



# Standardiaikojen hyödyntäminen moottorikokoonpanon vaiheikojen määrittämisessä

Jaakko Hyttinen

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2023

Autotekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät Koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Autotekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät Koneet

HYTTINEN, JAAKKO:

Standardiaikojen hyödyntäminen moottorikokoonpanon vaiheaikojen määrittämisessä

Opinnäytetyö 62 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Kesäkuu 2023

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin MTM:n perusliikkeisiin pohjautuvien standardiaikojen hyödyntämistä kokoonpanoajan määrittämisessä. Tarkoituksena oli helpottaa työkonedieselmoottoreita Nokian Linnavuoreessa valmistavan AGCO Powerin moottorikokoonpanon vaiheaikojen muokkaamista tuotantokapasiteetin maksimoimiseksi. Ilman standardiaikajärjestelmää on haastavaa arvioida esimerkiksi kokoonpanon työtehtävien siirtelystä eri vaiheiden kesken aiheutuvaa vaiheajan muutosta. Standardiaikajärjestelmää hyödyntäen pystytään parhaassa tapauksessa suunnittelemaan uusien tuotteiden kokoonpanoa paremmin jo etukäteen, ja optimoimaan vanhoja tehtäviä paremmalle hyötysuhteelle.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan kokoonpanolinjaston yhtä työvaihetta ja yhtä moottorimallia. Opinnäytetyössä käytettiin MTM:n Ticon-ohjelmistoa, jossa luotiin standardiajoista standardiaikablokkeja vastaamaan valitun kokoonpanovaiheen todellisia työtehtäviä. Standardiaikablokkien suunnittelussa hyödynnettiin videomuotoista työntutkimusmateriaalia ja MTM:n materiaalia. Valmiit aikablokit vietiin lisäanalyysiä ja suunnittelua varten Excel-taulukkolaskentaohjelmistoon.

Kokoonpanoajat ja AGCO-konsernin omat sisäiseen käyttöön tarkoitetut aikablokit ovat salaisiksi luokiteltuja, joten niitä ei voitu tuoda ilmi työn julkisessa versiossa. Tästä syystä tarkat aikatiedot ovat raportin liitteenä, ja julkinen raportti käsittelee aihetta geneerisemmin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin valitun kokoonpanovaiheen aika kasattua lähes täysin valmiista standardiajoista, muutamia erikoisempia työtehtäviä oli lisättävä työntutkimusaikana joukkoon. Tuloksena saatu aika vastasi vaiheella melko hyvin tuotannonohjausjärjestelmän keskiarvoaikaa. Tulokset antavat siis aihetta olettaa standardiaikamallin olevan skaalattavissa koko linjaston laajuudelle tulevaisuudessa. Suosituksena voisikin antaa jatkaa aiheen tutkimista ja laajentaa käyttöönottoa. Olisi suotavaa luoda tehtaan käyttöön oma datakortti, jota voitaisiin hyödyntää jatkokehityksessä. Datakortin tulisi sisältää kaikki tarvittavat standardiajat, joita kasaamalla voidaan koota koko linjaston kokoonpanotehtävät.

---

Asiasanat: kokoonpano standardiaika työntutkimus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Automotive Engineering  
Intelligent Machines

**JAAKKO HYTTINEN:**

Utilizing Standard Times to Determine Engine Assembly Cycle Times

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 3 pages  
June 2023

---

The purpose of this bachelor's thesis was to help determine assembly times by using standard times based on basic motions of Methods-Time Measurement MTM. Using standard times makes it easier to modify the layout of assembly line or the length of cycle times. These were the main reasons for Finnish diesel engine manufacturer AGCO Power to inquire a thesis around this subject. The focus of the thesis was in one of the assembly stages and one specific engine model in the assembly line in the Linnavuori plant of AGCO Power.

Data for this thesis were collected by the production control system and the recorded time and motion research. The most essential software used was Ticon-application provided by MTM. Ticon was used to build bigger standard time blocks of the standard times to correspond the actual assembly tasks. Data was then exported to Excel-software to be analyzed more specific.

The resulting standard times were quite accurate compared to actual assembly times. This gave trust to the standard time system usability. Some of the standard times did not equalate accurately to the actual assembly times so further inspection will be needed when continuing the process.

In conclusion the findings indicate that the scaling of the system to the whole assembly line is possible and profitable. The main benefit is the easy adaptability when changing for example the assembly line layout, as was hoped in the beginning. The standard time system can be very helpful when making the decisions about the assembly line and adopting cycle times to meet takt time.

---

Key words: assembly line, standard time, takt-time

## SISÄLLYS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO .....   | 7  |
| 2 | TYÖN JA ASIAKASYRITYKSEN TAUSTAA.....                              | 9  |
|   | 2.1 Vastaavat projektit muualla .....                              | 10 |
| 3 | STANDARDIAJAN PERUSTEITA .....                                     | 12 |
|   | 3.1 Standardiaika .....  | 12 |
|   | 3.1.1 Standardiajan sisältö .....                                  | 12 |
|   | 3.1.2 MTM .....  | 13 |
|   | 3.1.3 Standardiajan määrittely.....                                | 15 |
|   | 3.1.4 Työntutkimus .....   | 17 |
|   | 3.1.5 Standardiaikakirjastot .....                                 | 18 |
|   | 3.2 Lean .....   | 19 |
|   | 3.3 Käytettävät ohjelmistot .....                                  | 20 |
| 4 | TUOTANTOLINJAN NYKYTILANNE .....                                   | 21 |
|   | 4.1 Valmistettavat tuotteet.....                                   | 21 |
|   | 4.1.1 Tässä työssä tutkittava tuote .....                          | 21 |
|   | 4.2 Kokoonpanolinjan toiminta .....                                | 24 |
|   | 4.3 Linjan tasapainotus nykyisellään.....                          | 27 |
|   | 4.3.1 Kokoonpanoaikojen keruu .....                                | 30 |
|   | 4.3.2 Perusteet uuden järjestelmän tutkimiselle .....              | 31 |
| 5 | TYÖN KULKU.....  | 32 |
|   | 5.1 Valitun työvaiheen tehtävät ja standardiaikojen sovellus ..... | 32 |
|   | 5.1.1 Tutkittavan vaiheen asennustehtävien kuvaus .....            | 32 |
|   | 5.1.2 Valmiiden sopivien standardiaikojen etsintä .....            | 34 |
|   | 5.1.3 Uusien standardiaikojen luominen.....                        | 39 |
|   | 5.2 Standardiaikojen sovellus erilaisissa tilanteissa .....        | 40 |
|   | 5.2.1 Standardiaikojen valintaperusteet.....                       | 42 |
|   | 5.2.2 Puutteet käytetyissä standardiajoissa.....                   | 45 |
| 6 | TULOSTEN ANALYSOINTI JA VERTAILU KOKOONPANOON .....                | 48 |
|   | 6.1 Standardiaikojen käytön sujuvuus.....                          | 48 |
|   | 6.1.1 Järjestelmän skaalaus koko linjastolle .....                 | 48 |
|   | 6.1.2 Menetelmän huonot puolet .....                               | 49 |
|   | 6.1.3 Menetelmän hyvät puolet .....                                | 49 |
|   | 6.2 Vertailu työntutkimuksen tuloksiin .....                       | 50 |
|   | 6.3 Vertailu tuotannonohjausjärjestelmän aikoihin .....            | 51 |
| 7 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....                     | 55 |
|   | 7.1 Yhteenveto ja johtopäätökset.....                              | 55 |

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 7.2 Jatkokehitysehdotukset.....                                    | 56                                  |
| LÄHTEET.....   | 59                                  |
| LIITTEET .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Liite 1. AGCO-konsernin Breganze-datakortti Ticonissa, rajattu ote |                                     |
| <b>Error! Bookmark not defined.</b>                                |                                     |
| Liite 2. Excel-taulukko vaiheen SA46 tehtävistä                    | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>defined.</b>  |                                     |
| Liite 3. SA46 Keko-ajat maaliskuu-toukokuu 2023, suodatettu .....  | <b>Error!</b>                       |
| <b>Bookmark not defined.</b>                                       |                                     |

## ERITYISSANASTO

|               |   |
|---------------|---|
| TPM           | Ennakoiva huolto pitää laitteet aina kunnossa   |
| 6S            | Lean-konsepti, kehitetty optimoimaan ja kehittämään tuotantoa turvallisemmaksi ja tehokkaammaksi  |
| AVIX          | Tuotannon analysointiin ja tasapainotukseen käytettävä ohjelmisto. Käyttää leanin periaatteita ja MTM:ää  |
| heijunka      | Lean-metodi, jonka tarkoituksena on tasoittaa tuotantopiikkejä ja näin minimoida ylikuormitusta. Termi tulee japanin kielestä ja tarkoittaa tasoittamista   |
| MTM           | Methods-Time Measurement. Laajasti käytetty liikeaikajärjestelmä. Kasataan perusliikkeistä hieman laajempia kokonaisuuksia  |
| MTM-UAS       | MTM:n 3-tason versio, Universal Application System. Käytetään organisoituissa sovelluksissa, joissa analyysin nopeus on tärkeämpää, kuin työtapojen seuranta  |
| TMU           | Time Measuring Unit. MTM:ssä aikayksikkönä käytettävä ennalta määritelty liikeaika. Yksi TMU = 0,036 s  |
| Ticon         | MTM:n tarjoama ohjelmisto, jolla voidaan käsitellä ja analysoida standardiaikoja  |
| standardiaika | Liike- tai tehtäväkohtaisesti määritelty aika, jossa standardin mukainen työntekijä tekee tehtävän määritellyllä standarditahdilla. Standardiaikaan kuuluvat työ-, lepo- ja apuaika, jotta se vastaisi paremmin todellisuutta |
| TPS           | Toyota Production System, lähtökohta leanille. Lähtökohtina tuotannon tehokkuus ja yksilön arvostaminen   |
| Lean          | Tuotantofilosofia, joka pyrkii minimoimaan väliivarastot, hukan ja arvoa tuottamattoman työn sekä osallistamaan työntekijää työn kehittämisessä. Työntekijän arvostus ja työolojen turvallisuus tärkeää                       |
| Keko          | Asiakasyrityksen käytössä oleva tuotannonohjausjärjestelmä. Järjestelmällä tuodaan kokoonpanovaiheille esimerkiksi työohjeet, ja kriittisimmät momenttikiristykset suoritetaan Kekoon integroiduilla sähkövääntimillä         |

## 1 JOHDANTO

Asiakasyritys AGCO Powerin moottorikoonpanolinjalla menee paljon erilaisia ja näin ollen eri työmäärän vaativia moottoreita, minkä takia moottorijono on suunniteltava tarkkaan tuotantokapasiteetin maksimoimiseksi ja asentajien työskenteilyn sujuvoittamiseksi. Tätä tarkoitusta varten oleellinen tarvittava tieto on, kuinka paljon tarkalleen milläkin moottorilla menee aikaa tietyllä vaiheella. Varsinkaan yrityksen uuden Core-moottorin kohdalla alkuun otetut ajat eivät enää pidä paikkaansa, kun linjaan ja vaiheisiin on tehty sen osalta muutoksia, ja asentajia on perehdytetty uuteen malliin.

Pienenkin muutoksen tuotteissa, linjastossa, osissa, työvälineissä tai työskenteilytavoissa, tapahtuminen voi muuttaa oleellisesti kokoonpanoaikaa ja tehdä näin arkistoidut kellotukset turhiksi. AGCO-konsernin puimuritehtaalla Breganzessa on testattu MTM:n pohjautuvia standardiaikoja ja luotu standardiaikakirjasto, jota pystytään käsittelemään Ticon-ohjelmistossa.

Näin tuotteen vaiheajat ja koko kokoonpanoaika voidaan mahdollisesti määrittää jo ennen valmistuksen aloitusta ja kellottamatta, kunhan työvaiheet, välineet ja etäisyydet tiedetään. Nämä kokoonpanon vaiheajan lyhentämisen ohella ovat keskeisiä syitä siihen, miksi standardiaikajärjestelmän käyttöönottoa tutkitaan AGCO Powerilla tämän opinnäytetyön kautta. Vaiheaikaa saadaan järjestelmän avulla lyhennettyä, sillä sen myötä työtehtävien tasapainotus eri vaiheiden kesken on tarkempaa ja helpompaa.

Vaiheajalla tarkoitetaan aikaa, joka kokoonpantavan moottorin kullakin asennusvaiheella kuluu. Aika olisi ideaalitulanteessa sekunnilleen sama joka vaiheella, mutta se ei toteudu todellisessa kokoonpanossa. Tässä raportissa käsiteltävä standardiaikamallin käyttöönotto kuitenkin tuo ideaalitulannetta lähemmäs todellisuutta. Vaiheiden tasapainotuksen ja muokkauksen kautta tavoitteena on myöhemmin saada vaiheaikaa lyhennettyä, mikä tarkoittaa suurempaa määrää valmistettuja moottoreita päivän aikana.

Tässä työssä keskitytään tutkimaan standardiaikojen hyödyntämistä vain uuden Core 75 FSTN -moottorin jakopään asennusvaiheeseen, mutta työssä on tarkoitus arvioida myös menetelmän skaalattavuutta koko linjastoon. Laajennuksen toteuttamisesta annetaan suosituksia tai ohjeita, kuinka se olisi järkevää toteuttaa, vai onko toteuttaminen ylipäättään järkevää. Rajaus yhteen vaiheeseen ja moottoriin on sikäli järkevä, että näin opinnäytetyön laajuus ei paisu liikaa, ja järjestelmän käyttöönottoa voidaan myös helpommin tutkia pienemmässä mittakaavassa.

Tavoitteena on myös vähentää tuotannon kellotuksen tarvetta sekä helpottaa mahdollisten kokoonpanon muutosten vaikutuksen hahmotusta. Muutostilanteessa uusi vaiheaika saadaan laskettua standardiajoilla jo etukäteen muokkamalla oleelliset arvot, kuten etäisyydet, vastaamaan uutta tilannetta. Tiedettäessä tarkasti, kuinka paljon aikaa mihinkin asennusvaiheeseen menee, jopa liikkeiden tasolla, voidaan linjan tasapainotusta hienosäätää entistä paremmaksi ja saavutetaan perimmäiset tavoitteet työn taustalla. Nämä ovat parempi tuottavuus ja enemmän valmistettuja moottoreita.

Työssä on materiaalina GoPro-kameralla asentajan kuvaamana dokumentoitu työvaihe, joka on myös pilkottu standardiaikoihin sopiviin osiin. Työssä standardiakablokkien kasaamiseen käytetään Ticon- ohjelmistoa. Koska standardiaikojen hyödyntäminen on tehtaalla uusi asia, eikä vakiintunutta toimintatapaa näin ollen vielä ole, keskitytään työn aikana myös koko ajan opettelemaan järjestelmän käyttöä jatkoa ajatellen, ja kasaamaan ohjeita ja neuvoja seuraavien vaiheiden standardiaikojen luomiseen. Jos jokin tapa vaikuttaa työläältä, mietitään parempia ja sujuvampia keinoja tilanteen ratkaisemiseksi. Tarkoitus ei ole kuitenkaan ainoastaan saada väen vängällä standardiajat yhdelle vaiheelle, vaan myös kehittää toimiva systeemi muillakin vaiheilla hyödynnettäväksi.

## 2 TYÖN JA ASIAKASYRITYKSEN TAUSTAA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Nokian Linnavuorella sijaitseva dieselmoottoreita valmistava yritys AGCO Power, joka on osa AGCO-konsernia. AGCO-konserni omistaa monia maatalouskonemerkkejä, esim. Valtran, Fendt ja Massey Fergusonin traktorit. AGCO Powerilla on moottoritehtaat Linnavuoren lisäksi Argentiinassa, Brasiliassa ja Kiinassa. (agcopower n.d.)

Linnavuoren tehdas sijaitsee Siuron historiallisen Linnavuoren kupeessa ja käsittää nykyään useamman hallin ja yksikön. Aiemmin tehdas on tunnettu Linnavuoren moottoritehtaana, Valmetin, Sisu Dieselin ja AGCO Sisu Powerin moottoritehtaana, kunnes viimeisimmän muutoksen myötä nimestä jätettiin Sisu pois, ja nimeksi jäi näin AGCO Power. (agcopower n.d.) Opinnäytetyö keskittyy 6-halliin, jossa suoritetaan moottoreiden kokoonpano, koekäyttö ja maalaus.

Moottoreiden valmistamisen lisäksi AGCO Powerilla tehdään tietysti myös suunnittelua, testausta ja tuotekehitystä. Tehtaalla on aina kehitetty toimintaa, sillä se on jalostunut sotakorvauskompressoreiden ja lentokoneen potkureiden valmistajasta yhdeksi tämän päivän johtavista työkonedieseleiden valmistajista. (agcopower n.d.)

Tehtaalla on keksitty vuosien varrella monia edistyksellisiä ratkaisuja, kuten suoraruiskutteinen dieselmoottori jo vuonna 1957 ja paineaaltoahdettu nelisyylinterinen moottori kokoonsa nähden erityisen suurella 424 Nm väännöllä 1970-luvulla. 1980-luvun alussa Linnavuorella keksittiin tehdä moottorista osa traktorin kantavaa runkoa, ja innovaatio on tänäkin päivänä käytössä. Samalla vuosikymmenellä keksittiin tehtaalla myös tukea sylinteriputki keskeltä, mikä vähensi kavitaatiota seinämissä. Vastaavasti jäähdytysneste kiertää tehokkaammin sylinteriputken ylimmäisessä osassa, juuri siellä missä lämpökuormitus on suurin (agcopower n.d.)

Yrityksen henkilömäärä Linnavuoren tehtaalla on kasvanut viime aikoina tasaisesti, ollen tilikauden 2021 lopussa 744 henkilöä (Kauppalehti 2021). Henkilömäärä jakaantuu usean eri hallin ja toiminnon kesken, ja sisältää muun muassa

komponenttien valmistusta, kuljetusta, kasausta, suunnittelua ja tuotekehitystä. (agcopower n.d.)

Yrityksen asiakaskunta on ollut ja on yhä edelleen hyvin laaja. AGCO Powerin tehtaot eivät tee moottoreita konsernin kaikkiin työkoneisiin, mutta määrää on haluttu lisätä. Tätä tavoitetta tukee myös tässä opinnäytetyössä käsiteltävä standardiaikamalli. Linnavuoren tehtaan moottoreita on ajan saatossa nähty muun muassa generaattoreissa, kompressoreissa, traktoreissa, kaivureissa, trukeissa, nostureissa, junissa, linja-, kuorma- ja kirjastoautoissa, merimoottoreina, Jeepeissä Suomen maahantuojaan asentamana, legendaarisessa Pasi-miehistönkuljetusajoneuvossa ja ehkä erikoisimpana kohteena saudiarabialaisissa sadetus-pumpuissa. Nykyään moottoreita menee traktoreihin, puimureihin, ruiskutusko-neisiin, heinäkoneisiin, kaivureihin ja muihin työkoneisiin (agcopower n.d.).

## **2.1 Vastaavat projektit muualla**

Inspiraatio tähän projektiin on saatu AGCO:n puimuritehtaalta Italian Bregan-zessa. Koska puimurin ja dieselmoottorin kokoonpano eroavat aika merkittävästi toisistaan, ei järjestelmää kuitenkaan voi suoraan kopioida moottoritehtaan käyt-töön.

Projektin aluksi etsittiin myös Suomesta vastaavia kokeiluja ja käytäntöjä. Haku-jen tuloksena löytyi opinnäytetöistä lähimmäksi tätä aihetta osuva työ Savonia-ammattikorkeakoulusta. Opinnäytetyö ”Kokoonpanoajkojen ennustaminen stan-dardiaikojen perusteella” (Pietikäinen 2022) on tehty yhteistyössä Nomet Oy:n kanssa, ja siinä on tutkittu tunneli/kaivosolosuhteissa käytettävien ajoneuvojen kokoonpanoa. Ennen opinnäytetyön tekemistä yrityksessä oli arvioitu ajoneuvo-jen valmistusaika, ja sitä kautta myös hintatarjoukset muistin varassa, ja todelli-nen aika saattoi heittää tästä merkittävästikin.

