keskeneräinen työ vähenee. SMED-menetelmä vähentää prosessissa esiintyvää hukkan määrää. Vakioidut ja standardisoidut työmenetelmät parantavat myös työturvallisuutta. Tuotannon suunnittelulle on SMED-menetelmästä etua, koska tuotevaihtoihin kuluva keskimääräinen aika saadaan mitattua ja töiden ajoitus voidaan suunnitella tarkemmin. (Vuohelainen 2018c, 5.)

6.5.1 SMED-menetelmän 8 vaihetta

SMED-menetelmä (kuvio 7) toteutetaan Shingon (1984, 30) mukaan kahdeksassa vaiheessa:

1. Erotetaan SA ja UA
2. Siirretään SA UA:ksi
3. Standardisoidaan
4. Toiminnolliset kiinnitysjärjestelmät
5. Etukäteen säädetyt kiinnittimet
6. Samanaikaiset työtehtävät
7. Hienosäädön poistaminen
8. Mekanisointi

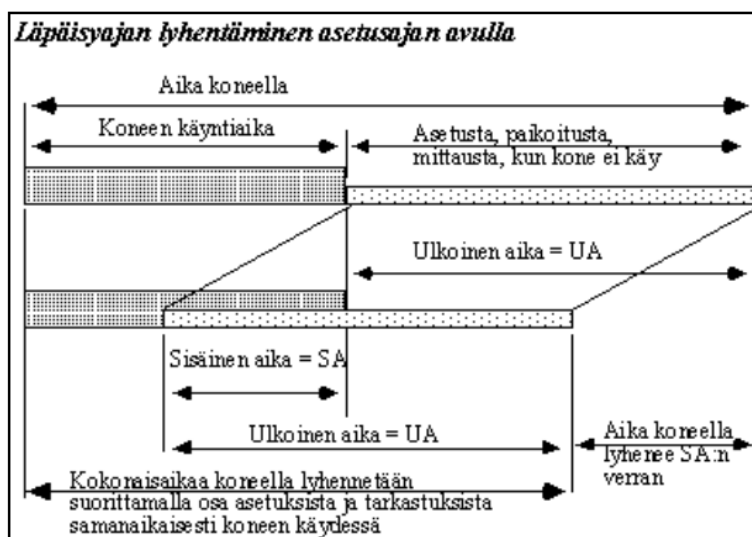


Kuvio 7. SMED:n vaiheet graafisesti esitettyinä (Shingo 1984, 34).

SA:n ja UA:n erottaminen: Pääsääntö on, että tehdään ulkoista asetusta, jos mahdollista ja sisäistä asetusta, jos välttämätöntä. Kun koneenkäyttäjä tekee sisäistä asetusta, on huolehdittava siitä, että sisäinen asetus aika on mahdollisimman lyhyt. Lyhyen sisäisen asetusajan mahdollistaa ulkoisella asetusajalla tehdyt toimenpiteet, jossa työkalut, materiaalit ja kiinnittimet ovat saatavilla, kunnossa ja hyvässä järjestyksessä. (Shingo 1984, 30.)

1. SA:n muuttaminen ulkoiseksi: Kun työjärjestelyä muutetaan siten, että koneaika ja asetus aika limitetään, on mahdollista vähentää koneen seisokkiaikaa huomattavasti (kuviot 12). (Peltonen 1998.)
2. Standardityökalut: Lämpäisy- ja asetus aikoja voidaan lyhentää standardoiduilla pikakiinnitystyökaluilla, joita nykyisin on laaja valikoima. (Peltonen 1998.)
3. Kiinnitysten suunnittelu: Työstettävä kappale tulisi suunnitella ja muotoilla niin, että se on helppo valmistaa. Turhia työvaiheita saadaan vähennettyä järkevällä suunnittelutyöllä. Tuotteen olisi myös sovittava suoraan kiinnittimeen. (Peltonen 1998.)

4. Etukäteen asennetut kiinnittimet: Seuraavaksi työstettäväksi tuleva kappale kiinnitetään etukäteen irrallaan olevaan kiinnittimeen tai jigiin koneen ajaessa edellistä tuotetta. Kun tuote on valmis, voidaan toinen kappale siirtää ja kiinnittää koneeseen ilman aikaa vievää paikoitusta ja hienosäätöä. (Peltonen 1998.)
5. Samanaikaiset työtehtävät: Suurissa ja aikaa vievissä kiinnityksissä kaiveriksi voidaan ottaa apumies, joka nopeuttaa huomattavasti asetustyövaihetta ja näin seisokkiaika saadaan lyhemmäksi. (Shingo 1984, 32.)
6. Hienosäädön poisto: Usein kappaleen asetustyössä hienosäätöön kuluu 50-70 % SA:sta. Kappaleen paikoitus on sen suunnilleen oikeaan paikkaan laittamista, mutta hieno säädöllä kappaletta siirrellään edestakaisin muutamia millimetrejä, kunnes se on halutussa asemassa. Tavoitteena olisi saada hienosäädön vaihe kokonaan pois esimerkiksi ohjaintappien avulla. (Shingo 1984, 32.)
7. Mekanisointi: Voidaan valmistaa esimerkiksi hydraulisia tai pneumaattisia pikakiinnittimiä (Peltonen 1998). Lämpäisyajan lyhentäminen asetusajan avulla on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Lämpäisyajan lyhentäminen siirtämällä asetusten valmistelua ja tarkastuksia samanaikaisesti koneen suorittamien toimintojen kanssa (Peltonen 1998).

6.5.2 SMED:n toteutus

SMED-menetelmää sovellettaessa kehitys aloitetaan usein neljässä vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään vaihtoprosessin kehityskohde. Yleensä kannattaa valita tuote, jota tehdään määrällisesti eniten. Toinen vaihtoehto on valita sellainen kohde, jota tehdään harvemmin mutta asetuksen vaihtoon kuluu ajallisesti pitkä aika. Kun vaihtoprosessin kohde on valittu, aloitetaan kartoittamalla siihen kuuluvat vaihtoprosessin vaiheet yksityiskohtaisesti. Työvaiheiden kuvantamiseen voidaan käyttää arvovirtakuvausta tai ottaa vaihtoprosessista videokuva. Tuotevaihtoon kuuluva aika otetaan ylös. (Vuohelainen 2018c, 5.)

Toisessa vaiheessa vaihtoprosessissa olevat tehtävät erotellaan sisäisiin ja ulkoisiin tehtäviin. Sisäiset tehtävät tehdään koneen ollessa pysähdyksissä ja ulkoiset silloin kun kone on käynnissä. Mahdollisimman moni sisäisen asetusajan tehtävä pyritään siirtämään ulkoisessa vaiheessa suoritettavaksi toiminnoksi. Ulkoisen asetusajan tehtävistä on hyvä laatia muistilista eli asetuskortti, josta selviävät tarvittavat osat, työkalujen esivalmistelut ja niiden kunnon tarkastaminen. Mitä enemmän esivalmisteluja voidaan tehdä koneen ollessa käynnissä, sitä lyhempi on sisäisen asetusajan tarve. Näin saadaan asetusaikaa pudotettua jopa 30-50 %. (Vuohelainen 2018c, 8.)

Kolmannessa vaiheessa muutetaan mahdollisimman moni sisäisen asetusajan tehtävä ulkoiseksi tehtäväksi. Mietittäessä sisäisten tehtävien siirtämistä ulkoiseksi on tarkasti analysoitava tehtävien tarkoitusta ja tärkeyttä. Työvaiheet tulee standardisoida, suunnitella ja valmistella etukäteen. Ajon aikana ennen uuden tuotteen vaihtamista voidaan etukäteen suorittaa monia tehtäviä valmiiksi seuraavaa tuotetta varten. (Vuohelainen 2018c, 9.)

Neljännessä vaiheessa sisäisiä ja ulkoisia tehtäviä tehostetaan ja parannellaan. Ulkoisen asetustyön tehtävien tehostamiseen on hyvä käyttää 5S-menetelmää työympäristön selkeänä ja siistinä pitämiseen. Tarvikkeiden ja työkalujen esivalmistelua tehostetaan, ja valmiiden kappaleiden viimeistely ja tarkistus suoritetaan koneen käydessä. Sisäisen asetuksen parantamiseksi käytetään apuna työkaveria, vähennetään hienosäädön tarvetta, käytetään tarkoituksenmukaisia kiinnitysmenetelmiä ja mekanisoidaan toimintoja. (Vuohelainen 2018c, 11.)

Tehtävien vakiointi on perusedellytys sille, että menetelmällä saadaan parannusta aikaan. Jotta kaikki operaattorit toimisivat samalla tavalla, on vaihtoprosessi vakioitava, dokumentoitava ja määriteltävä tavoiteltu vaihtoaika. SMED-menetelmä saa aikaan muutoksia tekniikassa ja tekemisessä. Hyvä ohjeistus auttaa operaattoreita ajattelemaan ja ymmärtämään mitä tehtäviä voidaan suorittaa ennen koneen pysähtymistä ja uudelleen käynnistämisen jälkeen. Tuotevaihtoaikojen optimointi on osa jatkuvaa parantamista. (Vuohelainen 2018c, 10,12.)

7 Hukka

Hukan poistaminen ja tunnistaminen ovat Lean ajattelun ydin. Hukkaa ovat kaikki lisäkustannuksia tuovat työvaiheet ja toiminnot, jotka eivät tuota tuotteelle tai palvelulle arvoa. Usein prosessista vain 10 % on lisäarvoa tuottavaa toimintaa ja loput 90 % on hukkaa. (Tuominen 2010, 7.) Tuotannon hukat voidaan jakaa kahdeksaan eri luokkaan, jotka syntyvät ylituotannosta, odottelusta, kuljetuksista, laaturvirheistä, turhista varastoista, ylikäsittelystä, tarpeettomista liikkeistä ja käyttämättä jätetystä työntekijän luovuudesta. (Kouri 2010, 10-11.)

