



Työntutkimusprosessin valinta tahtiajan määrittämisessä traktorin kokoonpanolinjalla

Riku Miettinen

Opinnäytetyö, AMK

Helmikuu 2024

Insinööri (AMK), Konetekniikka

Tuotantotekniikka

Miettinen, Riku

Työntutkimusprosessin valinta tahtiajan määrittämisessä traktorin kokoonpanolinjalla

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Helmikuu 2024, 52 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: Suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyö on toteutettu Valtra Oy Ab:n traktorien kokoonpanotehtaalle Suolahteen, jossa oli havaittu työntutkimustiimin tarve kartoittaa ja selvittää kevyempi sekä luotettavampi tahtiaikojen mittausprosessi. Nykyinen prosessi oli osoittautunut kasvaneen tuoteperheen myötä liian raskaaksi ylläpitää, eikä työlle ollut rutinoitunutta toimintamallia. Tahtiajat toimivat perustana koko Valtran tuotannolle ja siksi tieto tästä työvaiheisiin kuluva ajasta on todella tärkeä. Prosessia voidaan nimittää myös työntutkimusprosessiksi.

Työn tavoitteena oli arvioida vaihtoehtoisia tahtiaikojen mittaustapoja traktorin kokoonpanolinjalla ja valita näistä Valtralle sopivin vaihtoehto ja ohjeistaa alustavasti käyttöönottoa.

Opinnäytetyössä suoritettiin laadullisena kehitystutkimuksena, jossa aineistonkeruumenetelminä käytettiin kirjallisuuden tutkintaa, haastatteluja, havainnointia sekä yrityksen ja konsernin sisäisen tiedonkeruun pohjalta suoritettua benchmarkkausta. Tutkimus oli laadullinen kehitystutkimus, jossa pyrittiin arvioimaan menetelmien soveltuvuutta ja luotettavuutta tutkimuksen toteutukseen.

Sopivimmaksi työntutkimusprosessin vaihtoehdoksi valikoitui hybrid-malli tai Keko. Lopullinen valinta riippuu toimeksiantajan päätöksestä mihin suuntaan he haluavat työntutkimusprosessin ja resurssit viedä. Hybrid-malli, joka yhdistää standardiajat sekä videoanalyysit, mahdollistaa Valtran kokoonpanoympäristöön laadukkaasti tuotettuja työntutkimuksia ja tulevaisuudessa nämä ovat kevyemmin ylläpidettävissä. Työntutkimustiimin kannalta Keko on kaikista kevyin työkalu tahtiajan mittaamiseen, mutta on se myös kaikista pintapuolisin, sillä se ei tarjoa tietoa tahtiajan rakenteesta.

Näistä kahdesta tekijä suosittelee hybrid-mallia, koska tällä taataan laadukkaat tahtiajan mittaukset sekä tarkka työnjako tuo prosessiin rutiinin omaisen toimintamallin. Hybridi-mallin käyttöönotto mahdollistaa porrastettua lähestymistavan, keskittyen ensin standardiaikakirjaston luomiseen ja standardiaikajärjestelmien sovittamiseen osakokoonpanoihin. Tärkeää on selkeä työn jakaminen videoanalyysien ja standardiaikojen välille sekä EPLM-projektin tuoman edun hyödyntäminen.

Avainsanat (asiasanat)

Työntutkimus
Tahtiaika
Kokoonpanolinja

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Kaikki liitteet ovat salattuja, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus.

Miettinen, Riku

Selection of a work study process for determining takt-time on a tractor assembly line

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, February, 52 pages

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The thesis has been carried out at Valtra Oy Ab's tractor assembly plant in Suolahti, where a need had been identified by the work study team to identify and investigate an easier and more reliable process for measuring takt-times. The current process had proved to be too hard to maintain as the range of products had grown, and there was no routine approach to the work itself. Takt-times are the basis for the whole Valtra production and therefore information about the time spent on these steps is very important. The process can also be called a work study process.

The aim of this work was to evaluate alternative methods of measuring pacing times on a tractor assembly line, to select the most suitable option for Valtra and to provide initial guidance for implementation.

The thesis was carried out as a qualitative development study using literature review, interviews, observation and benchmarking based on internal data collection within the company and the group. The study was a qualitative developmental study, which aimed to assess the suitability and reliability of the methods used to carry out the research.

