



Robottikoneiden asetusajkojen lyhentäminen

Benja Kortetjärvi

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

KORTETJÄRVI, BENJA:
Robottikoneiden asetusajkojen lyhentäminen

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Huhtikuu 2020

Tämän opinnäytetyön aiheena on robottikoneiden asetusajkojen lyhentäminen konepajatuotannossa. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Logistic TKT Systems Oy:n kanssa. Työn tarve syntyi yrityksen halusta jatkuvaan parantamiseen tuotannon kehittämisessä sekä tarpeeseen selvittää ja analysoida asetusajkoja.

Opinnäytetyö koostuu aiheeseen liittyvästä teoriasta, nykyisten asetusajkojen tutkimisesta ja analysoinnista sekä työn aikana tehdyistä muutoksista ja niiden tuloksista. Lyhyen ajanjakson seurannalla saadut tulokset painottuvat asetuksien analysoinnin tietopohjaan, josta on helpompi jatkaa asetuksien ajankäytön kehittämiseen tarvittaviin toimenpiteisiin.

Työ aloitettiin tutkimalla ajankäyttöä asetusta tehtäessä. Tutkimisen apuna täytettiin asetuksen seurantalomakkeita, joilla eriteltiin asetuksen aikaisia työvaiheita tarkasti. Tutkimuksessa löydettiin selkeitä epäkohtia ja parannusta kaipaavia osa-alueita asetuksien tekemisessä, joita alettiin korjaamaan.

Työssä käytettiin keskeisenä osana hyödyksi Pareton-periaatetta sekä SMED-menetelmää. Tärkeimpänä ajatuksena Pareton-periaatteessa on löytää ne osa-alueet, jotka vievät suurimman osan asetuksen aikaisesta ajankäytöstä. SMED-menetelmässä on tarkoituksena erotella sisäinen ja ulkoinen asetus aika ja selkeyttää ajankäytön merkitystä asetuksen eri vaiheissa.

Työn lopputuloksena esitellään opinnäytetyön aikana tehtyjen parannusten prosentuaalinen hyöty sekä seuraavien ja pidempiaikaisten korjauskehotuksien pohjustus. Opinnäytetyön suppean laajuuden vuoksi osa lopputuloksien hyödyistä nähdään vasta pidemmän ajanjakson seurannalla, mutta niiden teoreettinen hyöty on tuotu esille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

KORTETJÄRVI, BENJA:
Shortening Set-Up Times in a Robotic Machining Cell

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 6 pages
April 2020

The subject of this thesis is shortening of setting times in automated machine work in machine workshop. This thesis was made in collaboration with Logistic TKT Systems Ltd. The need for this study came from the corporation's goal to constantly improve their production methods and analyze the setting times.

This thesis includes theory about the subject, an investigation and analysis of the current setting times as well as the changes made during the work. The results gained in a short-term examination are based on the database covering setting time analysis, and they can be used as a tool to improve time managing in machine workshops.

The study began by investigating the time used on making a setting. Tracking forms were used as the tool of investigation in order to distinguish the steps of making a setting. The study showed obvious defects and sectors in the process that needed improvement.

The Pareto's principle and SMED method were an essential part of the work. The main idea in the Pareto's principle is to locate the divisions that take most of the time in making a setting. The purpose of the SMED method is to segregate the internal and the external setting time and therefore clarify the meaning of time management in different stages of the setting process.

The results of this study show a percentage benefit of the changes made during the study as well as a priming for long-term correction suggestions in the future. The actual benefits of the work can only be seen in a longer time period, but the theoretical profit is shown in this thesis.

Key words: analysis, setting time, SMED

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Logistic TKT Systems Oy	7
2	TYÖN TUOTTAVUUS	8
2.1	Lean.....	9
2.2	Toyota production system	10
2.2.1	Esimerkki Toyotan johtamisfilosofiasta	11
2.2.2	5S.....	12
2.2.3	SMED	13
2.2.4	JIT	13
2.2.5	Kaizen	15
2.3	Pareton-periaate	16
3	KONEPAJATUOTANTO.....	17
3.1	Koneistus ja koneenpalvelurobotti.....	17
3.2	Asetusaika	19
3.2.1	Ulkoinen asetusaika.....	19
3.2.2	Sisäinen asetusaika.....	20
4	ASETUSAIKOJEN TUTKIMINEN	21
4.1	Asetuksiin perehtyminen	21
4.2	Tutkittavan solun analysointi	22
4.2.1	MX3.....	22
4.2.2	Kulkukaavio	24
4.2.3	Työvaiheet.....	27
5	ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMINEN	28
5.1	Työvälineiden positiot.....	28
5.2	Asetuksen valmistelu	30
5.3	Työn luotettavuus.....	32
5.4	Jatkoehdotukset.....	33
5.4.1	Asetuskorttien automatisointi	35
5.4.2	Asetusaika nolla?	36
6	POHDINTA	38
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	
	Liite 1. Asetuksen seurantalomake	42
	Liite 2. Asetuksen aikaisen kulkemisen seuranta.....	44
	Liite 3. Asetuksen valmistelu	45
	Liite 4. Stopparin teknillinen piirustus	46
	Liite 5. Stopparin jatkojen teknilliset piirustukset.....	47

LYHENTEET JA TERMIT

LEAN	Johtamisfilosofia, jossa pyritään turhien asioiden poistamiseen
SMED	Single Minute Exchange of Dies
TPS	Toyota Production System
Robottikone	Solu, joka muodostuu työstökoneesta sekä robotista
JIT	Just in Time
CNC	Computer Numerical Control
5S	Lean-työkalu

1 JOHDANTO

Nykypäivän konepajateollisuudessa kilpailukykyyn vaikuttavat todella suuresti modernit työstökoneet sekä työtavat. Mikäli ei pystytä vastaamaan tämän päivän kilpailuun tuoreilla teknologian mahdollisuuksilla, on miltei mahdotonta pystyä toimimaan yleisellä pelikentällä yrityksiä vastaan, joilla on viimeisintä teknologiaa vastaavat koneet ja laitteet. On sanomattakin selvää, ettei ihminen pysty työskentelemään yhtä joustavasti, toistuvasti ja nopeasti kuin robotti. Robotti yhdistettynä nykyaikaiseen moniakseliseen työstökoneeseen on kombinaatio, jolla pystytään taistelemaan massiivisia teknologiajättejä vastaan konepajateollisuudessa.

Tekoäly ei ole vielä kehittynyt niin pitkälle, että työstökoneiden ja itse robottien asetusten tekeminen kokonaisuudessaan onnistuisi ilman ihmistä. Ihmisen käyttämä aika asetusta tehdessä on se aika, jolloin yritykset eivät saa aikaan liikevaihtoa. Tästä syystä asetusajat pitäisi saada supistettua mahdollisimman pieniksi, olemattomiksi mikäli mahdollista. Asetusaikojen pienentäminen mahdollistaa joustavuuden ja pienempien eräkokojen valmistamisen kannattavuuden, jolloin asiakkaan tarpeiden palvelemisesta saadaan nopeampaa ja joustavampaa.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Logistic TKT Systems Oy, joka tunnistaa mahdollisuudet päästä parempiin tuloksiin asetusajoja pienentämällä ja haluaa panostaa siihen, että tulevaisuudessa olisi mahdollisuus valmistaa kannattavasti asiakkaille pienempiä tuote-eriä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena ja tarkoituksena on päästä eroon tuottamattomasta ajasta konepajateollisuudessa. Tutkia ja löytää keinoja, joilla pystytään poistamaan aikaa, joka kuluu asetusten tekemiseen työstökoneilla. Löytää mahdolliset pullonkaulat asetuksien tekemisessä, mikäli sellaisia on ja tehdä parannusehdotuksia pyrkien parantamaan toimintaa entistään.

Asetusaikojen tutkiminen ja parantaminen on hyvin laaja aihepiiri. Jatkuvaa parantamista ja oikeita tuloksia saadaan pitkäjänteisellä työskentelyllä ja jatkuvalla parantamisella. Opinnäytetyötä tehdessä on mietitty kokonaisuutta ja kaikkia työpisteitä, mutta tarkempaan tarkasteluun on valittu konepajasta yksi solu.

Työn edetessä on jatkuvasti tuotu esille asiaan kuuluvia parannusehdotuksia ja osa näistä on otettu käyttöön välittömästi. Työssä käydään läpi jo tehdyt parannusehdotukset sekä tulevaisuutta ajatellen myös ehdotuksien mahdolliset jatkajalostukset.

1.1 Logistic TKT Systems Oy

Logistic TKT Systems Oy on Pirkkalassa sijaitseva alihankintaan erikoistunut konepaja. Se on perustettu vuonna 1992 insinööriryhmän toimesta. Tuotteina Logisticilla on pääosin kone-, prosessi- ja energiateollisuudelle yksilöityjä komponentteja sekä erikoisempia koneenosia. Esimerkiksi koneistuspaletit ja kiinnittimet, sekä erinäiset kulutusosat ovat Logisticin erikoisalaa. Suurena kilpailuetuna yrityksessä on vankka asiakaslähtöisyys jokaisessa tilanteessa ja suunnittelutyöt tehdäänkin usein yhdessä asiakkaan kanssa (Logistic.fi kotisivut. 2020).

Logistic TKT Systems Oy:llä on useamman vuosikymmenen kokemus eri teknologian alueilta. Suunnittelu ja valmistus on joustavaa modernin konepajan kanssa, minkä johdosta päästään usein parhaimpiin lopputuloksiin. Moderni konepaja mahdollistaa joustavuuden uusien komponenttien räätälöinnissä asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Sarjakoot vaihtelevat aina muutamasta kappaleesta jopa tuhansiin kappaleisiin, jonka takia nykyaikaisessa konepajassa on panostettu robotisointiin vahvasti ja kustannustehokkaat ratkaisut löytyvät varmasti jokaiseen tilanteeseen (Logistic.fi kotisivut. 2020).

2 TYÖN TUOTTAVUUS

Mitä tahansa työtä tehdessä on tärkeää arvioida, onko työ tarpeeksi tuottavaa. Mikäli työ on valmistusteknistä komponenttituotantoa, komponentin kappalehintaa laskiessa täytyy ottaa koko prosessin aika huomioon (Kiviharju 2018). Prosessiajalla tarkoitetaan kappaleen valmistusta aina raaka-aineen hankkimisesta siihen, että kappale on valmiina asiakkaan käsissä. Työn tuottavuus on koko tuotantoprosessin tärkein mitattava arvo, joka on suoraan verrannollinen tuotantotehokkuuteen. Asetusajat ovat tuotantotehokkuuden yksi olennaisimmista asioista, joita parantamalla työn tuottavuutta saadaan kasvatettua. Tilastokeskuksen tekemän määritelmän mukaan työn tuottavuus luonnehditaan seuraavasti:

”Työn tuottavuus lasketaan jakamalla bruttokansantuote (eli arvonlisäys) tai tuotos sen aikaansaamiseksi käytettyjen työtuntien määrällä. Uusklassisen talousteorian mukaan talouskasvu syntyy työn tuottavuuden kasvusta” (Tilastokeskus, 2020).