Ylituotantoa syntyy, kun tuotteita valmistetaan todellista tarvetta enemmän. Ylituotannon vastakohta on JIT-tuotanto, jonka periaate on valmistaa tuote juuri oikeaan aikaan ja oikeaan tarpeeseen. Ylituotanto aiheuttaa paljon ongelmia, jotka heijastuvat koko tuotantoprosessiin. Liikatuotannosta seuraa useita hidasteita tehokkaalle tuotannolle, kuten kasvavat varastot, epäjärjestys, virheet ja tuotannon hallittavuuden vaikeutuminen. Ylituotannon välttämiseksi tuotannon kapasiteetin ja tarpeen pitää olla tasapainossa, jotta ylituotantoon ei olisi tarvetta. Ylituotannon vähentämiseksi on käytössä Lean-periaatteita, joita soveltamalla päästään optimaaliseen tuotantoon. (Tuominen 2010,16-17.) Leanin periaatteita ylituotannon vähentämiseksi (Tuomisen 2010,16-17) mukaan ovat:

- kehitä tuotannon ohjausta
- tasapainota tuotantolinjat

- valmista yhdenkappaleen sarjoja
- sovelta imuohjausta kanban-järjestelmää käyttäen
- varmista, että kapasiteettitarve vastaa koneiden tarvetta
- lyhennä asetusajoja
- tasapainota tuotanto valmistamalla pienissä sarjoissa ja eri tuotteita tarpeen mukaan

Odotusajalla viitataan henkilön tai koneen odottamiseen. Myös materiaali saattaa odottaa valmistukseen pääsyä. Käytännössä odottelu ja viivästykset voivat johtua kone- tai laiteviasta, tuotteen odottelusta edelliseltä työvaiheelta, prosessien ja työvaiheajojen epätasapainosta, huonosta layoutista tai henkilön viivästymisestä työpisteeltään. Odottelun ja viivästymisen syyt on tärkeä tunnistaa. Tuotannossa on kahdentyyppistä odotusta, prosessista ja erävalmistuksesta johtuvaa. Prosessista johtuva odottelu voi olla materiaalin odottamista työstökoneelle pääsyä tai prosessi odottaa työntekijää. Erävalmistuksesta johtuvan odottelun syynä voivat olla liian pitkät työpisteiden etäisyydet ja tarkoitukseen sopimattomat koneet. Myös asetus- ja vaihtoajat voivat liian pitkiä tai työvaiheiden tasapainotus ei toimi. (Tuominen 2010, 31-33.)

Kuljetuksien ja siirtelyjen tarvetta syntyy, kun materiaaleja, osia ja muita tarvikkeita siirrellään ja kuljetetaan työpisteille ja sieltä pois. Ylimääräisistä ja turhista siirtelyistä johtuvaa hukkan muodostumista voidaan välttää esimerkiksi hyvällä layoutilla, lyhentämällä työpisteiden välimatkaa ja sijoittamalla koneet prosessin suuntaisesti. Lean-periaatteilla voidaan poistaa tai vähentää kuljetustarpeen muodostumista, kuten piensarjavalmistuksella. Kuljetustarve vähenee myös silloin, kun moniosaaja tekee eri työvaiheita samassa työpisteessä. (Tuominen 2010,16-17.)

Laatuhukka muodostuu virheellisistä tuotteista, joita joudutaan korjaamaan ja tarkastamaan. Laatuvirheet saattavat johtua ihmisen erehdyksistä tai ammattitaidon puutteesta. Tuotannossa olevat työkalut ja koneet ovat usein myös laatuhukan aiheuttajia. Olisi tärkeää havaita laatu puute varhaisessa vaiheessa, jotta tuote ei kerkeäisi asiakkaalle asti. Lean-tuotannossa jokaisen työntekijän tulisi vastata oman työnsä laadusta. Mitä aikaisemmassa vaiheessa poikkeama huomataan

sitä vähemmän hukkaa kerkeää syntyä. Laatupuutteiden minimoimiseksi on etsittävä ongelmien juurisyyt ja etsiä ratkaisuja niiden uudelleen syntymisen estämiseksi. (Tuominen 2010, 22-23.)

Syy suureen varastointitarpeeseen on usein ylituotanto. Varastoissa säilytetään raaka-aineita, puolivalmisteita, kokoonpantavia osia tai valmiiksi tehty tuote seisoo varastossa. Varastoja tarvitaan, mutta ne kannattaa pitää mahdollisimman pienenä. Mitä suurempi varastonimikkeiden määrä on, sitä enemmän vaaditaan resursseja varaston hallitsemiseksi. Varastojen syntymisen minimoimiseksi on etsittävä tuotannosta ne paikat, jotka niitä synnyttävät. Sen jälkeen etsitään tarkoitukseen sopivia työkaluja, joilla varastoitavan tuotteen määrää pystytään pienentämään. Näin vähennetään tai poistetaan varastoinnin aiheuttamaa hukkaa. (Tuominen 2010,18-19.)

Prosessihukka on tuotteen ylikäsittelyä. Tuotteeseen tehdään sellaisia työvaiheita, joita siinä ei oikeasti tarvittaisi. Tuotteen suunnittelussa on voinut tulla pieniä muutoksia, jota ei ole kuitenkaan huomioitu valmistuspiirustukseen. Esimerkiksi reikä on ennen tarvittu osan kiinnittämistä varten, mutta nykyisin sitä ei enää siihen tarvittaisikaan. (Tuominen 2010, 24-25.)

Työvaihehukkaa eli ylimääräisiä liikkeitä työskentelyssä syntyy useista eri syistä. Työn suorittaminen vaatii kuitenkin liikkeitä, jotta tuote saadaan jalostettua kohti asiakkaan määrittelemää arvoa. Kaikkia sellaisia liikkeitä, jotka eivät tuota lisäarvoa tuotteelle tulisi välttää. Työvaihehukan syntymisen tunnistaminen ja epäkohtiin puuttuminen kehittämällä työmenetelmiä ja toimintatapoja, saadaan hukkaa vähennettyä. (Tuominen 2010, 26-27.)

Henkilöstön luovuuden käyttämättä jättäminen on myös hukcatekijä. Työntekijöiden luovuus jää käyttämättä, jos henkilöstöä ei sitouteta ja kuunnella. Aikaa, ideoita ja taitoja hukataan ja parannusehdotuksia jää toteuttamatta. (Liker 2004, 28-29.) Tärkeää on tiedostaa se, että työntekijöillä on omasta työstään paras tietämys.

8 Tarkasteltavan tuotteen valinta ja seurannan toteutussuunnitelma

Opinnäytetyön toiminnallisen osuuden tekeminen alkoi yhdessä toimeksiantajan kanssa pohtimalla mikä olisi sellainen tuote, joka kannattaisi ottaa tarkastelun kohteeksi. Kohteeksi valikoitui Mantsinen 160 konemallin nostopuomi, koska se on yksi yleisin Mantsisen koneistamon Zayer-merkkisellä pitkäjyrsinkoneella koneistettava tuote. Nostopuomi on myös kokoluokaltaan tuotannon suurimpia. Tämän puomimallin koneistus toteutetaan kahdessa osassa, tyvi- ja kärkiosa erikseen, puomin suuren koon vuoksi. Tyvi- ja kärkiosan kiinnittäminen erosivat selkeästi toisistaan, jolloin oli mahdollista tarkastella kahdella eri tavalla kiinnitetävän kappaleen koneistusprosessia. Puomin valinnassa toisena tekijänä oli se, että tuotanto-ohjelman mukaan samanlaisia puomeja oli tulossa koneistukseen kahden seuraavan kuukauden aikana neljä kappaletta.

Toimeksiantajan toiveena oli saada työvaiheseurannan perusteella selville se, missä suurimmat ajan vaihtelut koneistusprosessissa ilmenevät. Seuranta päätettiin tehdä kolmesta ensimmäisestä puomista. Kolmen puomikokonaisuuden valmistuttua pidettäisiin kehityspalaveri koneistajien kanssa, jossa keskusteltaisiin ongelmakohdista sekä prosessin kehittämistä. Toiminta-ajatuksena oli, että työntekijät saisivat itse olla mukana toimintatapojen kehittämisessä jatkuvan parantamisen toimintamallin mukaisesti. Työvaiheseurannan ja kehityspalaverin pohjalta laadittaisiin suunnitelma, jonka pohjalta samanlainen tuote valmistettaisiin uuden suunnitelman mukaisesti. Lopuksi työn tulokset arvioitaisiin ja käytäisiin läpi, kuinka uudella tavalla suoritettu työ onnistui. Yhdessä pohdittaisiin, mitä saadun tiedon pohjalta voitaisiin vielä kehittää.

9 Työvaiheseuranta

Ennen työvaiheseurantaa pidettiin tiedotustilaisuus koneistajille, jossa käsiteltiin opinnäytetyötä ja siihen liittyvän työvaiheseurannan etenemistä. Tiedotustilaisuuden keskeinen tarkoitus oli selventää koneistajille, kuinka seuranta tulisi suorittaa ja mitä tarkoitusta varten se tehdään. Tiedotustilaisuudessa painotettiin sitä, että seurannan kohteena ei ole itse työntekijän tekeminen vaan tarkoituksena olisi tunnistaa jokaisen työvaiheen ongelmat ja kehityskohteet.

Seuraavaksi aikaisempien koneistusprosessien perusteella selvitettiin, minkälaisia työvaiheita koneistaja tekee kyseisen kappaleen alkuvalmisteluista aina sen loppuun saattamiseen. Tämän perusteella tehtiin jokaisesta koneistusprosessin vaiheesta ajankäytön tarkastelua varten esitäytetyt lomakkeet. Lomakkeisiin tuli kirjata yksityiskohtaisesti kaikki työssä tapahtuvat toiminnot ja niihin liittyvät poikkeamat (liite 1). Kuitenkin ensimmäisessä työssä käytettiin tyhjää vihkoa, johon kirjattiin työvaiheet ja toiminnot aikajärjestyksessä. Ajatuksena oli, että esitäytetyllä pohjalla ei ohjattaisi työntekijän toimintoja, vaan operaattori työskentelisi omien tapojen ja tottumusten mukaisesti. Koska puomin koneistaminen suoritettiin kahdessa osassa, tehtiin tyvi- ja kärkiosasta erilliset seurannat.

Osan työvaiheseurannasta opinnäytetyön tekijä suoritti itse, mutta usean työvuoron kestävän koneistusprosessin vuoksi suurimmaksi osaksi seurannan hoiti työvuorossa oleva koneistaja. Ensimmäisen tyvi- ja kärkiosan valmistuttua lopputuloksena saatiin tätä työtä varten riittävän kattava ja yksityiskohtainen seurantalista, jonka perusteella prosessin toimintoja voitiin analysoida.