The hybrid model or Keko was chosen to be the most suitable options for the work study process. The final choice depends on the commissioner's decision of the direction they want to take the process and resources. The hybrid model, which combines standard time and video analysis, will enable Valtra to produce high-quality work studies in the assembly environment and in the future, these will be easier to maintain. For the work study team, Keko is the lightest tool of all for measuring takt-times, but it is also the most superficial, as it does not provide information of the works structure.

Of the two, the author recommends the hybrid model as it guarantees exact takt-time measurements, and the precise share of labor brings a routine-like approach to the process. The introduction of a hybrid model enables for a staged approach, focusing first on the creation of a standard time library and the adaptation of standard time systems to sub-assemblies. It is important to have a clear division of tasks between video analysis and standard times and to take full advantage of the benefits of the EPLM project.

Keywords/tags (subjects)

Work Study, Takt-Time, assembly line

Miscellaneous (Confidential information)

All attachments are encrypted and have been removed from the public domain. The reason for confidentiality is the business or professional secrecy of the company 24§, paragraph 17 of the Publicity Act 621/1999

Sisältö

Termit ja lyhenteet.....	3
1 Johdanto	4
1.1 Työn taustaa.....	4
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus	4
1.3 Nykytilanne.....	5
1.4 Työntutkimusta käsittelevät opinnäyte- ja diplomityöt	6
1.5 Valtra Oy Ab	6
1.6 AGCO Oy.....	7
2 Tuotantolinjan nykytilanne	7
2.1 Valtran tuoteperhe.....	7
2.2 Tuotantolinja	8
2.3 Kokoonpanolinjan balansointi.....	9
3 Lean-filosofiat ja työntutkimus	9
3.1 Lean	9
3.2 Työntutkimus	11
3.2.1 Menetelmätutkimus	13
3.2.2 Aikatutkimus	14
3.2.3 Joutuisuus	15
3.3 Liikeaikatutkimukset	15
3.3.1 MTM (Methods Time Measurement).....	16
3.3.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique).....	16
3.4 Standardiaikajärjestelmä.....	17
4 Ohjelmistojen esittely.....	18
4.1 Ohjelmistojen esittely	18
5 Tutkimusmenetelmien valinta	19
5.1 Tutkimusmenetelmät.....	19
5.2 Laadullinen tutkimus.....	20
5.3 Kehitystutkimus.....	20
5.4 Benchmarking.....	21
5.5 Aineistonkeruumenetelmät	22
5.6 Haastattelu	23
5.7 Havainnointitutkimus.....	24

6	Vaihtoehtoiset työntutkimusprosessit	25
6.1	Työntutkimusprosessin valintaan vaikuttavat tekijät	25
6.1.1	EPLM (Enterprise Product Lifecycle Management)	25
6.1.2	Benchmarking	27
6.2	Nykyinen menetelmä jokaisella traktorimallilla	30
6.3	Standardiaikajärjestelmät	34
6.4	Keko	35
6.5	Hybrid-malli	36
7	Tulokset ja johtopäätökset.....	37
7.1	Työntutkimusprosessien vertailu	37
7.2	Johtopäätökset.....	39
7.3	Jatkokehitykset.....	40
8	Pohdinta.....	42
8.1	Pohdinta	42
8.2	Luotettavuus ja eettisyys	43
	Lähteet	44
	Liitteet	47
	Liite 1. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan kuvio	47
	Liite 2. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan taulukko osakokoonpano	47
	Liite 3. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan kuvaajat	47
	Liite 4. AVIX näkymä vaiheelta VTALOR01	47
 Kuviot		
	Kuvio 1 Vuoden 2023 tuotejakauma	8
	Kuvio 2 Arvioi vuoden 2024 tuotejakaumasta	8
	Kuvio 3 Henkilötyön jakaminen aikalajeihin	12
	Kuvio 4 EPLM projekti kuvaus	25
	Kuvio 5 Esimerkki Taktiq näkymästä	26
	Kuvio 6 AVIX näkymä	33
 Taulukot		
	Taulukko 1 Arvio linjan balansoinnin tuomasta työkuormasta	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
	Taulukko 2 Hybrid-mallin SWOT-analyysi	41