Pietikäisen opinnäytetyön tarkoituksena oli saada selville, voisiko osaluettelon perusteella ennustaa kokoonpanoajkoja. Hän tuli lopputulokseen, että tutkimus oli liian pintapuolinen ja osaluettelot niin vajavaisia, ettei aikaa pystytty niiden pe-rusteella tarpeeksi tarkoin määrittämään. (Pietikäinen 2022.)

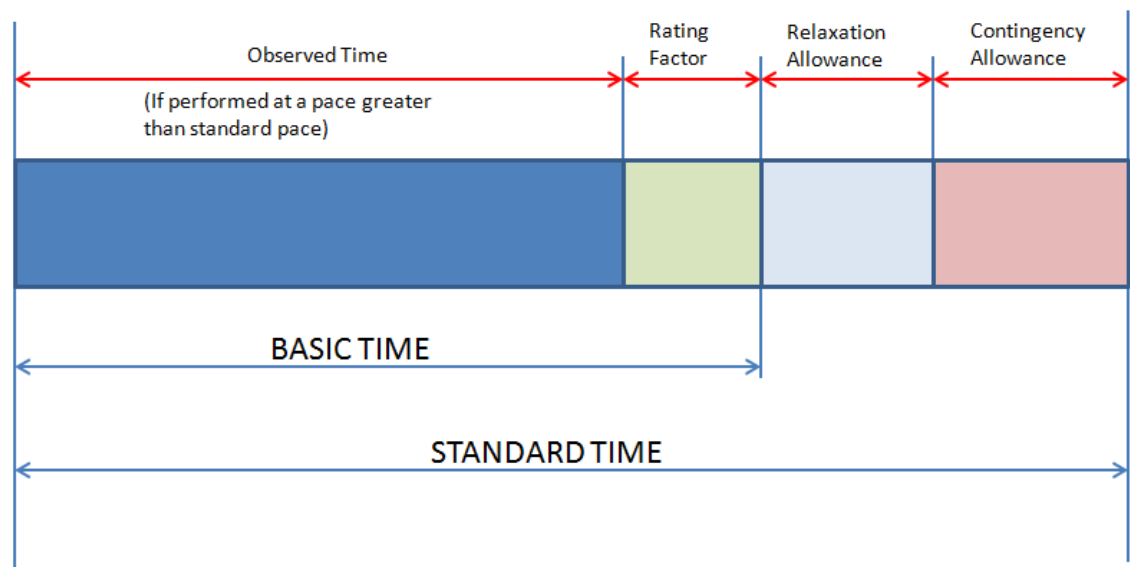
Toinen löytynyt otsikoltaan vastaava opinnäytetyö oli Ilkka Kuninkaan Lahden Ammattikorkeakoulussa vuonna 2011 tekemä ”Tuotteiden valmistuksen standardiaikojen määrittäminen”. Opinnäytetyö tehtiin yritykselle, joka kasaa kattoristikoita naulauslevyjen avulla. Työssä ei kuitenkaan mainittu MTM:ää, eikä muutenkaan hyödynnetty standardiaikakirjastoja. Työ perustui enemmän tavalliseen työntutkimukseen ja työskentelyajan seuraamiseen. (Kuningas 2011.) Työn ollessa merkittävästi yksinkertaisempi ja erilainen Pietikäisen työhön verrattuna, on sen tilannut yritys päässyt hyödyntämään työn tuloksia tarjouslaskennassa selvästi paremmin.

### 3 STANDARDIAJAN PERUSTEITA

#### 3.1 Standardiaika

##### 3.1.1 Standardiajan sisältö

Standardiaika on aika, joka määrättyyn tehtävään kuluu standarditahdilla, eli erikseen määritellyllä työskentelyteholla (López 2021). Standardiaikaan kuuluvat olennaisesti myös tehtävän tekoon määritellyt olosuhteet (Sarkar 2014). Standardiaikaan kuuluvat kuvion 1 mukaisesti pienet lisäajat apuaika ja lepoaika, jotta standardiaika saadaan vastaamaan enemmän todellista tilannetta.



KUVIO 1. Standardiajan muodostuminen (Sarkar 2014)

Lepojalla ei tarkoiteta lakisääteisiä taukoja, vaan sitä, että ihmiset eivät ole väsymättömiä koneita, ja vaativat päivän aikana pieniä mikrotaukoja. Mikrotauolla tarkoitetaan muutamasta sekunnista muutama minuuttiin kestävää pysähdystä työnteosta. Mikrotauoksi lasketaan esimerkiksi hetken tuijotus ulos ikkunasta, pieni pysähdys tehtävästä tai lyhyt hengitykseen tai omaan ajatuksiin keskittyminen (Vikman 2018).

Apuajaan kuuluvat välttämättömät ei-arvoalisäävät työvaiheet, jotka voidaan myös niputtaa päivävakioksi, ja sovitut tauot (teknologiateollisuus n.d.). Apujalla

tarkoitetaan esimerkiksi konerikkoja tai muita odottamattomia viivästyksiä, joita voi tulla eteen.

Kuviossa näkyvä "rating factor" osuus tarkoittaa, että kelloitettu tehtävä on huomattu tehdyn hieman perusaikaa nopeammin. Perusaika on puhtaasti se aika, joka standarditahdilla menee pelkkään tehtävän tekemiseen, ja yhdessä häiriö- ja apuaikojen kanssa se muodostaa standardiajan. Perusajan lisät mahdollistavat myös sen, että normaalia hitaampikin työntekijä voi päästä standardiaikaan. (Sarkar 2014.)

Standardiaika ja perusaika voivat mennä heloposti käsitteinä sekaisin. Tässä opinnäytetyössä hyödynnettävät MTM:n "standardiajat" ovat perusaikoja, eli ne eivät itsessään sisällä lepo- ja apuaikoja. Näitä on kuitenkin mahdollista lisätä Ticon-ohjelmassa. MTM:n luomia aikoja kutsutaan organisaation materiaaleissa, kuten myös tässä työssä, standardiaikablokeiksi. Tämän vuoksi on tärkeää muistaa, että suuremmassa mittakaavassa lepo- ja apuajat on huomioitava. Työn keskittyessä vain yhteen lyhytkestoiseen työvaiheeseen, jossa ei ole valmistelevia töitä, ei niiden käyttöä käsitellä tarkemmin.

### **3.1.2 MTM**

MTM on lyhenne sanoista Methods-Time Measurements eli suomeksi Tavat-Aika-Mittaus. MTM on työmetodin lisäksi myös kansainvälinen organisaatio. MTM-organisaatio tarjoaa koulutusmateriaalia ja kursseja MTM:stä yritysasiakkaille. (MTM n.d.)

Workplacetesting-verkkosivuston artikkelin mukaan MTM on systeemi, jolla seurataan rypästä työntekijän toistuvia erillisiä liikkeitä, joista koostuu kokonainen työvaihe. Artikkelissa kerrotaan yleisimmän syyn siirtyä käyttämään MTM:n periaatteita olevan ihmisen tekemät virheet. Loukkaantumisista ja sairastumisista kertyy kuluja ja hankaluuksia, ja MTM:n väitetään laskevan loukkaantumistiheyttä. (workplacetesting n.d.)

Wikipedia (2020), vaikka avoimen muokattavuutensa takia ei olekaan luotettavimpia lähteitä, antaa kuitenkin MTM:lle vielä selkeämmän kuvauksen yhteen

virkkeeseen tiivistettynä: ”—on ennalta määritetty liikeaikasysteemi, jota käytetään pääasiassa teollisuuden sovelluksissa analysoimaan tapoja tehdä mikä tahansa manuaalinen toiminto tai tehtävä, ja sen analyysin pohjalta standardiajan asettamiseen, jonka aikana työntekijän tulisi tehdä tehtävä.” (wikipedia 2020.)

MTM:n ensimmäisen sanan (Tavat) mukaisesti se perustuu siihen, että käytetään optimaalisinta tapaa suorittaa annettu tehtävä. Tämä taas vaikuttaa seuraavaan (Aika), ja viimeinen sana (Mittaus) tulee loogisesti siitä, että aika on selvitetty mitaamalla. Optimaalisuus menee niinkin pitkälle, kuin perusliikkeisiin asti. Järjestelmän perustana olevat perusliikkeet ovat siis ennalta määritellyjä optimaalisesti toteutettuja liikkeitä, esimerkiksi esineen otto ja asetus eri etäisyyksillä, kävely, kyykistyminen tai polvistuminen. Näille on mitattu tarpeeksi monta toistoa, jotta näiden mittauksen eli työntutkimuksen keskiarvoa on voitu alkaa pitää standardina. Yhdistelemällä eri perusaikoja saadaan suurempia ja suurempia standardiaikablokkeja: esimerkiksi esineen otto 2 m kävelymatkan päästä lattialta kyykistyen, kävely takaisin ja polvistuminen esineen asettamiseksi paikalleen voitaisiin koota jo edellä mainituista.

MTM-organisaatio tarjoaa luomiaan standardiaikoja käytettäväksi maksullisessa Ticon-sovelluksessa. Seuraavassa taulukossa 1 ote MTM-UAS Basic Operations -datakortista, jossa näkyy liikkeistä esimerkkinä Operate, Motion Cycles, Body Motions ja Visual Control. Kaikille löytyy tarkempi sisältö ja selitys MTM:n materiaaleista. Numerot tarkoittavat aikaa TMU-yksiköissä, ja kolme saraketta ovat eri etäisyyksiä.

| <b>Operate</b>                   | <b>Code</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> |
|----------------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| simple                           | <b>BA</b>   | 10       | 25       | 40       |
| compound                         | <b>BB</b>   | 30       | 45       | 60       |
| <b>Motion Cycles</b>             | <b>Code</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> |
| one motion                       | <b>ZA</b>   | 5        | 15       | 20       |
| motion sequence                  | <b>ZB</b>   | 10       | 30       | 40       |
| re-position and one motion       | <b>ZC</b>   | 30       | 45       | 55       |
| tighten and loosen               | <b>ZD</b>   |          | 20       |          |
| <b>Body Motions</b>              | <b>Code</b> |          |          |          |
| Walk / m                         | <b>KA</b>   |          | 25       |          |
| Bend, stoop, kneel (incl. arise) | <b>KB</b>   |          | 60       |          |
| Sit and Stand                    | <b>KC</b>   |          | 110      |          |
| <b>Visual Control</b>            | <b>VA</b>   |          | 15       |          |

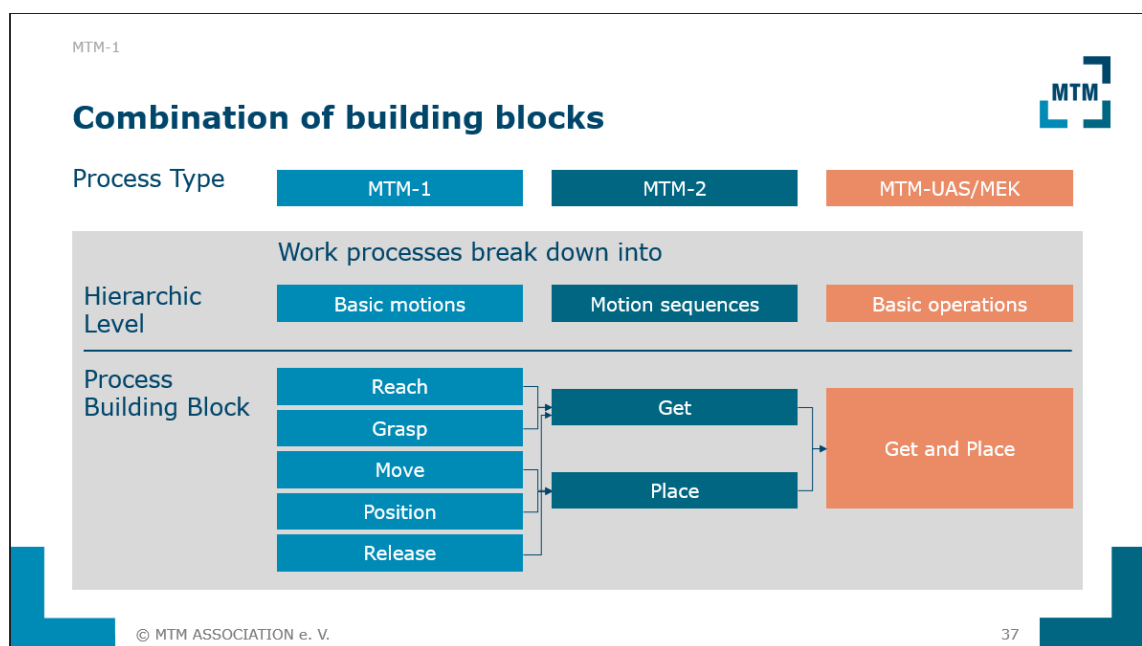
TAULUKKO 1. MTM-UAS Basic Operations. (MTM ASSOCIATION)

MTM julkistettiin ensi kerran vuonna 1948, ja siitä on nykypäivänä useita variaatioita, kuten MTM-1 (alkuperäinen), MTM-2, MTM-UAS, MTM-MEK ja MTM-SAM. Tässä raportissa keskitytään MTM-UAS:n käyttöön, joka on uusimpia MTM:n versioita ja laajasti suosittu versio Euroopassa. (proplanner n.d.)

### 3.1.3 Standardiajan määrittely

Ensimmäiseksi tulee kerätä kaikki määrittelyyn mahdollisesti vaikuttavat tiedot työstä, sen suorittajasta ja suorituseolosuhteista. Suoritus pilkotaan pienempiin elementteihin. Nämä elementit ovat tehtäväkohtaisesti järkeväksi suunniteltuja pätkiä, ja ne sisältävät yhden tai useamman eri liikkeen. Myöhemmin tässä työssä esiteltävässä Ticon-ohjelmistossa nämä pienemmät elementit ovat nimeltään A-blokkeja, jotka koostuvat määritellyistä ajoista blokin sisältämille liikkeille. Nämä liikkeet taas perustuvat MTM-systeemiin, jossa niille on ilmoitettu aika TMU-yksiköissä. (MTM n.d.)

Seuraavassa kuviossa 2 nähdään kolme MTM:n prosessien eri tasoa, ja esimerkiksioperaation koostumus alimmalta tasolta kolmannelle tasolle asti. AGCO Powerin prosesseissa käytetään enimmäkseen kolmannen tason, eli MTM-UAS:n standardiaikablokkeja.



KUVIO 2. MTM:n aikablokkien rakenne (MTM ASSOCIATION)

Kuvion 2 Hierarchic Level -rivillä nähdään 1-, 2- ja 3-tason MTM-prosessien kuvaus. Ensimmäisen tason MTM-1 prosessit ovat perusliikkeitä, joista esimerkkeinä ovat: kurkota, tarraa, liikuta, kohdista ja päästä. MTM-2 sen sijaan on liikesarjoja, kuten ota ja erikseen aseta. Kuvion nuolista nähdään ota-liikesarjan koostuvan kurkotuksesta, tarrauksesta ja päästämisestä. Aseta-liikesarja koostuu liikuta- ja kohdista-liikkeistä. Kolmannen MTM:n tason MTM-UAS:n tai MTM-MEK:n sisältö luokitellaan perusoperaatioiksi. Esimerkkinä on kuvattu ota ja aseta -operaatio, joka koostuu liikesarjoista ota sekä aseta. Seuraavana nähtävä taulukko 2 esittelee Ticon-ohjelmassa analyysiin otetun ”Fasten, by hand, insert and search for thread, one hand”-operaation sisällön.

| No. | Description   | Code  | Basic time [s] | Q x F   | Σ Basic time [s] |
|-----|---|-------|----------------|---------|------------------|
| 12  | Fasten, by hand, insert and search for thread, one hand | M-SAA | 3.06           | 1 * 1.0 | 3.06             |
| 13  | Get and Place, <= 1 kg, difficult, tight, <=50cm        | AF2   | 2.34           | 1 * 1.0 | 2.34             |
| 14  | Motion cycles, motion sequence, <=20cm                  | ZB1   | 0.36           | 2 * 1.0 | 0.72             |

**TAULUKKO 2.** Ticonin Analyysi-välilehdellä operaatio M-SAA ja sen rakenneosat AF2 ja ZB1 (MTM ASSOCIATION)

Taulukossa 2 ylimpänä koodilla M-SAA nähdään edellä mainittu operaatio, joka tarkoittaa suomeksi selitettynä kierteellisen osan, kuten pultin, asettamista paikalleen ja kiertämistä, kunnes se kiinnittyy kierteen alkuun koneellista loppukiristystä varten. Koodia seuraavassa sarakkeessa näkyy perusaika yhteen toimintoon. Sen jälkeen Q\*F-sarakkeessa voidaan asettaa määrä\*toiminto-kertolasku lisäämään toimintojen määrää. Lopussa on summa-aikojen sarake, jossa näkyy edellisellä kertoimella kerrottu perusaika.

Taulukossa tutkimuksen kohteena oleva käsin kiertäminen koostuu kahdesta pienemmästä blokista. Se sisältää ota ja aseta -operaation (koodi AF2) kuvauksella vaikea, tiukka ja ottoetäisyyden 50 cm tai alle. Tämän lisäksi käsin kiertäminen sisältää itse kiertämisvaiheen koodilla ZB1. Tämä tarkoittaa liikesarjaa, jonka pituus on 20 cm tai alle, eli tässä tapauksessa sormin pyöräytys. Koska ruuvi ei yleensä osu kierteelle ensimmäisellä pyöräytyksellä, on Q\*F-sarakkeeseen lisätty toiminnon kerroin kaksi. Tämä oli hyvä esimerkki, kuinka kahdesta hyvinkin geneerisestä eli yleiskäyttöisestä blokista saa yhdistämällä blokin, joka ei sinänsä

liity kummankaan pohjablokin sisältöön, mutta on kuitenkin käyttöön hyvin so-  
piva.

### 3.1.4 Työntutkimus

Työntutkimuksella tarkoitetaan Työtehoseuran sanoin ”ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnan järjestelmällistä tutkimista.” (TTS n.d.). Tar-  
koituksena on saman artikkelin mukaan luoda parhaat tavat ja olosuhteet työn  
tekemiselle, joiden lisäksi työntutkimuksella määritetään aika, joka työhön kuluu  
normaaliolosuhteissa (TTS n.d.).

Työntutkimus alkaa aina nykytilanteen kartoituksella ja työn kulun selvittämisellä.  
Tässä opinnäytetyössä rajaus on ainoastaan ajan määrittämisessä, eikä työssä  
siis oteta kantaa lainkaan työskentelytapojen mahdolliseen tehostamiseen. Kui-  
tenkin myöhemmässä kehitysvaiheessa voidaan luotuja aikoja tarkastelemalla  
löytää ongelmakohtia, joihin on perehdyttävä syvemmin linjan tasapainotta-  
miseksi ja tehostamiseksi.

Kun mitattavat elementit on mietitty valmiiksi, kelloitetaan sekuntikellolla useam-  
pia toistoja joka elementistä. Samalla, kun aikoja kelloitetaan, tulee myös arvioida  
työskentelevän henkilön työtahtia. Jos arvioidaan, että henkilö tekee esimerkiksi  
90 % työtahdilla, kerrotaan kelloitettu normaalia pidempi aika tällöin 90 %:lla ja  
vastaavasti vaikka 120 % tahdilla tehty normaalia lyhyempi aika kerrotaan 120  
%:lla. (Sarkar 2014.) Jos ajat videoidaan, videota ei tule käyttää joutuisuuden  
arvioinnin työkaluna, mutta siitä on helppo myöhemmin katsoa työn sisältö ja pilk-  
koa työ pienempiin osiin.