Seuraavista puomeista tehtiin myös työvaiheseuranta, jota varten otettiin esitäytetyt seurantalomakkeet käyttöön helpottamaan työvaiheseurannan toteutumista. Esitäytetyn lomakkeen tarkoituksena oli saada vertailukelpoiset listat myös kahdesta seuraavasta puomikokonaisuudesta. Jokaisen puomiproessin aluksi tähdennettiin seurantalomakkeiden kirjaamisen tärkeyttä. Seurantalomakkeita tarkastettaessa huomattiin, että lomakkeita oli täytetty huolimattomasti tai että ne olivat lähes kokonaan täyttämättä. Tässä vaiheessa päätettiin jättää analysointivaiheessa tapahtuva tarkempi vaihtelun tarkastelu pois.

10 Koneistusprosessin vaiheet

Tyviosan koneistusprosessin koneistajan tehtäviin ennen varsinaista koneistusvaihetta kuuluivat seuraavat työvaiheet: Koneistustelineiden laitto pyörityspöydälle, pyörityspöydän kääntökeskiön tarkastus, tyviosan siirto nosturilla työstökoneen koneistustelineille ja karkea paikoitus, hienosäätö, kappaleen kiinnitys, sekä nollien otto. Kappaleen koneistus pyörityspöydän avulla mahdollistaa koneistamisen kappaleen vastakkaisilta puolilta välillä kappaletta irrottamatta. Pöydän kääntökeskiön tarkastamisella varmistettiin, että vastakkaiset koneistukset tulevat samaan linjaan. Pöydän reunoille kiinnitettiin matalat koneistustelineet pulttikiinnityksellä. Tyviosa, joka oli tuotu valmiiksi kuljetuspukeilla koneistamoon oikeassa asennossa koneistajaa ajatellen, nostettiin siltanosturilla pyörityspöydälle (kuva 5). Kappale aseteltiin asetuskuvien mukaisesti oikeaan kohtaan telineiden päälle. Puomin hienosäätö tapahtui vatupassin avulla reikälinjoista mittaamalla. Haluttu asento kohdistettiin nosturin ja teräsliuskojen avulla. Kun puomi oli suunnattu kohdalleen, kiinnitettiin se telineisiin neljästä pisteestä pulteilla ja kiinnitysraudoilla. Tämän jälkeen puomi käännettiin pyörityspöytää kääntämällä sen keskilinjan mukaiseksi. Lopuksi otettiin kappaleeseen nollapisteet työstöohjelman määräämään paikkaan. Kaikki koneistettavien reikien paikat tarkistettiin ja verrattiin valmistuspiirustuksien mittoihin. Näin varmistettiin, että reikien paikat olivat valmistuspiirustuksen vaatimalla toleranssialueella.



Kuva 5. Tyviosan nosto pöydälle.

Puomiin tulevat koneistukset olivat samanlaiset molemmin puolin. Puomin koneistus aloitettiin koneistamalla tasopinnot ja rouhintakoneistukset sekä poraukset sen ensimmäiselle puolelle. Puomi käännettiin pyörityspöydällä ympäri ja samat koneistukset tehtiin vastakkaiselle sivulle. Seuraavaksi koneistettiin tämän sivun sylinterin reiät viimeistelyavartimella mittaansa. Pöytä käännettiin ympäri ensimmäiselle sivulle ja tehtiin viimeistelykoneistukset. Viimeisessä vaiheessa puomi käännettiin pöydällä yhdeksänkymmentä astetta siten, että puomin tyvi oli kohtisuorassa työstökoneetta vastaan. Tässä asennossa koneistettiin puomin tyven reikien sisäpuoliset tasopinnot sekä jo rouhitut reiät viimeistelyavarrettiin. Tyvireikien sisäpuoleisten tasojen ja viimeistelyavarruksen koneistukseen tässä asennossa oli kaksi syytä. Tärkein syy oli reikälinjan samankeskeytyksen varmistaminen viimeistelyavarrusta tehdessä, koska viimeistelyavarrus voitiin suorittaa kulmapäätä tai pöytää välillä kääntämättä. Tyven sisäpintojen koneistus kulmapäätä hyödyntäen oli myös tehokasta.

Kärkiosan koneistukseen valmistelevat työt olivat pääpiirteittäin samanlaiset. Suurin ero oli kiinnitystavassa. Kärkiosan pituuden vuoksi kappaletta ei ollut mahdollista asettaa pyörityspöydälle, joten se koneistettiin telineiden päällä kyljellään. Kärkiosan kiinnityksestä oli myös aikaisemmin otettu asetuskuvat, joiden perusteella koneistustelineet ja puomi tuli kiinnittää (kuva 6). Kappaleen hienosäätö tapahtui nosturin ja eripaksuisten teräsliuskojen avulla. Puomi aseteltiin kahdessa suunnassa oikeaan asentoon. Puomi suunnattiin vatupassin avulla reikälinjojen mukaan pystyasentoon ja pituussuunta vaakatasoon keskilinjan mukaan ristiviivalaserilla.



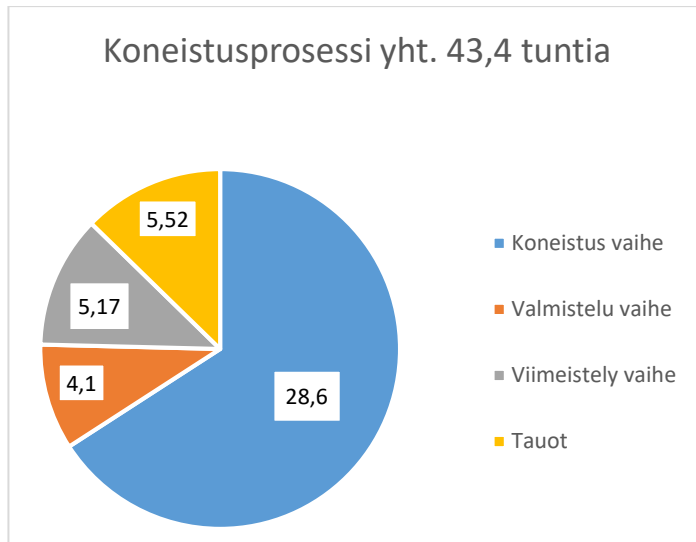
Kuva 6. Kärkiosa kiinnitettynä.

Kärkiosan koneistuksessa puomin molemmille puolille, kuten tyviosassakin, tuli symmetriset koneistukset. Puomiin koneistettiin tasopinnat ylä- ja alapuolelta, jonka jälkeen reiät rouhintakoneistettiin ja tehtiin tarvittavat poraukset. Viimeistelyavarrus tehtiin aina reikäpari kerrallaan ensin ylä- ja sitten alapuolelta. Lopuksi puominkärkeen porattiin liukulaakereita varten rasvanipan reiät.

Koneistuksen jälkeen puomit irrotettiin kiinnityksistään ja nostettiin nosturilla lattialle. Kappaleet puhdistettiin lastuista ja tehtiin käsin viimeistelyt. Kärkiosa käännettiin nosturilla seuraavaa työvaihetta varten oikeaan asentoon ja kappaleet nostettiin lattialta siirtopukeille odottamaan seuraavaa työvaihetta. Työn lopuksi työstökoneen pöydältä raivattiin pois telineet ja kiinnitystarvikkeet sekä siivottiin työskentelyalue.

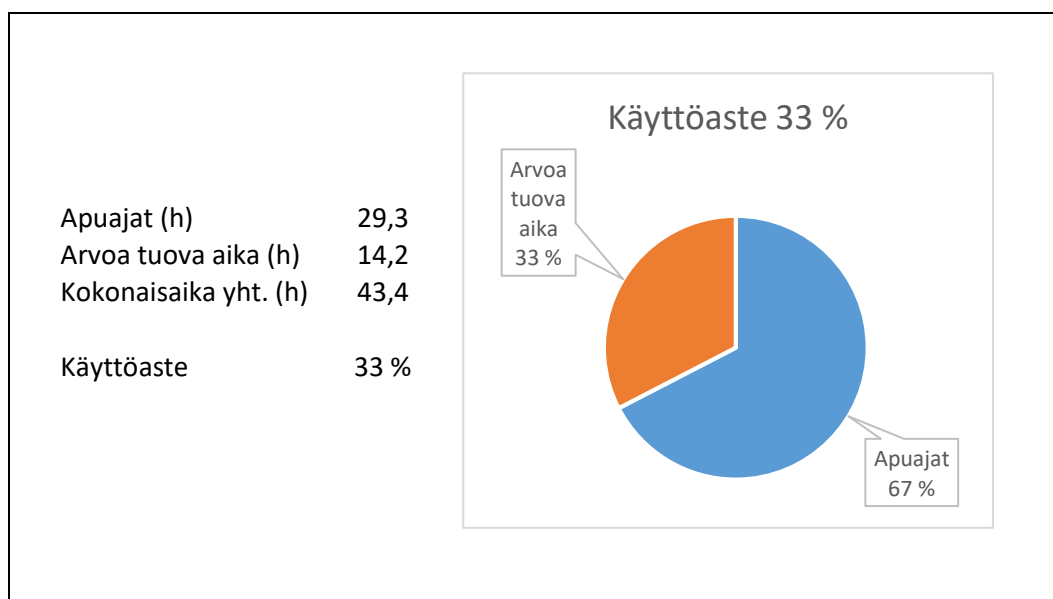
11 Koneistusprosessin havainnot ja kehitysehdotukset

Ensimmäisen puomikokonaisuuden työvaiheseurantalistasta kerättiin tiedot Excel-pohjalle. Koneistusprosessi jaettiin kolmeen päävaiheeseen: valmisteluvaihe, koneistusvaihe ja viimeistelyvaihe. Kolme päävaihetta jaettiin työvaiheiden mukaan työvaiheiden osa-alueiksi. Lopuksi eroteltiin jokaisen työvaiheen sisällä tapahtuviin toimintoihin käytetty aika. Jakamalla tapahtumat aina tarkempiin osiin saatiin jokaisen työvaiheen tapahtumat ja niihin kuluneet ajat näkyville. Tarkan seurannan ansiosta oli mahdollista löytää jokaisesta työvaiheesta hukcatekijät ja kehityskohteet. Työvaiheiden ajoista eroteltiin ruoka- ja kahvitauot pois. Tauon keskeyttäessä työvaiheen ajanseuranta lopetettiin ja seurantaa jatkettiin tauon jälkeen. Näin saatiin todelliset työvaiheajat ylös (Kuvio 9).