Termit ja lyhenteet

KEKO	Keko eli kehittyvä kokoonpano on Valtran tuotannon ohjausjärjestelmä.
EPLM	EPLM on AGCO konsernin laajuinen tuotteen elinkaaren hallintaan keskittyvä projekti.
AVIX	AVIX on nykyisessä työntutkimusprosessissa käytetty työntutkimustyökalu, jota hyödynnetään myös tuotantolinjan balansoinnissa (AVIX, n.d).
MTM	MTM eli Methods Time Management on standardiaikoihin perustuva liikeaikajärjestelmä (MTM, n.d).
MTM TICON	MTM TICON on MTM menetelmää käyttävä työnmittaustyökalu.
MOST	MOST eli Maynard Operation Sequence Technique on liikeaikatutkimus ja se perustuu pohjimmiltaan MTM:ään. MOSTia on kolme eri vaihtoehtoa BasicMOST, MiniMOST ja MaxiMOST (ScottGrant, n.d).
Tahtiaika	Tahtiaika kuvaa yhden tuotantosyklin kestoa tai tuotantolinjan suorituskyyä tietyssä ajanjaksona. Tahtiaika on takaraja minkä sisällä työvaiheet pitää olla suoritettu. (Mikel, Mann, De Hodgins, Hulbert, Lacke 2010, 106).
Balansointi	Tuotantolinjan balansointi eli tasapainotus tarkoittaa työvaiheiden tasapainoista jakamista, jotta jokainen työvaihe kestäisi suunnilleen yhtä kauan (Mikel, Mann, De Hodgins, Hulbert, Lacke 2010, 106).
Windchill	Windchill on Valtran PDM (Product Data Management) eli tuotetiedonhallinta järjestelmä. Järjestelmä sisältää esimerkiksi tuoterakenteet ja niiden 3D-mallit.

1 Johdanto

1.1 Työn taustaa

Tämän opinnäytetyön asiakasyritys on Valtra Oy Ab:n traktoreiden kokoonpanotehdas Suolahdessa. Valtra on osa yhdysvaltalaisista AGCO organisaatiota, joka omistaa useita traktorivalmistajia ympäri maailmaa. Opinnäytetyön aihe syntyi työntutkimustiimin tarpeesta kehittää tai muuttaa kokoonpanotehtaan tahtiaikojen mittausprosessia. Vuosien varrella nykyinen prosessi on kehittynyt liian ras-
kaaksi ylläpitää kasvaneen tuoteperheen ja kattavamman tuoterakenteen myötä.

Valtran traktorit ovat hyvin pitkälle räätälöitävissä, eli lähes jokainen traktori eroaa toisistaan asiak-
kaan tarpeiden mukaan. Tämän takia jokainen tuote vaihtelee myös työmäärältään, jonka takia tuo-
tannon järjestys on suunniteltava huolella maksimaalisen kapasiteetin saavuttamiseksi. Tähän liit-
tyen tarvitaan tieto ajasta, mikä menee työvaiheiden suorittamiseen. Tästä päästään mitattavaan
kohteeseen eli tahtiaikaan, joka toimii perustana kokoonpanolinjan toiminnalle sekä pohjana tuotan-
non balansoinnille eli käytännössä tuleville investoinneille.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on kartoittaa toimeksiantajalle vaihtoehtoisia tapoja mitata tahtiaikoja traktorin
kokoonpanolinjalla. Työn tarkoituksena on tuottaa toimeksiantajalle kattava kuva vaihtoehtoisista
toimintaprosesseista ja tietoa jokaisen vaihtoehdon hyödyistä ja haitoista. Työn tavoitteena on li-
säksi valita parhaiten soveltuva tapa tahtiajan mittaamiseksi ja esittää suunta, miten kyseinen tapa
voitaisiin ottaa osaksi työntutkimusprosessia Valtra Oy Ab:lla. Opinnäytetyön tutkimuskysymys on:
Mikä on Valtran kokoonpanolinjalle sopivin työntutkimusprosessi?

Vaihtoehtoisia työntutkimusprosesseja arvioitaessa tärkeimpiä tutkimuskysymyksen perusteella
ovat:

1. Miten saadaan tahtiajan mittaamisen prosessi ajankohtaiseksi ja realistiseksi?
2. Mikä mittaamisen prosessi soveltuu parhaiten traktorien kokoonpanoon?
3. Miksi työntutkimusta tehdään – Kohteet ja tavoitteet?
4. Tarvitaanko lisää resursseja ja kuinka paljon?