Seuraavaksi joko suoraan tai kertoimen kautta saatuun perusaikaan lisätään häi-  
riö- ja apuajat. Nämä määritellään tapauskohtaisesti työn ja olosuhteiden kuor-  
mittavuuden ja aputehtävien laadun ja määrän mukaan. Kun standardiajat luo-  
daan työntutkimuksella tehden tarvittava määrä toistoja, jää tässä työssä käsitel-  
tävää tehtävien luonti pienillä standardiajoilla kokonaan pois, sillä työn sisältö käy  
ilmi jo työntutkimuksessa. Standardiaika tällä tavoin tehtynä käsittää juuri sen  
määrän työtä, mikä on kulloinkin katsottu järkeväksi. Muualla hyödyntämistä var-  
ten on sitä parempi, mitä pienemmistä osista kokonaisaika koostuu.

Wisdomjobsin (n.d) mukaan on tärkeää kirjata ylös selkeästi, mitä standardoitu työ pitää sisällään. Näin on helppo myös asiaan perehtymättömän selvittää, mistä työvaiheet koostuvat ja mahdollinen muokkauskin on helpompaa. Viimeisenä ohjeena on testata ja tarkastella luotuja standardiaikoja aina, kun se on tarpeellista. Tarve tarkastelulle voi syntyä esimerkiksi olosuhteiden tai työn sisällön muuttuessa, tai huomattaessa todellisten aikojen poikkeavan selkeästi standardeista. (wisdomjobs n.d.)

Vaikka MTM:n liikeajat ovatkin standardoituja, ei se tarkoita, että kaikki ihmiset suoriutuisivat liikkeistä aina standardiajan puitteissa. Henkilöiden kesken on vaihtelua joutuisuudessa, mahdollisesti fyysisiä eroavaisuuksia ja lisäksi muita eroa aiheuttavia tekijöitä. Esimerkiksi mieliala ja näin kaikki mielialaan vaikuttavat asiat, kuten ihmissuhteiden tila, sää, taloudellinen tilanne tai joillakin vaikka tähien asento saattaa tätä kautta vaikuttaa henkilön työtehoon ja standardiaikojen toteumaan. Tästä päästäänkin siihen, että paitsi eri ihmisten kesken, myös yksilöllisesti eri päivien tai kellonaikojen välillä saattaa joutuisuus vaihdella hyvinkin paljon. Aina ei vain jaksa ja esimerkiksi vuorotyön vaikutukset unen laatuun saattavat näkyä varsinkin kolmivuorotaitevien työtehosta. Näiden ”luonnollisten ja henkilökohtaisten” syiden lisäksi tulee toki joskus myös tuotantoon liittyviä ongelmia, jotka eivät riipu työntekijästä. Tämän vaihtelun takia toistojen suuri määrä ja joutuisuuden tasapuolinen arviointi ovat hyvin tärkeitä osia työntutkimuksessa.

### **3.1.5 Standardiaikakirjastot**

Jotta jokaisen käyttäjän ei tarvitsisi luoda standardiaikoja erikseen, on olemassa kirjastoja valmiille luoduille ajoille. Myöhemmin tässä työssä käsiteltävästä Ticon-ohjelmasta löytyy kansiovalikko, josta valitaan ensin sopiva kansio. Kansioita on kansainvälisiä kaikille käyttäjille avoimia, ja kohdennettuun jakeluun tai vain omaan käyttöön olevia.

Mikäli standardiaikakirjastoja ei olisi, jokaisen järjestelmän käyttäjän tulisi luoda omat standardiajat haluamaansa tarkoitukseen itse. Tämä olisi huomattavan työlästä verrattuna valmiiden standardiaikojen poimimiseen standardiaikakirjas-

tosta. Käyttäjän tulisi silloin yhdistellä useita perusliikkeitä saadakseen jo yksinkertaisimpia standardiajoilla kuvattuja liikkeitä. Kirjastot vähentävät työmäärää jokaiselta yksittäiseltä käyttäjältä, ja yhdistettynä suureen määrään käyttäjiä on hyöty paljon suurempi.

Standardiaikakirjastojen ajat toimivat hyvänä pohjana uusienkin aikojen luomiselle. Työtä ei tarvitse aloittaa aivan alusta, vaan moniulotteisempi tehtävä voidaan kasata monia liikeaikoja jo valmiiksi sisältävistä standardiaikablokeista.

Tässä kyseisessä opinnäytetyössä pyritään käyttämään AGCO-konsernin Brenganzen tehtaalla luotuja standardiaikablokkeja, ja niiltä osin kuin se ei ole mahdollista, käytetään geneerisempiä MTM-UAS-WEB -kansion standardiaikoja tai luodaan kokonaan uusia.

### **3.2 Lean**

Lean liittyy oleellisesti tähän opinnäytetyöhön, vaikkei raportti käsittelekään suoranaisesti sitä. Lean-periaatteet ovat käytössä asiakasyrityksen moottorikokoonpanossa, ja kokoonpanoajien muodostaminen standardiajoista itse asiassa kuuluu leaniin. Standardiaikoja hyödyntämällä nimittäin saadaan vähennettyä kellotuksien tarvetta ja helpotettua tuotannon suunnittelua ja muokkausta, jotka ovat itsessään arvoa tuottamattomia tehtäviä (sixsigma n.d.).

Tuotannon optimoimiseksi on osattava hyödyntää heijunka-metodia ja saada linjaston hienokuormitus mahdollisimman hyvälle tasolle. Tämä tarkoittaa, että saadaan työvaiheita kuormitettua tasapuolisesti ja vähennettyä pullonkaulaefektejä ja turhaa ylituotantoa. (kanbantool n.d.) Ylituotanto linjan jossakin osassa tosin ei ole tässä tapauksessa one-piece flow -menetelmän takia ongelma, sillä linjalla voidaan valmistaa vain niitä moottoreita ja siinä järjestyksessä, kuin niitä on jonnalle asetettu. Esikokoonpanoissa linjan varrella voi kyllä valmistella osia varastoon, mutta se riippuu työntekijän omasta tahdosta ja on mahdollista vain tiettyyn työpistekohtaiseen rajaan asti, kun esimerkiksi säilytystila loppuu.

Lean-tuotantofilosofia lähti alun perin kehittymään Toyotan tuotantojärjestelmä TPS:stä. Toyotan järjestelmä ja sen siihen aikaan tavalliseen verrattuna ilmiömäinen tehokkuus tulivat koko maailman tietoisuuteen vuonna 1977 International Journal of Production Research:n artikkelissa, jossa kirjoittajat Y.Sugimori, K.Kusunoki, F.Cho ja S.Usukawa esittelevät järjestelmää ja sen tuloksia. (sixsigma n.d.)

### 3.3 Käytettävät ohjelmistot

Opinnäytetyön alussa ohjelmistojen käyttö alkaa Ticonista. Työssä käytössä on verkkoversion käyttäjätunnus, joka on pieniä eroja lukuun ottamatta vastaava kuin työpöytäsovellus, johon on tällä hetkellä oikeudet vain niin kutsutuilla Key Usereilla. Ticonissa pystytään luomaan ja kasaamaan standardiaikablokkeja. Esimerkkinä vaikka hammaspyörän asennukseen kuuluisi osan otto, joka sisältää valitun etäisyyden, ja lisäasettelua, mikäli täytyy laittaa ajoitusmerkki kohdalleen tai asetukset on muulla tavalla hankala. Oheen lisätään myös muut asennuksessa tarvittavat vaiheet, kuten öljyäminen, mahdollinen akselin, laipan ja pulttien otto ja kiristys halutulla työkalulla.

Työn vaiheet saadaan käyttöön valmiiksi tehdyn työntutkimuksen tuloksista. Näitä aikoja ei suoraan voi käyttää vielä standardiaikoina, sillä toistoja on siihen liian vähän. Saatavilla on videomateriaali asennuksesta, ja videosta erikseen AVIX-tuotannosuunnitteluohjelmistolla leikattuna jokainen työvaihe osanumeroineen Excel-muodossa. Excel-taulukkolaskentaohjelmistoa tarvitaan vielä myöhemminkin, kun Ticonilla luodut ajat viedään siihen ja jaotellaan tarkoituksenmukaisella tavalla puumuotoon.

Kun työvaiheen eri tehtävät on pilkottu tarpeeksi pieniin osiin, on kokoonpanolinjaston muokkaaminen helpompaa tulevaisuudessa. Tämä johtuu siitä, että pieniä pätkiä on helpompi siirrellä vaiheelta toiselle, kuin lähteä pilkkomaan isompia kokonaisuuksia osiin jälkikäteen.

## 4 TUOTANTOLINJAN NYKYTILANNE

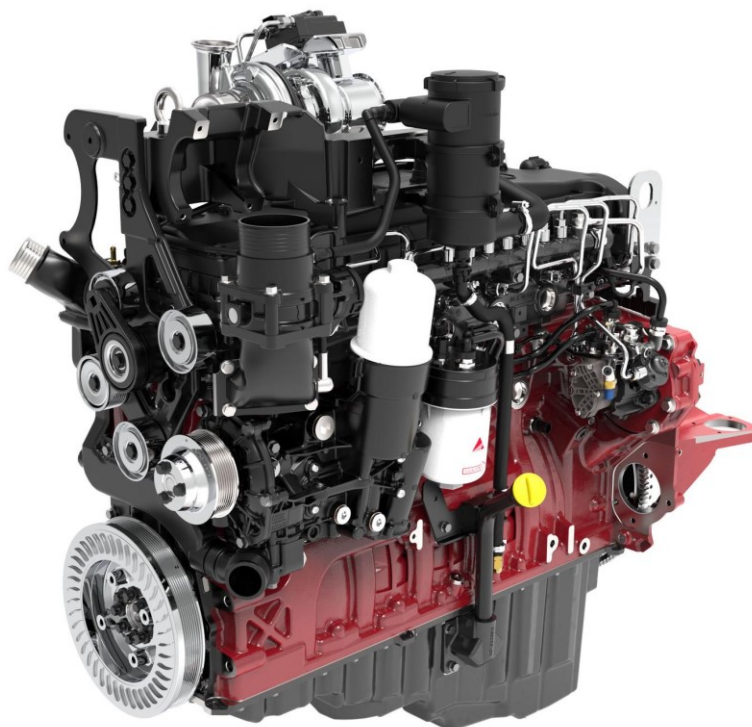
### 4.1 Valmistettavat tuotteet

Tällä hetkellä linjastolla tehdään 3,3–9,8 -litraisia yhdellä tai kahdella turbolla ahdettuja suorasuihkutteisia common rail -dieseleitä. Sylinterilukuja ovat 3,4,6 ja 7. Näistä kaikki 7-sylinteriset ja jotkin 6-sylinteriset ovat niin kutsuttuja big bore -moottoreita (bore=sylinterin halkaisija). Loput ovat small boreja, mutta näissä on eroavaisuutena pitkä- ja lyhytiskuinen malli sylinterin halkaisijan ollessa kuitenkin sama. Näin on saatu moottoreiden iskuilavuusvalikoimaksi 3,3; 4,4; 4,9; 6,6; 7,4; 8,4 ja 9,8 litraa. Uusi Core- tuoteperhe poikkeaa aiemmin mainituista ensimmäisen mallinsa 7,5 litran iskuilavuudella. Myöhemmin sarjatuotantoon on tulossa myös iskuilavuudeltaan erilaisia malleja.

Moottoreissa yleinen suuntaus on isompaan, kun esimerkiksi maatalous tehostuu ja koneet sekä laitteet kasvavat. Ennen oli useampia kolmisylinterisiä moottoreita, nyt enää yksi malli. Kaikki koneet ovat rivimoottoreita. V-koneiden tai muidenkaan rivimoottorista poikkeavien moottoreiden valmistusta ei ole tällä hetkellä, mutta aikaisemmin tehtaalla on tehty myös V-moottoreita. Näistä suurimpana esimerkkinä mainittakoon kahdesta R6-moottorista kehitetty noin 2000 kg painava V12-moottori.

#### 4.1.1 Tässä työssä tutkittava tuote

Uusimpana on saatu jo sarjatuotannon alkuun täysin puhtaalta pöydältä suunniteltu 7,5-litrainen uuden Core-moottorisarjan ensimmäinen malli. Myös opinnäytetyö keskittyy juuri tähän malliin, sillä siitä tarvitaan nyt eniten aikadataa. Moottorimalli poikkeaa vanhoista hyvin paljon. Poikkeuksellisuus on syntynyt siitä, ettei moottorissa ole käytetty pohjana mitään olemassa olevaa mallia, jota olisi vain paranneltu, vaan kyseessä on täysin uuden moottorin suunnitteluprosessi. Ensimmäinen traktori, joka kulkee kyseisellä moottorilla, on jo voittanut Tractor Of The Year 2023 -palkinnon (koneviesti 2023). Moottori esittelyväreihin maalattuna nähdään kuvassa 1.



KUVA 1. Core 75 FSTN -moottori (AGCO Power)

Moottorissa on vaihtunut muun muassa nokka-akselin sijoituspaikka moottorin sivulta sylinterinkanteen (enemmän tilaa muun muassa mahdollisille sytytystulipille ja isommille voitelu- ja jäähdytyskanaville), jakopää moottorin edestä taakse (tavoitteena kapeampi keula=pienempi kääntösäde), käyttö kierrokset matalammalle (pienempi kulutus ja käyntimelu sekä pidempi huoltoväli). Moottorissa on jopa varaus kipinä- tai puristus sytytteiselle vetykäytölle, sähköhybridikäytölle tai muille vaihtoehtoisille polttoaineille tulevaisuutta ajatellen. (Tervola 2022)

Nokka-akseleita on mahdollista asentaa moottoriin tulevaisuudessa myös kaksi, jolloin saataisiin toteutettua muuttuva venttiilien ajoitus tulevaisuuden tiukempien päästönormien takia (Tervola 2022). Tämä parantaisi hieman suorituskykyä ja hyötysuhdetta (koneurakointi 2022). Moottorin mekaniikkasuunnittelussa on valittu sylinterin halkaisijaksi 110 mm ja iskunpituudeksi 132 mm (konedata n.d.). Tällöin jakamalla sylinterin halkaisija iskunpituudella saadaan iskusuhteen arvoksi 0,83:1. Alle yhden arvo tarkoittaa matalampaa pyörimisnopeutta ja korkeampaa vääntömomenttia, kuin yli yhden (carbiketech n.d.). Etsittäessä vertaisarvoja iskusuhteelle muista yleisistä dieselmootoreista selvisi, että ainakin VW-

konsernin parhaimmaksi moottoriksi tituleeratun 1,9 TDI R4 -henkilö/hyötyajoneuvomoottorin vastaava luku pyöristyy täsmälleen samaan eli 0,83:een (auto-data n.d.).

Moottorin suurimpia etuja asiakkaalle on sen polttoainetaloudellisuus, joka on saavutettu muun muassa matalakierroskonseptilla. Core 75 FSTN -mallin maksimivääntömomentti 1450 Nm saavutetaan jo 1300 1/min (nimellispöörinnopeus 1700 1/min) pöörinnopeudella ominaiskulutuksen ollessa näin vain 188 g/kWh (Tervola 2022).

Matalakierroskonsepti ei kuitenkaan ole täysin uusi asia, sillä Pellervo-lehti uutisoi jo vuonna 1999 Valmetin uudesta matalakierrosmoottorista, joka kehitti maksimivääntönsä 650 Nm vain 1100 1/min kohdalla nimellispöörinnopeuden ollessa 1800 1/min. Tässä moottorissa kierrosalue oli 400 1/min aiempia malleja alempana. Tämä kierrosnopeuden lasku mahdollisti, osien liikkumisnopeuden laskettua öljyn lämpötilaa ja räsitusta, huoltovälin tuplaamisen 500 tuntiin laskien samalla polttoaineenkulutusta ja melutasoa. (Seppänen 1999.) Moottori on AGCO Powerin edeltäjän Sisu Dieselin Linnavuoressa kehittämä. Artikkelista voi huomata moottoritekniikan kuitenkin kehittyneen huimasti 24 vuodessa, sillä Valmetin moottoria kehitetään ”huipputehokkaaksi” sen 135 hv / 650 Nm lukemilla Core 75 FSTN:llä vastaavien lukujen ollessa 300 hv / 1450 Nm eli hieman yli tuplatut.

Kun Core-moottorin ominaiskulutusta verrataan yleisesti vastaaviin traktorimoottoreihin, nähdään sen olevan poikkeuksellinen alhainen. OECD:n Nebraskassa teettämien laboratoriotestien perusteella traktorimoottoreiden ominaiskulutus on välillä 220–358 g/kWh (Ahokas 2013). Ahokkaan sanoin ”Voimanottoakselilta mitattuna parhaimmat traktorit pääsevät suurimman tehon kohdalla luokkaa 220 g/kWh kulutukseen”.

Ahokkaan tutkimuksen ollessa vuodelta 2013 voitaisiin olettaa sen olevan jo jossain määrin vanhentunutta tietoa, mutta kuitenkin tänä aikana ei moottoritekniikassa ole tapahtunut suuria mullistuksia eikä ole uutisoitu alle 200 g/kWh ominaiskulutuksen traktorimoottoreista. Core-moottorin ominaiskulutuksen poik-

keuksellisuus käy ilmi myös Koneurakoinnin (2022) julkaisusta ”Suomalaismoottori kiilaa kärkeen”: ”Tämän hetken kilpailuasetelmassa tämä rikkoo 200 gramman haamurajan, eikä vastaavaa suoritusta julkisuudesta löydy.” (koneurakointi 2022)

## 4.2 Kokoonpanolinjan toiminta

Linnavuoren tehtaalla kaikkien moottorimallien kokoonpano tehdään nykyisin samassa hallissa, joka on vielä suhteellisen uusi ja aika-ajoin linja on muokkauksen kohteena johtuen uuden moottorimalliston lisäksi myös jatkuvan parantamisen lean-periaatteesta.

Jatkuvan parantamisen, eli täydellisyyteen pyrkimyksen, lisäksi tehtaalla kokoonpanossa noudatetaan muitakin lean-periaatteita. Näitä ovat esimerkiksi jatkuva virtaus, imuohjaus ja arvo asiakasnäkökulmasta. Näistä jatkuva virtaus tarkoittaa, että valmistettavat tuotteet liikkuvat linjastolla ilman välivarastointia tai eräksi koostamista. Imuohjaus tarkoittaa, että tuote valmistetaan vain tilauksesta, eikä mitään tehdä varmuuden vuoksi varastoon. Asiakasnäkökulmasta tuotettava arvo taas tarkoittaa työvaiheiden määrittämistä arvoa tuottaviksi tai tuottamattomiksi. (leanthinking n.d.)

Esimerkiksi mäntien asennus moottoriin on asiakkaalle arvoa tuottava toimenpide, sillä männättömällä moottorilla ei tee mitään. Kuitenkin mäntien esikokoonpano on arvoa tuottamatonta toimintaa, sillä se ei lisää itse lopputuotteen arvoa, vaan arvo tulee vasta asennettaessa osat moottoriin. Toimenpide on näin huokaksi määritelty, mutta kuitenkin pakollinen, sillä männilläkään ei tee mitään ilman kiertokankia.

Lean-periaatteiden käytäntöön viemiseksi tehtaalla noudatetaan esimerkiksi seuraavia lean-menetelmiä: 6S, heijunka, yhden kappaleen virtaus, standardointi ja TPM. 6S pohjautuu 5S-menetelmään, ja käsittää suomennettuna seuraavat kuusi S:ää: erottelu, järjestely, puhdistus, vakiointi, turvallisuus ja ylläpito (Steinhoff 2021). Heijunka taas tarkoittaa tuotannon tasaamista niin, että tuotteiden vaihtelusta huolimatta tuotannon vaihtelu, ylikuormitus ja odotus optimoidaan. Yhden kappaleen virtaus pohjautuu jatkuvan virtauksen periaatteeseen, ja sen mukaan

tuotantolinjassa tehdään peräkkäin yksittäiset tuotteet alusta loppuun valmiiksi. Standardointi tarkoittaa yhtenäistämistä tai vakioimista, esimerkkinä määrätään tietty aika, jolloin roska-astiat tyhjennetään. TPM on ennaltaehkäisevää tuotantolaitteiden ja työkalujen huoltoa, jolla minimoidaan laiterikosta johtuvat tuotannon keskeytymisen riskit. (leanthinking n.d.)