Kuvio 9. Koneistusprosessin aikajakauma tunteina.

Puomin koneistusprosessista laskettiin käyttöaste. Tässä työssä eroteltiin koneistusvaiheen ajasta koneen liikkeellä oleva aika. Koneen liikkeellä oleva aika oli arvoa tuottavaa aikaa. Käyttöaste saatiin jakamalla arvoa tuottava aika kokonaisajalla (Kuvio 10). Koneistusvaiheessa tapahtuva varsinainen tuottavan työn aika oli noin puolet koneistusvaiheen ajasta.



Kuvio 10. Käyttöaste.

Ennen viimeistä puomikokonaisuutta pidettiin kehityspalaveri, johon tehtiin Power Point esitys ensimmäisen puomin tyvi- ja kärkiosan koneistusvaiheista. Koneistajien kanssa tarkasteltiin jokaisen työvaiheen sisällä tapahtuvat toiminnot ja niihin kuluneet ajat. Työvaiheseurannan havaintojen perusteella ja koneistajilta saatujen ideoiden pohjalta koottiin kehitysideoita, joilla koneistusprosessia voitaisiin tehostaa.

11.1 Valmisteluvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset

Sekä tyvi- että kärkiosan koneistukseen valmistelevissa työvaiheissa oli havaittavissa samanlaisia ongelmia ja hukcatekijöitä. Kärkiosan koneistustelineiden asetustyössä, puomin siirtämisessä telineille ja sen kiinnittämisessä koneistustelineille ongelmat ja hukcatekijät korostuivat vaativamman kiinnitystavan vuoksi. Työntekijä joutui useita kertoja poistumaan varsinaiselta työpisteeltään. Laajan työskentelyalueen vuoksi aikaa meni tavaroiden, kuten nostoapuvälineiden ja kiinnitystarvikkeiden noutamiseen. Tarvikkeita ei aina löytynyt oletetulta paikalta, jolloin niiden etsimiseen kului aikaa. Kappaleen hienosäätö osoittautui aikaa vieväksi ja hankalaksi. Koneistajille oli epäselvyyttä mistä kohdasta puomia oikean asennon mittaaminen ja tarkastaminen tulisi tehdä. Turhaa työtä aiheutti myös vialliset kiinnitystarvikkeet. Esimerkiksi kappaletta kiinnitettäessä kiinnitysraudalla telineeseen huomattiin, että pultti on vioittunut eikä mutteri mennyt paikoilleen. Silloin jouduttiin jo osittain tehty kiinnitys purkamaan ja hakemaan uusi pultti varastointipaikasta.

Puomiprosessin valmisteluvaiheessa havaittiin työvaihehukkaa, jota esiintyi jatkuvasti asetustyötä tehdessä. Puomien asetustyö oli kokonaan sisäistä asetus-aikaa. Asetustyötä etukäteen valmistelemalla ja tarvikkeita valmiiksi työpisteen lähelle tuomalla hukka vähenisi ja asetus aika lyhenisi. Lisäksi komponenttien kunto tulisi tarkastaa etukäteen. Ratkaisuna tähän olisi asetuskortin laatiminen, josta selviää kiinnityksiin tarvittavat komponentit ja niiden sijoituspaikat. Asetuskortin perusteella tarvikkeet voisi kerätä edellisen kappaleen ajon aikana seuraavalle työlle valmiiksi.

Puomien hienosäätöä helpottamaan voisi hankkia kiilatunkkeja. Kiilatunkkien avulla puomin hienosäätö tapahtuisi kiintoavaimella säätämällä ilman nosturia ja korokeliuskoja.

11.2 Koneistusvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset

Työstäminen keskeytyi usein puomia koneistettaessa. Tyviosan koneistukseen kului 16,6 tuntia, josta koneistusta eli arvoa tuottavaa työtä oli 7,3 tuntia. Kärkiosan koneistuksessa vastaavat ajat olivat 12 tuntia ja 6,8 tuntia. Usein toistuva keskeytyksen syy oli työkalun vaihdossa tapahtuvat katkokset. Tyvi- ja kärkiosan koneistuksessa tarvittiin kolmeatoista eri työkalua, joista suurin osa vaati säätöä tai rakentelua. Työkalujen hakemiseen, etsimiseen ja rakenteluihin sekä pituuk-sien mittaamiseen kului puomin tyvi- ja kärkiosassa yhteensä 137 minuuttia.

Viimeistelyavartimien halkaisijan säätöä varten ei ollut esiasetuslaitetta, jolloin terän halkaisijan säätö tapahtui rouhitusta reiästä. Terien halkaisijan säätöjä teh-dessä kone oli pysähdyksissä 42 minuuttia.

Terien säätöä ja teräpalojenvaihtoa varten tarvittavat käsityökalut ja teräpalat oli-vat epäjärjestyksessä koneen ohjaamossa, jolloin niiden etsimiseen kului aikaa. Useita kertoja seisokkeja tuli myös mittavälineiden tai teräpalojen hakemisesta varastointipaikasta. Toisinaan työ seisahtui, kun makasiinista haettu terä oli tylsä ja siihen jouduttiin vaihtamaan teräpalat.

Työstöohjelman eteneminen oli usein katkonaista. Koneistaja käytti työstön ai-kana ohjelman yksittäislausetoimintoa, jolla yksi työkierto tai paikoituslause ajet-tiin kerrallaan. Syy ilman automaattiajtoa koneistamiseen oli epävarmuus ohjel-man luotettavuudesta. Työstön aikana operaattori joutui myös muokkaamaan ja säätämään ohjelmaa, koska edellisellä kerralla kappaleen kiinnitys ei ollut ollut samassa asemassa työstöpöydällä.

Syvien reikien rouhintakoneistuksessa pitkiä työkaluja käytettäessä teräpalat loh-kesivat helposti terävarren värinän vuoksi. Teräsvalujen koneistuksen ongel-mana oli hiekkajäämät koneistettavien reikien pintakerroksissa. Hiekkajäämiä ei

silmämääräisesti voinut havaita ennen koneistusta, ja koneistuksen aikana teräpalat tylsyivät nopeasti. Viimeistelyavarruksessa hiekkajäämät olivat ongelma, koska pienikin jäämä aiheutti teräpalan murtumisen. Esimerkiksi ensimmäisen tyviosan tyvivalun viimeistelyavartaminen kesti lähes kolme tuntia jatkuvien palariikkojen vuoksi.

Prosessihukkaa ilmeni viimeistelyavarrusta tehdessä. Rouhintakoneistuksessa jätettiin selvästi liikaa työvaroja, jolloin reiät koneistettiin kahdella ajolla välillä terää säätäen. Suuren työvaran jättämiseen syynä oli se, että työstökoneen kulmapään paikoitustarkkuuteen ei ollut aina voitu luottaa. Työvaran jättämisellä haluttiin varmistua siitä, että työvarat riittävät viimeistelyavarruksessa.

Tyvipuomissa lisäsylinterin korvakon esireissä työvaroja oli huomattavan paljon. Samaisen korvakon turvokelevy, joka tuli koneistaa sisäpinnasta tasaiseksi, osoittautui aikaa vieväksi sen suuren ulkohalkaisijan vuoksi.

Kärkiosan koneistuksessa puomi oli kyljellään. Ylä- ja alapuolelle koneistettavien reikälinjojen samankeskeytyminen tuli varmistaa aina ennen viimeistelyavarruksen ajoa. Koneistajilla oli epäselvyyttä siitä, mikä on paras ja riittävän luotettava tarkistusmenetelmä.

Tyviosan ajossa oli useita pöydänkääntöjä, jonka vuoksi kääntöjen jälkeen jouduttiin ottamaan uudet nollat. Esimerkiksi viimeistelyavarrukset oli totuttu tekemään molempien puolien rouhintakoneistuksen jälkeen, jolloin tarvittiin yksi pöydänkääntö lisää.

Koneistuksen työvaiheessa oli havaittavissa odottelusta johtuvaa hukkaa. Työstöprosessi odotti työntekijää seuraavaa toimenpidettä varten. Johtopäätöksenä voidaan ajatella, että koneistustyön sujuvuuden ja parantamiseksi ja odottelusta johtuvan hukan vähentämiseksi tarvitaan yhtenäiset toimintamallit ja yhtäaikaista työtehtäviä. Koneistusvaiheessa ilmeni myös arvoa tuottavien työvaiheiden kehittämiseksi parannettavaa, joita kehittämällä työn tekoa saisi sujuvammaksi.

Työvaihehukkaa aiheutti esimerkiksi se, kun koneistaja poistui hakemaan teräpaloja tai mittavälineitä työpisteeltään. Tarvittavat mittavälineet tai teräpalat, joita kyseisessä työssä käytetään, voitaisiin tuoda ennakoidusti työpisteelle koneen työstäessä kappaletta. Työstövaiheen loputtua teräpalojen kunto kannattaisi tarkastaa ennen kuin työkalu ajetaan makasiiniin. Tylsät teräpalat voitaisiin vaihtaa

uusiin sopivassa välissä. Kun kyseistä työkalua seuraavan kerran tarvitaan, olisi uudet palat jo valmiina. Koneen ohjaamon järjestelemisellä ja tavaroiden pitämällä hyvässä järjestyksessä työkalut olisivat helposti saatavilla. Keino tähän olisi 5S mukaiset toimenpiteet koneen ohjaamon tiloissa. 5S menetelmällä saataisiin lyhennettyä esimerkiksi terän säätöjen ja palojen vaihdon aikana tapahtuvaa sisäistä asetusaikaa. Myös työviihtyvyys paranisi.