Opinnäytetyö on rajattu käsittelemään työntutkimustiimin toimintaa traktorin kokoonpanotehtaalla toimeksiantajan toiveen sekä työkuorman kriittisyyden takia. Kohteena on kokoonpanotehdas, koska täällä videoiden jättämä on kaikista suurin sekä työvaiheet eroavat toisistaan reilusti. Jättämällä tarkoitetaan päivittämättömien videoiden kasaantumaa. Voimansiirtotehtaalla työvaiheet ovat kutakuinkin samanlaisia, jossa optimaalinen ratkaisu saattaisi olla täysin erilainen kuin kokoonpanotehtaalla. Aiheen tutkimista on mahdollista jatkaa tarkastelemalla tämän opinnäytetyön lopputuloksen mukaisen sopivimman vaihtoehdon käyttöönottoa ja sen soveltamista.

1.3 Nykytilanne

Opinnäytetyön taustalla on tarve kevyemmälle tahtiajan kellottamisen prosessille, koska nykyisillä resursseilla ei päästä haluttuun lopputulokseen. Nykytilanteessa tahtiajat kelloitetaan videoimalla työvaiheet ja näiden videoiden tulkinnan apuna käytetään AVIX:a. AVIX on visuaalinen prosessin kartoitustyökalu, jolla pyritään tehostamaan tekemistä ja nopeuttaa oppimista työvaiheilta. Jokainen videoitu työntutkimus tulkitaan AVIX:n kautta. Tämä toimintatapa on koettu liian raskaaksi, varsinkin tuotevariaatioiden kasvaessa, sillä videoissa saattaa olla pahimmillaan jopa viiden vuoden jättämää. Nykyisestä prosessista puuttuu myös rutiininomainen työtap, eli uusia työntutkimuksia tehdään tuotannon pyyntöjen mukaan.

Nykytilanteessa vain kaikista hitaimmat traktorimallit kelloitetaan eli tietoon jää vain niin sanottu Worst Case Scenario. Nykyinen prosessi ei siis anna täysin realistista tulosta tahtiajasta, koska tiedossa on vain kaikista hankalin ja hitain tilanne. Prosessi on kohtalaisen kankea, eikä tuotannon suunniteluun saada mahdollista joustavuutta tuotemallien tarkan tahtiajan ollessa tietämättömissä. Tällaisessa ajattelumallissa on omat etunsa, mutta tilanteesta jää hyödyntämättä mahdollinen potentiaali tai oikeastaan siitä ei ole konkreettista tietoa. Worst Case-Scenario on turvallinen tapa ajatella silloin kun virheet ovat erittäin kalliita, kuten esimerkiksi Valtralla tuotannon takkuaminen ja tuotantovirran keskeytyminen. (Sugar, 2023.)

1.4 Työntutkimusta käsittelevät opinnäyte- ja diplomityöt

Työntutkimusta käsitteleviä opinnäyte- tai diplomitöitä on tehty useita. Kun sain toiveen toimeksiantajalta tehdä vaihtoehtoisten työntutkimusprosessien kartoituksesta, aloitin projektin tutkimalla muiden tekemiä töitä samankaltaisista aiheista. Yksi opinnäytetyö aiheesta löytyi konsernin sisältä Linnavuoren moottoritehtaalta AGCO Powerilta. Opinnäytetyö ”Standardiaikojen hyödyntäminen moottorikokoonpanon vaiheajojen määrittämisessä” (Hyttinen 2023) on tehty käsittelemään standardiaikajärjestelmien käyttöönottoa osaksi moottorien kokoonpanolinjaa. Opinnäytetyössä on paljon samaa mitä tässäkin opinnäytetyössä, mutta ero on kuitenkin suuri. Hyttisen opinnäytetyö keskittyy suoraan yhteen jo valittuun menetelmään, tämä opinnäytetyö etsii Valtralle sopivinta vaihtoehtoa. Hyttisen opinnäytetyö on tehty Tampereen Ammattikorkeakoululle.