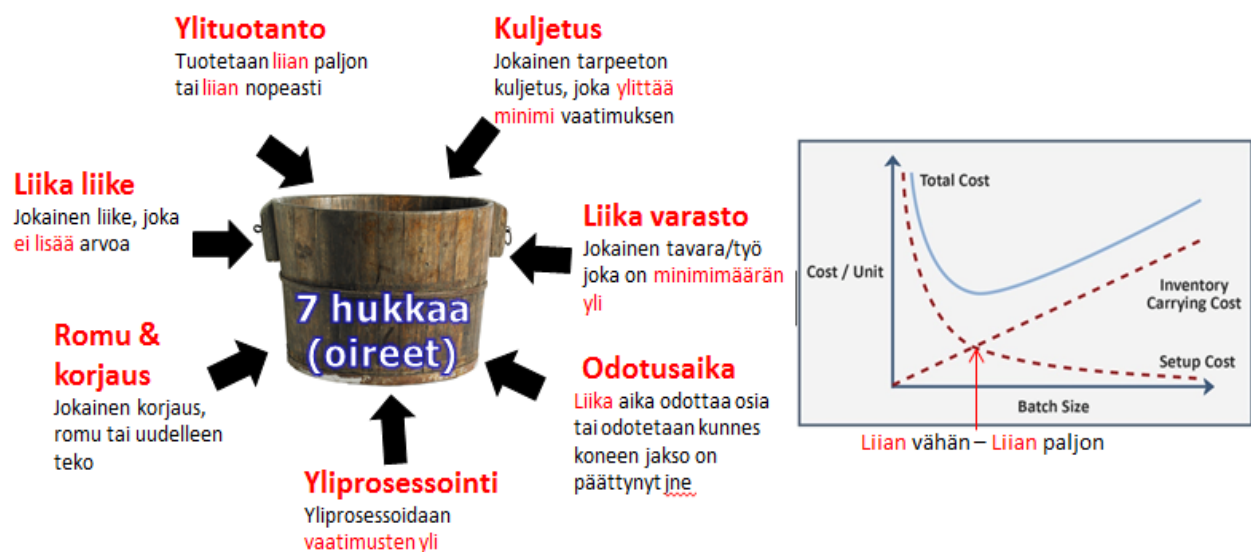
Määritelmästä nähdään, että työn tuottavuus on suoraan verrannollinen talouskasvuun. Mitä tuottavampaa työtä kyetään tekemään, sitä parempi mahdollisuus on kasvattaa liikevaihtoa sekä luoda pohjaa kilpailukyvyille markkinoilla. Työn tuottavuuden oleellinen osuus on työn kustannusten ja laadun suhde. Kustannuksien ja laadun suhteella voidaan tehdä usein kilpailukykyyn positiivisia muutoksia varmistamalla riittävä laatu. Ylilaadullinen tuotanto on ajankäytöllisesti todella kuormittavaa, jonka johdosta pyritään aina valmistamaan tilanteeseen kuuluvaa laatua.

Työn tuottavuuden ymmärtämisen ja parantamisen työkaluiksi on rakennettu useita työkaluja. Lean-filosofia on työn tuottavuuden tutkimisen ja parantamisen pohja ja siihen perustuvia työkaluja on kehitetty lukematon määrä yrityksien tuotannon tehostamisen helpottamiseksi.

2.1 Lean

Lean-käsite on alun perin lähtöisin japanilaiselta autotehtaalta jo 1900-luvun alkupuolelta (Strategos 2016). Aluksi sen levittyminen tapahtui vain useampiin autotehtaisiin, mutta myöhemmin sitä on alettu hyödyntämään globaalisti lähes kaikilla aloilla. Yritykset, jotka mainostavat käyttävänsä jollain tapaa sovellettuja Lean-metodeja, yhdistetään usein asiakaslähtöiseen ongelmanratkaisuun. Lean prosessijohtamisen filosofiassa pyritään aina ihmiskeskeiseen ongelmien ratkaisemiseen ja jatkuvaan parantamiseen. (Lean Forward Oy. 2008, 11-14).

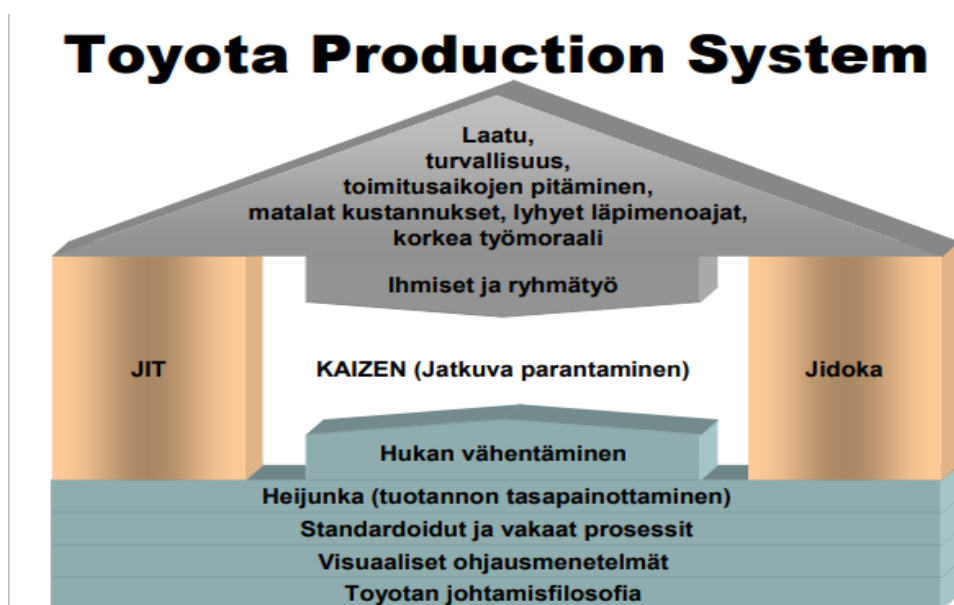
Lean-käsitteellä tarkoitetaan toimintatapojen löytämistä, joilla mahdollistetaan turhan työn kitkeminen pois tuotannosta. Turhan työn kitkemisen seurauksena saadaan enemmän aikaa tuottavaan työntekoon, joka heijastuu suoraan yrityksen mahdollisuuksiin tuottaa enemmän samassa ajassa. Lean-menetelmissä siis tähdätään tuottamattomien asioiden kitkemiseen, joita ovat muun muassa ylituotanto, vialliset tuotteet, kaikki ylimääräinen liikkuminen ja kappaleiden turha kuljetus, työvaiheet, joilla ei ole perusteltua syytä, odottaminen sekä turha varastointi (kuva 1). (Liker 2004.)



KUVA 1. Tuottamattomien asioiden kitkeminen (Karjalainen 2018).

2.2 Toyota production system

Toyota production system on kaiken Lean-ajattelun alku. Sakichi Toyoda suunnitteli ja valmisti automaattiset kangaspuut, jotka pysähtyivät välittömästi, mikäli yksikään kankaista katkesi (Kyrenius 2015). Tästä alkoi ensimmäinen Toyota production systemin kehittämän Lean-ajattelun periaate – kun jokin menee pieleen, pysäytetään tuotanto välittömästi ja selvitetään ongelma. Toyotan Lean-ajattelun leviäminen lähti liikkeelle, kun Toyota alkoi levittää omaa ajattelutapaansa jatkuvasti tavarantoimittajilleen ja kaikille yhteistyökumppaneilleen. Tärkeintä sovellettaessa Toyota production systemin tapoja ovat pitkäjänteisyys ja syvä tuntemus parannettavista työvaiheista ja toimintatavoista. (Lean Forward Oy. 2008, 3)



KUVA 2. TPS (Lean Forward Oy 2008, 9)

Nykypäivänä Lean-työkaluja on lukematon määrä ja niistä jokainen varmasti toimii niille tarkoitetulla tavalla hyvin, olettaen että organisaatiossa osataan käyttää työkalua oikein. Asetusaikoihin paneutuessa pyritään standardointiin, jolloin Toyotan menetelmiä voidaan käyttää tietyillä osa-alueilla. Hyviä esimerkkejä erilaisista työkaluista ja ajattelumalleista ovat JIT, KAIZEN ja Jidoka (kuva 2). Yleisimmät ja tunnetuimmat työkalut tuotannon parantamiseen on tehty juuri Lean-peri-

aatteiden mukaisesti vikojen korjaamiseen, kuten prosessien ylimääräisten aikojen löytämiseen ja niiden leikkaamiseen minimiin. Yleisimmin työkalujen avulla löydetään turhia työvaiheita ja toimintatapoja, joissa pieniä asioita muuttamalla voidaan tehdä pitkällä tarkasteluvälillä suuria muutoksia.

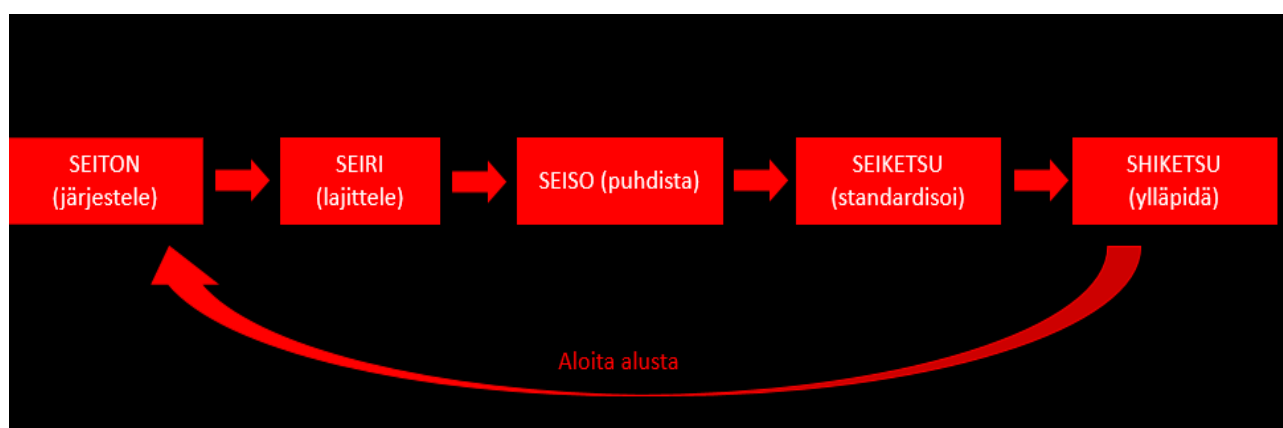
Yksi yleinen ja nykypäivänä lähes ehdoton osa arkipäivää konepajateollisuudessa on jonkinlainen tuotannonohjausjärjestelmä. Jos yrityksessä valmistetaan useilla eri nimikkeillä eri tuotteita, on mahdotonta pysyä jokaisen tuotteen ja komponentin perässä, mikäli ei ole jonkinlaista järjestelmää, jolla niitä seurataan. Tuotannonohjausjärjestelmä helpottaa työntekoa huomattavasti niin johtoportaassa, kuin myös tuotannon työntekijöiden keskuudessa.

2.2.1 Esimerkki Toyotan johtamisfilosofiasta

Vuonna 1972 Toyota perusti kuorma-autojen alustoja valmistavan tehtaan Kaliforniaan. 2000-luvun alussa huomattiin, ettei ole millään mittarilla kannattavaa valmistaa kuorma-autojen lavoja Kaliforniassa kalliin ympäristöbyrokratian vuoksi. Tuotanto siirrettiin täysin uusiin tiloihin Meksikoon, mutta Kalifornian tehtaalta ei irtisanottu yhtään työntekijää. Työntekijät olivat hoitaneet työnsä mallikkaasti, eikä työntekijöitä syytetty huonosta tuottavuudesta kyseisellä tehtaalla. Pitkän tähtäimen loistavasta johtamisfilosofiasta kertoo ajatusmaailma, jota Toyotan johto käytti tilanteessa. He sitoutuivat keksimään Kalifornian tehtaalle työntekijöille töitä. Jonkin ajan kuluttua tehdas alkoikin taas valmistaa kokonaisia kuorma-autoja byrokratian helpotuttua. Syy, miksi Toyotan johto ei irtisanonut työntekijöitään tehtaan lakkautuksen jälkeen oli se, että Toyotan johdon mielestä oli paljon tärkeämpää pohtia, miten asiakkaat ja etenkin työntekijät arvostavat heitä pitkällä tähtäimellä. Nykypäivänä Toyota on edelleen tunnettu ensiluokkaisesta johtamisesta ja loppuun asti ajatellusta tuotannosta. (Lean Forward Oy. 2008, 15).

2.2.2 5S

5S tulee viidestä japaninkielisestä sanasta Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu ja Shiketsu (kuvio 1). Suomeksi käännettynä 5S on usein sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi sekä seuranta. Tarkoituksena 5S:ssä on jatkuva parantaminen työympäristössä ja työympäristön rakentaminen niin, ettei siellä ole muuta kuin välttämättömät tarpeet. 5S-filosofia perustuu siistin työympäristön tuomiin etuihin. Yleisilme, työturvallisuus ja yleinen järjestys auttavat huomattavasti työn tuottavuuden kasvussa. Hyvin mietityillä ja järjestetyillä työvälineiden positioilla on suuri merkitys työviihtyvyyden ja tilan järkevän käytön kannalta. (Lean Lion. 2019).