Koneistustyökaluja oli liian vähän ja työkaluja joutui rakentelemaan kyseiseen työhön sopivaksi. Yksittäiskappaleiden valmistuksessa ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista hankkia jokaista erilaista kappaletta varten omaa työkalua. Ennen uusien työkalujen hankintaa tulisi kartoittaa usein toistuvien töiden perusteella, millaiset työkalut kävisivät mahdollisimman monen kappaleen työstämiseen niitä välillä säätämättä. Tarvittavia työkaluja varten tulisi laatia asetuskortti, josta selviäisi tarvittavat komponentit ja terien mitat. Asetuskortin perusteella työkalut voitaisiin tehdä etukäteen valmiiksi esimerkiksi pitkien rouhintakoneistuksien aikana. Viimeistelyterien säätö ilman esiasetuslaitetta on kuitenkin mahdotonta tehdä työstökoneita pysäyttämättä. Esiasetuslaitteen hankinta oli viireillä ennen tämän opinnäytetyön aloittamista.

Työstön sujuvuuden kannalta olisi ajettava mahdollisimman paljon automaattiajolla. Työn luonteen vuoksi kappaletta ei ole mahdollista tehdä täysin automaattisesti ilman, että kappaleeseen tehdään välillä mittauksia ja tarkastuksia. Työstöohjelmassa oli kuitenkin jaksoja, jotka voitaisiin ajaa automaattiajolla vahvistamatta työstöä. Jotta automaattiajooja voisi käyttää enemmän, kappaleen tulisi olla aina samassa paikassa ja kiinnitys samalla tavalla suoritettu. Riittävän tarkkojen asetuskuvien ottamisella ja tärkeitä mittoja kuviin lisäämällä saataisiin jokaisella kerralla kappale asemoitua samalla tavalla. Näin luottamus työstöohjelman toimivuuteen paranisi.

Viimeistelyavartimelle olisi jätettävä halkaisijaltaan 0,5-0,7 mm:n työvara nykyisen 1,5-1,8 mm:n sijaan. Yhdellä viimeistelyajolla viimeistelyyn kulunut aika puoltuisi.

Koneistajien havaintojen mukaan teräsvaluissa hiekkajäämiä esiintyy toisinaan reikien pintakerroksissa. Kun tyviosan tyvivalun reikien työvarat olivat vähäiset, mahdollisesti esiintyvä hiekka ei lähde kokonaan pois rouhintakoneistuksessa. Ratkaisuksi tähän ehdotettiin tyvivalun alkureiän koon pienentämistä kymmenellä

millimetrillä. Muutos ei hidastaisi koneistamista, mutta pintakerroksessa oleva mahdollinen hiekka lähtisi todennäköisesti kokonaan pois rouhintakoneistuksessa.

Puomin kaikkien reikien rouhintakoneistuksissa olisi tarkoituksenmukaista käyttää värinän ja teräpalojen kestävyuden kannalta piparipalaista teräpäätä. Kyseinen teräpäätä on koneistajien kokemuksen perusteella osoittautunut kevytleikkuseksi ja teräpalat kestävät myös paremmin teräsvaluissa esiintyviä hiekkajäämiä. Hyväksi havaitulla työkalulla säästyttäisiin kesken työstön tapahtuvalta teräpalojen vaihdolta.

Suunnittelijoita ehdotettiin muuttamaan tyviosan lisäsylinterin korvakon esireiän kokoa kaksikymmentä millimetriä suuremmaksi. Samaisen korvakon turvokelevyn koneistettavan pinnan ulkohalkaisijaa pyydettiin muuttamaan pienemmäksi. Tässä tapauksessa työvarojen vähentämisellä työstäminen nopeutuisi.

Tyviosassa koneistusjärjestystä muuttamalla saataisiin pöydänkääntöjä vähemmäksi, jolloin nollien asetuksiin ja pöydänkääntöihin kulunut aika vähenisi.

Kärkiosan koneistuksessa reikälinjojen samankeskeytyden varmistamiseksi päätettiin, että jokainen suorittaa tarkastuksen samaa menetelmää käyttämällä, jotta inhimillisen virheen mahdollisuus olisi mahdollisimman vähäinen.

11.3 Viimeistelyvaiheen havainnot ja kehitysehdotukset

Tyvi- ja kärkiosan koneistuksen jälkeisissä toimenpiteissä aikaa kului yhteensä 5,5 tuntia. Koneistuksen jälkeen valittiin nosturiin sopivat nostoketjut, jonka jälkeen ne kiinnitettiin kappaleeseen. Tämän jälkeen kappale irrotettiin kiinnityksistään, puhdistettiin leikkuunesteistä ja lastuista ja nostettiin lattialle. Koneistaja teki käsin viimeistelyt ja suojasi koneistetut pinnat ruostesuoja-aineella. Tyviosa siirrettiin nosturilla kuljetuspukeille odottamaan seuraavaa työvaihetta. Ennen kuljetuspukeille siirtoa kärkiosa käännettiin nosturilla koneistusasennosta seuraavaa työvaihetta varten vaadittuun asentoon. Lopuksi koneistustelineet purettiin ja työalue siivottiin.

Nosturin ja nosto-apuvälineiden ennalta valmistelulla koneistusvaiheen aikana voidaan nopeuttaa nostotyötä. Kappaleen lattialle noston jälkeen nosturin ketjut tulisi irrottaa kappaleesta ja viimeistely jätettäisiin myöhemmäksi. Koneen pöydältä olisi hyvä purkaa vain välttämättömät asetukset pois seuraavaan kappaleen tieltä. Kappaleen käsin viimeistelyt, ruostesuojaukset ja kuljetuspukeille siirtämiset tehtäisiin vasta seuraavan koneistettavan tuotteen ajon aikana.

12 Kehitysideoiden valinta

Havainnoinnin perusteella ja kehityspalavereissa tuli esille useita kehityskohteita, joilla olisi mahdollista tehostaa koneistusprosessia. Osa kehityskohteista oli heti toteutettavissa ja kokeiltavissa käytännössä. Kaikkia toimenpiteitä ei tässä työssä voinut ottaa käyttöön, eikä testata niiden toimivuutta. Asetustyön tehostamiseksi ja hukan vähentämiseksi heti toteutettavissa olevia toimenpiteitä:

- Asetuskortti kiinnitystarvikkeista, liitteessä 2 kärkiosan asetuskortti
- Asetuskuvien päivitys
- Asetuskortti koneistustyökaluista, liitteessä 3 tyviosan työkalujen asetuskortti
- Päätetään puomin asemointia varten mittauspaikat
- 5S-koneen ohjaamoon sekä kiinnitystarvike paikalle
- Mittavälineiden haku valmiiksi
- Teräpalat koneelle valmiiksi
- Ohjelmaan muutetaan, siten että viimeistelylle jää vain 0,5-0.7 mm:n työvara
- Ohjelman toimivuus tarkastetaan, jotta mahdollisimman paljon voidaan ajaa automaattiajolla
- Tylsä työkalu otetaan pois karalta ennen makasiiniin laittoa
- Tyviosan koneistusohjelmaa muokataan yhden pöydän käännön poistamiseksi

- Kulmapään tarkistus suoritetaan aina samalla tavalla
- Koneistusvaiheen jälkeen, viimeistelyvaihe tehdään seuraavan ajon aikana
- Työtehtäviä limitetään ja tehdään mahdollisimman paljon ennakolta

Kehitystoimenpiteiden testaamisessa käytettiin edellä lueteltuja parannusehdotuksia. Tärkeimmiksi kehityskohteiksi valikoitui asetuskortit, esivalmistelut asetuksille, viimeistelyvaiheen työt seuraavan kappaleen ajon aikana, viimeistelyavaruus yhdellä ajolla sekä työtehtävien limittäminen.

13 Kehitystoimenpiteiden testaaminen

Puomin kehityskohteiden testaamista käytännössä oli tarkoitus kokeilla sarjan neljänteen tyvi- ja kärkipuomiin. Aikataulullisista syistä kyseiseen puomiin kehitystoimenpiteitä ei keretty testata. Tulossa oli kuitenkin vastaava puomimalli, jota ei ollut aikaisemmin tehty. Puomin piirustuksia tutkimalla havaittiin, että toimenpiteiden testaaminen tähän puomiin oli kuitenkin mahdollista. Uuden puomimallin koneistukset olivat pääasiassa samat kuin tarkkailuvaiheessa olevissa puomeissa, mutta ulkomuoto oli hieman erilainen. Kappaleen kiinnityksessä ja koneistustelineiden asetteluissa ei ollut eroa. Kuvien perusteella puomiin tuli hieman lisäkoneistusta, joka lisäisi koneistusvaiheen aikaa. Puomi päätettiin tehdä kopioimalla havainnointivaiheessa tehdyn puomin työstöohjelma ja tehdä siihen tarvittavat ohjelman muutokset.

Ensimmäisen puomin vaiheaikojen perusteella arvioitiin tavoiteajat kullekin työvaiheelle (taulukko 1). Tavoiteajat määriteltiin selvittämällä mikä vaikutus voisi olla sisäistä asetustyötä valmistelevilla toimenpiteillä sekä mitkä vaiheet voidaan siirtää kokonaan ulkoisella asetusajalla tehtäväksi. Koneistusajan määrittämisessä edellisten lisäksi vähennettiin turhiin työvaiheisiin kulunut aika, kuten kahdella viimeistelylastulla ajot (taulukko 2).

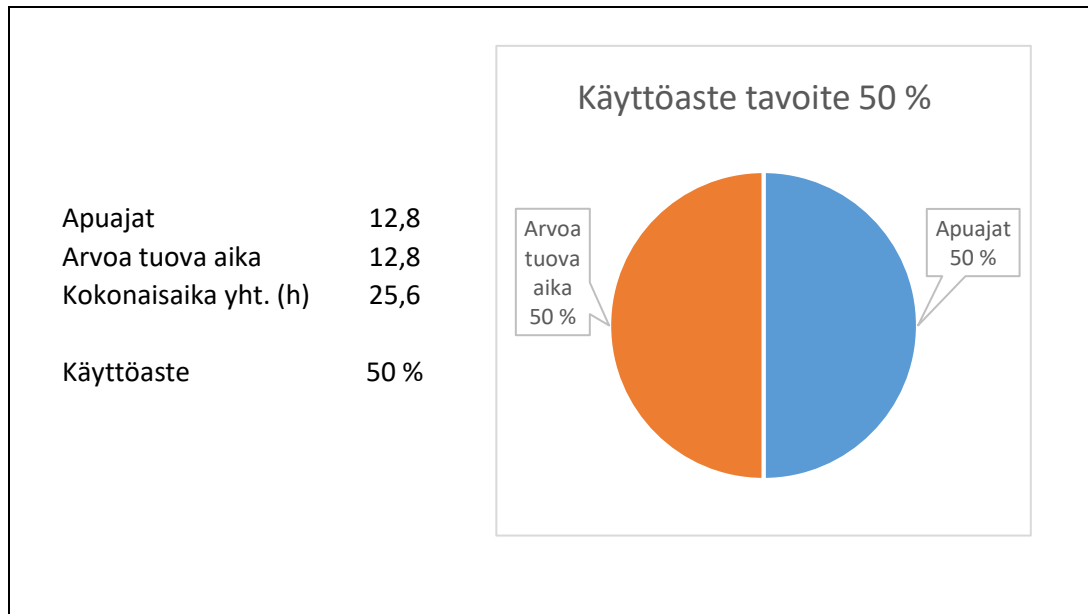
Taulukko 1. Tyvi- ja kärkeosan alkutilanne ja tavoiteajat.