Toinen työntutkimukseen ja valmistusaikoihin liittyvä projekti löytyi Lappeenrannan Teknisestä Yliopistosta. Diplomityössä ”Lohkovalmistuksen läpimenoajojen tarkastelu ja kehittäminen työntutkimuksen avulla” (Itävuori 2012) tutkitaan, kuinka telakka teollisuudessa voitaisiin hyödyntää työntutkimusta läpimenoajojen lyhentämiseen. Diplomityö on tehty yhteistyössä STX Finlandin Turun telakan kanssa ja se kuului osaksi ohjelmaa, jolla on pyritty parantamaan tuottavuutta. Itävuoren diplomityössä toimiala eroaa suuresti Valtran tuotantoympäristöistä, mutta molempien projekteissa pohditaan sopivia työntutkimusmenetelmiä tahti- ja läpimenoajan parantamiseksi.

1.5 Valtra Oy Ab

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Valtra Oy Ab. Valtra sai alkunsa vuonna 1945 kun Valtion Metallitehtaat keskittyivät sotatarvikkeiden valmistamista varten. Valtraa on valmistettu vuodesta 1951 ja sitä on myyty nimillä Valmet, Valtra Valmet, Volvo BM Valmet ja vuodesta 2001 nimellä Valtra. Vuonna 2004 Valtra myytiin osaksi yhdysvaltalaisista AGCO-yhtymää, joka omistaa Valtran kokonaan tänäkin päivänä ja siksi Valtra on listattu New Yorkin pörssiin. (AGCOSuomi, n.d.)

Valtra Oy Ab kehittää, valmistaa, markkinoi ja huoltaa Valtra-traktoreita ja on johtava valmistaja sekä palveluntarjoaja Pohjoismaissa. Valtra valmistaa traktorinsa Keski-Suomessa Suolahdessa sekä Brasiliassa Mogi das Cruzesissa. Valtra on johtava valmistaja ja palveluntarjoaja pohjoismaissa ja Baltiassa sekä yksi suosituimmista brändeistä Etelä-Amerikassa. Valtra traktoreita myydään 75:ssä

eri maassa. Valtran arvoihin kuuluu vastuullisuus, ryhmähenki, avoimuus, kunnioitus ja suoraselkäisyys, jotka ilmenevät koko AGCO:n noudattamina sloganeina: Farmer first, Team Up ja Speak Up. (Valtra, n.d.)

1.6 AGCO Oy

AGCO Corporation on yhdysvaltalainen maatalouskoneiden ja traktoreiden valmistaja, joka omistaa brändit Massey Ferguson, Valtra, Fendt, Challenger ja GSI:n. Lisänä Agcoon kuuluu AGCO Power eli Nokian Linnavuorella sijaitseva moottoritehdas sekä varasosapalvelu AGCO Parts. AGCO on yksi johtavista kansainvälisistä maatalousvalmistajista ja sen liikevaihto oli vuonna 2022 12,65 miljardia USD sekä sillä on noin 24 000 työntekijää. Agco on perustettu vuonna 1990 ja sen kotipaikka on Duluthissa, Georgian osavaltiossa, Yhdysvalloissa. (Valtra, n.d.)

2 Tuotantolinjan nykytilanne

2.1 Valtran tuoteperhe

Valtra valmistaa tällä hetkellä viittä eri traktorimallia A-, G-, N-, T- ja Q-sarja. Traktorimalleista pienin on A, joita saa 75–135 HV:n (hevosvoiman) moottorivaihtoehtoilla sekä suurin Q, joita saa 230–305 HV:n vaihtoehtoilla. Vuonna 2024 voidaan myös odottaa uutta S-sarjaa, joka tulee olemaan Valtran suurin malli, jota saa 290–405 HV:n vaihtoehtoilla. A-, G-, N- ja T-sarjan traktoreita on päivitetty Valtran 5. sukupolven versioihin, eli tuotteet ovat olleet jo pitkän aikaa osana tuotantoa, vaikka tuotteet ovatkin muuttuneet valtavasti vuosien varrella. Uusi S-sarjan traktori on ensimmäinen 6. sukupolven traktorimalli. S-sarjan traktoreita on valmistettu aikaisemmin Agcon Ranskan tehtaalla Beauvais'ssa, jossa valmistetaan muun muassa Massey Fergusonin suurimmat traktorimallit. (Valtra, n.d.)