KUVIO 1. 5S menettelytapa

1. Seiton (Systematisointi) = Kaikelle on oma paikkansa merkattuna. Esimerkiksi lattialle on maalattu missä ovat lavojen paikat.
2. Seiri (Sortteeraus) = Poistetaan kaikki prosessiin kuulumaton turha tavara.
3. Seiso (Siivous) = Siivotaan säännöllisesti.
4. Seiketsu (Standardisointi) = Pyritään standardoimaan kaikki toistuvat työvaiheet ja työt. Esimerkiksi työkalujen paikat ja siivousaikataulut.
5. Shiketsu (Seuranta) = Jatkuva seuranta edellisten korjauksien toteutumisesta jokapäiväisessä työskentelyssä.

2.2.3 SMED

SMED-menetelmä on 1950 Toyotan tehtaalla kehitetty ajatusmalli ”Single Minute Exchange of Dies”. Sen päällimmäinen ajatus on siinä, että kaikki asetusajat pyritään pienentämään alle kymmeneen minuuttiin. Yksi parhaimmista esimerkeistä SMED-menetelmästä löytyy formulavarikoilta. Varikkotiimillä jokaiselle on standardisoitu oma tehtävä, työkalujen positiot, sekä tehtävän tekemiseen oleellinen järjestys, jolloin varikkopysähdyksestä on saatu mahdollisimman tehokas. Ulkoinen ja sisäinen asetus aika korostuvat varikolla hyvin, kun kaikki tietävät omat tehtävänsä. Kaikki komponentit ja työntekijät ovat juuri oikeilla paikoilla ennen kuin sisäinen asetus aika alkaa. Sisäinen asetus aika, eli kun formula tulee varikolle, on todella lyhyt, koska siihen on valmistauduttu hyvin ennen sen tuloa (Arrow. 2017).

Asetusaikaan tulisi suhtautua myös robotisoiduissa työstösoluissa samalla tavalla kuin formulatiimit varikolla. Kaikki esivalmistelut on tehty jo standardisoinnin mukaisesti niin pitkälle kuin mahdollista. Koneen pysähtyttyä sisäisen asetusajan pakolliset toimet voidaan tehdä rutiininomaisesti ja nopeasti. Työstökoneiden asetusajoissa ei päästä aivan samoihin aikoihin kuin renkaan vaihdossa varikolla, mutta tavoitteet kannattaa asettaa korkealle.

SMED-metodissa ajatellaan asetusajan kokonaisuutta, jolloin pieniinkin asioihin otetaan kantaa. Ovatko työkalut oikeanlaisia ja ovatko ne siellä missä niitä tarvitaan oikeaan aikaan. Tuhlataanko sisäistä asetus aikaa turhaan asioihin, joita voitaisiin yhtä hyvin tehdä ulkoisena asetus aikana. Monilla pienillä muutoksilla ja standardoinneilla voidaan tehdä pitkällä aikavälillä suuria muutoksia ja siihen SMED on erinomainen metodi konepajateollisuudessa, etenkin asetus aikoja parannettaessa.

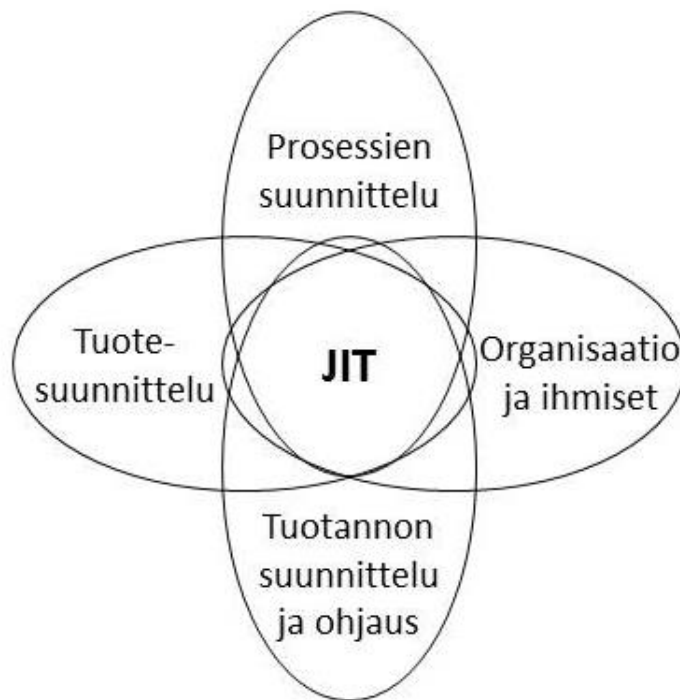
2.2.4 JIT

Just In Time-johtamisfilosofialla on nimensä mukaisesti tarkoituksena pyrkiä imuohjaustyypiseen tuotantoon, jossa oikea tuote tehdään oikealla ajalla oikeaan tarpeeseen. Suomeksi ajattelu on käännetty JOT-termiin, joka tulee sanoista

Juuri Oikeaan Tarpeeseen, mikä on käyttötarkoituksensa puolesta sama ajatusmalli. Tärkeimpänä ja keskeisimpänä asiana Just In Time-periaatteessa pidettiin alun perin sitä, että komponentteja valmistetaan ja kuljetellaan vain oikean syyn takia, eikä ilman syytä (Uitto 2015).

Ajatus JIT-ideaan lähti, kun japanilainen kehitysinsinööri oli vierailulla Yhdysvalloissa Fordin tehtaalla. Idea imuohjaukseen tuotannossa ei tullut kuitenkaan Fordin tehtaalta, vaan samaisella reissulla supermarketista, jossa ihmiset itse ostivat tarvitsemiansa tuotteita ja tarvitsemansa määrät. Japanissa 1950-luvulla itsepalvelumyymälöitä ei vielä tunnettu ja tämän johdosta keksittiin tehtaan sisällä toimiva imuohjaus-järjestelmä JIT, jossa edellinen työvaihe on nk. myymälä ja seuraava työpiste nk. asiakas. Sittenkin käsite on laajentunut nopeaan asiakkaan palvelemiseen sekä pyrkimykseen pystyä valmistamaan pienempiä eräkojoja ilman lisäkustannuksia. Mikäli päästään tavoitteeseen, jossa yhden kappaleen erä koko on taloudellisesti kannattava valmistaa ja myydä, on saavutettu ajatusmallin ydin. Tällöin on mahdollista pitää niin kutsuttua nolla varastoa ja kaikki tuotteet saadaan imuohjaustyyppisesti suoraan koneelta seuraavalle positiolle (Lean Forward Oy 2008, 4-5).

Asetuksien tekoon JIT-ajattelu kohdistuu voimakkaasti. Kaikki työtavat ja työvaiheet tulisi suunnitella alusta alkaen huolellisesti ja pyrkiä suunnittelemaan standardointi, jolla työvaiheet ovat aina vakioita. Tavoite lyhyistä läpimenoajoista, joustavasta valmistuksesta ja kaiken turhan ajankäytön poistamisesta on lähtökohtaisesti suoraan asetusaikeihin heijastuva ajatusmalli. Prosessissa, jossa sisäiseen asetus aikaan käytetään aikaa turhaan liikennöintiin tai turhiin virheiden tekemisiin, ei ole mahdollista saavuttaa JIT-ajatuksen ydintä. Tuotantoprosesseissa on kuitenkin huomioitavaa, että on epätodennäköistä lyhyellä aikavälillä saavuttaa yhden kappaleen valmistuksesta taloudellisesti järkevää ja kannattavaa. JIT-ajatuksen ytimen saavuttaminen vaatii vuosien järjestelmällisesti organisoitua työskentelyä ja resursseja.



KUVA 3. JIT (Logistiikan maailma 2019).

2.2.5 Kaizen

Kaizen on yksi kaiken Lean-ajattelun peruskivistä, jolla tarkoitetaan jatkuvaa parantamista. Tavoitteena on pyrkiä luomaan sellainen työympäristö, jossa on halua ja mahdollisuuksia oppia ja kehittää toimintatapoja. Kaizen tulee japanin kielten sanoista KAI ja ZEN. KAI tarkoittaa muutosta tai jotain korjaavia toimenpiteitä ja ZEN tarkoittaa parannusta (Kaizen Institute 2020). Sanan mukaisesti pyritään jatkuvasti muuttamaan pieniä asioita, joilla päästään edes hieman parempaan lopputulokseen. Suuria mullistavia keksintöjä ei haeta tieteen tahtoen vaan korjataan pieniä asioita, jolloin pitkällä aikavälillä tulokset ovat suuria.

Kaizenissa on pyrkimys saada ideointi ja päätöksenteko työntekijöille, jolloin itse työntekijät pystyvät parantamaan omaa työskentely-ympäristöään (LeanProduction 2019). Samalla pusketaan työntekijöitä analysoimaan enemmän omaa työskentelyä sekä pohtimaan jatkuvaa parantamista omassa työssään. Kaizen on osa Toyota production systemiä, mutta se on itsessään jo oma filosofiansa,

jonka alle on kehitetty useita erilaisia työkaluja jatkuvaan parantamiseen tähdä-
ten (Lean Forward Oy 2008, 63-90).

2.3 Pareton-periaate

Pareton-periaate on lähes jokaisen jollain elämän osa-alueella tuntema periaate. Jokapäiväisessä elämässä sitä kutsutaan tutummin 80/20-periaatteeksi. Pareton-periaatetta on hyödynnetty useissa eri asioissa ja periaatteena se toimii hyvin lähes kaikessa. Nimensä se on saanut Vilfredo Paretolta, joka oli ranskalais-italialainen taloustieteilijä 1800-luvun loppupuolella. Ajatuksen juuret tulivat taloustutkimuksista, joissa Pareto tutki varallisuuden epätasa-arvoista jakautumista kansan kesken. Monesti periaate ymmärretään väärin, koska tartutaan juurikin 80/20 jakaumaan, vaikka se on vain teoreettinen lukema ja oikeasti se voi olla mitä tahansa, mutta typistettynä periaatteen mukaan pieni osa jotain, aiheuttaa suuren osan jotain (Perplex Oy. n.d.).

Pareton aikaisista tutkimuksista käy ilmi, että pieni osa ihmisistä omisti suuren osan kaikesta maailman vauraudesta, joka pitää tänäkin päivänä paikkansa. Nykypäivänäkin tehdään edelleen tutkimuksia, jossa 80/20-periaate tulee hyvin esille. Koko 80/20 ajatuksen ytimenä on se, että 20 prosenttia asioista johtaa 80 prosenttiin tuloksista. Nykyaikaisista tutkimuksista käy edelleen sama lopputulos ilmi. Mikäli kaikki maailman varat jaetaan populaatiolle tasan, on lopputulemana, että noin 20 prosenttia populaatiosta omistaa 80 prosenttia varoista. Yksinkertaisesti taloudessa se johtuu maailmasta, jossa ihmisten varojen käyttö on yksilöllistä eikä maailma ole sen suhteen johdonmukainen (Hakanen 2019).

Asetuksia ajatellen voitaisiin ajatella, että 20 prosenttia työvaiheista vie 80 prosenttia koko asetuksen tekemiseen käytetystä ajasta. Mikäli se työosuuden pieni asia löydetään, joka vie suurimman osan ajasta, ja pystytään kokonaan poistamaan tai ainakin kehittämään tätä työvaihetta, päästään jo lähemmäs tavoitteita. Monesti suurimpana ongelmana asetuksiin liittyen on hukka-ajan tunnistaminen ja löytäminen.

3 KONEPAJATUOTANTO

Konepajatuotannossa valmistetaan tuotteita metallista, muovista, puusta tai jostain muusta muokattavissa olevista materiaaleista (Kauppinen, 2009). Yleisin valmistustekniikka on lastuava työstäminen ja sitä tehdään yleisimmin sorvaamalla, jyrsimällä, poraamalla tai hiomalla. Nykypäivän mahdollisuudet ovat lähes rajattomat monipuolisten moniakselisten koneistuskeskusten ja robottien ansiosta. Moniakselisen koneistuksen hyödyt konepajatuotannossa ovat aukottomat, kun saadaan karsittua suurimmasta osasta tuotteita työvaiheita pois.

Tulevaisuuden näkymät konepajatuotannoissa kääntyvät vahvasti eri materiaalien 3D-tulostukseen. Vielä tänä päivänä 3D-tulostus ei ole kustannustehokasta sen hitauden sekä materiaalien korkean hinnan johdosta, mutta tulevaisuudessa tulostusta kehitetään ja jonain päivänä se mahdollistaa vielä helpomman, joustavamman ja nopeamman tuotannon konepajoissa.