Kokoonpanolinja jakautuu useaan eri alueeseen: SA-linja alkaa moottorilohkon kiinnittämisellä radalla automaattisesti työvaiheen valmistuttua seuraavalle vaiheelle liikkuvaan vaunuun. Öljypohjan asennuksen jälkeen SE- linjalla moottori vaihdetaan erilaiseen kuljetusvaunuun. Vaunu kulkee kannennostopaikalle, jossa OE-linjalla esikoottu sylinterikansi nostetaan paikalleen. Robottikiristyksen ja venttiilivivustojen asennuksen jälkeen alkaa SI-linja, jolla asennetaan moottoriin lähinnä yläpuolelle ja sivuille osia, kuten turboahdin, ohjainyksikkö, vesi- öljy- ja polttoaineputkia sekä johtosarjat.

SI jakautuu myöhemmin SU:hun ja SY:hyn. Suoraan SU:lle jatkavat kaikki muut mallit, paitsi SY:lle haarautuvat big bore -moottoreista tuplaturbolliset mallit monimutkaisuutensa ja siis pidemmän työaikansa takia. Työläimmät vaiheet tuplaturboissa on onnistuttu jättämään sivulinja SY:lle, jossa ne voi tehdä rauhassa muun jonon mennessä SU:n kautta ohi. Moottorijonon tekijällä on käytössään säännöt, joiden mukaan SY:n moottoreita ei saa laittaa tiettyä väliä tiheämmin. Säännöissä määritellään myös muiden työläiden moottoreiden jonotiheyttä, kuten big bore -moottorit, säädettävillä venttiileillä varustetut ja ainakin vielä tois- taiseksi myös Core-moottorit. Coren kasausaika on tarkoitus saada vanhoja mal- leja nopeammaksi tulevaisuudessa, sitä ajatellen sen osamäärää on suunnitte- lussa vähennetty 25 prosentilla vastaavista (Tervola 2022). Tämä tavoite on myös linjassa valmistettavan moottorimäärän kasvatustavoitteen kanssa.

Linjaston kulkiessa suoraa uraa ja aina päädyissä ympäri kääntyen hallin läpi, jää käytännössä joka väliin käytävä. Näitä käytäviä pitkin kulkeva logistiikkaosaston akkukäyttöinen juna käy keräilemässä tyhjät osa- ja tarvikelaatikot niille varatuilta paikoilta ja täydentää materiaalihyllyt. Tämä on oleellinen yhden kappaleen vir- taus -menetelmää, sillä asentajan työn helppous ja sitä kautta linjan sujuva ete- neminen ovat tärkein osa toimintaa. Moottoria ei tarvitse tällä tavoin toimiessa seisottaa paikallaan asentajan hakiessa tarvittavia osia varastosta.

SI- ja SU-linjoilla moottorivaunun on tarkoitus lipua koko ajan pikkuhiljaa eteenpäin ilman pysähdyksiä. Asennustyön sujuessa optimaalisesti, on vaiheen valmistuttua myös vaunu vaiheen loppuosassa. Vaiheen töiden valmistuessa etuajassa, vaunu kulkee jonon salliessa nopeampaa siirtymävauhtia seuraavalle vaiheelle asentajan kuitattua Keko-järjestelmään vaiheen valmiiksi. Ongelmatilanteissa, perehdytettäessä tai muissa sitä vaativissa tilanteissa vaunut on mahdollista myös pysäyttää ja tehdä työt loppuun paikallaan. Tämän vaikutus tietysti kertaantuu pysähdyksen ollessa pitkä, ja ongelmatilanteen takana odottavat asentajat tapaavat näissä tilanteissa tehdä työnsä valmiiksi vaikkei vaunu ole vielä työpisteellä, jos se on mahdollista. Kun asentaja poistaa pysäytyksen, linja eteneekin hetken kovempaa vauhtia, kun ongelmakohteen takana on paikoillaan odottaessa valmisteltuja moottoreita.

Pysähdystilanteiden välttämiseksi linjasto on jaettu tiimialueisiin, joista jokaiselle on osoitettu oma Team Leader. Heidät tunnistaa punaisesta paidasta, ja he tulevat apuun pyydettyä tai Keko-järjestelmän kautta laitetulla vaihehälytyksellä. Team Leader osaa selvittää oman alueensa ongelmat yleensä nopeasti, tai vaikeammissa tilanteissa saa paikalle erikoisempaa osaamista. Vaihetyöntekijän ei siis ole pakko osata muuta kuin normaalitilanteet ja pyytää apua ongelmissa.

Vaiheajan ollessa lyhyt ja moottorimalleja useita erilaisia, on niin linjaston kuin moottorijononkin suunnittelu haastava prosessi. Ongelmaa aiheuttavat välillä esimerkiksi myös materiaalitoimittajista tai muista ongelmista johtuvat osapuutteet. Tällöin tulee harkittavaksi, kannattaako jonoa lähteä muokkaamaan vai valmistaa tietyt moottorit ilman jotakin tiettyä osaa, ja ohjata ne linjaston jälkeen korjauspaikalle odottamaan osan saapumista. Osan saavuttua asennus tehdään yksittäistyönä, joka saattaa vaatia osapuutteen luonteen mukaan myös jo kasatun moottorin osittaista purkamista. Jos korjauspaikalle ohjaamista osapuutteiden takia halutaan välttää, on jonolle otettava etukäteen myöhemmin valmistettavaksi tarkoitettuja moottoreita. Tämä taas kuluttaa niiden materiaalivarastoja ennalta varauduttua enemmän.

Korjauspaikalle menevät myös moottorit, jotka eivät läpäise linjan päässä koeponnistusta eli joko öljy- ilma- vesi- tai polttoainetila vuotaa jostakin, sekä koeikäytössä ongelmia kohdanneet yksilöt. Koeponnistuksen kerralla selvittäneet moottorit, eli yleensä lähes kaikki, viedään linjaston jälkeen vielä koeikäyttöön, loppuvarusteluun ja maalaukseen ennen asiakkaalle lähetystä.

Lyhyestä vaiheajasta johtuva kokoonpanolinjan tarkkuus antaa oman haasteensa suunnitteluun, kun vaiheajoja ei aina tiedetä tarkkaan. Linjan muuttuessa myös vaiheajat muuttuvat, ja siihen muutokseen on tarkoitus sopeutua standardiakajärjestelmällä. Muutostilanteissa vaikkapa pultilaatikon paikan vaihtuessa voitaisiin vaiheajaksi päivittää vastaamaan uutta tilannetta muuttamalla vain etäisyysarvo Ticon-ohjelmistossa. Luonnollisesti myös suuremmat muutokset onnistuvat järjestelmää hyödyntäen, jolloin myös hyöty verrattuna kellotuksen käyttöön on suurempi.

### **4.3 Linjan tasapainotus nykyisellään**

Linjan kymmeniltä eri vaiheilta saadaan Keko-tuotannonohjausjärjestelmään kirjautuva vaiheajatieto. Keko on tuotannonohjausjärjestelmä, joka kattaa koko kokoonpanohallin kaikki kasausvaiheet. Liikkuvissa moottorivaunuissa, tai vaihtoehtoisesti työpisteellä kiinteästi asennettuna on kosketusnäyttö, jossa näkyy Kekon kirjautumissivu. Näyttöön saa muitakin tietoja, esimerkiksi moottorijonon, mutta pääasiallinen käyttö on tuotannonohjaus Kekolla.

Kekon ollessa auki, näkyy siinä pelkkä kirjautumissivu, josta pääsee eteenpäin painelemalla siihen henkilökohtaisen numerokoodin, tai vilauttamalla kulkukorttiin näytön yhteydessä olevalle lukijalle. Vaunun ollessa vaiheella, Kekon kirjaama vaiheajaksi alkaa, riippumatta siitä, onko käyttäjä kirjautunut sisään vai ei. Kirjaututtuaan sisään asentaja saa näytölle näkyviin ensimmäisen työtehtävän ohjeineen. Jokainen tehtäväsivu kuitataan erikseen, ja lopussa Keko kirjaa käyttäjän ulos, kun kaikki tehtävät on kuitattu.

Tehtävien yhteydessä on myös tarpeelliset ohjeet työn suorittamiseksi. Kun moottorissa on oikeaa momentti- ja astelukua vaativia raskaita kiristyksiä, ne on hoidettu Kekoon linkitetyllä sähkövääntimellä. Sitä kautta saadaan varma todiste,

että kiristykset ovat oikein. Ohjelma ei päästä käyttäjää etenemään, ellei tämä kiristä kaikkia vaadittuja sähköväntimen hyväksymään rajaan. Vaihe on mahdollista kyllä ohittaa erikseen, mutta tästä kirjautuu järjestelmään tieto eikä asia jää huomaamatta. Ohittaminen on joissakin yksittäisissä ongelmatilanteissa ainut vaihtoehto, joten se on hyvä olla olemassa, mutta nämä tilanteet hoidetaan aina Team Leaderin kanssa ja kiristysmomentit tarkistetaan käsin.

Kekon käyttö vaiheajojen mittaamiseen on sikäli ongelmallista, koska Keko aloittaa vaiheen ajan laskemisen sillä hetkellä, kun vaunun anturit havaitsevat lattiasa olevan vastakappaleensa vaiheen alussa. Tämä alkamisaika ei siis ota huomioon sitä tosiasiaa, että vaiheella tehtävien töiden aloitus osuu vaunun sijainnin kanssa yhteen vain ideaalitapauksessa.

Huomattavan usein kokeneet työntekijät muistavat tehtävät yleisimpiin malleihin ulkoa, ja aloittavat työskentelyn jo etukäteen ennen Kekon aloitusaikaa. Kekossa on useimmiten myös monta välivaihetta, jotka olisi kuitattava erikseen aina välivaiheen valmistuttua. Mikäli kokenut asentaja ei kuitenkaan ole kiinnostunut välivaiheilla näkyvistä ohjeista, hän todennäköisesti ”rämpyttää” kosketusnäytön hyväksymisnappia loppuun asti samalla kertaa, kun on hommansa tehnyt, joskus jopa etukäteenkin. Etukäteen kuittaaminen on mahdollista vain niissä työtehtävissä, joissa ei ole Kekoon synkronoitua kiristystyökalua.

Tässä raportissa tutkittavalla SA46-vaiheella tällainen väännin kuuluu asennukseen, mutta läheskään kaikilla vaiheilla niitä ei kuitenkaan ole. Vaihtelua työntutkimuksella saatuihin todellisiin väänninaikoihin aiheuttaa se, että yhteyden nopeus väntimen ja Kekon välillä saattaa vaihdella. Väännin ei anna asentajan aloittaa uutta kiristystä ennen, kuin se on saanut Kekolta siihen luvan.

Joku taas saattaa unohtaa kuitata tekemänsä vaiheen oikea-aikaisesti. Järjestelmässä saattaa myös joskus olla yhteyksistä johtuvia toimintahäiriöitä, jotka vääristävät aikoja. Tiivistettynä siis kiireisessä tilanteessa moottorivaunu saattaa seisoa vaiheella kauan niin, että vaiheaika kuluu, vaikka asennusta ei ole käynnissä, tai sitten työt voidaan kuitata etukäteen ja pysäyttää vaunu, joka muuten jatkaisi seuraavalle vaiheelle. Jotkut asentajat myös tavoittelevat tarkoituksellisesti mah-

dollisimman lyhyttä aikaa kilpailumielessä, jolloin työt pyritään aloittamaan etuajassa ja sen lisäksi kuittaamaan myös valmiiksi ennen, kuin kaikki tehtävät on tehty. Kuitenkin linjan kulku on useimmiten sujuvaa, jolloin Kekoon kirjautunut kokonaisaika vastaa melko tarkastikin todellista vaiheen kokonaisasennusaikaa. Vaiheen sisäisten välivaiheiden Keko-aikoihin ei ole asentajien yleisistä ja erilaisista toimintatavoista johtuen luottamista.

Linjan tasapainotusta tehdään jatkuvasti moottorijonon luonnissa, ja siinä olisi oleellista tietää moottorin valmistuksen tarkat ajat. Aikojen tulisi siksi olla mahdollisimman tarkkoja, koska vaiheaika on lyhyt ja linjan pitäisi liikkua tasaisesti. Oman haasteensa tasapainotukselle luo moottorien työmäärien ero eri mallien kesken. Tämä kuitenkin vaihtelee myös linjan mittaan: Esimerkiksi kolmisylinterinen malli on mäntien asennuksessa hyvin ymmärrettävästä syystä seitsemänsylinteristä huomattavasti helpompi.

Sen sijaan kokoonpanolinjan loppua kohden mentäessä jotkut asentajat pitävät kolmesylinteristä moottoria hankalimpana sen pienestä koosta johtuvan ahtauden takia. Suurikäteisillä asentajilla voi olla vaikeuksia saada joitain johtoja paikoilleen, ja lisäksi kyseiseen malliin tulee enemmän nippusiteitä, kuin mihinkään muuhun. Joku kuusi- tai seitsemänsylinterinen big bore taas saattaakin olla helppo ja nopea johdottaa, kun johtosarjaan menee vain pari nippusidettä, tilaa on vaikka kuinka ja johtosarja kiinnitetään valmiilla helpoilla klipseillä polttoaineputkiin. Vaikka yksittäisiä vaiheita tarkastellessa voivat moottorien työmäärät kääntyä pääläelleen, on kokonaiskuva kuitenkin yhteneväisempi hahmottaa, ja pienet moottorit ovat suuria helpompia ja nopeampia tehdä (pois lukien harvinaisemmat erikoismallit, kuten yksi erittäin harvoin tehtävä nelisylinterinen EGR-malli).

Moottorimallien työläyden erot on otettava huomioon tuotannon suunnittelussa, sillä tavoite on saada erilaisista malleista huolimatta heijunkan mukainen työmäärältä tasainen tilanne. Tästä syystä seitsemänsylinterisen perässä tuleekin yleensä kolmi- tai nelisylinterinen helppo malli. Näin työpisteet eivät kuormitu liian pitkäkestoisesti, kun työlään jälkeen on aina nopea malli. Jotkut asentajat saattavat myös tehdä toisilleen valmistelevia aputehtäviä nopeuttaakseen hitaamman mallin valmistumista ja tasatakseen työkuormaa.

Ideana olisi saada pitemmällä, ja jo lyhyemmälläkin, tähtäimellä tuotannon moottorimääriä kasvatettua vuoro- ja sitä kautta myös vuositasolla. Tätä varten jouduttaneen muokkaamaan kokoonpanolinjaa tiettyjen selvitettyjen pullonkaulojen osalta ja mahdollisesti laajemminkin. Muokkauksen lopputuloksena syntyy ainakin lisää vaiheita, mahdollisesti lisää esikokoonpanoja linjan vieressä ja pienempi vaiheaika.

Vaiheaika myös määrää ideaalilanteessa moottorien valmistumistahdin, joten se vaikuttaa oleellisesti valmistusmäärään. Vaiheaikaa on kuitenkin hankala muuttaa ja linjan työkuormaa tasata, ellei ole tarpeeksi tarkkoja vaiheaikoja, jotka vastaisivat myös hyvin todellisuutta. Tarkkuus ja muokattavuus ovatkin avainsyitä standardiaikajärjestelmän käyttöönoton tutkimiselle. Osiin pilkottuja vaiheaikoja voidaan helposti kokeilla järjestellä uudelleen niin, että vaiheisiin saataisiin mahdollisimman pienet erot työmäärään.

#### **4.3.1 Kokoonpanoajien keruu**

Kuten jo aiemmassa kappaleessa mainittua, kokoonpanoajat tallentuvat Keko-tuotannonohjausjärjestelmään, mutta se ei ole ainakaan ilman suodatusta erityisen luotettavaa dataa niin tarkkaan käyttöön, kuin tarve on. Vaiheista on myös kellotusajat, mutta Core-moottorilla ne alkavat jo olla vanhentuneita, sillä ne on otettu esisarjasta, kun kokoonpanossa ei ollut lainkaan vaiheita jo ennestään osaavia työntekijöitä, vaan kaikki olivat uuden mallin takia perehdytettäviä.

Enää Coren valmistus ei ruuhkauta linjaa kovinkaan pahasti, ja tulevaisuudessa sen on povattu jopa nopeuttavan sitä aiemmin mainitun pienemmän osamääränsä takia. Standardiaikojen käyttö olisikin erityisen hyvä myös uuden mallin alkusuunnittelussa, sillä perehdytys ei vaikuta siihen. Standardiaikamallilla voitaisiin ennustaa, miten tuotanto tulee sujumaan alun opetteluun jälkeen.

### 4.3.2 Perusteet uuden järjestelmän tutkimiselle

Aihetta on sivuttu useampaan otteeseen jo ylempänä, mutta lyhyt koonti perusteluista: Järjestelmän tarkkuus, muutosten helppous, kellotuksen työläys, mahdollinen luotettavuus, joutuisuuden arvioinnista aiheutuvat muuttujat. Tarkkuus tulee standardien pysyvyydestä, verrattuna kellotukseen jolla jokainen vaihe on kuvattava erikseen, vaikka vaiheella olisi hyvin samankaltaisia työtehtäviä toisen vaiheen kanssa. Kellottajan tai työntekijäyksilön yksilölliset toimintatavat eivät pääse vaikuttamaan standardiaikoja käytettäessä. Toki, jos ne eivät lainkaan vastaa todellista keskivertotyöntekijää, on asiaa mietittävä uudelleen.

Muutosten helppous ja kellotusten työläys ovat käytännössä samaa aihetta eri tavoin lähestyttynä. Standardiaikablokeista kasattua työvaihetta voidaan koska tahansa käydä muokkaamassa tietokoneohjelmistolla, kun taas kellotus on muutostilanteissa tehtävä uudelleen. Vielä, jos muutos vaatii työntekijän perehtymistä, ei heti otettu kellotus päde enää työtapojen vakiinnuttua, ja se on taas tehtävä uudestaan.

Työntutkimukseen liittyvä joutuisuuden arviointi on tehtävä kellotuksen yhteydessä. Sitä ei voi tehdä jälkikäteen esimerkiksi videolta. Ilman joutuisuuden arviointia ei saada kriittistä tietoa siitä, onko kellotettu työntekijä ollut tavallista joutuisampi, vähemmän joutuisa vai se keskiverto. Standardiajat taas on luotu jo lähtökohtaisesti sen työtahdin mukaan, johon keskimäärin useimmilla ihmisillä on mahdollisuus päästä, joten valmiiden standardiaikojen käyttäjän ei tarvitse miettiä joutuisuutta lainkaan. Standardiaikojen käyttökohteessa niihin vertailtavan työntekijän joutuisuus on arvioitava ja toistoja otettava, jos halutaan vertailla standardiaikoja todelliseen tilanteeseen.

Tosielämän tilanteessa voidaan kyllä vertailla standardiajoista kootun työvaiheen todellisessa tekemisessä, vastaako kyseisen työntekijän joutuisuus standardiaikoja. Tästä päästäänkin luotettavuuteen, joka toivon mukaan on standardiaikojen käytön hyvä puoli. Asia tarkentuu työn edetessä ja viimeistään tulosten arvioinnissa.

## 5 TYÖN KULKU

### 5.1 Valitun työvaiheen tehtävät ja standardiaikojen sovellus

#### 5.1.1 Tutkittavan vaiheen asennustehtävien kuvaus

Työvaiheella SA46 tehdään jakopään hammaspyörien kokoonpano lähes kokonaan. Kampiakselin hammaspyörä ja yksi välihammaspyörä asennetaan Core-moottorin tapauksessa jo edellisellä vaiheella. Koska hammaspyörät ovat kyseisissä mallissa suora- eivätkä vinohampaisia, niissä ei tarvita kuulalaakereita, vaan pelkät liukulaakerit riittävät aksiaalisuuntaisten voimien puuttuessa. Rakenne on näin yksinkertaisempi ja halvempi, sillä siinä on vähemmän liikkuvia osia ja näin myös pienempi hajoamisen riski.