Valtran tuotantoon vaikuttaa huomattavasti oma tuotemix eli tuotejakauma. Tulevaisuudessa tuotemixiä halutaan ohjata mahdollisimman paljon yhä suurempiin traktorimalleihin, sillä näissä myyntikate on kaikista paras. Isoimmat traktorimallit mahdollistavat enemmän varusteita ja jalostavaa työtä, joka kasvattaa tuotteen arvoa. Q-sarja on ollut todella suosittu tuote markkinoilla, mutta tuotantoa on rajoittanut osapuutteet vuoden 2023 aikana. N ja T-sarjan voimansiirrot valmistetaan

Suolahdessa, joka mahdollistaa tuotteiden suhteellisen suuren volyymin ja tulevat N ja T- sarja luomaan tulevaisuudessakin rungon Valtran tuotannolle.

A-Series	G-Series	N-Series	T-Series	Q-Series	S-Series
11,0 %	16,1 %	27,2 %	34,4 %	11,3 %	0,0 %

Kuvio 1 Vuoden 2023 tuotejakauma

A-Series	G-Series	N-Series	T-Series	Q-Series	S-Series
10,3 %	16,3 %	25,2 %	31,3 %	12,7 %	4,2 %

Kuvio 2 Arvioi vuoden 2024 tuotejakaumasta

2.2 Tuotantolinja

Valtran kokoonpanotehtaalla on traktorien kokoonpanolinja, joka koostuu kokoonpanonauhasta eli päälinjasta ja useista osakokoonpanoista. Pääkokoonpanolinja alkaa, kun moottori ja voimasiirto yhdistetään toisiinsa ja päättyy siihen, kun traktoriin asennetaan renkaat. Traktorin runko koostuu siis moottorista ja voimansiirrosta ja kokoonpanotehtaalla tähän runkoon asennetaan kaikki tuotteeseen kuuluvat komponentit. Ennen päälinjalle asentamista osakokoonpanoissa pyritään tekemään mahdollisimman paljon työvaiheita, sillä osakokoonpanoissa välivarastointi on huomattavasti helpompaa kuin pakkotahtisessa tiukasti tahtiaikaa noudattavassa päälinjassa.

Suurimmat ja tärkeimmät osakokoonpanot, kuten moottorit ja ohjaamot toimitetaan valmiiksi kokoonpantuina kokoonpanotehtaalle. Näissä tärkeissä ja suurissa osakokoonpanoissa Valtralla tehtäväksi jää vain varustelu, kuten moottoriin asennettava ilmastoinnin kompressori tai ohjaamohytettiin asennettava istuin. Kokoonpanolinjalla kaikki maalaamoja lukuun ottamatta tehtävät työt ovat manuaalisia eli käsin tehtäviä, joka vaatii operaattorin suorittamaan työtä. Juuri tuotteiden modulaarisuus ja tekninen vaatavuus tekee työn automatisoinnista hyvin hankalaa, eikä tästä olisi kovinkaan paljoa hyötyä. Tuotanto toimii myös vain yhdessä vuorossa, eikä automaattisten laitteiden käyttöaste olisi kovinkaan hyvä.

Valtralla kokoonpanotehtaalla käytetään toistuvaa tuotantoa, sillä jokainen työpiste suorittaa ennalta määrättyjä työtehtäviä. Työ on tarkasti organisoitua, jonka avulla työt saadaan pidettyä selkeänä ja kustannustehokkaana. Toistuvassa tuotannossa tuotteissa voi olla hyvinkin paljon vaihtelua, mutta niiden vaihtelut eivät juurikaan vaikuta tuotantoon myöhemmillä työpisteillä. (Logistiikan Maailma, n.d.)

2.3 Kokoonpanolinjan balansointi

Tuotantolinjan balansoinnilla tarkoitetaan sitä, kun työyksiköt jaotellaan arvovirrassa tasaisesti, jotta tahtiaikaa voidaan noudattaa. Balansoinnissa muutetaan tai sovitetaan työvaiheita tahtiaikaan, joka tarkoittaa aikaa, mikä on määritelty tuotteen yhdelle työvaiheelle kuluva. Tahtiaika on pääsääntöisesti maksimiaika, johon työvaiheet on sovitettava. Tahtiaika tulee useimmiten asiakkaan ja kysynnän määrittelemänä. (Mikel, Mann, De Hodgins, Hulbert, Lacke 2010, 106.) Valtralla tahtiaika on noin 11 minuuttia päälinjalla ja 10 minuuttia osakokoonpanoissa. Tahtiaikaa on ainoastaan todellinen työaika eli tauot eivät kuulu tahtiaikaan.