3.1 Koneistus ja koneenpalvelurobotti

Koneistuksesta puhuttaessa 2000-luvun alussa ajateltiin välittömästi kolme akselisia työstökoneita, joissa on X, Y ja Z -liikkeet. Liikkeet ovat lineaarisia ja niitä voidaan ohjata yhtäaikaaisesti tietokoneohjatulla koneella, eli CNC-koneella. Kolme akselinen koneistus on yksinkertaista ja sitä on tehty jo vuosisatoja, jolloin sen kokemuspohja on vankkaa jo manuaalikoneistuksen kulta-ajoilta.

Myöhemmin 2010-luvulla koneistuksesta puhuttaessa suurin osa ihmisistä ajattelee jo moniakselista koneistusta. Moniakselinen koneistus on koneistusta, jossa akseleita on viisi tai enemmän ja niitä voidaan käyttää yhtäaikaisesti. Moniakselinen koneistus on huomattavasti haastavampaa, kuin kolmeakselinen ja näin ollen sen ohjelmointi tapahtuu poikkeuksetta jollain tietokoneavusteisella CAM-ohjelmalla. Moniakselisessä koneistuksessa lisäakselit syntyvät liikkeillä jonkun jo olemassa olevan akselin ympäri. Näillä lisäakseleilla mahdollistetaan useimmiten kappaleen valmistaminen alusta loppuun yhdellä kiinnityksellä, jolloin kappaleen läpimenoaika, heittotarkkuus sekä mittatarkkuus parantuvat huomattavasti.

Haaste moniakselisessa koneistuksessa tulee useimmiten koordinaatistojen hallinnassa. Kolmeakselisen koordinaatisto on lähes poikkeuksetta muuttumaton ja niitä on yksi, kun taas moniakselisen koneistuksen lähtökohtana on koordinaatistojen kääntäminen haluttuun asentoon, jolloin työstöradat on helpompi luoda. Moniakselisen koneistuksen hyötyjen rinnalla suurimpana haittana on vain ohjelmoinnin hankaluus ja senkin kehitys on kääntynyt koko ajan enemmän ja enemmän parametriohjelmointiin perustuviin työstökoneisiin.

Kaksikaraisesta sorvauskeskuksesta puhuttaessa koneessa on pääkara ja sen vastapuolella johteilla liikkuva vastakara. Vastakara mahdollistaa usein kappaleen valmistamisen kokonaan valmiiksi yhdellä ihmisen tekemällä kiinnityksellä. Pääkara ja vastakara toimivat koordinaateilla, jolloin on mahdollista vaihtaa työkappaleen työstettävä puoli mittatarkasti. Käytännössä se toimii niin, että vastakara ajaa lähelle pääkaraa ja pyörii synkronoidusti, jolloin leuat voidaan laittaa vauhdista kiinni ja kappale on edelleen täysin samassa keskiössä kuin aiemmasakin karassa.

Koneenpalvelurobotteja käytetään laajasti yrityksissä, joissa sarjakoot ovat suuria. Nimensä mukaisesti koneenpalvelurobotin tehtävä on palvella työstökonetta, eli vaihtaa kappaletta. Ihmisen työskennellessä robotoimattomalla koneella on kappaleen vaihto pitkällä tähtäimellä hitaampaa ja terveydelle haitallisia, nk. koneistajan ammattivaivoja alkaa syntymään. Yleisenä haittana kappaleen vaihdossa ihmisellä on kurkotusetäisyys keskiraskaiden kappaleiden asettamisessa. Lisäksi robotti voi työskennellä kellon ympäri ja tällöin aika, joka vapautuu ihmiselle koneenpanostajana olemisesta, voidaan käyttää useampien robottisolujen käyttämiseen ja valvomiseen.

Koneenpalvelurobotin käyttö tarjoaa lähes rajattomasti mahdollisuuksia. Kappaleen löytämiseen ja poimimiseen yleisimpänä roboteissa käytetään konenäköä, standardoituja kappaleen matriisipaikkoja tai ultraääniantureita.

3.2 Asetusaika

Asetusajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuuluu koneella tuottamattomaan työhön, eli siihen työhön, jolloin työstökone ei työstä (Ylivinkka 2012). Asetusajan pienentämiseen pyrkiminen on perusteltua lähes jokaisessa konepajassa yksinkertaisesti johtuen siitä, että lyhyempi asetusaika itsessään tuo kannattavuutta valmistaa myös pienempiä sarjakokoja. Pienempien sarjakokojen johdosta pystytään olemaan huomattavasti kilpailukykyisempiä. Yrityksissä, joissa päästään mahdollisimman pieneen asetusaikaan, voidaan olla joustavampia toimitusajoissa ja toimitettavien kappaleiden eräsuuruuksissa.

Asetusaikaan robottikoneistus-solussa kuluu karkeasti aiemman asetuksen purkaminen, aihoiden hakeminen työpisteelle ja niiden asettaminen kuljetushihnalle, mekaanisten muutosten tekeminen, esimerkiksi sorvin pakan leukojen vaihtaminen ja tarvittavien terien tarkastaminen, työkalujen etsiminen, ohjelman tekeminen tai muokkaaminen, ensimmäisen kappaleen testiajo, mittaus, valmiiksi ajo sekä robotin parametrien muuttaminen. Tämän jälkeen on mahdollista laittaa solu automaatile ja robotti voi jatkaa työtä. Ideaalitulanteessa kaikki sisäinen asetusaika saataisiin muutettua ulkoiseen asetusaikaan, jolloin koko koneen asetustyö saataisiin tehtyä samalla, kun kone tekee tuottavaa työtä.

Asetusajan voisi siis määritellä lyhyesti - asetusaika on aika, joka kuluu koneen pysähtymisen jälkeen siihen, että koneesta saadaan ulos seuraava erilainen laadullisesti myyntivalmis kappale.

3.2.1 Ulkoinen asetusaika

Kaikki työ, joka voidaan tehdä ennakoivasti seuraavaa asetusta helpottamaan ja nopeuttamaan, kuuluisi tehdä vielä edellisen sarjan ollessa työstövaiheessa. Työstön aikana tapahtuvaa ennakoivaa asetusaikaa kutsutaan ulkoiseksi asetusajaksi. Tähän kuuluu muun muassa raaka-aineiden hakeminen työpisteelle ja mahdollisuuksien mukaan jo valmiiksi kuljetushihnalle, terien tarkastaminen ja vaihtaminen, asetukseen tarvittavien työkalujen etsiminen valmiiksi sekä ohjelman muokkaaminen.

3.2.2 Sisäinen asetusaika

Sisäinen asetusaika on aika, joka kuluu siihen kun työstökone on paikallaan eikä valmista mitään. Mitä enemmän sisäisestä asetustajasta saadaan ulkoiseen asetusaikaan, sitä enemmän työn tuottavuus nousee ja työn asetusaika pienenee. Sisäiseen asetusaikaan kuuluu välttämättömyyksiä, kuten sorvin pakan leukojen vaihto, ensimmäisen kappaleen ajo ja mittaus. Ensimmäisen kappaleen ajo voidaan poistaa sisäisestä asetustajasta, mikäli kappaleelle on valmis ohjelma johon koneistaja luottaa ja mitään käytettäviä terätietoja ei ole muutettu. Mittauksen poistaminen sisäisestä asetustajasta on mahdotonta, sillä kappaleet ovat erittäin mittatarkkoja, jolloin jokaisen asetukseen tulee kuulua kappaleen laadun varmistaminen. Mittaukseen käytettävä työaika on täysin riippuvainen kappaleesta, mittaukseen käytetyistä mittavälineistä sekä kappaleen mittatarkkuuksista.

4 ASETUSAIKOJEN TUTKIMINEN

Ennen kuin on mahdollista parantaa toimintaa yrityksessä asetusaikeiden kanalta, on tiedettävä, mitä asetusaikeaan nyt kuuluu. Konepajatuotannossa asetusten tekeminen on jokapäiväistä ja jokaisessa yrityksessä on poikkeuksetta samoja piirteitä asetuksen tekemiseen. Kuitenkin yritykset tekevät eri tuotteita, joka tarkoittaa sitä, etteivät asetukset ole samanlaisia, vaikka yhtäläisyyksiä löytyy. Tuotteen koko, malli, materiaali ja mittatarkkuudet vaikuttavat asetuksen tekemiseen oleellisesti. Perusrakenne työstökoneen asetuksessa kuitenkin säilyy ja yleisimmät työvaiheet ovat samoja. Palvelurobotin asetuksen tekoon yleensä riittää pelkkä parametrien muuttaminen, mihin kerrotaan kappaleen suurpiirteinen positio, korkeus, halkaisija ja käsiteltävien kappaleiden lukumäärä.

4.1 Asetuksiin perehtyminen

Työ aloitettiin tutkimalla asetuksia. Ensimmäisenä pyrittiin ymmärtämään seikka-peräisesti, mitä robottikoneistus-soluissa täytyy tehdä ennen kuin solun voi laittaa automaatile. Tutkiminen toteutettiin lattiataason työskentelyllä, eli tekemällä ja katsomalla mahdollisimman paljon asetusten valmistusta. Asetuksissa mukana ollessa saa hyvän käsityksen, mitä työvaiheita asetuksiin kuuluu. Tarkentavia kysymyksiä esitettiin koneenkäyttäjille, jolloin kokonaiskuva parantui entisestään. Huomioita ja muistiinpanoja kerättiin, sekä jokaisen asetuksen yhteydessä tehtiin mittaamista aikojen suhteen ja yleisiä huomioita asetuksiin liittyen. Silmiinpistäviä huomioita otettiin esille viikoittain järjestetyissä palavereissa ja joitain selkeitä ongelmakohtia lähdettiin ratkaisemaan välittömästi.

Kokonais kuvan hahmotuttua yrityksen toiminnasta, huomio kiinnitettiin yhteen soluun. Yhden solun tutkiminen jatkui samalla kaavalla, mutta tässä vaiheessa aloitettiin systemaattisempi aikojen mittaaminen asetusten tekemisistä ja siihen kuuluvista työvaiheista. Hyvänä puolena yhtä solua kerrallaan analysoitaessa ovat suhteellisen usein samana toistuvat asetukset ja asetuksen tekijät, jolloin on hieman vähemmän huomioon otettavia muuttujia.

4.2 Tutkittavan solun analysointi

Soluksi valikoitui MX3-koneistus-solu (kuva 4) yksinkertaisesti siitä syystä, että sarjakoot ovat verrattain pieniä, jonka johdosta asetuksia jouduttiin tarkasteluvälillä tekemään huomattavasti enemmän kuin muilla koneilla. Lisäksi piensarjatuotannossa asetusajojen merkitys on huomattavasti suurempi kannattavuuden kannalta. MX3-solun tutkimisessa jatkuva tarkastelu jaettiin kahteen osa-alueeseen. Ensimmäisenä tarkasteltiin aikaa. Otettiin tarkat ajat, kuinka kauan asetuksessa ja sen eri työvaiheissa kestää. Toinen huomioitava asia oli kulkukaavio. Kaikki liikkumiset työkaluvarastolle tai muuten pois työpisteeltä otettiin ylös, jotta kyettiin seuraamaan työpisteeltä poistumisen merkitystä asetuksissa.

Analysoinnin avuksi rakennettiin rakennepuu asetuksen kaikista vaiheista (liite 1). Rakennepuu sisältää asetuksen kaikki eri työvaiheet. Analysointikaavakkeeseen merkittiin kahden minuutin tarkkuudella mitä asetuksen aikana tehtiin. Näin pystyttiin asetuksen jälkeen tarkastelemaan tarkasti, mitkä asetuksen vaiheista olivat kuormittavimpia ajankäytöllisesti ja saatiin tarkasteltua asetuksia minuuttien tarkkuudella.