Suorahampaisissa hammaspyörissä on tunnetusti kovempi melu hammaskosketuksen tullessa yhdellä kertaa kiinni, verrattuna vinojen hampaiden tasaisemmin alkavaan hammaskosketukseen. Ongelmaa eliminoi kuitenkin matalat pyörimisnopeudet ja hyvä työkoneen ohjaamon äänieristys. Myös esimerkiksi henkilöautoissa peruutusvaihteen hammaspyörät ovat usein suorahampaisia muiden vaihteiden hammaspyörien ollessa vinohampaisia, sillä peruuttaessa vaihteiston akselien pyörimisnopeus on pieni.

Työvaihe alkaa kahden välihammaspyörän akselien asettamisella ja kohdistamisella paikalleen. Akselit öljytään, ja niille asetetaan omat hammaspyöränsä, joista toinen on kaksoishammaspyörä. Sen hampaat täytyy sovittaa sekä kampiakselin hammaspyörään, että nokka-akselia käyttävään välihammaspyörään. Ajoitusmerkki kampiakseliin on tärkeä laittaa kohdilleen, jotta polttoaineensyöttöön käytettävä korkeapainepumppu pyörii kampiakselin suhteen oikeassa tahdissa.

Seuraavana asetetaan hammaspyöriä paikallaan pitävä laippa molempien pyörien päälle, ja kiinnitysruuvit. Ruuvit kierretään käsin alkuun, jotta koneellinen kiinnitys onnistuu myöhemmin oikealla tavalla. Laippojen ja ruuvien jälkeen asennetaan korkeapainepumpun akselille sen hammaspyörä, ja ajoitusmerkin kohta varmistetaan. Pumpun akselissa on kiila, joka varmistaa merkin kanssa pumpun

ajoituksen. Pumpun hammaspyörä kiinnitetään mutterilla ilman laippaa, sillä pumpun käyttöakselin on tarkoitus pyöriä hammaspyörän mukana.

Kun kaikki hammaspyörät ovat paikallaan ja ruuvit sekä mutteri kierretty alkuun, laitetaan kiristuksen esivalmisteluna muovinen kapula magneetilla moottorilohkoon kiinni. Kapulan tarkoituksena on estää kampiakselin pyöriminen hammaspyöriä kiristettäessä. Kun kapula lohkon ja kiertokangen välissä, kaikki kiristimen voima pääsee menemään pulttien kiristykseen.

Seuraavaksi aloitetaan kiristys kirjautumalla Kekoon, ellei sitä ole jo tehty. Kun Kekosta on auennut kiristysohjelma, otetaan pylvään varaan nivelöity liikuteltava Keko-ohjattu sähköväännin. Vääntimessä olevassa magneettikiskossa on oikeat hylsy, ja ensimmäinen kiinnitetään vääntimen karaan kiristystä varten. Kun kuusiokantapultit on kiristetty, vaihdetaan mutteria varten isompi kuusiokantahylsy vääntimeen ja kiristetään korkeapainepumpun hammaspyörä.

Kiristettäessä pumpun pyörää jakopään rattaisto ja sitä kautta myös kampiakseli ja kiertokangat liikkuvat sen verran, että muovikapula ottaa vastaan. Kun kiristys on valmis, viedään väännin pois, käännetään aiemmin kampiakselin hammaspyörään kiinnitetyllä vääntövarrella pyörästön ajoitusmerkit takaisin kohdalleen vastaamaan 1-sylinterin yläkuolokohtaa, eli hetkeä kun 1-sylinterin mäntä on liikeratansa ylimmässä kohdassa. Nyt saadaan myös muovikapula otettua pois.

Tässä vaiheessa jakopään puoli on SA46-vaiheen osalta valmis. Vaiheella kuitenkin asennetaan vielä kampiakselin päätytiiviste moottorin etupäähän. Jakopää on, kuten aiemmin mainittu, tässä mallissa moottorin takapäässä, jossa on myös vauhtipyörä. Eri asennuspään takia moottoria täytyy pyörittää vaunussa 180 astetta ja liikuttaa tätä varten myös pystysuunnassa ensin ylös, ja lopuksi alas. Akselitiiviste öljytään ensin telalla, minkä jälkeen asetetaan akseliin ja viimeistellään asennus lyötävällä jigillä. Se on vaiheen viimeinen työtehtävä. Seuraavalla vaiheella työ jatkuu värinänvaimentimen ja öljypumpun asennuksella. Kaikki työvaiheet pilkottiin videomateriaalista sopivan lyhyiksi pätkiksi ja ajat siirrettiin Exceliin. Excel-aikoja saatiin myöhemmin vertailtua Ticonissa luotuihin aikoihin.

## 5.1.2 Valmiiden sopivien standardiaikojen etsintä

Tehtävässä oli käytettävissä valmiita standardiaikakirjastoja eri julkaisijoilta. Osa oli esimerkiksi MTM-UAS-WEB -kansion yleisstandardeja, mutta suurin osa tässä työssä käytetyistä valmiista standardiaikablokeista oli AGCO-konsernin omaan käyttöönsä luomia ja näin poissa julkisesta jakelusta sekä tämän opinnäytetyön julkaistavasta versiosta. Analyysin ohjelmaan luomiseksi täytyy halutut toiminnot valita yhdestä tai useammasta eri datakortista. Rajattu ote MTM-UAS-WEB -kansion Fasten-datakortista Ticonissa näkyy taulukossa 3.

### Data cards

Select folder  
MTM-UAS-WEB

Select data card  
Fasten

| Fasten  |           | Code         | TMU | EH | ET | Supplementary values |    |    |      |
|---|-----------|--------------|-----|----|----|----------------------|----|----|------|
|   |           |              |     |    |    | Tool                 |    |    | Part |
|   |           |              |     |    |    | EH                   |    |    | ET   |
|   |           |              |     |    |    | 1                    | 2  | 3  | 3    |
| <b>Fasten by hand</b>   |           |              |     |    |    |                      |    |    |      |
| insert and search for thread  | one hand  | <b>M-SAA</b> | 85  |    | +  |                      |    |    |      |
|   | two hands | <b>M-SBA</b> | 125 |    | +  |                      |    |    |      |
| insert and turn on  | one hand  | <b>M-SCA</b> | 145 |    | +  |                      |    |    |      |
|   | two hands | <b>M-SDA</b> | 185 |    | +  |                      |    |    |      |
| <b>Metric Screw (M2.5 to M14) turn on and tighten with tool, per connection point</b> |           |              |     |    |    |                      |    |    |      |
| power screwdriver   |           | <b>M-SHS</b> | 60  | +  |    |                      |    |    |      |
| drill screwdriver (Yankee)  |           | <b>M-SJS</b> | 85  | +  |    |                      |    |    |      |
| screwdriver   |           | <b>M-SKS</b> | 135 | +  |    |                      |    |    |      |
| ratchet   |           | <b>M-SLS</b> | 140 | +  |    |                      |    |    |      |
| open-end wrench, box wrench o allen wrench, (with re-position)                        |           | <b>M-SMS</b> | 210 | +  |    | 20                   | 40 | 55 | 15   |

TAULUKKO 3. Rajattu ote MTM-UAS-WEB -kansion Fasten-datakortista (MTM ASSOCIATION)

Painettaessa taulukon 3 datakortista mitä tahansa mustalla kirjattua numeroa, siirtyy kyseinen operaatio tarkempine tietoineen auki olevalle analyysille. Numerot ovat aikoja TMU-yksikössä, kun taas analyysiin ajat tulevat suoraan sekunteina. Uusia operaatioita saa halutessaan myös kirjaamalla pelkän Code-sarakkeen koodin kuvassa 2 näkyvään Code-sarakkeeseen. Taulukon oikeassa laidassa on vielä sarakkeet mahdollisille lisäetäisyyksille erikseen työkalun ja osan tapauksessa.

Kuvassa 2 nähdään MTM:n Ticon-ohjelmiston näkymä luodun analyysin ensimmäiseltä välilehdeltä nimeltään Overview, eli yleiskatsaus. Välilehdelle tulee lisättyä työvaiheen koodi, lyhyt lisäkuvaus ja työsisältö aloitus- ja lopetusvaiheineen. Tässä tarkastelussa on opinnäytetyön salausvaatimusten täyttämiseksi tarkoituksella pelkistä MTM:n yleisstandardeista kasattu ”generinen hammaspyörän asennus”. Seuraavissa taulukossa näkyvät ajat eivät siis ole AGCO:n omia, eikä kyseistä standardiaikablokkia käytetä yrityksessä. Se on kuitenkin tehty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti työvaihetta, jollaisia yrityksen toiminnassa on, mutta eri blokeista kasattuna.

The screenshot shows the Ticon software interface for a generic gear assembly process. The interface is divided into two main sections: 'Master data' and 'Process definition'. The 'Master data' section includes fields for 'Code\*' (C.HAMMASPYÖRÄ) and 'Description' (Generinen hammaspyörän asennus). The 'Process definition' section includes 'Start of workflow' (Ota hammaspyörän akseli), 'Content of workflow' (Aseta akseli paikalleen, kohdista reiät. Öljyä akseli pumppukannulla. Ota ja aseta hammaspyörä akselille, kohdista ajoitusmerkki. Ota ja aseta laippa, kohdista reiät. Ota kolme ruuvia ja pyöritä sormin kierteen alkuun. Kiristä akkukäyttöisellä ruuvinvääntimellä.), 'End of workflow' (Kiristä ruuvit käsin momenttiin momenttiavaimella, 40 Nm.), and 'Limitation'.

KUVA 2. Geneerisen hammaspyörän asennusvaiheen yleiskatsaus Ticonissa

Yleiskatsauksesta pystyy helposti hahmottamaan työn kokonaisuuden välilehden yksinkertaisuuden takia. Sisältönä ovat pääasiassa kokonaisaika ja työn kuvaus. Samaa analyysiä voi valita niin monesta eri datakortista toimintoja, kuin haluaa.

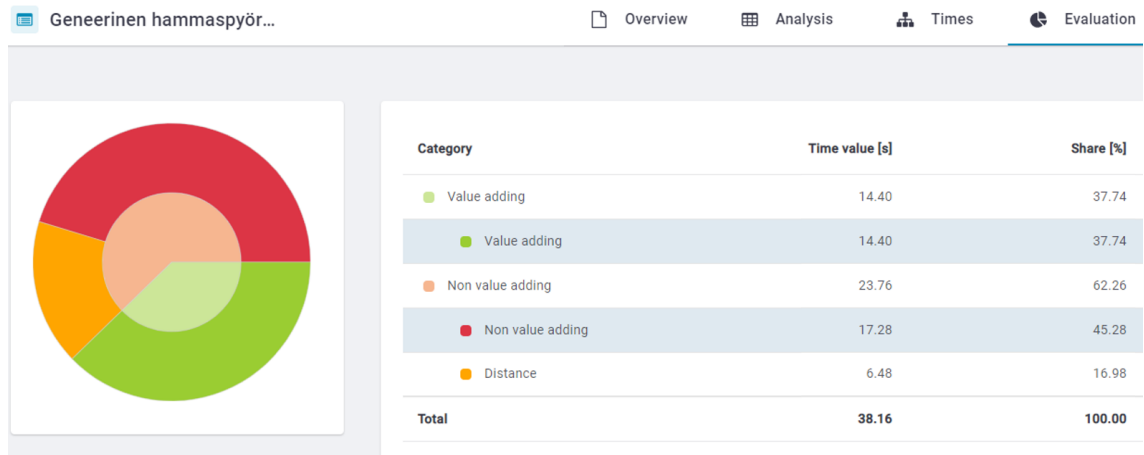
Taulukossa 4 näkyy geneerisen hammaspyörän asennuksen Ticon-analyysin Analyysi-välilehti, jolle tulevat näkyviin kaikki datakorteista valitut tai suoraan koodilla haetut toiminnot.

| No. | Description   | Code  | Basic time [s] | Q x F   | Σ Basic time [s] | Category         |
|-----|---|-------|----------------|---------|------------------|------------------|
| 1   | Get and Place, <= 1 kg, difficult, loose, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörän akseli                          | AE3   | 2.52           | 1 * 1.0 | 2.52             | Value adding     |
| 2   | Treat, apply, oil, ..., paintbrush, 10 x 10 cm: Öljyä hammaspyörän akseli                                   | M-EHB | 2.16           | 1 * 1.0 | 2.16             | Non value adding |
| 3   | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, öljykannu <=80 cm etäisyydellä               | M-EH3 | 1.98           | 1 * 1.0 | 1.98             | Distance         |
| 4   | Get and Place, <= 1 kg, difficult, tight, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörä                                  | AF3   | 2.88           | 1 * 1.0 | 2.88             | Value adding     |
| 5   | Get and Place, <= 1 kg, difficult, loose, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörän laippa                          | AE3   | 2.52           | 1 * 1.0 | 2.52             | Value adding     |
| 6   | Fasten, by hand, insert and search for thread, one hand: Pyöräytä laipan ruuvit alkuun käsin (3 kpl)        | M-SAA | 3.06           | 3 * 1.0 | 9.18             | Non value adding |
| 7   | Supplementary values, parts in distance class 3: Täydennysarvo, ruuvit <=80 cm etäisyydellä                 | M-ET3 | 0.54           | 1 * 1.0 | 0.54             | Distance         |
| 8   | Fasten, screw, turn on and tighten, power screwdriver: Kiristä ruuvit (3 kpl) sähköisellä ruuvinvääntimellä | M-SHS | 2.16           | 3 * 1.0 | 6.48             | Value adding     |
| 9   | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, väännin <=80 cm etäisyydellä                 | M-EH3 | 1.98           | 1 * 1.0 | 1.98             | Distance         |
| 10  | Fasten, addition, additional tightening: Lisäkieritys momenttiavaimella 40 Nm                               | M-SHA | 1.98           | 3 * 1.0 | 5.94             | Non value adding |
| 11  | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, momenttiavain <=80 cm etäisyydellä           | M-EH3 | 1.98           | 1 * 1.0 | 1.98             | Distance         |

TAULUKKO 4. Ticonissa luotu esimerkkianalyysi valmiilla MTM:n standardiajoilla

Analyysissa jokainen rivi on oma aikablokkinsa. Rivin alussa näkyy tehtävän kuvaus, johon voi muuttaa koko tekstin, tai kuten tässä on tehty, lisätä automaattisesti tulevan alun perään omia tarkennuksia. Tekstin voi myös jättää alkupe räiseksi, mutta lisäselitykset selkeyttävät valitun standardiajan tarkoitusta. Muiden sarakkeiden kuvaukset löytyvät ylempää raportin luvusta 3.1.3, taulukon 4 alapuolelta.

Taulukon 4 oikeassa laidassa näkyvään Category-sarakkeeseen lisätään kullekin riville oman kategoriansa, joita ovat leanin arvovirtaperiaatteen mukaisesti arvoa tuottava, arvoa tuottamaton, odotus ja tarkistus. Näin jaoteltuna tehtävä näkyy esimerkkikuvion 3 mukaisesti kaksiosaisena ympyrä-rengasgraafina kunkin osalueen käytetyn ajan perusteella Evaluation-välilehdellä. Graafista on helppo analysoida esimerkiksi, paljonko aikaa kuluu välimatkoihin ja olisiko työpistettä järjesteltävä uudestaan tämän osuuden vähentämiseksi. Ajat näkyvät myös numeerisina ja prosentuaalisina osuuksina graafin viereisessä taulukossa.



KUVIO 3. Eri kategorioittain kuluneet ajat ympyrä-rengasgraafissa Ticonissa

Kuvion 3 graafissa sisempi ympyrä näyttää vain arvoa tuottavan ja arvoa tuottamattoman osuuden suhteen. Ulompi rengas taas jaottelee arvoa tuottamattoman työn osioihin välimatka, odotus, tarkistus ja puhtaasti arvoa tuottamaton työ. Tässä esimerkissä otettiin lähestymistavaksi, että ainoastaan moottoriin paikalleen asettaminen tai ruuvien tapauksessa ensimmäinen kiristys ovat moottorinvalmistuksessa asiakkaalle arvoa tuottavia toimenpiteitä. Ruuvien esi- jälki- ja momenttikiristykset ovat myös arvoa tuottamattomia.

Seuraavassa taulukossa 5 nähdään ote MTM-UAS-WEB-kansion datakortista ”Basic Operations”, josta haluttua toimintoa klikkaamalla saa toiminnon siirrettyä analyysiin. Datakortin vasemmassa yläkulmassa näkyy ensin valittavana ”Get and Place”, eli Ota ja Aseta -osio. Lähdetessä vasemmalta oikealle, on ensin valittava otettavan kappaleen paino. Kun kappale on korkeintaan kilon painoinen, on myös valittava, onko kyseinen esine helppo, vaikea vai ”kourallinen tavaraa”.

| Get and Place        |                     |         | DC   | 1  |
|----------------------|---------------------|---------|------|----|
| ≤ 1 kg               | easy                | approx. | AA   | 20 |
|                      |                     | loose   | AB   | 30 |
|                      |                     | tight   | AC   | 40 |
|                      | difficult           | approx. | AD   | 20 |
|                      |                     | loose   | AE   | 30 |
|                      |                     | tight   | AF   | 40 |
|                      | handful             | approx. | AG   | 40 |
|                      | > 1<br>to<br>≤ 8 kg | approx. | AH   | 25 |
|                      |                     | loose   | AJ   | 40 |
| tight                |                     | AK      | 50   |    |
| > 8<br>to<br>≤ 22 kg | approx.             | AL      | 80   |    |
|                      | loose               | AM      | 95   |    |
|                      | tight               | AN      | 120  |    |
| Place                |                     |         | Code | 1  |
|                      | approx.             | PA      | 10   |    |
|                      | loose               | PB      | 20   |    |
|                      | tight               | PC      | 30   |    |
| Handle Tool          |                     |         | Code | 1  |

TAULUKKO 5. Rajattu ote Basic Operations -datakortista. (MTM ASSOCIATION)

Seuraavana tulee valittavaksi kaikilla painoilla asetuksen vaikeusaste, eli onko paikalleen asetettavan esineen sovitus suurpiirteinen, löysä vai tiukka. Joka yhdistelmälle on oma koodinsa. Viimeisenä valitaan vielä joko kohta 1, 2 tai 3, jotka merkitsevät etäisyyksiä ≤20 cm, ≤50 cm ja ≤80 cm. Mahdolliset lisäetäisyydet merkitään aina erikseen. Etäisyysvalinnan kohdalla näkyy lukuarvo, kuinka monta TMU-aikayksikköä eli usein suomalaisessa puhekielessä ”Teemua” kukin kombinaatio vie.

Kun sopiva vaihtoehto on valittu, tulee aika sekunteina näkyviin Analysis-välilehdelle (kuva 3). Times-välilehdellä taas näkyy kuvan 3 mukaisesti analysoitavien kohteiden aika tarkemmin jaoteltuna, ja siinä on myös mahdollista lisätä apuaikaa työtehtäviin. Apuajan saa vielä jaoteltua henkilökohtaiseen, objektiiviseen ja yleiseen apuaikaan. Näitä voidaan hyödyntää, mikäli tuotannossa havaitaan tarvetta kyseisten lisäaikojen käytölle. Ainakin lepoaikaa tulisi olla työvuoron aikana sopiva määrä suhteessa työn kuluttavuuteen.