TYVIOSA				KÄRKIOSA			
		Alkutilanne	Tavoite		Alkutilanne	Tavoite	
	Prosessivaiheet	13 kpl.	9 kpl.		11 kpl.	9kpl.	
	vaiheet min.						
Valmistelu	1.Koneistustelineiden laitto	10	10	Valmistelu	1.Koneistustelineiden laitto	33	15
	2.Kääntökeskiön tarkastus ja säätö	10	10		2.Puominsiirto pukeilta telineille	32	15
	3.Puominsiirto pukeilta telineille	15	10		3.Hienosäätö	43	20
	4.Hienosäätö	10	10		4.Kiinnitys	20	10
	5.Kiinnitys	9	5		5.Nollien otto	24	10
	6.Kappale suoraan pöytää kääntämällä	13	9		Tuntia	2,5	1,2
	7.Nollien otto	29	20				
	tuntia	1,6	1,2	Koneistus	6.Koneistus	719	485
					Tuntia	12,0	8,1
Koneistus	8.Koneistus	997	605	Viimeistely	7.Nosto Pöydältä	40	10
	tuntia	16,6	10,1		8.Käsin viimeistely (sis. Käännöt nosturil	75	0
Viimeistely	9.Nosto Pöydältä	13	9		9.Pukitus	25	0
	10.Käsin viimeistely	44	0		10.Telineiden purku	45	30
	11.Pukitus	8	0		11.Loppu siivous	50	20
	12.Telineiden purku	12	0		Tuntia	3,9	1,0
13.Loppu siivous	19	10					
	tuntia	1,6	0,3	Tauot		161	100
					Tuntia	2,7	1,7
	Tauot	149	120				
	tuntia	2,5	2,0	Yhteensä		1267	715
					Tuntia	21,1	11,9
	Yhteensä	1338	818				
	Tuntia	22,3	13,6				

Taulukko 2. Tyvi- ja kärkeosan koneistusvaiheen alkutilanne ja tavoiteajat.

Tyviosan koneistusvaihe			Kärkeosan koneistusvaihe		
(aika min.)	Alkutilanne	Tavoite aika	(aika min.)	Alkutilanne	Tavoite aika
Terän kasaus ja mittaus	73	0	Terän kasaus ja mittaus	64	0
Halkaisijan säätö rouhittuun reikään	17	17	Halkaisijan säätö rouhittuun reikään	25	25
Palan vaihto/kääntö	30	10	Ohjelman muokkaus	37	10
Teräpalojen haku kaapista	5	0	Koneistukset	409	360
Ohjelman muokkaus	15	5	Mittavälineen haku ja tark.renkaaseen	6	0
Koneistukset	440	405	Mittaukset ja teränsäätö	0	15
Mittavälineen haku ja tark.renkaaseen	11	0	Mittaukset ja teränsäätö viim.välillä	19	0
Mittaukset ja teränsäätö	0	15	Nollien otto/kulm.tark	23	10
Mittaukset ja teränsäätö viim.välillä	15	0	Mittaus ja pöytäkirjan täyttö	16	16
Mittaus ja pöytäkirjan täyttö	17	17	Reikälinjan mittaus ja pöytäkirjan täyttö	15	15
Nollien otot koneistuksen aikana	45	35	Kulmapään tarkistus	34	20
Uudelleen ajot hiekan takia (sis.palan vaihdot, teränsäädöt ja mittaukset)	150	0	Uudelleen ajot hiekan takia (sis.palan vaihdot, teränsäädöt ja mittaukset)	62	0
Pöydänkäännöt	39	25	Palan vaihto	5	0
Oma apuaika	37	35	Siivous	4	4
Siivous	48	30	Oma apuaika	0	10
Välihommat/kaverin apuna	44	15	Yht.	719	485
Takatasasterän kiinnitys	11	11			
Yht.	997	620			

Tavoiteajan määrittämisen perusteella laskettiin käyttöaste. Käyttöasteeksi saatiin 50 %, eli kokonaisajasta puolet olisi koneella tehtävää työstä (kuvio 11).



Kuvio 11. Tavoiteltava käyttöaste.

Uudella toimintasuunnitelmalla toteutetussa koneistusprosessissa otettiin ylös vaiheajat myöhempää tarkastelua varten. Ensin koneistettiin puomin tyviosa ja sen jälkeen kärkiosa. Edellisen työn aikana ennen tyviosan koneistusta valmistettiin puomin koneistusprosessia. Kiinnitystarvikkeet kerättiin etukäteen asetuskortin ohjeiden mukaisesti ja tuotiin työpisteen lähelle. Työkalut kasattiin ja niiden pituudet mitattiin. Kappaleeseen tehtiin asettelua varten mittaukset ja asemointipaikat ja niiden lukemat merkattiin. Nostoketjut ja sakkelit kerättiin ja vietiin puomin viereen valmiiksi. Pyörityspöydän kääntökeskiön tarkastuksen suoritti apumies edellisen työnvalmistuttua, joten se ei vienyt koneaikaa. Kappaleen asetus tehtiin pyörityspöydälle entiseen tapaan korokeluiskojen ja nosturin avulla.

Puomin ensimmäinen puoli koneistettiin kokonaan valmiiksi ennen pöydänkääntöä. Tämän jälkeen pöytä käännettiin 180-astetta ja tehtiin koneistukset vastakkaiselle puolelle. Lopuksi pöytä käännettiin 90-astetta ja tehtiin tyvivalun sisäpinnojen tasaukset sekä viimeistelyavarrus tyven reikiin. Koneistustyön lopuksi puomi käännettiin takaisin alkuperäiseen asentoon ja ajettiin puomi pyörityspöydän pituusliikkeen taka-asentoon irrottamista varten. Puomi jätettiin vielä irrottamatta, koska huomattiin, että se mahtuu olemaan pyörityspöydällä, vaikka kärkiosaa kiinnitettäisi.

Tyviosan koneistuksen aikana tehtiin valmistelutöitä puomin kärkiosalle. Koneistustelineet ja kiinnitystarvikkeet vietiin lähelle kiinnityspaikkoja, sekä sakkelit ja nostoketjut etsittiin valmiiksi. Osan koneistustyökaluista voitiin kasata ja mitata asetuskortin mukaisesti valmiiksi. Joidenkin työkalujen rakentelu jätettiin tehtäväksi kärkiosan rouhintakoneistusten aikana, koska työkalut olivat käytössä. Koneistustelineet aseteltiin oikeille paikoille, jonka jälkeen kärkiosa siirrettiin nosturilla koneistuspukeille. Puomin hienosäätö tehtiin nosturin ja korokeliuskojen avulla, koska kiilatunkkeja ei vielä ollut. Kiinnittämisen ja nollien oton jälkeen aloitettiin kärkiosan koneistus. Koneistuksen aikana tyviosa irrotettiin pyörityspöydältä ja nostettiin lattialle. Tyviosaan tehtiin tarvittavat viimeistelyt käsin ja siirrettiin sen jälkeen kuljetuspukeille. Kärkiosan koneistustyön päätyttyä nosturin ketjut kiinnitettiin puomiin ja kappale irrotettiin koneistustelineistä. Puomi siirrettiin lattialle odottamaan käsin viimeistelyä ja kuljetuspukeille laittoa. Kärkiosan viimeistelyvaihe tehtiin seuraavan kappaleen työstön aikana. Työskentelyalueelta siivottiin vain seuraavan työn edessä olevat tarvikkeet pois.

14 Tulokset ja johtopäätökset

Puomien tyvi- ja kärkiosan koneistusprosessin valmisteluvaiheessa tavoiteajat saavutettiin osittain. Tyvi- ja kärkiosan valmisteluvaiheen kokonaisuutta katsoessa etukäteen suoritetuilla toimenpiteillä oli ajallista hyötyä. Ajallisen hyödyn lisäksi työntekijän ylimääräisiltä liikkeiltä ja tavaroiden etsimiseltä vältyttiin. Hienosäätövaiheen parannustoimenpiteillä ei päästy tavoiteaikoihin, vaikka toimintatapoja yhtenäistettiin. Jokainen samanlaiseksi tarkoitettu hitsattu teräsrakenne on kuitenkin yksilö, ja tämä tuo haastetta hienosäätövaiheeseen. Nykyisillä hienosäätömenetelmillä operaattorin työkokemus korostuu, ja ajan vaihtelu voi siksikin olla suurta. Puomikokonaisuuden valmisteluvaiheessa alkutilanteessa aikaa kului 4,1 tuntia, kun tavoitteeksi asetettiin 2,4 tuntia. Yhteensä uusilla toimenpiteillä aikaa kului 4,1 tuntia. Kuitenkin ilman valmisteluvaiheen kehitystoimenpiteitä aika olisi ollut pidempi (taulukko 3).

Taulukko 3. Valmisteluvaiheen aikajakaumat.