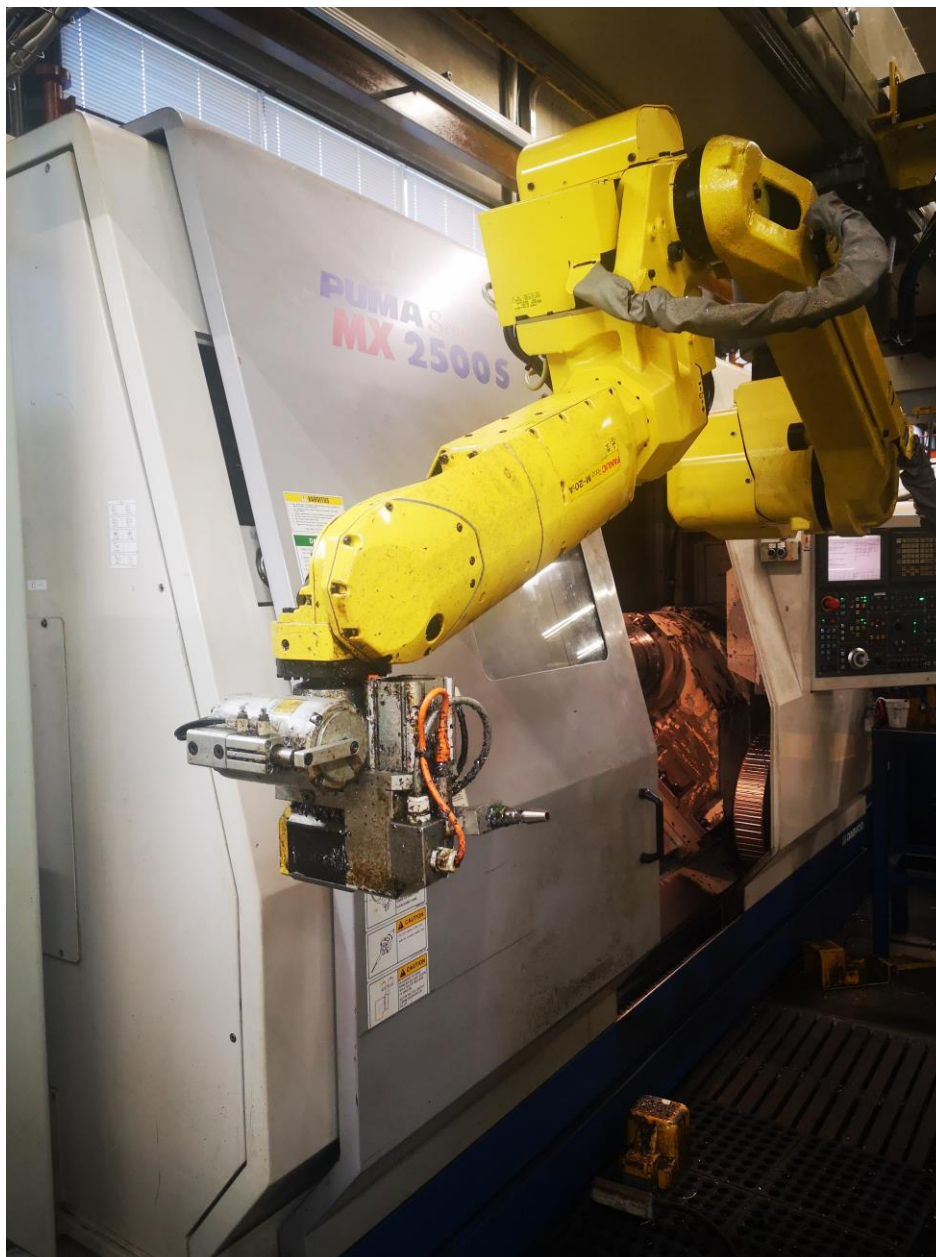
Toinen analysoitava kohde oli kulkukaavio. Samaan tapaan kuin asetusajan kanssa rakennettiin analyysilomake (liite 2), johon pystyttiin helposti merkkamaan työpisteeltä pois liikkuminen. Lomakkeessa oli merkintävaihtoehtoina työkaluvarasto, tauko, toinen solu ja joku muu. Aina kun asetuksen ollessa kesken lähdettiin työpisteeltä, merkattiin viiva kulloisenkin osoitteen kohdalle. Lomakkeella saatiin selville miksi ja minne asetuksen aikana liikuttiin ja voisiko jatkossa näitä liikkumisia karsia pois.

4.2.1 MX3

MX3-solua (kuva 4) tutkittiin ja se koostuu DOOSAN Puma MX 2500S moniakselisesta sorvauskeskuksesta sekä Fanucin M-20iA kuusi akselisesta koneenpalvelurobotista. Koneenpalvelurobotti on kiinnitetty solun katossa oleville kiskoille, jolloin sen työskentelyetäisyys on huomattavasti suurempi ja se voi poimia

muutaman metrin päässä olevalta panostuspöydältä vaivattomasti kappaleen aihion.

Robottiin on liitetty konenäkökamera sekä ultraäänianturi, jotka etsivät ja tunnistavat työlle tulevan aihion panostuspöydältä. Kappaleen löydettyä se poimii sen magneettitarttujalla ja kuljettaa paineilmapuhdistuksen kautta sorvauskeskuksen pakkaan työstettäväksi.



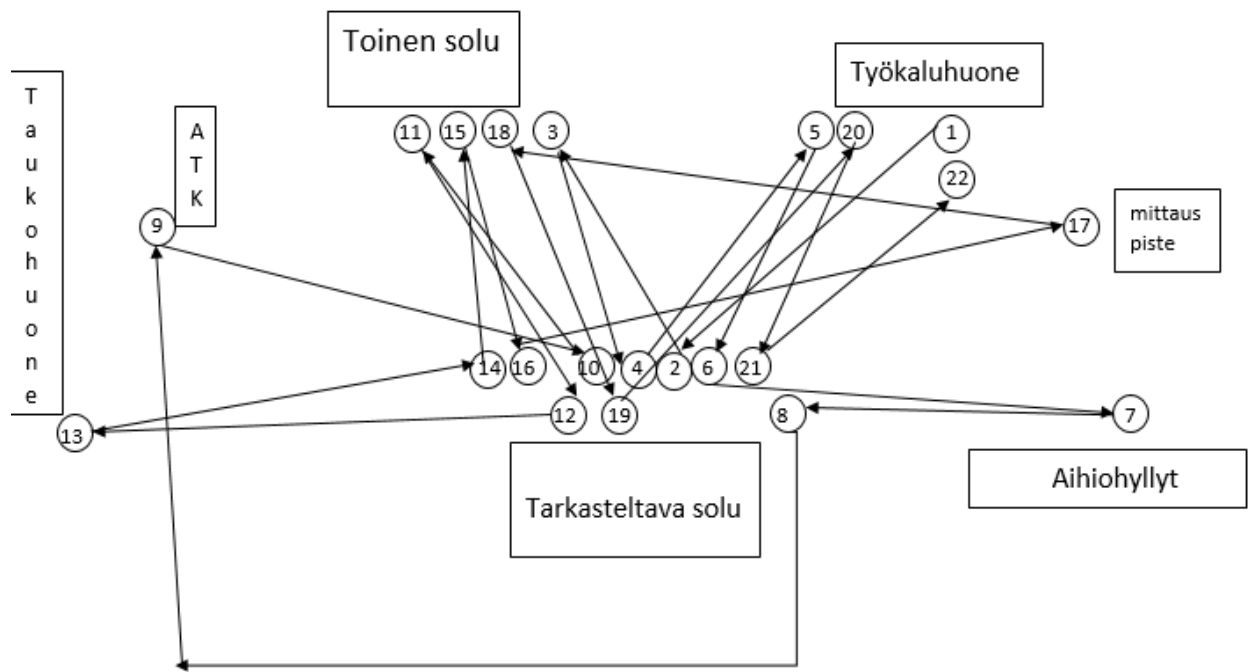
KUVA 4. MX3-solu sisäpuolelta



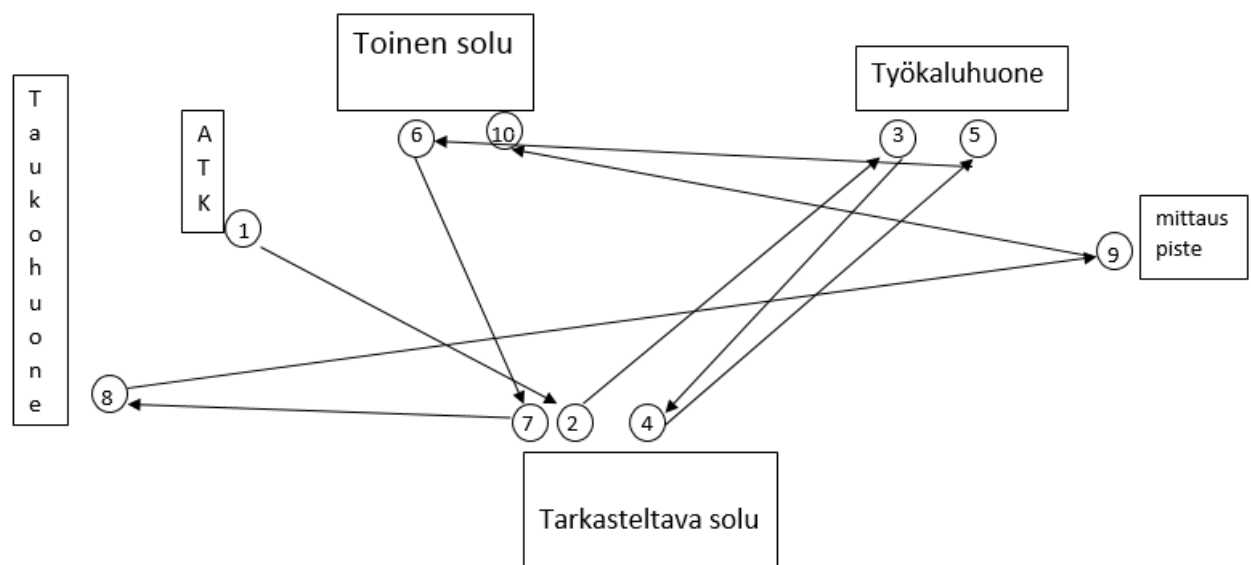
KUVA 5. MX3-solu ulkopuolelta

4.2.2 Kulkukaavio

Asetuksen aikaista kulkemista analysoitiin havainnointilomakkeella (liite 2), josta saadaan heti käsitys, miten paljon asetuksen aikana liikuttiin pois työpisteeltä. Ensimmäisestä havainnointikaaviosta (kaavio 1) nähdään liikkeitä, jossa on laskettu liikkuminen pois työpisteeltä keskiarvallisesti kaikkien havaintojen pohjalta ennen muutoksia. Jälkimmäisessä havainnointikaaviossa (kaavio 2) nähdään liikkeitä, jossa on laskettu keskiarvo työpisteeltä poistumisesta asetuksen aikana seuraavassa luvussa esitettyjen muutosten jälkeen.



KULKUKAAVIO 1. Keskiarvollinen liikkuminen asetuksen aikana valmistelumat- tomassa asetuksessa.



KULKUKAAVIO 2. Keskiarvollinen liikkuminen asetuksen aikana valmistellussa asetuksessa.

Ennen mitään muutoksia (kaavio 1) työpisteeltä poistuttiin asetuksen aikana keskiarvollisesti 11 kertaa tauolle, työkaluhuoneeseen asettamaan tai etsimään teriä, toiseen soluun korjaamaan vikatiloja tai kysymään apua, aihiohyllyille hakemaan työstettäviä aihioita tai mittauspisteelle mittaamaan jo ajettua tuotetta tai hakemaan mittavälinettä työpisteelle.

Muutokset, joita tehtiin asetuksien parantamiseksi, näkyvät vahvasti kulkukaaviossa. Lähes kaikki turha liikkuminen työpisteeltä on karsiutunut pois ja yleisin syy poistua työpisteeltä muutosten jälkeen on jokin ongelma toisessa solussa tai inhimillinen työvälineen unohdus. Suurin kulkukaavioon vaikuttava tekijä on asetuksien perusteellinen valmistelu, jolloin asetuksen tekovaiheessa tapahtuva työntekijän soveltaminen on jäänyt pois.

Kulkukaavioita vertaamalla on nähtävissä, kuinka pelkällä asetuksen valmistelulla on saatu turhaa liikkumista karsittua pois. Asetuksen valmistelulla kulkeminen asetuksen aikana tippui 55,75%. Turha liikkuminen on pitkällä aikavälillä suuri menoerä ja se saadaan korjattua yksinkertaisesti muuttamalla tarvittavien työkalujen paikkaa ja valmistelemalla asetukset paremmin. Matka, joka karsittiin pienillä muutoksilla, on vuositasolla useita kymmeniä kilometrejä pelkästään yhdellä solulla työskennellessä.