Geneerinen hammaspyör... Overview Analysis Times Evaluation

Times

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Manual Time (tm)<br>ttb = 34.92 s             | Process Time (tp)<br>ttu = 3.24 s<br>ttu = 3.24 s | Waiting Time (tw)<br>tw = 0.00 s           | Basic Time (tb)<br>tg = 38.16 s           |
| Personal Allowance Time (tap)<br>tvp = 0.00 s | Objective Allowance Time (tao)<br>tvs = 0.00 s    | Allowance Time (ta)<br>tv = 0.00 s         | Time per Unit (tu)<br>te = 38.16 s        |
| Run Time (tr)<br>ta = 38.16 s                 | Set-up Manual Time (tsm)<br>trtb = 0.00 s         | Set-up Process Time (tsp)<br>trtu = 0.00 s | Set-up Waiting Time (tsw)<br>trw = 0.00 s |
| Set-up Basic Time (tsb)<br>trg = 0.00 s       | Set-up Time (ts)<br>tr = 0.00 s                   | Order Time (T)<br>T = 38.16 s              |   |

Allowances

|                                 |                                  |                                |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Personal allowance [PA]<br>0.00 | Objective allowance [OA]<br>0.00 | General allowance [AZ]<br>0.00 |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|

Settings

|                  |
|------------------|
| Quantity<br>1.00 |
|------------------|

KUVA 3. Times-välilehti Ticon-ohjelmistossa (MTM ASSOCIATION)

Kuten yllä olevasta kuvasta nähdään, on Times-välilehdellä järjestelmän monikäyttöisyyden vuoksi monia erilaisia aikakategorioita, jotka jäävät tyhjiksi tämän opinnäytetyön käsittelemän prosessin kaltaisessa käytössä. Ainoa jaottelu 38,16 sekunnin perusajasta on jako manuaaliaikaan (34,92 s) ja koneelliseen aikaan (process time = 3,24 s). Ohjelma osaa siis erotella standardiajat, jotka ovat käsin tekoa ja -ajat, jotka ovat koneen, kuten ruuvinvääntimen käyttöä, toisistaan.

### 5.1.3 Uusien standardiaikojen luominen

Kaikille tehtäville tai liikkeille ei pystytty löytämään sopivaa olemassa olevaa standardiaikaa, tai kasaamaan sellaista osista. Ticonissa on tätä varten mahdollisuus luoda Enter Time Value -toiminnolla työntutkimuksella mitatusta tai arvioidusta ajasta oma aikablokki. Kenttiin voi, aivan kuin käytettäessä valmiitakin aikoja, asettaa tehtävän nimikoodin, kuvauksen, alku- ja loppukohdan sekä kategorian. yhteen sarakkeeseen valitaan myös, onko aika saatu työntutkimuksella vai onko se arvio.

Uutta aika-arvoa lisätessä välilehtien määrä on suppeampi, kuin olemassa olevia blokkeja käyttämällä, sillä Analysis- ja Evaluation-välilehdet puuttuvat. Enter Time Value on hyödyllinen ratkaisu, kun valmiita standardiaikoja ei ole, mutta silti kannattaa miettiä, kannattaako viedä erityisten yksittäistapausten kellotuksella saatua aikaa välttämättä Ticoniin, ellei sitä voi hyödyntää siellä mihinkään muuhun. Tavoitteena on, ettei AGCO Powerin kokoonpanossa tällaista tilannetta tulisi, vaan esimerkiksi Keko-kiristykset pyritään purkamaan sellaisiin osiin, että niitä voisi hyödyntää vain määrän ja etäisyyksien muokkauksilla muissakin Keko-kiristyssovelluksissa.

Uusia standardiaikoja pystytään luomaan Ticonin käytössä olevassa verkkoversiossa, mutta olemassa olevien blokkien tarkemman koostumuksen selvitys tai uusien datakorttien luonti ei verkkoversiossa onnistu. Edellä mainittuja toimintoja varten olisi saatava Ticonin työpöytäversio käyttöön, ja näin onkin yrityksessä tulevaisuudessa tapahtumassa. Järjestelmän toimivuutta saatiin kuitenkin kokeiltua ongelmatta tällä verkkoversiolla, ja kun tiedostetaan rajoitteet, niistä ei ole haittaa. Verkkoversio myös toimii myöhemmässä käytössä hyvin, kun uusia datakortteja tai sisältöä vanhoihin on luotu. Systemeji, jossa tehtaalla on yhdellä Key Userilla tunnukset työpöytäsovellukseen muokkauksia varten ja muilla käyttäjillä verkkotunnukset, on toimiva ja kustannustehokas tapa jatkaa järjestelmän käyttöä.

## **5.2 Standardiaikojen sovellus erilaisissa tilanteissa**

Standardiaika pätee nimensä mukaisesti vain standardin mukaisissa tilanteissa. Toisin sanoen toteutuminen vaatii standardiin sopivan työntekijän, olosuhteet ja työkalut. Osien on oltava oikeilla paikoillaan ja niitä on oltava riittävästi, asentajan tulee olla työhönsä perehtynyt ja keskittynyt ja hänellä on oltava psyykkisesti ja fyysisesti normaali tilanne.

Standardiaikamallin käyttöönottoa hankaloittava tekijä, mutta ei kuitenkaan estevä, on Keko-järjestelmään yhdistetyt, keskenään hieman erilaiset sähköiset vääntimet. Hankaluuden aiheuttaa se, ettei näille vääntimille pystytä luomaan

yhtä yleispätevää standardiaikaa, vaan ne on otettava jatkossakin työntutkimuksella eli kellottamalla useampia toistoja, ja luotava sitten joka kiristykselle oma standardiaikablokki. Kuitenkin työssä tutkitaan mahdollisuutta rakentaa oma tarpeeksi monikäyttöinen standardiaikablokki ensimmäiselle Keko-kiristykselle, johon sisältyisi tarvittavat aloitustoimenpiteet, ja omansa seuraavalle kiristykselle, jonka määrän voisi muuttaa vastaamaan kulloistakin tarvetta.

Tähän ongelmaan voisi olla ratkaisuna myös Kekon käytön lopettaminen tällaisissa tehtävissä. Etuna olisi sujuvuus ja nopeus, mutta vahvana kääntöpuolena olisi eksponentiaalisesti kasvava virheen mahdollisuus, mahdollisesti huonompi työergonomia ja suurempi riippuvuus työhjeista. Nämä syntyvät siitä, että Keko ei enää kiristäisikään kaikkia eri kiristyksiä oikeaan momenttiin, asteeseen ja tekisi esikiristyksiä oikein. Jos kaikki nämä jäisivät asentajan vastuulle, on selvää, että virheitä sattuisi aiempaa enemmän. Kiristyksessä tulisi tällöin käyttää sähkö- tai paineilmaakäyttöisiä momenttikiristimiä, omaansa joka momentille tai sitten tarkistukseen käsikäyttöistä momenttiavainta. Tämä kuitenkin yhdistettynä suuriin momentteihin ja mahdollisesti epäergonomisiin asentoihin altistaa työntekijän työperäisille terveysongelmille. Kaiken kaikkiaan siis Keko-pohjaisten vääntimien käyttö on perusteltua, vaikkakin tämä arviointi ja perustelu tulisi tehdä joka työvaiheelle huolellisesti erikseen.

Kuten jo työn alkupuolella mainittua, esimerkiksi asentajan henkilökohtaiset huolet, motivaation puute, fyysiset rajoitteet, työkalujen tai osien ongelmat, liian korkea lämpötila tai ikävästi puhaltava tuuletin voivat aiheuttaa poikkeamaa alaspäin standardituloksesta. Myös jos työntekijän joutuisuus on lähtökohtaisesti matala tai hänelle tulee työssä jokin ongelma, ollaan mahdollisesti siinä tilanteessa, ettei standardiaikaan tai valmistusmäärätavoitteeseen päästä. Kuitenkaan ei pidä olettaa kaikkien työntekijöiden poikkeavan standardeista alaspäin. On myös standardeja tehokkaampia työntekijöitä ja päiviä, ja tulisikin olettaa varsinkin suuremmalla työntekijämäärällä keskiarvon asettuvan likimain standardiaikaan. Tämä toki edellyttää olosuhteiden ja tehtävien vastaavan standardin määrittelyolosuhteita.

Ongelmatilanteita varten tehtaalla on käytössä aiempaan raportissa pintapuolisesti esitelty Team Leader -järjestelmä, joka takaa ongelmatilanteissa selvitysavun paikalle nopeasti. Kun asentajalla on Kekosta työvaihe auki, hän voi laittaa vaihelaityksen päälle, ja vapaana oleva Team Leader saapuu. Kun ongelma on korjattu, se kuitataan ja saadaan ylös aika, kuinka kauan tilanne kesti. Tässäkin variaatiota aiheuttaa se, että jotkut saattavat kuitata hälytyksen pois Leaderin saapuessa näkyviin, kun taas joku saattaa unohtaa hälytyksen taustalle päälle. Tämä variaatio tosin näkyy vain tuotannonohjausjärjestelmään kirjatussa ajassa, ja todellisen asennusajan poikkeama normaalista ongelmatilanteissa pyritään minimoimaan Team Leader -järjestelmällä.

### 5.2.1 Standardiaikojen valintaperusteet

Käytettävät standardiajat ovat hyvin yleismallisia, mutta niiden kuvaus sekä aika pitäisi saada vastaamaan mahdollisimman tarkasti todellista kokoonpanotilannetta. Tästä syystä jokaisen standardiajan valinnan takaa täytyy löytyä hyvät perustelut. Tämä auttaa myös myöhemmässä vaiheessa tapahtuvaa muokkausta, kun nähdään heti ylös kirjattuna syyt jokaisen ajan valinnalle. Syytä voidaan verrata uuteen muuttuneeseen tilanteeseen ja miettiä, pätevätkö ne vielä, vai onko syytä tehdä muutoksia aikablokkeihin.

Raportin liitteestä 2 löytyy AGCO Powerin kokoonpanovaiheen SA46 standardiajat perusteluineen ja vertailuineen Excel-muodossa. Tämän raportin julkisessa osassa avataan samaan tyyliin kehitettyä ”geneerinen hammaspyörän asennus”-työvaihetta. Geneerisen vaiheen Excel-taulukko löytyy leveän asettelun vuoksi kahteen osaan pilkottuna taulukoista 6 ja 7.

| Vaihe  | C-blokki                        | A/B-blokki  |
|--------|---------------------------------|---|
| ABC123 | Geneerinen hammaspyörän asennus |   |
|        |                                 | Get and Place, <= 1kg, difficult, loose, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörän akseli                           |
|        |                                 | Treat, apply, oil, ..., paintbrush, 10 x 10 cm: Öljyä hammaspyörän akseli                                   |
|        |                                 | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, öljykannu <=80 cm etäisyydellä               |
|        |                                 | Get and Place, <= 1kg, difficult, tight, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörä                                   |
|        |                                 | Get and Place, <= 1kg, difficult, loose, <=80cm: Ota ja aseta hammaspyörän laippa                           |
|        |                                 | Fasten, by hand, insert and search for thread, one hand: Pyöräytä laipan ruuvit alkuun käsin (3 kpl)        |
|        |                                 | Supplementary values, parts in distance class 3: Täydennysarvo, ruuvit <=80 cm etäisyydellä                 |
|        |                                 | Fasten, screw, turn on and tighten, power screwdriver: Kiristä ruuvit (3 kpl) sähköisellä ruuvinvääntimellä |
|        |                                 | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, vääntin <=80 cm etäisyydellä                 |
|        |                                 | Fasten, addition, additional tightening: Lisäkiritys momenttiavaimella 40 Nm                                |
|        |                                 | Supplementary values, tool in distance class 3: Täydennysarvo, momenttiavain <=80 cm etäisyydellä           |

TAULUKKO 6. Geneerinen hammaspyörän asennus vietyinä Excelliin, rajaus ½

Taulukko 6:n vihreässä sarakkeessa on vaiheen numero. Vaiheen jälkeen seuraava sarake kertoo isomman asennuskokonaisuuden, joka on tässä tapauksessa hammaspyörän asennus. Tämä on MTM:n hierarkiassa C-blokki, sillä se koostuu useista A- ja B-blokeista. A- ja B-blokkien kuvaukset, ajat ja Q\*F-arvot on otettu suoraan Ticonista. Alempana taulukossa 7 näkyy Excelissä lisätyt perusteet kunkin blokin käytölle. Jokaisessa esimerkin standardiajassa valintaperusteet alkavat lauseella ”operaation kuvaus ja aika vastaavat tositilannetta”. Tämän lause on kuitenkin jätetty taulukosta 7 pois asettelun sopiessa raporttiin paremmin kapeampana. Lisäperusteluina on tarkennuksia, kuten ”Työkalun otto ja palautus eivät sisälly edelliseen blokkiin”. Työssä käytettävät etäisyydet ja videolla kelloitettu työaika taulukoissa ovat kaikki keksittyjä arvioita, sillä tähän luotua vaihetta ei ole oikeasti olemassa. Se on kuitenkin pyritty rakentamaan todellista tilannetta vastaavaksi.

| Perusteet kyseisen blokin käytölle   | Koodi | Perusaika | Q*F     | Summa-aika | Aika videolla | Aikojen erotus |
|--|-------|-----------|---------|------------|---------------|----------------|
|  |       |           |         | 38,16      | 40            | -1,84          |
| Akselin asetus on tarkka, mutta ei tiukka.                                   | AE3   | 2,52      | 1 * 1.0 | 2,52       |               | -4,8 %         |
| Öljyttävä ala on alle 100 cm2.   | M-BHB | 2,16      | 1 * 1.0 | 2,16       |               |                |
| Öljykannun otto ja palautus eivät sisälly edelliseen blokkiin.               | M-EH3 | 1,98      | 1 * 1.0 | 1,98       |               |                |
| Hammaspyörän asetus on sekä tarkka että tiukka.                              | AF3   | 2,88      | 1 * 1.0 | 2,88       |               |                |
| Laipan asetus on tarkka, mutta ei tiukka.                                    | AE3   | 2,52      | 1 * 1.0 | 2,52       |               |                |
| Ruuvi otetaan käteen, asetetaan paikalleen ja kierretään alulle. Toistuu 3x. | M-SAA | 3,06      | 3 * 1.0 | 9,18       |               |                |
| Ruuvien ottoon sisältyy vain 50 cm haku. 80 cm lisäetäisyys tarvitaan.       | M-ET3 | 0,54      | 1 * 1.0 | 0,54       |               |                |
| Ruuvit kiristetään akkukäyttöisellä vääntimellä. Toistoja 3 x.               | M-SHS | 2,16      | 3 * 1.0 | 6,48       |               |                |
| Vääntimen otto ja palautus eivät sisälly edelliseen blokkiin.                | M-EH3 | 1,98      | 1 * 1.0 | 1,98       |               |                |
| Momentit tarkistetaan/lisääkiristetään käsin momenttiavaimella.              | M-SHA | 1,98      | 3 * 1.0 | 5,94       |               |                |
| Työkalun otto ja palautus eivät sisälly edelliseen blokkiin.                 | M-EH3 | 1,98      | 1 * 1.0 | 1,98       |               |                |

## TAULUKKO 7. Geneerinen hammaspyörän asennus vietynä Exceliin, rajausta 2/2

Taulukko 6 ja 7 ovat erikseen, sillä Excel-taulukon riveillä oli liian leveästi soluja suoraan tähän raporttiin vietäväksi. Kun taulukon 6 asettaa vasemmalle ja taulukon 7 sen perään oikealle, saadaan yhtenäinen, leveämpi taulukko.

Taulukossa 7 tummemman vihreällä pohjalla näkyy Ticon-ohjelmassa luodun analyysin kokonaisaika, jota verrataan punertavan pohjan soluissa työntutkimuksella saatuun (tässä geneerisessä esimerkissä kuvitteelliseen) aikaan. Mikäli työntutkimusajat ovat huomattavasti erisuuruisia verrattuna saatuun standardiaikaan, on syytä kiinnittää huomiota standardiajan valintaperusteisiin, verrokkityöntekijän joutuisuuteen ja verrata asentajan työtapoja standardiaikamallin sisältöön. Standardiajoissa tulee herkästi virhettä, kun aikoja kasaantuu paljon ja jos valinnat eivät ole huolellisesti mietittyjä tai joukossa on esimerkiksi vääriä kertoimia.

Raportin liitteestä 2 löytyvässä Excel-taulukossa on kokoonpanon SA46-vaihe siinä laajuudessa kuin se raportin kirjoittamishetkellä tuotannossa oli, joten siinä on rivejä huomattavasti enemmän kuin geneerisessä esimerkissä. Taulukon lukemisen, aikojen tulkitsemisen ja vaiheiden muokkauksen helpottamiseksi asennusajat on jaettu osakohtaisesti. Oheistoiminnot, kuten tuotannonohjausjärjestelmän kuittaaminen ja materiaalikärryjen työntäminen, on eroteltu omiksi blokeikseen. Vaiheen kolmessa osassa tehtävät Keko-kiristykset on niputettu yhteen lisäämällä toimintojen määrää vastaamaan tarvetta. Tällä tavoin taulukon pituus saadaan minimoitua ja rakennetta yksinkertaistettua.

Taulukossa näkyy poikkeuksena, että korkeapainepumpun hammaspyörän asennus on erikseen saman hammaspyörän mutterin asennuksesta. Tehtävät olisi loogista niputtaa yhteen, mutta erottelu johtuu tehtaan sisäisistä järjestelmistä. Hammaspyörä ja sen mutteri ovat nimittäin eri "vc-groupia", jolloin niitä on käsiteltävä erillään. Jaottelu juontaa juurensa työhjeiden jäsentelystä. Samalla työhjeellä ei voi olla usean eri vc-groupin osia tai tehtäviä. Sama kielto pätee standardiaikablokkeja kasatessa.

Liitteen 2 Excel-tiedosto käsittää muutamia standardiaikavalintoja, joita on syytä tässä raportissa avata kuitenkin mainitsematta koodeja tai aikatietoja. Myös blokkien rakennetta avataan asian havainnollistamiseksi. Liitetiedoston rakenne ja sisältö on tässä työssä aiemmin kuvatun geneerisen hammaspyörän asennuksen Excel-tiedostoa vastaava.

Ensimmäinen liitteen tässä avattava blokki on selitteeltään "Fasten, by hand, insert and turn on, one hand" lisäselitteellä "Avaa jigin ruuvi". Kyseessä on useammasta A-blokista koostuva B-blokki, mikä käy ilmi myös blokin koodin B-kirjaimesta. Kyseisen blokin kategoria on "Fasten", alakategoria "by hand" ja sieltä on valittu "insert and turn on, one hand". Lisäselite kertoo tehtävänä olevan ruuvin avaus käsin, jotta jigin kaksi osaa saadaan erilleen. Jigillä tarkoitetaan tällä asennusvaiheella kampiakselin päätytiivisteen asennustyökalua. Ruuvin auki kiertämisen on tässä katsottu vastaavan likimain kiinni kiertämistä.

Seuraava tähän auki selitettävä blokki ei olekaan B-blokki, vaan A-blokki. Tämä näkyy myös koodista, sillä se alkaa A-kirjaimella. "Part by hand,  $\leq 1$  kg" lisäselitteellä "Ota ja aseta jiggin alempi osa". Vastaava B-blokki sisältäisi osan oton yli 50 cm päästä, mutta tässä tapauksessa otettava osa on asentajan välittömässä läheisyydessä. Tehtävänä on nostaa jiggin kuoriossa pois ja asettaa sisäosa käyttöpaikalleen kampiakselin päähän. Käytetty A-blokki sisältää osan oton ja asetuksen. Valittu blokki on Parts- eikä Tools-kategoriaa, sillä vaikka jigi onkin käytännössä työkalu, sen käsittely vastaa selvästi enemmän osaa kuin työkalua. Jigi kiinnitetään moottoriin, ja käytön jälkeen irrotetaan ja viedään pois.