Tyvi- ja kärkiosa (aika min.)	Alkutilanne	Tavoite	Saavutus
Prosessin vaihe			
1.Koneistustelineiden laitto	43	25	35
2.Kääntökeskiön tarkastus ja säätö	10	10	0
3.Puominsiirto pukeilta telineille	47	25	15
4.Hienosäätö	53	30	100
5.Kiinnitys	29	15	40
6.Kappale suoraan pöytää kääntämällä	13	9	10
7.Nollien otto	53	30	45
yht.	248	144	245

Koneistusvaiheessa päästiin lähes asetettuun tavoiteaikaan. Koneistusvaiheessa suurin yksittäinen ajansäästön kohde oli koneistustyökalujen etukäteen rakentelu ja pituuksien mittaus. Työkalujen etukäteen rakentamisen mahdollisti asetuskortin laatiminen. Valmistelemalla työkalut ennakoivasti koneistusvaihe lyheni noin kaksi tuntia. Terien rakenteluun aikaa kului kuitenkin vielä lähes puoli tuntia, koska kaksi työkalua puuttui asetuskortista, ja yksi makasiinissa oleva työkalu oli viallinen. Useilla pienemmillä etukäteen tehtävillä toimenpiteillä ja toimintatapojen muutoksilla saatiin kokonaisuukaa lyhennettyä yhteensä 8,1 tuntia. (taulukko 4). Viimeistelyavarruksen teko yhdellä ajolla nopeutti ja helpotti koneistajan työtä. Havaittiin, että pienen työvaran jättäminen kannattaa, kun kone on kunnossa ja siihen voidaan luottaa. Selvää hyötyä oli myös koneistusjärjestyksen muuttamisella, ja kulmapään suoruuden tarkastustavan yhtenäistämällä. Tyvi- ja kärkiosan teräsvaluissa olevat mahdolliset hiekkajäämät hankaloittavat työtä ja lisäävät koneistusvaiheen aikaa. Viimeisessä puomikokonaisuudessa hiekan vuoksi aikaa kului noin tunti, kun ensimmäisessä kokonaisuudessa se oli yli kolme tuntia. Hiekasta johtuva ajanhukka on muuttuva tekijä, johon ei tässä opinäytetyössä voinut puuttua.

Taulukko 4. Koneistusvaiheen aikajakaumat.

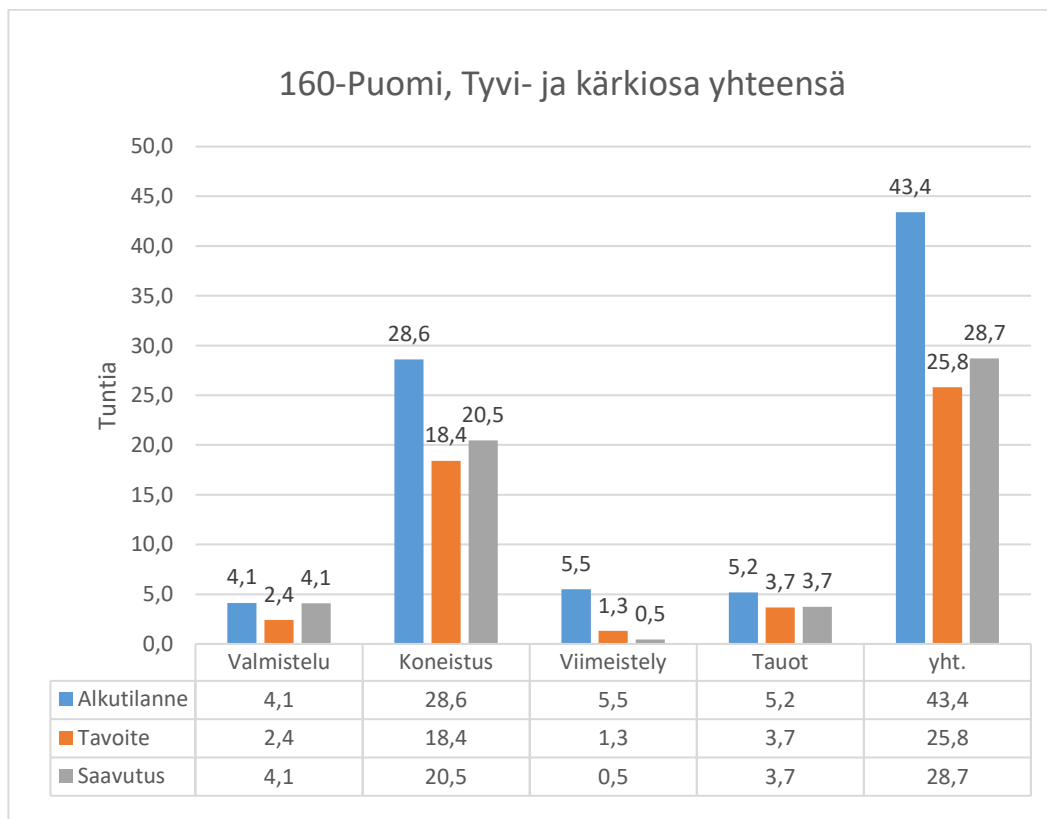
Tyvi- ja kärkiosan koneistus (aika min.)	Alkutilanne	Tavoite aika	Saavutus
Prosessin vaihe			
Terän kasaus ja mittaus	137	0	26
Halkaisijan säätö rouhittuun reikään	42	42	64
Palan vaihto/kääntö	35	10	0
Teräpalojen haku kaapista	5	0	0
Ohjelman muokkaus	52	15	20
Koneistukset	849	765	737
Mittavälineen haku ja tark. renkaaseen	17	0	0
Mittaukset ja teränsäätö	0	30	21
Mittaukset ja teränsäätö viim. välillä	34	0	0
Mittaus ja pöytäkirjan täyttö	33	33	35
Nollien otot koneistuksen aikana	68	45	50
Pöydänkäännöt	39	25	20
Uudelleen ajot hiekan takia (sis. palan vaihdot, teränsäädöt ja mittaukset)	212	0	69
Oma apuaika	37	45	61
Siivous	52	34	0
Välihommat/kaverin apuna	44	15	0
Takatasasterän kiinnitys	11	11	12
Konehäiriö	0	0	15
Reikälinjan mittaus ja pöytäkirjan täyttö	15	15	20
Kulmapään tarkistus	34	20	24
yht.	1716	1105	1227

Koneistuksen jälkeisissä toimenpiteissä aikatavoite alitettiin (taulukko 5). Kaikki viimeistelyvaiheen toimenpiteet, joita ei ollut välttämätöntä tehdä, tehtiin seuraavan kappaleen työstön aikana. Sekä tyvi- ja kärkiosan koneistuksen jälkeen koneistustelineet voitiin jättää pöydälle, koska ne eivät olleet seuraavan kappaleen kiinnittämisen tiellä. Paikkojen järjestelyä ja siivousta tehtiin kappaleiden työstön aikana.

Taulukko 5. Viimeistelyvaiheen aikajakaumat

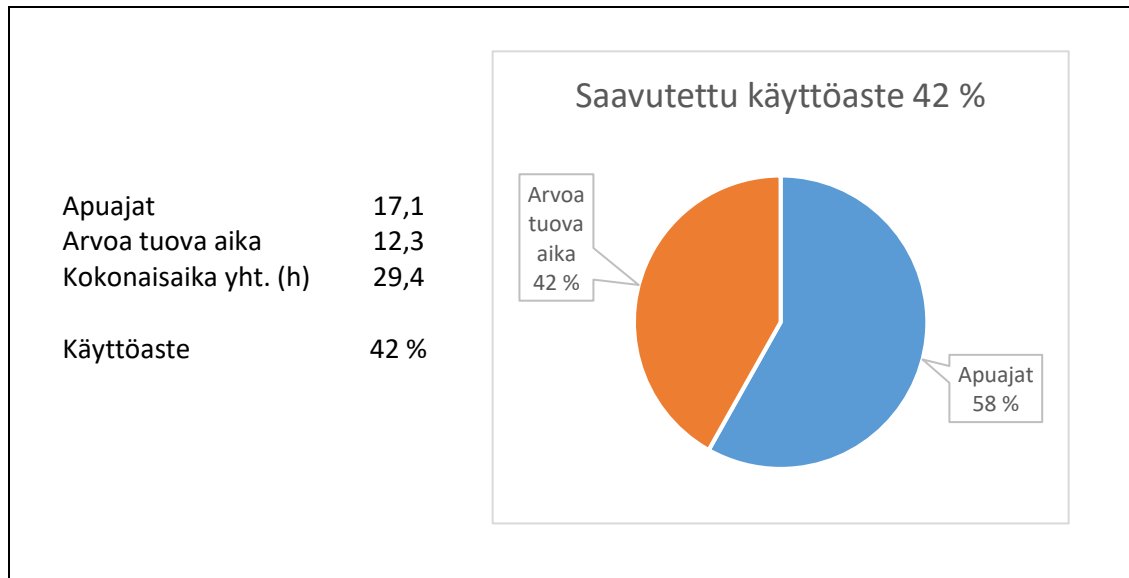
Tyvi- ja kärkiosa (aika min.)	Alkutilanne	Tavoite	Saavutus
Prosessin vaihe			
Nosto Pöydältä	53	19	27
Käsin viimeistely	119	0	0
Pukitus	33	0	0
Telineiden purku	57	30	0
Loppu siivous	69	30	0
Yht.	331	79	27

Yhteenvedona kuviossa 12 on esitetty alkutilanne, tavoiteajat ja toteutuneet ajat.



Kuvio 12. Nostopuomin vaiheajat ja kokonaisaika.

Työssä saavutettiin 42 %:n käyttöaste (kuvio 13).



Kuvio 13. Saavutettu käyttöaste.

Työssä pyrittiin tehostamaan samanaikaisesti useita eri työvaiheita. Käytännössä työn tehostaminen oli esivalmistelua, tehtävien limittämistä ja toimintatapojen muutoksia. Työhön käytetyt kehityskohdat eivät vaatineet erikoisjärjestelyjä tai investointeja. Tarkkailtavana olevassa koneistusprosessissa käytetyt kehitystoimenpiteet ovat sovellettavissa muihinkin koneistusprosesseihin. Tässä työssä käytettiin eri osa-alueiden kehitystoimenpiteitä samanaikaisesti. Toimintatapojen muuttamisella on mahdollista saada aikaan läpimenoaikoja lyhentäviä pysyviä toimintamalleja. Koneistusprosessin kehittäminen tulisi suorittaa aihealue kerrallaan jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti. Liian monen kehitystoimenpiteen yhtäaikainen eteenpäin vieminen tuo haasteita toimintamuutosten omaksumiseen.