Toiseen soluun liikkuminen on käytännössä turhaa, mutta joissain tapauksissa välttämätöntä. Robottisolun virhe, työkaverin auttaminen tai mittalaitteen hakeminen toisesta solusta ovat tyypillisiä syitä asetuksen aikaiseen vierailuun toisessa solussa. Robottisolun virheet ovat yleensä nopeita korjata ja asetuksen aikana korjauksen kiireellisyyden arviointi jää työntekijän harteille. Atk-laitteelle liikkuminen asetuksen aikana tarkoittaa lähinnä asetuskorttien tulostusta ja ohjelman siirtoa itse työstökoneelle, ja se ajoittuu ensimmäiseksi asiaksi sisäisessä asetujassa.

4.2.3 Työvaiheet

Asetuksien alun tutkimuksien perusteella laadittu asetuskaavake (liite 1) sisältää kaikki normaalin asetuksen aikaiset työvaiheet. Työvaiheita analysoitiin myös niiden tarkoitusperän mukaan ja pohdittiin, ovatko kaikki sisäisen asetusajan aikana tehtävät työvaiheet välttämättömiä. Asetusaikojen lyhentämisen nojalla jo tehdyt muutokset auttavat poistamaan työvaiheita sisäisestä asetusajasta. Näitä poistettavia kohtia ovat muun muassa 5S-menetelmän mukaan organisoidut työvälineet solun välittömään läheisyyteen tai asetuksen valmistelussa tehtävään osioon, jotka vapauttavat osan asetuksen työvaiheista sisäisestä asetusajasta ulkoiseen asetusaikaan. Työvaiheiden poistaminen sekä siirtäminen ulkoiseen asetusaikaan heijastuu suoraan myös asetuksen aikaiseen työpisteeltä poistumisen ja työkalujen etsimisen vähentymiseen.

Sisäisen ja ulkoisen asetusajan erotteluun ja välttämättömien sisäisten asetusajakojen puitteissa tehtyjen töiden avuksi tehtiin mahdollisimman visuaalinen asetuksen valmistelulomake (liite 3), johon on merkitty toimenpiteet, jotka ennen sisäistä asetusta tulee olla tehtynä. Työntekijä etenee lomakkeen mukaan vaihe vaiheelta siinä vaiheessa, kun koneistussolu vielä valmistaa edellistä työsarjaa. Asetuksen organisoitu valmistelu on avainasemassa asetusaikojen hallintaan.

5 ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMINEN

Asetusaikojen tutkimisen ja analysoinnin rinnalla aloitettiin aikojen parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Tutkimusvaiheessa, ennen muutoksia kerätyn datan pohjalta asetuksien ajan käytöstä laskettiin asetusaikojen ja asetuksen työvaiheiden keskiarvot, joihin voidaan verrata toimenpiteiden jälkeistä tutkimus ajanjaksoa. Loppuun on kerätty yhteen toimenpiteitä myös jatkoa ajatellen, joiden käyttöönotolla voidaan jatkaa asetusaikojen ja työn tuottavuuden parantamista pitkällä aikavälillä.

5.1 Työvälineiden positiot

Jo ensimmäisistä asetuksista lähtien löydettiin muutamia selkeitä kehittämistarpeita. Työntekoa katsottiin hyvin vahvalla SMED-ajatusmaailmalla ja lähdettiin kehittämään selkeimmistä ongelmakohdista. Ensimmäinen huomioitu epäkohta oli sorvauskeskuksen karojen perästoppareiden ja stoppareiden jatkopalojen etsiminen ja haku. Stoppareita käytetään sorvin pakan nollapisteenä, jota vasten työkappale asetetaan.

Stoppareita säilytettiin työkaluhuoneessa koneistushallin keskivaiheilla ja lähes jokaiselle solulle ne olivat yhteiset. Oikeiden stoppareiden löytäminen oli hankalaa ja aikaa vievää, koska niiden mitat eivät olleet standardimittoja ja ne olivat sekaisin ottolaatikoissa työkaluhuoneessa (kuva 6). Asetuskorteissa oli tiedot, minkä kokoisella stopparilla työ oli aiemmin tehty ja juuri oikean stoppari kokoonpanon löytäminen oli haasteellista ja aikaa vievää. Kehitysehdotus otettiin esiin, jossa jokaiselle koneelle valmistettaisiin omat stopparisarjat, joiden mitat olisivat standardoituja. Mitoituksien uudistaminen standardimittoihin on kaikille työnimikkeille pitkä prosessi, mutta mittojen standardoinnin avulla pitkällä tähtäimellä stoppareiden asetuksesta tulee huomattavasti helpompaa ja mielekkäämpää.

Kaizen ajatusmaailman mukaan pienet muutokset kantavat pitkälle ja tuotannon tehostamista kuuluisikin tarkastella pitkällä ajanjaksolla, jolloin standardointi on oikea tapa toimia.

Stopparit (liite 4) ja stoppareiden jatkot (liite 5) valmistettiin standardimitoituksella tarkasteltavalle solulle ja työntekijöiden kokemusten perusteella ne mahdollisuuksien mukaan valmistetaan myös jatkossa muillekin koneille, mikäli niiden huomataan helpottavan työntekoa merkittävästi.



KUVA 6. Stopparit ennen

Stoppareiden hakemiseen ja etsimiseen kulunut aika mitattiin tarkasti ja huomattiin sen vaihtelevan paljon eri asetuksien ja työntekijöiden välillä. Vuotuisen stoppareiden etsimisen ja hakemisen perusteella tehtiin laskelma, jossa käytettiin ajallisesti keskiarvoa, joka analysoinnin tuloksena saatiin ja keskiarvollisesti viittä asetuksen tekoa per viikko. Keskiarvollisen ajan käyttö oli perusteltua useiden muuttujien takia. Stoppareiden ollessa jokaisella työstösolulla käden ulottuvilla ja standardoitu, saataisiin niiden etsimiseen ja hakemiseen käytettävä aika minimoitua. Vuotuinen säästö olisi turhalta etsimiseltä ja hakemiselta sen osalta 100%. Vuodessa turhaan työvaiheeseen käytetty aika kerrottaessa suurpiirteisellä koneaikhinnalla, saataisiin vuodessa säästettyä yhden kokonaisen työntekijän vuosipalkka.

Ensimmäinen kehitysehdotus toteutettiin ja tarkasteltavalle solulle valmistettiin konekohtaiset stopparit ja stoppareiden jatkot. Stopparit sekä stoppareiden jatkot asetettiin työkaluseinälle ja ottolaatikkoon solun välittömään läheisyyteen (kuva 7).



KUVA 7. Stopparit ja stopparin jatkot nyt

Prosentuaalisesti aikasäästöt sorvauskeskuksien stoppareiden uusimisella voidaan tarkastella vain työvaiheen poistumisena asetuksista, eikä standardoinnin hyötyjä voida tarkastella näin lyhyellä aikavälillä. Stoppareiden etsimisen ja hakemisen poistumisen hyödyt näkyvät lyhyellä ajanjaksolla suoraan kulkukaaviossa sekä niihin käytetyn ajan poistumisessa. Vuositasolla näinkin pienen muutoksen prosentuaalinen säästö asetuksien kokonaisajasta on 5,1%. Stoppareiden uudelleen sijoittamisella säästetty aika heijastuu yrityksen työntekijäresursseihin jo olemassa olevilla työntekijämäärillä.

5.2 Asetuksen valmistelu

Asetuksen valmistelulla tarkoitetaan kaikkien ulkoisten asetustöiden tekemistä ulkoisella ajalla, eli silloin kun kone vielä valmistaa aiemman sarjan tuotteita. Mikäli asetusta ei valmistella ja kaikki asetukseen liittyvä toiminta kohdistuu sisäiselle asetusajalle, asetusajan sisäinen osuus on auttamatta liian suuri, jonka johdosta tuottavuus pienemmissä sarjoissa romahtaa olemattomaksi.

Asetuksia analysoidessa ja seuratessa kävi ilmi asetusten valmistelun puutteellisuus. Asetus aloitetaan lähes kokonaan valmistelematta siinä vaiheessa, kun kone pysähtyy ja aiempi sarja on saatu päätökseen. Raaka-aineiden hakeminen, oikeiden leukojen hakeminen ja etsiminen, joidenkin terien tarkastaminen ja mittaaminen sekä robotin parametrien muuttaminen ovat toimenpiteitä, jotka ovat useimmissa tapauksissa mahdollista tehdä samaan aikaan, kun työstökone vielä valmistaa edellistä tuotetta. Sisäiseen asetukseen ei tarvitse jättää muita työvaiheita kuin välttämättömät, eli pakan stoppareiden kiinnitys, leukojen kiinnitys, ohjelman testiajo sekä kappaleen mittaukset. Hyvin valmistellulla asetuksella voidaan leikata sisäisestä asetusajasta iso osa pois.

Asetuksien valmisteluun ja jatkuvaan seurantaan otettiin käyttöön tarkistuslista (liite 3), johon on kirjattu asetuksen valmisteluun kuuluvat asiat, jotka tulee olla tehtynä ennen sisäisen asetusajan alkua. Tarkistuslistalla pystytään helpommin seuraamaan asetuksien valmistelua. Mikäli syystä tai toisesta asetusta ei ehditty valmistelemaan kokonaan, näkee seuraava vuoro tarkistuslistalta välittömästi missä kohtaa asetuksen valmistelua ollaan. Työnjohdolle toimitetaan ennen jokaista sisäisen asetuksen alkua valmistelulomake asianmukaisesti täytettynä, jonka jälkeen sisäinen asetusta voidaan aloittaa. Vaikka työstökone olisi pysähtynyt jo aiemman sarjan jäljiltä, on silti tehokkaampaa aloittaa asetuksen valmistelulla, kuin itse asetuksella. Asetuksen valmistelussa käydään johdonmukaisesti tarvittavat asiat läpi ja työ on huomattavasti organisoidumpaa.

Iltaisin robotti jätetään tekemään yöksi kulloinenkin sarja loppuun, jolloin on useissa tilanteissa mahdollista ottaa käyttöön valmistelutapa, jossa iltavuoro valmistelee mahdollisuuksien mukaan ennen vuoron päättymistä asetuksen aamuvuorolle. Aamuvuoron tullessa töihin on asetuksen teko huomattavasti jouhevampaa kaiken ollessa valmiina solun välittömässä läheisyydessä valmisteltuna. Ilta-
vuoron henkilöstöresursseista riippuen aamun asetuksia ei aina ole mahdollista valmistella ajan puutteen vuoksi. Asetuksien valmistelussa tuotannonohjaus on tärkeässä roolissa, jolloin koneen operaattori on tietoinen siitä, mikä seuraava työstettävä sarja on käytettävällä koneella.

Ennen asetuksiin tehtyjä muutoksia kerätyn datan keskiarvoon verrattuna asetuksen asiaan kuuluvalla ja huolellisella valmistelulla saatiin merkittäviä muutoksia sisäisissä asetusajoissa. Tarkastelujaksolla keskiarvollisesti prosentuaalinen hyöty kunnolla valmisteltujen asetusten ja aiempien lähes kokonaan valmistelemattomien asetusten välillä oli 58,13%. Suurena hyötynä asetusajan laskuun asetuksen valmistelussa on asetuksen tarkempi organisointi, jolloin kulkukaaviossa nähdyt tulokset ovat merkittäviä. Keskiarvollisesti kulkeminen asetuksen aikana tippui 55,75%, joka näkyy suoraan myös sisäisen asetusajan merkittävässä laskussa.

5.3 Työn luotettavuus

Konepajateollisuudessa sisäinen asetus aika on työn ajanjakso, jolloin ihminen on pääasiallinen työn suorittaja. Ihmisen ollessa työn suorittajana tarkoittaa se väistämättä inhimillisyyttä työvaiheissa. Ihmisiä ei ole mahdollista ohjelmoida tai standardoida, mikä tarkoittaa väistämättömästi lukuisia muuttujia jokaisen työntekijän, ammattitaidon sekä työhön orientoitumisen välillä.