Valtralla kokoonpanolinjaan tehtiin todella suuri linjanbalansointi vuoden 2023 kesällä kun vanha maalaamo korvattiin uudella. Tämä maalaamo uudistus mahdollisti tahtiajan vähentymisen 12.5 minuutista 11 minuuttiin, joka tarkoittaa tuotantonopeuden kasvavan jopa 12 prosenttia. Vuonna 2022 kokoonpanotehtaalta valmistui 45 traktoria päivässä eli vuositasolla noin 9200. Tämä 11 minuutin tahtiaika antaa siis valmiuden valmistaa ensimmäistä kertaa yli 10 000 traktoria vuodessa. Valtralla on aloitettu toimenpiteet tahtiajan lyhentämiseksi 10 minuuttiin, mutta tämä ei ole kokonaan vielä toteutettavissa. 10 minuutin tahtiaika päälinjalla edellyttää mittavia investointeja nykyisiin tuotannonpullonkauloihin, kuten etuakseli- ja rengassoluun.

3 Lean-filosofiat ja työntutkimus

3.1 Lean

Opinnäytetyöni ei käsittele suoraan LEANia, mutta silti se on hyvin olennainen osa sitä. Työntutkimuksessa käsitellään pitkälti LEAN-tuotantoon kuuluvia käsitteitä, kuten tahtiaika, tehokkuus tai pullonkaulat. LEAN-tuotannon keskeisin kehittämismenetelmä on jatkuva parantaminen, johon si-

sältyy hukan minimointi ja arvoa tuottavan työn parantaminen. Jatkuva pienien kehitystöiden suorittaminen on iskostunut syvällä LEAN-tuotantoon ja näihin perinteiset työntutkimusmenetelmät sopivat mainiosti. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011.)

Lean-johtaminen on vuosien jatkuvan parantamisen tuloksena kulminoitunut johtamisen ja teollisuustekniikan alalla. Tunnetuimpana Lean-yrityksenä voidaan pitää Toyotaa, jonka kehittämästä tuotanto systeemistä (Toyota Production Systems, TPS) Lean-tuotanto termi pohjautuu. TPS tuli tunnetuksi vuonna 1977 julkaistussa artikkelissa nimeltä International Journal of Production Research, jossa kirjoittajat Y.Sugimorin, K.Kusunokin, F.Chon ja S.Uchikawa selostavat tuloksista mitä Toyota Production Systemsin avulla on saavutettu. (SixSigma, n.d.)

Toyotan tuoma teema, jossa lähestymistapa on tasapainotettu humanistisen ja tieteellisen välille, on auttanut luomaan kestävästä järjestelmän ja täten auttanut tuomaan kilpailuetua. Nykyisenä tunnettu Lean-ajattelu pohjautuu juuri ajatuksiin tuotannollisten ja työntekijöiden näkökulmista pohtiin käsitteisiin. Juuri asiakkaan roolin priorisointi, tuotannon ja henkilökunnan kehittäminen sekä ylläpito on ollut Toyotan sekä nykyisesti Lean-ajattelun kulmakiviä. (Protzman, Whiton, Kerpchar, Lewandowski, Stenberg, Grounds, 2016.)

Lean-ajattelu soveltuu lähes jokaiseen teollisuuden haaraan, kuten monimutkaisten traktoreiden kokoonpanoon. Lean tarjoaa toimijoille jäsenneilyn työympäristön, jossa työkalut ja prosessit ovat ennalta määriteltynä, joka auttaa yrityksiä keskittymään esimerkiksi liiketuoton saavuttamiseen. Lean-ajattelu vaatii yritykseltä sitoutumista toimintatapojen muuttumiseen ja integroimaan ajattelun osaksi arkipäiväistä toimintaa. Lean-filosofia korostaa toiminnan tehokkuutta ja pyrkii poistamaan lisäarvoa tuottamattoman toiminnan ja keskittymään jatkuvaan parantamiseen sekä työntekijöiden kehittämiseen. Tehokkuuden ja kasvavan kilpailuaseman kehityksen myötä yritykset ovat osittain pakotettuja soveltamaan Lean-ajattelua osaksi omaa toimintaa. (Mikel, Mann, De Hodgins, Hulbert, Lacke 2010, 106.)