Kehitystoimenpiteiden läpiviemiseen tarvitaan työntekijöiden ja esimiesten välistä tiivistä yhteistyötä. Työntekijöille tulisi selventää kehitystyön tarkoitus ja edut työnantajan ja työntekijän näkökulmasta. Suurin vastuu kehitystoimenpiteiden etenemisellä on esimiehillä. Usein kehitystoimenpiteet ovat kertaluontoisia, ja vain tietyille tuotteille tehtyjä parannuksia tai toimenpiteitä. Yksittäistuotannossa

toimintatapojen kehittäminen yleisesti ennen yksittäisille tuotteille tehtäviä kerta-luontoisia parannuksia olisi hyvä etenemistapa.

15 Pohdinta

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoinen prosessi, ja sen kautta opin insinöörin työtä ajatellen hyödyllisiä taitoja. Työn aiheen löytäminen oli sinällään luonteva prosessi, mutta haasteena oli aiheen tarkempi rajausta. Läpimenoaikojen lyhentäminen on monitahoinen prosessi, jossa on otettava huomioon useita tekijöitä. Kävimmekin toimeksiantajan ja ohjaavan opettajan kanssa tarkentavia keskusteluja, joissa pohdimme aiheen rajausta ja tarkasteltavaa kohdetta. Toinen suuri haaste oli pysyä alkuperäisessä aikataulussa. Sairausloman sijaisena toimiminen ja kesäseisokki viivästyttivät aikataulua. Kokopäivätyön samanaikaiset projektit keskeyttivät myös välillä opinnäytetyön etenemisen. Tästä huolimatta opinnäytetyö eteni kesän viivästyksen jälkeen aikataulun mukaisesti. Opinnäytetyötä tehdessä etuna oli pitkä työkokemus koneistajana ja työntekijänä toimeksiantajalla. Toimin opinnäytetyön aikana itseohjautuvasti, ja perehdyin aihealueisiin huolella. Työvaihe aikojen kirjaaminen samanaikaisesti työntekemisen lomassa osoittautui haasteelliseksi työntekijöille. Työn alkuperäisiin tavoitteisiin ei tullut suuria muutoksia, mutta toimeksiantajan toiveena ollut vaihtelun seuranta oli jätettävä pois.

Opinnäytetyön tekemisen kautta teoriaa päästiin soveltamaan käytäntöön. Tiimityöskentely sekä suunnittelu- ja koordinoitaitaitojen käyttäminen toi rohkeutta toimia uusissa työtehtävissä. Työstöprosessin seuraaminen ja havaintojen kirjaaminen toi hyvin esille prosessissa olevat kehitystarpeet. Mielestäni työ olisi jäänyt keskeneräiseksi ilman kehitysideoiden kokeilemista käytännössä. Uudella toimintamallilla tehty työ toi esille sen, että yksinkertaisella kehitystyöllä voi saada aikaan merkittävääkin hyötyä. Tarkempaan vertailuun olisi päästy, jos työntekijöinä olisivat olleet samat henkilöt koko käytännön työn suorittamisen aikana. Mutta

harvoin työkokemus ja ammattitaito ovat kaikilla samat, jolloin työn standardisointi ja samanlaisilla toimintamalleilla työskentely vähentäisivät vaihtelua prosessissa. Toimintatapoja miettiessä huomasin, että yksikin parannus voi poistaa samalla useita hukcatekijöitä. Uskon, että opinnäytetyön tulokset ja havainnot ovat auttaneet koneistamon henkilökuntaa huomaamaan, että pienillä parannuksilla saadaan tehostettua työtä. Nykyisellä työstökoneella työvaihetarkastelussa olleet koneistavat kappaleet olivat isoja. Koneen rajalliset liikevarat toivat haasteita kappaleiden asetteluun ja sujuvaan koneistukseen. Yrityksellä on suunnitella uuden työstökoneen hankinta vanhan ja pieneksi käyneen koneen tilalle. Uuden koneen hankinta ei yksin ole ratkaisu tehokkaalle työskentelylle, vaan lisäksi toimintatapoihin ja menetelmiin olisi samalla panostettava.

Pidin työtä onnistuneena. Työssä sai nähdä parannusehdotusten toimivuuden ja tulokset. Havaintoni oli, että helposti tehdään töitä aina opittujen tapojen mukaisesti, eikä uusia ideoita ja ajatuksia aina helposti omaksuta. Pelkällä toimintatapojen kehittämällä saavutetut ajalliset hyödyt ovat usein kokonaisuuden kannalta yksittäistä parannustoimenpidettä tehokkaampia. Tässä työssä ei lähdetty kehittämään kappaleiden kiinnittämiseen apuvälineitä tai jigejä. Yksi jatkokehityksi-aihe voisi olla esimerkiksi kappaleiden kiinnitysjärjestelmien suunnittelu ja kehittäminen.

Lähteet

- Ansaharju, T., Ilomäki, O. & Maaranen K. 1982. Työstötekniikka 2. Helsinki: WSOY.
- ARROW Engineering, 2016. Mitä on OEE/KNL? ARROW Engineering Oy. <https://blogi.arroweng.fi/mita-on-oee/-/knl> 11.4.2018.
- Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuottavuuden kehittäminen. Helsinki: Teknologainfo Teknova Oy.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen P. 2002. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto.
- Järviö, J. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media OY.
- Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologainfo Teknova Oy.
- Liker, J.K., 2006. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.
- Maaranen, K. 2007. Koneistustekniikat. Helsinki: WSOY.
- Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Mantsinen Group Ltd Oy. <http://www.mantsinen.com/fi/yritys/> 3.3.2018.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus.
- Opetushallitus, 2018. Tuottava kunnossapito. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_5-4_tuottava_kunnossapito.html 11.4.2018.
- Peltonen, A. Opetushallitus 1998. Tuottava tehdas. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html> 1.4.2018.
- Piirainen, A. 2008 Konkretisoi Lean arvovirtakuvauksen avulla - Value Stream Mapping, VSM 18.6.2008 <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/konkretisoi-lean-arvovirtakuvauksen-avulla-value-stream-mapping/> 26.03.2018.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2018. Mitä on lean?. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/> 8.4.2018.
- Riihiaho, L. 2018. Tätä on lean. <http://www.rihychamber.fi/images/stories/sialto/Lean.pdf> 26.3.2018.
- Shingo, S. 1984. Japanilainen tuotantoajattelu. Helsinki: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto Mysigma.
- Shumula. 2017. Shumula.com lean six sigma. simplified. <http://www.shmula.com/what-does-an-effective-pdca-process-require/24325/> 12.5.2018.
- Tuominen, K. 2010. LEAN Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki: A Bonner Group Company.
- Villanen, H. 2013. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency). Prosessitaito Hannu Villanen. http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf 11.4.2018.
- Vuohelainen, J. 2018a. 5 yleisintä tuotannon mittaria. ARROW Engineering Oy. <https://www.arroweng.fi/tietopankki/> 5.4.2018.
- Vuohelainen, J. 2018b. 5S viitoittaa tien Lean-tuotantoon. ARROW Engineering Oy. <https://www.arroweng.fi/tietopankki/>. 25.3.2018.
- Vuohelainen, J. 2018c. SMED-menetelmällä nopeammat tuotevaihdot. ARROW Engineering Oy. <https://www.arroweng.fi/tietopankki/> 25.3.2018.

- Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) -Arvovirtakuvaus. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/> 30.3.2018.
- Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/> 7.4.2018.

160- Kärkiosa

1.Koneistus telineiden asetus pöydälle.

Nosturin haku ja riimun laitto.
Tukkinen siirto pöydälle nosturilla ja tukkien ja pöydän puhdistus.
Tukkinen muttereiden, pulttikoneen yms. haku ja pultaus kiinni.
Muuta?

2. Nosturilla puomin siirto pöydälle ja karkea paikoitus

Nosturin haku ja sopivien riimujen laitto nosturiin.

Nosturin ajo puomille ja ketjujen kiinnitys puomiin.

Puomin siirto pöydälle ja karkea paikoitus

Muuta?

3.Kappaleen asetus(hienosäätö)

Passailua koneistus asentoon.

Nosturin irrotus ja pois ajo.

Muuta?

Kärkiosan kiinnittämiseen tarvittavat komponentit

Oikean kiinteäpöydän asetustarvikkeet:

- Pukki
- 4 kuusiokolo pulttia, 4 aluslevyä, 4 T-mutteria

- Matala tukki
- 2kpl 80mm:n kuusiokolo pulttia, 2 T-mutteria

Kärkipään kiinnittämistä varten:

- Kasa simmejä
- 2kpl 250mm:n + 2kpl 630mm:n pinnapulttia sekä 2kpl jatko mutteria, joista tehdään kaksi 880mm pulttia
- 2 T-mutteria, 2 mutteria, 2 aluslevyä ja 2kpl n.50mm:n pulttausholkkia
- Pitkä vestirauta 700mm

Vasemman kiinteäpöydän asetustarvikkeet:

- Pukki
- 4 kuusiopulttia, 4 aluslevyä, 4 T-mutteria

Tyvipään kiinnittämistä varten:

- 40-50mm:n simmit
- Kaksipäinen riimu
- 2 kpl vanttiruuvi

160-Puomin, tyviosan työkalut

Vakio terät:



Taso jyrsin-125 Paikka NRO:10



Pipari-100 Paikka NRO: 4.1



Viistejyrsin 45°, Paikka NRO: 36



Nurkkajyrsin-40, Paikka NRO:33

Säättöä ja rakentelua vaativat terät:



Pipari-100 L= 296 160mm:n jatko



Iso takatasain Paikka NRO:59
165mm:n terävarsi



Pora-14mm, Paikka NRO: 11.2



Kierretappi M-16, Paikka NRO: 50.4



Pitkäpora-14mm, L= 365



Pitkä kierretappi M16, L= 338.6
100mm:n jatko



Viimeistely 150H7, L= 402
Pitkätyvi, 125mm:n jatko sekä
pieni teräpä



Viimeistely 175H7 L= 417
Paksutyvi ja pieni teräpä



Viimeistely 240H7, L= 256
80mm:n jatko, 200mm:n
lapa ja iso teräpä