Tutkimisen ja analysoinnin perustana pidettiin koko ajan keskiarvollista tarkastelua mahdollisimman laajalla otannalla. Ajan ollessa rajallinen ei ole mahdollisuuksia saada tuhansia asetusten tarkasteluja, jossa muutokset näkyisivät huomattavasti luotettavammin. Muutokset näkyivät asetusajojen puitteissa kuitenkin niin radikaalisti toistuvissa tuotteissa, että tuloksien selkeä suunta on oikea. Muutoksia, joita asetuksiin on tehty, tulee seurata myös pidemmällä ajanjaksolla, jolloin työn oikeat hyödyt tulevat selkeämmin esille. Tuloksien pidempiaikaisen seurannan tuloksena myös poikkeamien merkitys pienentyy. Valmistelemattomien asetusten tekemisessä häiriöitä oli verrattain paljon, mutta osa häiriöstä johtui juurikin valmistelemattomuudesta.

5.4 Jatkoehdotukset

Asetusaikojen lyhentäminen ideaalitalanteeseen on pitkä prosessi ja vaatii jatkuvaa työskentelyä. Selkeiden puutteiden ja epäkohtien korjaaminen on ensimmäinen askel kohti parempaa tuottavuutta asetusaikojen puitteissa. Selkeiden asioiden korjaaminen ja parantaminen tuo hyviä tuloksia jo lyhyellä aikavälillä, mutta jatkuvaa parantamista ja asetusaikojen seuranta tulee jatkaa myös tulevaisuudessa. Asetuksiin käytetty aika voidaan pitkällä seurantajaksolla lyhentää niin pieneksi, että muutaman kappaleen sarjatkin saadaan tuottaviksi.

Jatkoa silmällä pitäen on tärkeintä pitää jo tehdyistä muutoksista kiinni ja seurata niiden toteuttamista. Selkeimpien asioiden, kuten työkalujen positioiden tulee pysyä konekohtaisina ja ne tulee siirtää jo yhdellä koneella käyttöönotetulla tavalla muihinkin koneistussoluihin. Monitoimikoneiden asetuskärryt (kuva 8) tulee selkeyttää ja varustella uudestaan, sekä tarkkailla jatkuvasti kärryjen pysyvän siistinä ja asiaankuuluvalla tavalla varusteltuna. Asetuskärryjen oikeanlainen käyttö helpottaa asetuksien valmistelua huomattavasti. Kun kärryyn on kerätty ulkoisella ajalla tarvittavat työkalut ja asetukseen tarvittava välineistö, sisäinen tekovaihe helpottuu huomattavasti.



KUVA 8. Uudelleen varusteltava asetuskärry

Asetuksien valmistelua ennen sisäistä asetusaikaa on hyvä seurata jatkuvasti, jolloin valmistelu ei lähde lipsumaan takaisin vanhaan, jossa asetuksien valmistelu jää käytännön tasolla tekemättä kokonaan. Yksi hyvä tapa on nimetä koneryhmittäin jokaiseen vuoroon asetusvastaava, jonka tulee valmistella asetukset ja todentaa valmistelut työnjohtajalle ennen vuoron päättymistä. Mikäli toimintamalli toteutetaan, vaatii se työnjohtajan tarkkaa otetta ja tarkastelua, että ohjeiden mukaiset asetukset on valmisteltu ennen vuoron päättymistä.

Kaikkien operaattoreiden omaksuttua uudet toimintatavat asetuksien valmistelun sekä konekohtaisten työkalujen positioiden osalta, voidaan aloittaa spesifioidumpi asetusten parannus ohjelmarakenteiden muutoksilla. Tällöin voidaan päästä samankaltaisen tuotteiden osalta sekasarjoihin, joissa valmistetaan yhdellä asetuksella useampaa eri tuotetta. Nykyäänkin sekasarjat ovat teoriassa mahdollisia, mutta ne vaativat jonkin solun rauhoittamista, jotta sekasarjat saadaan ensimmäistä kertaa pyörimään. Asetusaikojen puitteissa on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää saada ensin kuntoon asetuksien tekemisen puutteet. Nykyisten asetuksissa tehtyjen parannusten arkipäiväistytyä, sekasarjat tulee ehdottomasti ottaa seuraavana työn alle tuottavuuden parantamiseksi.

Jatkoa ja tuotannon kannattavuutta ajatellen tulee myös ottaa tarkasteluun työntekijäresurssit. Mikäli robottikoneistushallissa kaikki menee suunnitellusti ja ongelmia ei synny, työntekijöiden määrä on nykyisellään varmasti riittävä. Paljon soluja ja sitä enemmän liikkuvia osia sekä automaatiota tarkoittaa poikkeuksetta jonkin verran häiriöitä ja tarvetta ihmisen tarkastelulle tai koneen asentamiselle. Häiriön sattuessa solu sitoo vähintään yhden ihmisen kokonaan ja näin ollen asetusten vaihto muillekin koneille on mahdotonta. Joissain tilanteissa useampi solu voi olla paikallaan, koska ei ole tarpeeksi ihmisiä aktiivisesti ajamassa soluja. Työkappaleiden ollessa todella mittatarkkoja solu sitoo jonkin verran ihmistä joka tapauksessa ja mikäli tällaiseen aikaan toisella solulla ilmenee häiriö, on useampi kone paikallaan turhaan.

5.4.1 Asetuskorttien automatisointi

Uutta tuotetta valmistaessa asetus aika on aina huomattavasti suurempi kuin ennestään tuttua tuotetta tehdessä. Syy on yksinkertaisesti siinä, että uudelle tuotteelle tulee tehdä NC-ohjelma ja kaikki mekaaniset asetukset täysin puhtaalta pöydältä. Ohjelman testiajo tehdään vaiheittain todella varovaisesti, jotta turhilta törmäyksiltä vältetään.

Asetuskortti tehdään uudesta tuotteesta joka kerta ja siihen merkitään kaikki oleelliset seikat asetukseen liittyen. Käytetyt terät, leuat, stopparit ja tärkeimmät mitat. Näin ollen seuraavalla kerralla kyseistä tuotetta valmistettaessa voidaan asetuskortista katsoa tarvittavat työvälineet kappaleen asetukseen. Usein asetuskortteihin liitetään verkkolevylle asetukseen liittyviä kuvia, joista voi ongelmatilanteissa käydä tarkistamassa miltä asetus on aiemmin fyysisesti näyttänyt.

Terätiedot merkataan Excel-pohjaan itse kirjoittamalla. Kappaleissa voi olla jopa useita kymmeniä eri teriä ja yhdestä terästä kaikkien tietojen merkkäminen Exceliin on työlästä ja aikaa kuluttavaa. Eri työntekijöiden välillä on myös eroja asetuskorttien teossa. Asetuskorttien tekemiseen ei ole mitään johdonmukaista ja standardoitua työvälinettä tai työtapaa. Asetuskortit tulee jatkossa ehdottomasti standardoida tavalla, jossa jatkossa jokainen asetuskortti on samanlainen ja eri työntekijöiden välisiä eroja ei korttiin synny.

Markkinoilla on ohjelmistotuotteita, jotka ovat perehtyneet asetuskorttien automaattiseen täyttämiseen ja helppokäyttöisyyteen. Tällaisia ohjelmia ovat esimerkiksi DncTABVIEW ja Mastercamiin saatava lisäosa (Heinonen, E. 2016). Ohjelma tallentaa asetuskortille käytettävät terät ja terätiedot automaattisesti, eikä turhaa excel-dokumentointia tarvitse tehdä. Ohjelmiin on myös vaivatonta liittää suoraan kuvia asetuksista, jolloin kuvat ja asetustiedot ovat samassa paikassa. Logistic TKT Systemsillä on ohjelmointiin käytössä Edgecam-ohjelmisto. Edgecamiin on saatavilla asetuskortin automaattiseen laadintaan oleva lisätyökalu, Live Job Reports. Lisäosan käyttöönotto vaatii perehtymistä ja tarkastelua, onko kyseisellä ohjelmalla mahdollista saada kaikki halutut tiedot yhteen tiedostoon. Koneistajalle asetuskortissa on ensisijaisen tärkeää tietää myös työkalujen ko-

koonpanot, eikä pelkästään terätiedot, joka hankaloittaa asetuskorttien tekoa ennestään. Uuden asetuskorttien täyttämiseen toimivan työkalun perehtymiseen ja oikeanlaisen etsimiseen tulee tehdä yhteistyötä ohjelmien tekijöiden kanssa, jolloin saadaan käyttöön kaikille yhtenäinen, standardoitu asetuskortti.

5.4.2 Asetusaika nolla?

Logistic TKT Systems Oy:llä valmistetaan paljon samoja piirteitä sisältäviä tuotteita. Tuotteiden samankaltaisuus kohdistuu puolivalmiiden komponenttien kiinnitys- ja käsittelypintoihin. Valmistettavien kappaleiden kiinnityspintojen pysyessä samankaltaisina, tarkoittaa se asetuksen kannalta sitä, ettei mekaanisia muutoksia tarvitse asetukseen tehdä. Koneistusleuat sekä robotin parametrit pysyvät samoina, jolloin ainoat muuttuvat asiat näiden asetuksien välillä ovat osa työkaluista ja työstökoneen NC-ohjelma.

Työkalumakasiinien ollessa isoja, on mahdollista saada kaikki tarvittavat työkalut mahtumaan koneeseen kerralla. Kaikkien terien mittauksien ja asetuksien jälkeen muutettavaksi asiaksi jää NC-ohjelma. Ohjelmarakenteen voi käytännössä rakentaa tavalla, jossa kutsutaan jo olemassa olevia ohjelmia koneen muistista. Näin ollen voitaisiin ajatella, että yhdellä asetuksella saadaan tehtyä useampaa erilaista tuotetta muuttamatta asetusta, jolloin pienempien sarjojen valmistaminen on kannattavaa.

Sekasarjoja, joissa valmistetaan samalla asetuksella useampaa tuotetta, kannattaa ottaa vaiheittain työn alle. Vielä on mahdollista tuotannonohjauksellisesti parantaa jo huimasti asetusaikoja näiden komponenttien osalta. Mikäli asetuksen tekovaiheessa tiedetään, että samankaltaisia tuotteita valmistetaan useampi erilainen sarja, voi asian ottaa huomioon jo ensimmäisen yksittäisen asetuksen tekemisessä. Asetusta tehdessä on mahdollista asettaa myös seuraavan kappaleen terät makasiiniin. Näin ollen pelkällä tuotannonohjauksella päästään tilanteeseen, jossa sisäisen asetusajan puitteissa ei tarvitse tehdä muuta kuin vaihtaa NC-ohjelma. Jatkoa ajatellen sekasarjojen hyöty tulee yöajoissa, jolloin on mahdollista jättää sekasarja yöksi valmistumaan ja ohjelman siirtoa ei tarvitse tehdä, mikäli toimiva ohjelmankutsuihin perustuva ohjelmarakenne saadaan tehtyä.

Yksi mahdollisuus asetusajan minimointiin samankaltaisten tuotteiden välillä on rauhoittaa yksi kokonainen solu yhdenkaltaiselle tuotteelle. Tällöin solu olisi aina valmis ajamaan kyseisiä tuotteita pelkällä ohjelmansiirrolla, jolloin sisäinen asetus aika saadaan minimoitua. Jos yksi solu olisi aina valmis yhdelle tuotesarjalle, olisi järkevää valmistaa jopa yhden kappaleen sarjoja. Kokonaisen solun rauhoittaminen yhdelle tuotesarjalle on kapasiteettia kuluttavaa, jolloin tilauskannan pitäisi olla vakio kyseisille tuotteille. Tilanne, jossa solu seisoo toimettomana, on automatisoidusta tuotannosta pois.

6 POHDINTA

Opinnäytetyötä tekemään aloittaessa ideoita syntyi lähes joka ajatuksella ja uusia tapoja asetusten parantamiseen tuli lähes taukoamatta vuorokauden ympäri. Työn alkupuoliskon sekasortoa muistuttavan ajatusmyrskyn jälkeen työtä rajattiin huomattavasti, jolloin päästiin johdonmukaisempaan analysointiin ja pitemmälle ajateltuihin toimintasuunnitelmiin. Rajaus selkeytti opinnäytetyötä huomattavasti ja sen jälkeinen työskentely oli edullisempaa kaikille osapuolille. Syy useisiin ideoihin, ajatuksiin ja parannusehdotuksiin lähti varmasti usean vuoden kokemuksesta konepajateollisuuden parissa. Viimeisten seitsemän vuoden aikana olen työskennellyt eri konepajoissa lukuisissa erilaisissa työtehtävissä ja lastuava työ on entuudestaan jo hyvinkin tuttua.