Seuraava tässä avattava työvaihe on A-blokki "Operate, Single, Per action" lisäselitteellä "Vääntimen suunnanvaihto 2 kertaa". Katteoria on siis tällä kertaa "Operate", alakategorian ollessa "Single" ja selitteen "Per action". Lisäselitteen mukaisesti kyseinen blokki kuvaa sähkövääntimen suunnanvaihtoa. Työntutkimuksen perusteella aika vastaa suhteellisen tarkasti standardiaikaa, ja blokin tarkempi selitys MTM:n materiaaleissa kertoo sen tarkoittavan jonkin yksinkertaisen napin tai kytkimen käyttöä. Suunnanvaihto vääntimeen tapahtuu pyöräyttämällä varren ympärillä olevaa rengasta, vastaavaa kuin polkupyörän kahvatuppiin integroidut vaihteet. Koska sekä selite että aika vastaavat toisiaan, on blokin valinta hyvin perusteltu. Kerroin 2 tulee kohtaan "Q\*F", koska sama toiminto toistetaan kahdesti.

### **5.2.2 Puutteet käytetyissä standardiajoissa**

Tästä raportista pois jätetty AGCO:n Breganze-datakortti (liite 1) oli oikeassa työssä käytetyistä datakorteista yleisin. Kortti on tehty sisältämään Breganzen puimuritehtaalla tarvittavat standardiajat, ja niissä oli yllättävänkin paljon myös moottoritehtaan käyttöön soveltuvia blokkeja. Kyseinen kortti on kuitenkin vasta pilotointivaiheessa tehty, joten siitä huomattiin pieniä epäloogisuuksia tai tarkennuksen kohteita. Eräessä kohdassa pitemmän etäisyyden aika oli lyhyempi kuin lyhyemmän etäisyyden. Tämä saatiin korjattua ottamalla yhteyttä korttia hallinnoivaan henkilöön.

Toinen mainittava epäloogisuus oli hyvin yleisessä blokissa, eli ota ja aseta osa. Kyseisen blokin aika alle yhden kilon painoisille tavallisille osille oli huomattavan

nopea, kun taas yli kilon painoon mentäessä tai osan muodon hankaloituessa aika tuplaantuu. Yli kilon osalla aika oli paremmin todellista asennusaikaa vastaava. Työntutkimusmateriaalista voitiin kuitenkin todeta, ettei yli ja alle kilon painoisten osien käsittelyssä ollut kovin huomattavaa eroa. Suurempi vaikutus näyttää olevan sillä, kuinka helposti osa on otettavissa, ja kuinka helppo sen kohdistus on. Tälle taas ei ollut käytettävissä juuri lainkaan variaatiota datakortissa. Osan painon mukaan menevää variaatiota voi käyttää siten, että alle kilon painoinen, mutta hankalan muotoinen, osa menee yli kilon standardiajalla. Kuitenkaan yli kilon painoiselle hankalalle osalle ei ollut omaa variaatiotaan hankaluuden suhteen. Lisänä käytettävissä on Additional Positioning -blokki.

Lisäasettelulle datakorteista löytyvä Additional Positioning-blokki on kuitenkin ajaltaan hyvin lyhyt. Määrää lisäämällä se kattaisi kokoonpanon lisäasettelujen todelliset ajat, mutta tässä kohtaa tulisi vaikeaksi perustella yhteneväisesti, millä perusteella juuri tietty kappalemäärä lisäasettelua on valittu. Lisäasetuksia löytyy myös hankalille asennoille, kuten kumartumiselle ja polvistumiselle, mutta ne-kään eivät suoraan vastaa tässä työssä vastaan tulleita hankalia ottoja tai asetteluja. Parempi olisikin, jos sekä hankalalle osan otolle että asetukselle olisi joko erillinen tai yhdistetty lisäblokki tai ota ja aseta -blokissa omat variaationsa.

Standardiaikavalikoimassa tarvetta hitaammille osan otoille olisi. Opinnäytetyöprojektissa tutkitun Core 75 FSTN-moottorin tapauksessa jakopään akselit, laipat ja hammaspyörät tulevat esikerättyinä laatikossa. Osien sekoittamisen välttämiseksi laatikossa on joka osalle oma syvennyksensä, ja esikeräys onkin kuin lasten palikkapeli, jossa jokainen palikka pitää laittaa oikean muotoiseen reikään. Tämän takia osien otto on hieman hitaampi, kuin esimerkiksi tasopinnalta. Lisäksi osien kohdistus vie oman aikansa, kun kaikissa on ajoitusmerkki, jonka suunta on oltava tarkasti oikein.

Eräs hieman epälooginen standardiaika AGCO-konsernin datakorteissa on myös työnnettävän kärryn liikutus. Tällaista alle 50 kilon kokonaisuudesta kärryä pitäisi työntää likimain normaalia kävelyvauhtia. Massan nosto 200–500 kiloon hidastaa vauhtia standardiajassa 40 prosentilla, mikä vaikuttaa loogiselta. Pidemmällä matkoilla tämä ei ole ongelma, mutta käytettäessä lyhyempiä matkoja, kuten yksi tai kaksi metriä, vie kärryn liikkeelle saanti ja pysäytys selvästi enemmän

aikaa, eikä tätä ole huomioitu perusajassa. Ratkaisu olisi toteutettavissa helposti lisäämällä liikkeelle lähdöstä ja pysähdyksestä sopiva lisä perusaikaan, ja lisämetrit nykyisellä vauhdilla.

## 6 TULOSTEN ANALYSOINTI JA VERTAILU KOKOONPANOON

### 6.1 Standardiaikojen käytön sujuvuus

Standardiaikojen luominen lähti alkuun hitaasti käyntiin, sillä kyseessä oli täysin uusi opeteltava ohjelmisto ja asia. Hyvällä perehtymisellä ja ohjeisiin tutustumalla käyttö alkoi kuitenkin sujua pian paljon paremmin. Mikäli käytössä olisi vielä laajempi valikoima standardiaikakirjastoja järkevästi jaoteltuna, olisi työ vieläkin nopeampaa ja helpompaa. Kuitenkin Ticonissa on tehty helpoksi myös työntutkimuksen tulosten hyödyntäminen. Sellaiselle tehtävälle, jolle ei ole saatavilla mitään valmista aikaa, mutta mahdollisesti osia siitä, voidaan Ticonilla luoda osa siitä tutkittuna tai arvioituna aikana, ja ottaa soveltuvin osin aikoja myös valmiista standardeista.

Verrattaessa videoituun työntutkimukseen, on standardiaikajärjestelmä selkeämpi ja käyttäjäystävällisempi. Tässä tapauksessa muutama koodi ja tekstiselitteet kertovat enemmän kuin tuhat työvideota ja kellotusta.

#### 6.1.1 Järjestelmän skaalaus koko linjastolle

Järjestelmän käyttöönotto koko linjassa ei ole tämän testivaiheen perusteella mahdollista, joskaan ei nopeakaan projekti. Se on kuitenkin täysin tehtävissä, mikäli halutaan. Jo tällä ensimmäisellä kokeillulla vaiheella täytyi luoda uusia standardiaikoja, mutta niitä voi osin hyödyntää joko muilla kokoonpanolinjan vaiheilla, tai muilla moottorimalleilla kyseisellä jakopäävaiheella.

Koko linjastolla alusta loppuun katsoen on hyvin suuri määrä yksilöllisiä ja erilaisia työtehtäviä, joten standardiaikakirjastoja täytynee vielä merkittävästi kasvattaa. Jo heti etukäteen olisi hyvä miettiä, kuinka järjestelmästä saadaan selkeä ja yhtenäinen, eikä lopputulos ole sekava aikablokkiviidakko, josta haluamansa löytämiseen menee kohtuuttomasti aikaa.

Breganze on tehnyt oman datakorttinsa Ticoniin b-blokeista, jotka on saatu enimmäkseen olemassa olevista A-blokeista lisäämällä niihin välimatkoja, tai kasamalla useampi A-blokki päällekkäin. Tämä datakortti on yksinkertainen käyttää,

sillä siihen sisältyy paljon tarvittavia tehtäviä eri etäisyysvariaatioineen. Olisi jatkon kannalta selkeää, mikäli entistä enemmän tarpeellisia tehtäviä ja liikkeitä löytyisi samasta datakortista.

### **6.1.2 Menetelmän huonot puolet**

Huonoja puolia menetelmässä on ainakin toistaiseksi käytössä olevan Ticonin verkkoversion pienet puutteet verrattuna Key Userien työpöytäsovellukseen. Järjestelmän koko linjalle skaalausta varten olisi hyödyllistä pystyä luomaan omia datakortteja, joita nyt oli käytössä esimerkiksi Breganzen tehtaalla luotu kortti ja MTM:n omia yleisstandardiaikoja.

Verkkoversiosta puuttuu myös ominaisuus, joka näyttäisi A- ja B-blokkien sisällön, eli mistä perusoperaatioista ne koostuvat. Tämän asian kanssa pystyy kuitenkin elämään, ja tiedot saa halutessaan kysymällä Key User -yhteyshenkilöltä. Ongelmana standardiaikajärjestelmää käytettäessä on myös kokoonpanon erilaiset ongelmatilanteet. Ne voivat ruuhkauttaa tuotantoa ennalta-arvaamattomasti, mutta toisaalta tämä ongelma ei johdu standardiaikajärjestelmän käytöstä ja on muutenkin hankalasti kitkettävissä pois.

### **6.1.3 Menetelmän hyvät puolet**

Otettaessa standardiaikajärjestelmä koko kokoonpanolinjaston laajuudessa käyttöön, tasapainotus ja kokoonpanon layoutin muutokset perustuisivat nyt tarkkaan dataan eikä arvioihin. Niihin voidaan tehdä tarkempia muutoksia, saavuttaa parempi tasapaino ja tasata työkuormaa sekä lyhentää vaiheikaa maksimaalisesti. Mitä pienemmistä osista standardiajat on rakennettu, sitä helpompi on myös muokata vaiheilla tehtäviä asennustehtäviä ja siirtää niitä tai niiden osia viereiselle vaiheelle.

Muutostilanteissa saatava hyöty toimii molempiin suuntiin: Kokoonpanon työjärjestystä tai layoutia voidaan muokata, kun nähdään tarve muokkaukselle standardiaikadatasta. Toisaalta, jos edellä mainittuja kohteita muokataan muista syistä, on ajat helppo päivittää standardiaikajärjestelmään muuttamalla pieniä osia, esimerkiksi osan oton helppoutta, välimatkaa tai käytettävää työkalua.

Uutta työntutkimusta ei tarvita muutostilanteessa, mikäli vain uudet tarvittavat aikablokit löydetään aikakirjastoista. Mikäli vaiheelle tulisi täysin uusi työmenetelmä, jouduttaisiin siitä ottamaan taas kellotus, mutta muita tehtäviä ei tarvitsisi samalla mitata, ellei olla tutkimassa standardiaikojen paikkansapitävyyttä.

## 6.2 Vertailu työntutkimuksen tuloksiin

Verrattaessa opinnäytetyössä tutkitun kokoonpanovaiheen SA46 todellista työntutkimusmateriaalista saatua kokonaisasennusaikaa Ticon-ohjelmassa luotuun, huomataan niiden olevan suhteellisen lähellä toisiaan. Tämä johtuu osin siitä, että käytössä oli työntutkimusmateriaalia videomuodossa, ja työn edetessä vertailua pystyi jo suorittamaan, ja hyödyntämään sitä sopivien aikablokkien valinnassa. Aikablokit eivät sisällä apu- eivätkä lepoaikoja, mutta tutkittava todellinen työnosuus ei vastaavasti sekään sisällä niitä. Lepo- ja apuajat sijoittuvat tavallisemmin moottoreiden asennusvaiheiden väliin, tai joissakin malleissa apuaikaa käytetään työn lomassa vaiheella.

Aiemmin raportissa mainittu osan otto ja asetus -standardiaika (liite 1) poikkeaa toteumasta alaspäin, kun siitä käytetään nopeinta alle kilon painoisen osan variaatiota. Ylöspäin poikkeavia aikoja taas löytyi työkalujen käyttöön liittyvistä ajoista. Hylsyn vaihto kestää standardiajalla (liite 1) lähes tuplasti sen, mitä todellisuudessa vaiheen työntutkimusmateriaaleissa. Työkalun haun ja palautuksen aika pätee normaalilla tavalla esimerkiksi hyllyssä säilytettäviin työkaluihin, mutta AGCO Powerin tuotannossa on yleinen tapa säilyttää paineilmakäyttöiset momenttiruuvinvääntimet katossa kulkevasta kiskosta roikkuen jorjovaijerilla kevennettynä. Tämä nopeuttaa huomattavasti sekä hakua, että varsinkin palautusta, joka tapahtuu käytännössä vain päästämällä työkalusta irti.

Hylsyn vaihtoon todellisuudessa kuluva aika ei kuitenkaan ole vakio. Nyt tutkitussa vaiheessa hylsyn vaihdot tapahtuivat erityisen nopealla tavalla. Keko-vääntimessä on kaikki tarvittavat hylsyvät vääntimen mukana magneetilla kiinni, ja ne voi jakopään tapauksessa latoa etukäteen pulteille tai muttereille, mikä nopeuttaa toimenpidettä oleellisesti. Paineilmatoimiseen ruuvinvääntimeen eli ”pulttipysyyntiin” hylsyn vaihto on nopea siksi, koska työkalun roikkuessa katosta ei sitä ole

hankala tai raskas kannatella vaihdon aikana. Joissakin muissa työkaluissa saattaa olla tiukka kara, johon hylsy kiinnitetään, tai muita fyysisiä syitä joiden vuoksi hylsyn vaihto on hitaampi.

Lisäksi erityisen nopeat vaihdot vaativat usein toimenpiteiden osittaista limittämistä päällekkäin, tai erityisen sujuvia liikkeitä lihasmuistista, jollaisia ei voida olettaa kaikkien työntekijöiden, tai edes standardityöntekijän kohdalla. Tämän pohdinnan ja perustelun jälkeen hylsyn vaihdon standardiaika Ticonissa (liite 1) onkin hyvä standardiaika. Tietysti jatkotutkimukset muilla työvaiheilla voivat tuoda lisää tai erilaista tietoa aiheesta, jolloin näkökulma voi vielä muuttua. Lisäksi työntutkimusmateriaalista saatuun hylsyn todelliseen vaihtoaikaan tulee suhtautua varauksella toistomäärän ollessa vielä alhainen.

Ilman mitään taustatietoa tarvittavista liikkeistä ja etäisyyksistä, esimerkiksi pelkän osalistan perusteella, ei tämän opinnäytetyön tutkimuksen perusteella pystytä tekemään vielä tarpeeksi tarkkaa standardiaikamallia. Kuitenkin mallin luomiseen riittää juuri vain tiedot tarvittavista liikkeistä ja etäisyyksistä. Otettaessa nämä tiedot työntutkimustallenteesta, jos videolla esiintynyt henkilö on joutuisuudeltaan standardista poikkeava tai tekee vajavaisen perehdytyksen takia turhia liikkeitä, voi nämä helposti suodattaa standardiaikamallia tehdessä pois. Kunhan mallin tekijä siis osaa erottaa materiaalista tarpeelliset liikkeet. Esimerkiksi epähuomiossa otettuja vääriä työkaluja tai turhia kävelyjä ei tarvitse ottaa mallin teossa huomioon, vaan ne häviävät asentajan kokemuksen karttuessa kyseiseen vaiheeseen ja moottorimalliin.

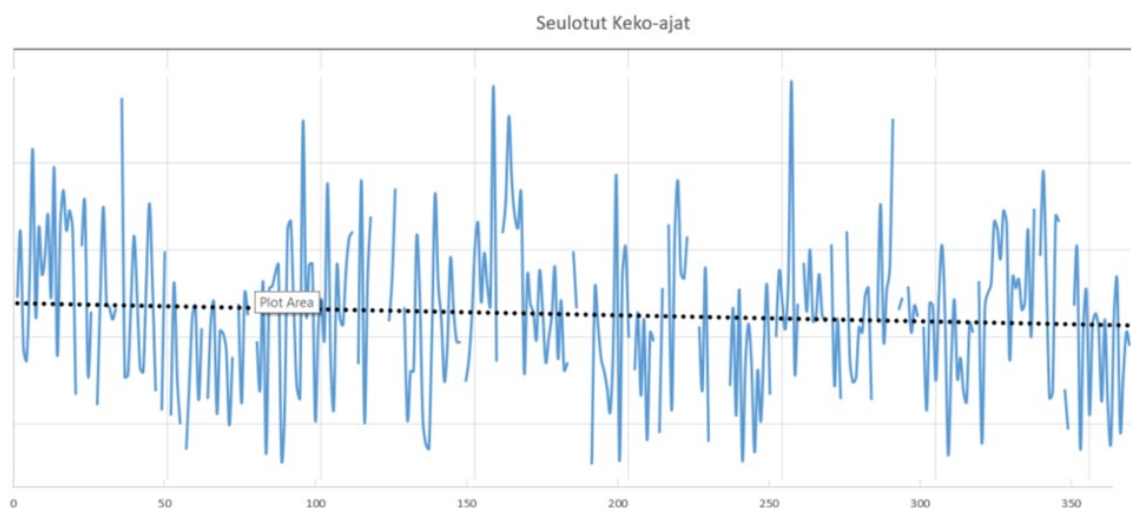
### **6.3 Vertailu tuotannonohjausjärjestelmän aikoihin**

Keko-tuotannonohjausjärjestelmään kirjattuja aikoja Core-moottorin jakopään asennuksesta maaliskuun alusta toukokuun puoleenväliin hyödynnettiin vertailussa standardiaikoihin. Työssä on jo aiemmin käsitelty syitä, joiden takia tuotannonohjausjärjestelmän ajat eivät välttämättä ole aina täysin luotettavia. Kun dataa on paljon, tässä tapauksessa yli 300 aikakirjausta, nousee luotettavuus jo hieman paremmalle tasolle. Ajat vietiin AVIX-ohjelmistosta Excelliin, jossa niitä tarkastellessa huomattiin heti suodatustarvetta.

Ajoissa oli muutamia nolliä, ja jopa sekunnin verran negatiivisia. Nämä johtunevat tuplakirjauksesta tai muusta järjestelmävirheestä. Toisessa ääripäässä taas oli tuhansien sekuntien vaiheajoja. Kokoonpanon vaiheajat eivät ole julkista tietoa, joten ne on sensuroitu tästä työstä. Yleiseltä vaikutti [REDACTED] sekuntia kestänyt suoritus. Aikoja tarkastellessa valittiin suodatusarvot, ja päätettiin suodattaa aikadatasta pois alle [REDACTED] sekunnin ja yli [REDACTED] sekunnin arvot.

Kaikista nopeimmat arvot saattavat johtua esimerkiksi ennen vaunun saapumista vaiheelle aloitetusta työstä. Toinen uskottava selitys on, että asentaja on saanut yhdeltä tai useammalta henkilöltä apua, eikä aikaa näin ollen voida pitää normaalina asennusaikana. Pidemmät ajat taas johtuvat todennäköisesti esimerkiksi kuitaamisen unohtumisesta kun jono on pysähdyksissä, epätavallisista ongelmista tai siitä, että tehtävä on jäänyt kesken tauon ajaksi.

Nopeimmat ajat jäivät suodatuksen jälkeen hyvin lähelle suodatusarvoa, mutta yli [REDACTED] sekunnin aikojen poistuttua jäi hitaimmaksi ajaksi selvästi suodatusarvoa alempi aika-arvo. Vietäessä suodatettu aikadata kaavioksi, näytti tulos loogiselta. Käyrässä erottui pienen aikavälin heilunnan lisäksi sinifunktion kuvaajaa muistuttava muoto. Positiivinen asia on, että kuvioon asetettu trendiviiva näyttää vaiheajojen keskiarvon laskeneen tasaisesti koko mittausjakson ajan (kuvio 4).