Auttamatta ideoita tulee aiemmista työpaikoista ja toimintatapoja asetusten ja yleisen koneistustyön puitteissa tulee peilattua paljon aiemmin koettuihin tapoihin. Suurin muutos aloittaessa Logistic TKT Systemsillä oli todella laaja tuotannon joustavuus ja robottikoneiden hallitsevuus. Logisticilla on todella suurelta osalta panostettu automatisointiin ja koneenpalvelurobotteihin, mikä toi jälleen uutta perspektiiviä konepajatuotantoon itselleni. Joustavuuteen on pyritty mahdollisimman samankaltaisilla työstökoneilla, jolloin työntekijöiden ammattitaitoa voi hyödyntää mahdollisuuksien mukaan laajemmin. Rajoitteita eri solujen välillä tuo robottien kappaleenkäsittely sekä työstökoneiden fyysiset mahdollisuudet.

Opinnäytetyön aikana tehdyt havainnoinnit ja analyysit opettivat hyvin laaja-alaisesti pienien asioiden merkityksestä tuotannon kannattavuudessa. Analysoinnin perusteella ja analyysien keskiarvoja tutkiessa hämmästyin, kuinka pienistä asioista saadaan jo vuositason merkittäviä ajallisia säästöjä.

Mielestäni työn aikana tehdyillä havainnoilla ja analyyseillä saatiin vastauksia opinnäytetyön tärkeimpiin kysymyksiin. Mihin aika asetuksessa menee, mitkä ovat mahdolliset pullonkaulat ja miten asetusten aikoja kannattaisi lähteä lyhentämään. Näin lyhyen tarkasteluajanjakson perusteella nähtiin jo oikea suunta asetusajoissa ja pitkäjänteisellä työskentelyllä ja seurannalla asetusajat saadaan pienentymään jatkossakin.

Jos aloittaisin työn uudestaan, rajaisin aiheen heti ensimmäisenä järkevään laajuuteen. Työn alun ylioptimistisen laajuuden ja aikataulutuksen tavoittelu oli mahdoton tehtävä, joka olisi vaatinut ympärivuorokautista työskentelyä aiheen parissa. Aikataulutus on ainoa asia, jota jälkikäteen ajatellen olisi voinut helpottaa, mutta mielenkiinto aihetta kohtaan helpotti työskentelyä monilta osin ja teki aikataulutuksessa pysymisestä mahdollisen.

LÄHTEET

Arrow. 2017. SMED – Tehokkuutta tuotantolinjoihin. Luettu 15.2.2020.
<https://blogi.arroweng.fi/smed-tehokkuutta-tuotantolinjoihin>

Hakanen, Matti. 2019. Maailmassa mikään ei jakaudu tasaisesti. Luettu 15.2.2020.
<https://www.modulcon.fi/2019/09/11/maailmassa-mikaan-ei-jakaudu-tasaisesti/>

Heinonen, E. 2016. Asetuskorttien hallinnan kehitys. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kaizen Institute. 2020. What is KAIZEN. Luettu 13.2.2020.
<https://www.kaizen.com/what-is-kaizen.html>

Kauppinen, V. 2009. Konepajateknisiä pohdintoja Suomalaisen konepajakulttuurin muutoksia 1960-luvulta 2000-luvulle. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Espoo: Helsinki University of Technology, 8.

Kiviharju, R. 2018. ASETUSAIKOJEN KEHITYSPROJEKTI HYDORING OY:N MONITOIMISORVEILLE. Energia- ja polttomoottoritekniikka. Opinnäytetyö.

Kyrenius, P. 2015. Tuotantojärjestelmät. Luettu 8.2.2020.
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/154333/mod_resource/content/1/Kon_15_3118_s2015_L1.pdf

Lean Forward Oy. 2008. Toyota Production System. Luettu 30.1.2020. Tuotannon suunnittelun opetusdiat.

Lean Lion. 2019. Miksi 5S? Luettu 6.2.2020.
<https://www.leanlion.com/miksi-5s>

LeanProduction. 2019. Kaizen. Luettu 13.2.2020.
<https://www.leanproduction.com/kaizen.html>

Liker, J. 2004. The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer. The United States of America: McGraw-Hill Professional.

Logistiikan maailma. 2019. JIT (JUST-IN-TIME) JA IMUOHJAUS. Luettu 15.2.2020.
<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Perplex Oy. Ei päivämäärää. 80/20-PERIAATE PÄTEE KAIKESSA. Luettu 15.2.2020.
http://www.perplex.biz/8020_kaikessa.html

Quality knowhow Karjalainen Oy. Lean -strategia ja sen soveltaminen. Luettu 6.2.2020.
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/lean-strategia-ja-sen-soveltaminen/>

Strategos. 2016. A History of Lean Manufacturing. Luettu 6.2.2020.
http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm

Tilastokeskus. Ei päivämäärää. Työn tuottavuus. Lainattu 6.2.2020.
https://www.stat.fi/meta/kas/tyon_tuot.html#tab1

Uitto, J. 2015. Mikä on JIT? Luettu 15.2.2020.
<https://jesseuitto.fi/mika-on-jit/>

Ylivinkka, Juha. 2012. Koneistuksen asetusaikojen lyhentäminen. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Asetuksen seurantalomake

1(2)

ASETUKSEN SEURANTALOMAKE

Asetusta seurataan havainnointianalyysillä, jossa on eritelty seikkaperäisesti asetuksen tekemisessä olevia vaiheita. Havainnointi tapahtuu kahden minuutin ajanjaksoissa, jossa havainnoija merkkää kahden minuutin välein tukkimiehen viivan siihen ruutuun, joka kuvaa ajanjakson aikana tapahtunutta työvaiheita. Vinoviivaa käytetään, mikäli havainnointi tahdotaan tehdä minuutin tarkkuudella kahden sijasta.

/ = 1 min

I = 2min

AIHIOIDEN KÄSITTELY**PAKKA 1 LEUKOJEN ASETUS****PAKKA 2 LEUKOJEN ASETUS****TK TARKASTUS/VAIHTO****PAKKA 1 STOPPARI****PAKKA 2 STOPPARI**

ROBOTIN PARAMETRIT

MITTAUS

TYÖKALUN HAKU/ETSIMINEN

TESTIAJO (VRT KAPPALEAIKAAN)

HÄIRIÖ, MUU?

Asetuksen kokonaisaika

Asetukseen kuulumaton aika (tauot)

Liite 2. Asetuksen aikaisen kulkemisen seuranta

**ASETUKSENAIKAISEN KULKEMISEN
SEURANTALOMAKE**

Asetuksenaikaista liikkumista seurataan havainnointilomakkeella, jossa on eritelty työpisteeltä poistumiset. Havainnointi tapahtuu merkkimalla seurantalomakkeeseen jokainen työpisteeltä poistuminen ja sen syy. Yksi merkintä vastaa työpisteeltä poistumisen ja siihen palaamisen. Mikäli vaihtoehtoa ei ole valmiina, lisätietoihin kirjoitetaan mihin on liikuttu.

TYÖKALUVARASTO

--

TOINEN SOLU

--

TAUKO

--

JOKU MUU, LISÄTIEDOT

--

Liite 3. Asetuksen valmistelu

Ennen aiemman sarjan päättymistä tehdävät asetuksen valmistelut

Lomake kulkee työkortin mukana ja yksi asetusta kuitataan yhden kerran tälle lomakkeelle

Alle kuittaus, kun
kulloinenkin asia
on tehty

1. Hae aihiot ja aseta ne mahdollisuuksien mukaan robotin hakupöydälle

☐ ☐


2. Etsi tarvittavat leuat sekä stopparit ja aseta ne työpisteen välittömään läheisyyteen (työtasolle/täällikärky)

☐ ☐


3. Hae tarvittavat työkalut työpisteelle (leukojen kuusiokolo-avain, mittavälineet...)

☐ ☐

4. Asetuskortin päivitys & muokkaus

☐ ☐

5. Tarkista työhön tarvittavat terät. Terät, jotka eivät ole käytössä käynnissä olevassa sarjassa, tulee asettaa ja mitata ennen aiemman sarjan päättymistä.

☐ ☐

Solu _____

Solu _____

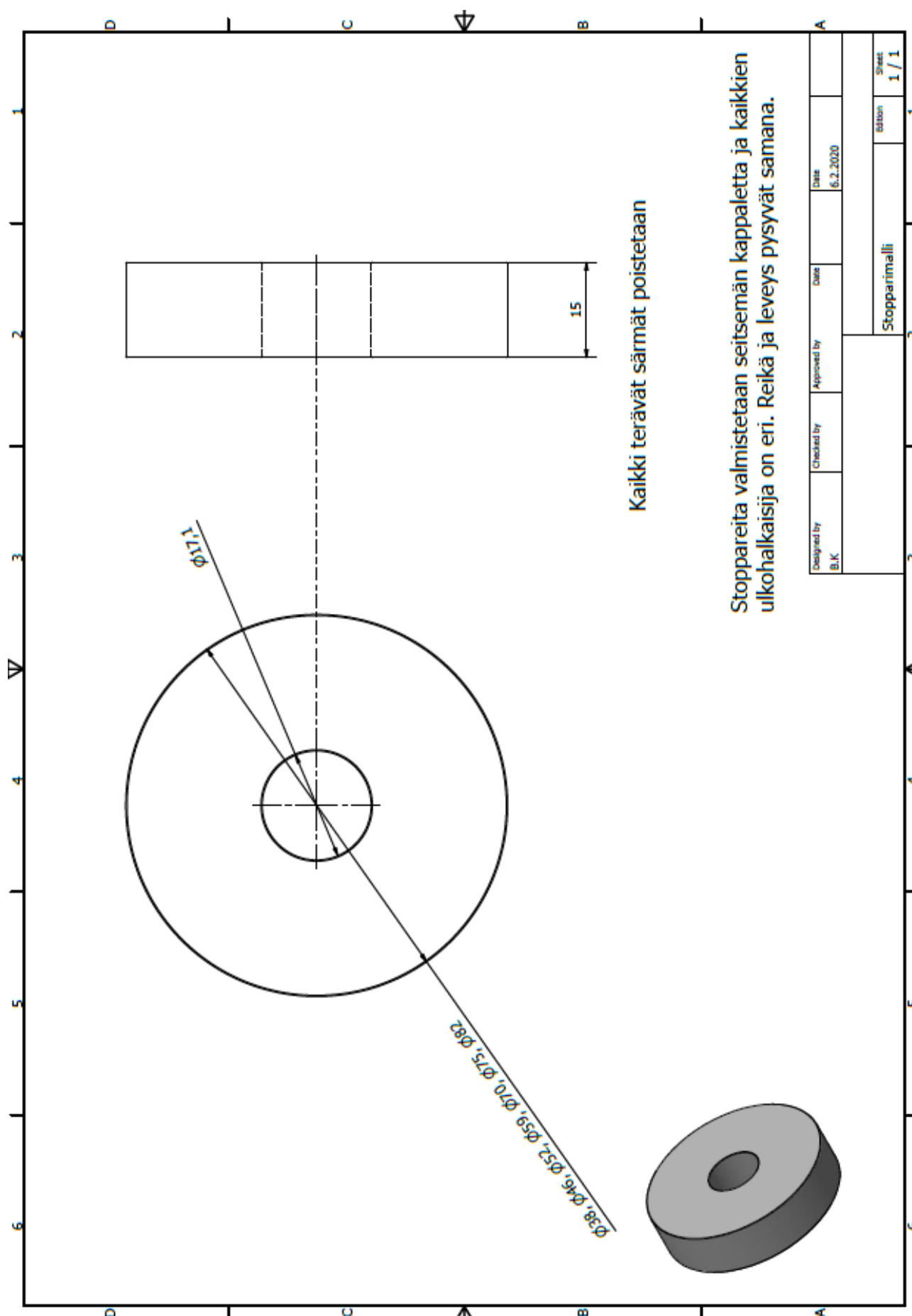
Asetuksen valmistaja _____

Asetuksen valmistaja _____

pvm _____

pvm _____

Liite 4. Stopparin teknillinen piirustus



Liite 5. Stopparin jatkojen teknilliset piirustukset