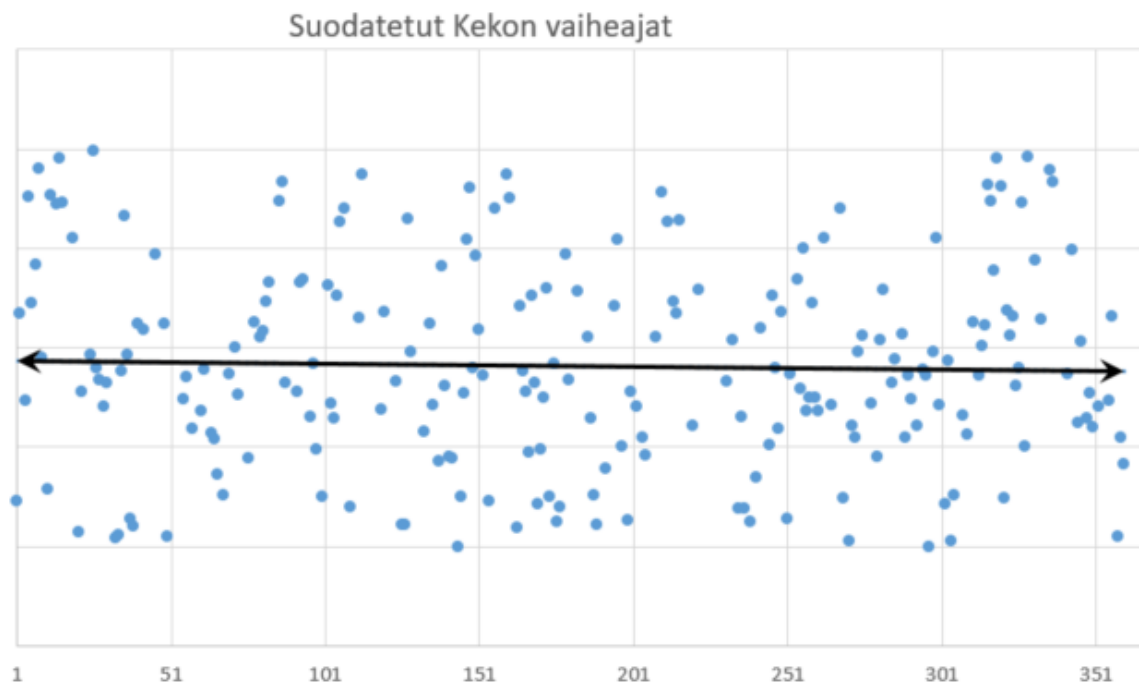


KUVIO 4. Toteutuneet Keko-vaiheajat. Pysty akselilla aika sekunteina ja vaak akselilla aikojen kappalemäärä

Kuvion aikojen keskiarvo on [REDACTED] sekuntia, kun standardiajoilla tehtynä keskiarvoksi saatiin [REDACTED] sekuntia. Standardiajoilla koottu kokoonpano aika olisi näin 8,5

% todellista aikaa hitaampi. Keko-aikojen mediaani, ■■■ sekuntia, on myös hyvin lähellä keskiarvoa, joten senkään käyttö ei muuta tilannetta.

Ensiksi työntutkimusmateriaaleja vertaillaessa huomattiin, etteivät kuvion nopeimmat ajat voi millään pitää paikkaansa. Kun otetaan pelkästään akselitiivisteeseen asennus ja Keko-kiristykset, on aikaa kulunut jo enemmän. Lisättäessä moottorin kääntö mukaan saadaan jo ■■■ sekuntia. Edellä mainitut ovat ”varmoja” aikoja, sillä niissä ei työntutkimuksen perusteella havaittu suurta variaatiota tai ne olivat täysin riippuvaisia teknisistä laitteista, ja näin siis minimiarvoltaan likipitään vakioita. Kun näiden päälle lisätään vielä muista työtehtävistä, kuten hammaspyörien ja akseleiden asennuksesta, sekunteja mukaan, saadaan sopivaksi absoluuttiseksi minimiarvoksi vaiheelle ■■■ sekuntia. Maksimiarvoakin tarkastettiin hie-man alaspäin ja valittiin maksimiksi ■■■ sekuntia. Nyt keskiarvoksi saatiin Keko-ajoista ■■■ ja mediaaniksi ■■■ sekuntia. Nämä ovat jo lähempänä standardiaikoja, prosentuaalisella erolla 3,9 ja 5,4 % nopeampia. Epäily on, että todellisuutta nopeammaksi kirjautuneet Keko-ajat vaikuttavat yhä keskiarvoon laskevasti, vaikka ääripäitä onkin leikattu. Uusilla suodatusarvoilla toteutettu Excel-pistekaavio trendiviivalla nähdään kuviossa 5. Myös tästä kuviosta nähdään vaiheaikojen laskeva trendi.



KUVIO 5. Suodatetut Keko-ajat. Pystyakselilla aika sekunteina, vaaka-akselilla aikojen kappalemäärä

Seuraavaksi tarkasteltiin standardiaikoja suhteessa Keko-aikoihin pienemmiksi ryppäiksi pilkottuna. Tällä yritettiin selvittää, mihin osa-alueeseen suurin osa ajasta menee, ja onko jossakin huomattavaa virhettä. Huomattiin, että selvästi suurin aika kuluu tutkitulla vaiheella kiristykseen oheistoimintoihin. Tämä onkin loogista, sillä vaiheen kaikki komponentit kiinnitetään Keko-ohjatulla vääntimellä 1–3 kiristettävällä kohteella. Kiristyksen nopeuttaminen olisi siis eniten vaiheai-  
kaa lyhentävä toimenpide. Sillä voi kuitenkin olla ohjelmallisia tai turvallisuusra-  
joitteita.

Joukossa oli myös joitakin pienempiä virhelähteitä, joissa oli tehtävän kuvaus to-  
dellisuuden mukainen, mutta siihen kulunut aika ei vastannut standardia. Näitä  
on katsottava tapauskohtaisesti ja mietittävä, onko järkevämpää valita uudet ajat  
datakorteista vai luoda kokonaan omat.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

### 7.1 Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyö sujui ilman suurempia ongelmia täysin aikataulussa, vaikka aikataulu olikin tiukka tavalliseen verrattuna. Aiheeseen perehtymistä nopeutti työn tekijän aiempi kokemus asiakasyrityksen kokoonpanolinjalla työskentelystä. Siten työssä voitiin paremmin keskittyä uuden järjestelmän toiminnan hahmottamiseen ja käyttöön, kun kokoonpanopuoli oli jo tuttua. Työn aikana ei tullut merkittäviä ongelmia, eikä viitteitä siitä, että tutkimuksen kohteena oleva standardiaikajärjestelmän käyttöönotto olisi turha ja hyödytön projekti. Vaikka kokonaiskuva järjestelmän käytöstä tarkentuneekin vasta, kun sitä on käytetty hieman laajemmalti ja saatu työpöytäsovelluksen käyttöoikeuksien myötä myös sen käyttö sujumaan, oli vaikutelma tähän saakka positiivinen.

Opinnäytetyön tekeminen toimi myös hyvänä oppimisprosessina yhdistäen käytännön insinööriä ja koulussa opetettuja asioita. Raporttia kirjoittaessa oli huomattavaa etua opiskelun aikana tehdyistä raporteista, ja pää rakenne syntyi jo alusta asti suurin piirtein oikeanlaiseksi. Koulussa opetelluista tiedonhankintataidoista oli käytännön hyötyä yhdessä äidinkielen opetuksen kanssa. Näiden yhteisvaikutuksesta työn loppuun tuli pitkä lähdeluettelo. Opinnäytetyö asiakasyrityksen toimeksiannosta oli oikea työelämän projekti tiukalla aikataululla. Työn aihetta ei tarvinnut keksiä tyhjältä, vaan yrityksellä oli oikea tarve kyseiselle projektille. Aihe sopi hyvin yhdistettynä tekijän autotekniikan koulutukseen ja työkokemukseen asiakasyrityksen kokoonpanolinjastolla.

Työn aikana tuli myös intensiivisesti opiskeltua Ticon-ohjelman käyttö, ja Excelin käyttöäkin sai soveltaa työelämään koulutehtävien sijasta. Lyhyelle opinnäytetyön tekojaksolle mahtui niin paljon asiaa, ettei kaikkeen täydellinen perehtyminen olisi ollut mahdollistakaan. Kuitenkin työssä tarvittavat ohjelmat ja periaatteet tulivat tutuiksi ja sujuviksi käyttää. Opinnäytetyön teko oli samalla sekä opiskelun päätös, että insinöörin työuran aloitus. Se toimi tarkoituksessaan hyvin sisältäen sopivasti yhdistettynä sekä opiskelun, että työelämän toimintoja.

Työn aikana tuli ilmi, että standardiaikoja valitessa ei kannata luottaa liikaa siihen, miten asentaja työtehtävän tekee, vaan analysoida suoritusta ja työvaihetta miettien, miten tehtävä olisi järkevin toteuttaa. Standardiaika valitaan tämän ideaalisen työtavan pohjalta. Olisi hyödyllistä, jos kaikki asentajat tekisivät tehtävät samalla tavalla, sillä jotkin tavat voivat olla toisia huomattavasti tehottomampia. Toisaalta taas kaikilta ei voikaan odottaa varsinkaan tehokkaimpien asentajien tapaa tehdä montaa asiaa yhtäaikaisesti, se voi myös tietyissä tapauksissa lisätä virheen tai tapaturman mahdollisuutta. On myös mielekkäämpää, että asentajalla on jonkinlaisia vapauksia päättää työtapojaan itse. Ongelma on siis moniulotteinen, ja kaikkia miellyttävän ratkaisun löytäminen saattaa olla mahdotontakin.

Jos työ tulisi nyt aloittaa uudestaan alusta, näiden työn aikana karttuneiden tietojen valossakin olisi nyt toteutettu toimintamalli järkevä. Ensin ohjelmistoihin ja materiaaleihin tutustumista, sitten itse työvaiheeseen ja sen osiin pureutumista, ja siitä eteenpäin standardiaikamallin, raportin ja Excel-analyysin rakentelua

## **7.2 Jatkokehitysehdotukset**

Tässä opinnäytetyössä tehty osuus Ticonissa on sen verran suppeaksi rajattu, ettei sen muuttaminen vaikka kokonaankin ole suuri ongelma. Selkeyden vuoksi olikin hyvä ainakin tässä vaiheessa käyttää osin suomen kieltä tehtävien nimeämisessä ja selityksissä. Jatkossa on pohdittava, siirrytäänkö muun järjestelmän mukaisesti englantiin, vai tehdäänkö Ticoniin omat lisäykset suomeksi. Toiselta kantilta tarkasteltuna, moottoritehtaalla on paljon aivan omia työvaiheitaan, jotka eivät italialasia kollegoita hyödytä. Toisaalta AGCO Powerilla on moottoritehtaita myös ulkomailla, ja Suomessakin kaikkien järjestelmää käyttävien voisi olettaa osaavan englantia. Siksi lieneekin järkevämpää valita jatkossa englannin kieli.

Koska Ticonissa käytössä olevista datakorteista monet sisältävät tällä hetkellä joitakin tarpeellisia kohtia, mutta mikään ei kaikkia, olisi harkittava Linnavuoren oman datakortin kasaamista. Tätä olisi yksinkertainen käyttää myös uusia järjes-

telmän käyttäjiä ajatellen. Tulevaisuudessa järjestelmän muokkauksia tullee tekemään useampikin henkilö, joten selkeys on tärkeä ominaisuus, jotta linja ja ymmärrys järjestelmästä pysyvät yhtenäisinä.

Alussa Ticonissa luotuihin blokkeihin tuli laitettua välillä linjaston vaiheen numero (SA46 tässä tapauksessa). Tämä on periaatteessa kätevää, mutta toisaalta suunniteltaessa kokoonpanon pohjaratkaisua uudelleen, täytyisi kaikki tarpeelliset nimet muokata. Järkevämpää onkin nimetä työvaiheet osanumerolla tai muuten itse operaatiota kuvaavalla tunnisteella, kuten tässäkin työssä siirryttiin tekemään. Excel-taulukko on kuitenkin hyvä merkata vaiheet, jotta sieltä erottuu paremmin, mikä tehtävä on milläkin vaiheella.

Tämän työn tuloksia hyödyntämällä ja toteutusta jatkamalla AGCO Powerin kokoonpanolinjan työmäärää on mahdollista tasoittaa vaiheiden kesken ja moottoreiden valmistusmäärää nostaa yhteistyössä muiden kehittämishankkeiden kanssa. Järjestelmän luotettavuuden parantuessa ajan myötä, lienee sen käyttö myös tuotteiden valmistuskustannusten eli myös asiakashintojen laskennassa.

Jatkossa tulee eteen myös, pohdinta, missä vaiheessa otetaan huomioon lepo- ja apuajat. Kuten Sarkarin kuvioista kävi ilmi, kuuluu standardiaikaan MTM:n standardin tarjoaman perusajan lisäksi myös edellä mainitut osat. Nämä eivät kuitenkaan tule ilmi vaihekohtaisessa työntutkimuksessa, kun seurataan vain yhden vaiheen työtehtävien suoritusta. On ymmärrettävää, ettei tutkittava henkilö halua valvonnassa ollessaan pitää mikrotaukoja, vaikka ne kuuluvatkin normaaliin työntekoon.

Myös oheistehtävät, kuten osia tuovien robottikuljettimien tilaukset ja työpisteen puhtaanapito tai muut vastaavat tehtävät ovat jääneet työntutkimuksesta pois. Niiden huomioon ottamiseksi olisi tehtävä pidemmän aikavälin seurantaa tai kyselyä toimintatavoista. Työn kuormittavuus vaikuttaa lepoajan tarpeeseen, kuten myös työskentelevän henkilön fyysinen kunto ja mahdolliset muut ulkoiset seikat. Lakisääteiset tauot päivän aikana eivät täysin kata lepoaikaa. Sitä, huomioidaanko lepoaika työvuoro- vai -vaihekohtaisesti, tulisi harkita tulevaisuudessa.

Yrityksen oman datakortin sisältöä voidaan lainata suurelta osin olemassa olevista, mutta valmiisiin aikoihin on suhtauduttava kriittisesti. Vaikka jossakin tehtävässä kuvaus vastaisi todellisuutta täydellisesti, voi aika olla silti poikkeava. Esimerkkinä voidaan antaa AGCO:n omasta datakortista löytyvä aksiaalisuuntainen pyöritys, jonka aika on huomattavasti hitaampi, kuin kokoonpanohallissa tehtävä vastaava toimenpide. Moottoria voidaan pyörittää, sekä sen korkeusasemaa muuttaa, linjaston alkupään vaunuissa. Tälle toimenpiteelle kannattaisikin luoda oma aikablokki, joka sisältäisi tietyn käänkökulman, esimerkiksi 90 astetta. Tämä taas vastaisi tiettyä korkeusaseman muutosta.

Samasta AGCO:n standardiaikakirjastosta poimittu työkalun haku ja palautus -aika kolminkertaistuu matkan tuplaantuessa. 0,8–2 m muutoksessa laskettu ajan ja välimatkan muutos antaa laskennassa liikkumisnopeudeksi kasvaneen etäisyyden osuudella noin 1 km/h, joka on noin viidesosa ihmisen normaalista kävelyvauhdista. Toisaalta ajan reilun pitenemisen voisi olettaa johtuvan siitä, että 80 senttimetrin etäisyydeltä työkalun saa otettua kurottamalla, kun taas kahteen metriin on käveltävä ja käännettävä ympäri. Joka tapauksessa muutos on huomattava, ja jatkokäyttö vaatii mainitun kaltaisten tilanteiden tarkempaa analysointia. Olisi myös järkevää pyytää Breganzen puimuritehtaalta heidän tekemiensä standardiaikojen perustelut, jotta aikojen muodostumista voisi ymmärtää paremmin.

Kokonaisuus huomioiden on tämän työn tuloksia hyödyntämällä ja edelleen kehittämällä mahdollisuus tasapainottaa AGCO Powerin kokoonpanolinjan päivittäistä työmäärää sekä saavuttaa työn takana ollut suurempi tavoite, valmistuvan moottorimäärän kasvattaminen.

## LÄHTEET

Agcopower. n.d. Historia. Viitattu 27.4.2023.  
<https://www.agcopower.com/fi/yrittys/historia/>

Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J., Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologiateollisuus ry. [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf)

Ahonen, J. 2013. Polttoaineen kulutus peltotöissä. Agrotekno.fi. Pdf-dokumentti. Helsinki: Maataloustieteiden laitos. <https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Polttoaineen-kulutus-peltotoissa.pdf>

Autodata. n.d. Autocatalog. 1997 Volkswagen Golf IV 1,9 TDI (110 Hp). Viitattu 16.5.2023 <https://www.auto-data.net/en/volkswagen-golf-iv-1.9-tdi-110hp-8669>

Carbiketech. n.d. What is Bore-Stroke Ratio?. Viitattu 16.5.2023. [https://carbiketech.com/bore-stroke-ratio-theory/?utm\\_content=cmp-true](https://carbiketech.com/bore-stroke-ratio-theory/?utm_content=cmp-true)

Kanbantool. n.d. What is Heijunka?. Viitattu 8.5.2023. [What is Heijunka? | Kanban Tool](#)

Kauppalehti. n.d. Yrityshaku. Viitattu 27.4.2023.  
<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/09868156>

Konedata. n.d. Traktorit. Fendt 720–728 Vario (2022-). Viitattu 16.5.2023.  
<https://konedata.net/traktorit/fendt/fendt-720-728-vario-2022/>

Koneurakointi. 2022. Suomalaismoottori kiilaa kärkeen. <https://www.koneurakointi.fi/suomalaismoottori-kiilaa-karkeen/>

Leanthinking. n.d. Sanasto. Viitattu 29.5.2023. <https://leanthinking.fi/sanasto>

López, B. 2022. Calculation of standard time or typical time. Industrialengineer.online. <https://industrialengineer.online/methods-engineering/calculation-of-standard-time-or-typical-time/>

Proplanner. n.d. MTM. Viitattu 4.5.2023. <https://www.proplanner.com/solutions/assembly-process-planning/time-studies/mtm>

Sarkar, P. 2014. Difference Between Basic Time and Standard Time. Industrial Engineering. Online Clothing Industry. <https://www.onlineclothingstudy.com/2014/08/difference-between-basic-time-and.html>

Seppänen, M. 1999. Valtralta huipputehokas malli. Maatilan Pellervo -lehti 6/99.

Sixsigma. n.d. Lean. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viitattu 4.5.2023.  
<https://sixsigma.fi/lean/>

Steihoff, S. 2021. Omavalvonnan tukena: 6S Lean-hallintajärjestelmä. Sensire. blogi. <https://www.sensire.com/blogi/omavalvonnan-tukena-6s-lean-hallintaj%C3%A4rjestelm%C3%A4>

Tervola, J. 2022. Suomessa kehitettiin moottori tulevaisuuden vaihtoehtoisia polttoaineita silmällä pitäen – taustalla Agco Powerin 100 miljoonan euron investoinnit. Kauppalehti.fi. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomessa-kehitettiin-moottori-tulevaisuuden-vaihtoehtoisia-polttoaineita-silmalla-pitaen-taustalla-agco-powerin-100-miljoonan-euron-investoinnit/12ed58fa-ff86-4e3d-bcf7-b7d974ef44d8>

TTS. n.d. Työntutkimus. Työtehoseura. Viitattu 2.5.2023. <https://www.tts.fi/tutkimus-ja-kehitys/tyon-kehittaminen>

Vikman, V. 2018. Mikä mikrotauko? Minuutin tauko auttaa keskittymään kiireisenä työpäivänä. Duunitori. Työhyvinvointi. <https://duunitori.fi/tyoelama/mikrotauko>

Wisdomjobs. n.d. Production and operations management. E-university. Viitattu 2.5.2023. <https://www.wisdomjobs.com/e-university/production-and-operations-management-tutorial-295/time-study-9661.html>

Wikipedia. 2020. Methods-time measurements. [https://en.wikipedia.org/wiki/Methods-time\\_measurement](https://en.wikipedia.org/wiki/Methods-time_measurement)

Workplacetesting. n.d. Methods Time Measurement (MTM). Dictionary. Viitattu 2.5.2023. <https://www.workplacetesting.com/definition/5354/methods-time-measurement-mtm>