Ennen työntutkimusta on työpisteiden olla siistejä ja järjestyksessä. Tätä varten on kehittynyt Lean-työkalu 6S. 6S metodi sisältää visuaalisen asettelun, jotka välittävät passiivisesti tietoa, muttei ohjaa itse ihmisten tai koneiden tekemistä. Nämä visuaaliset asettelut ohjaavat toimimaan standardien mukaisesti. 6S tulee sanoista Sort (Erottelu), Set in Order (Järjestely), Shine (Puhdistus), Standardize

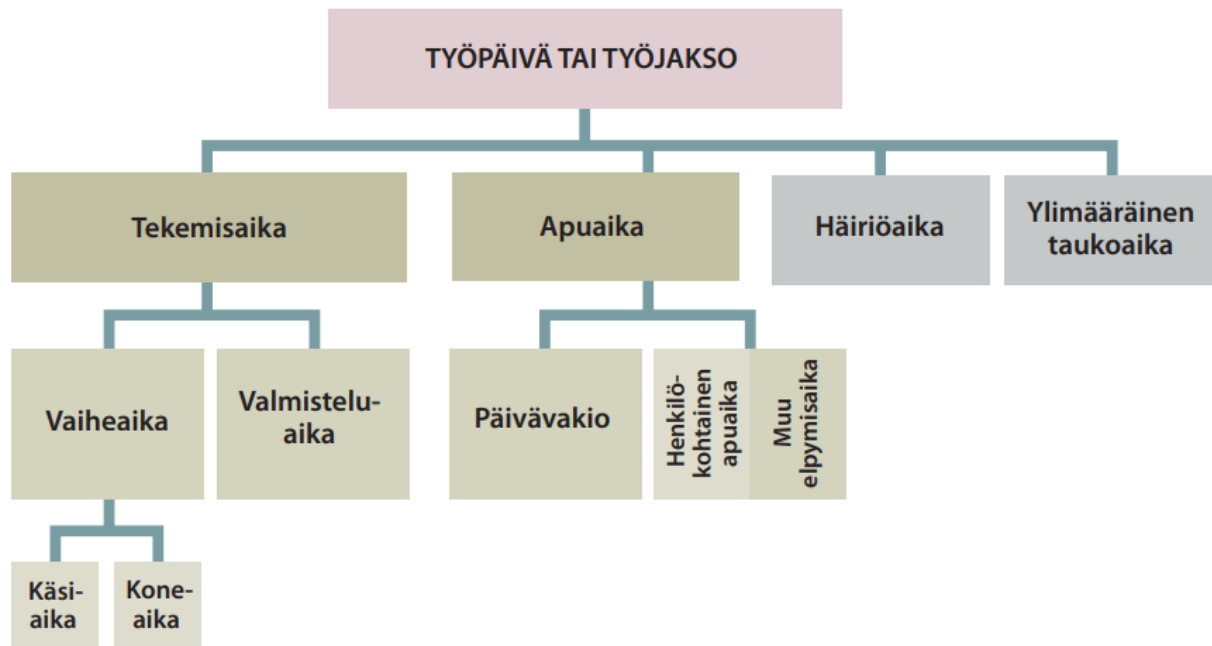
(Standardointi), Sustain (Ylläpito) ja Safety (Turvallisuus). 6S metodi on hyvä työkalu luomaan Lean-ympäristöä. (Mikel, Mann, De Hodgins, Hulbert, Lacke 2010, 218.)

3.2 Työntutkimus

Työntutkimus on monelle jopa pitkään työelämässä toimineelle vielä vieras käsite eikä sen merkitystä välttämättä tiedetä. Työntutkimuksen perustajana pidetään Frederic W. Tayloria, joka kehitti ajantutkimuksen tuotantoympäristöissä yli sata vuotta sitten. Taylor toi ajatukset työntutkimuksen tärkeydestä tuottavuuden kasvattamiseen, hukan vähentämiseen ja kustannusten pienentämiseen hyödyntäen ennen kaikkea rätinalisointia. (Protzman, Whiton, Kerpchar, Lewandowski, Stenberg, Grounds, 2016.) Opinnäytetyössä tarkastellaan vaihtoehtoisia tapoja suorittaa toimeksiantajan työntutkimustyötä.

Työntutkimuksessa tutkitaan yksinkertaisuudessaan työtä. Työksi voidaan määritellä tarkoituksellinen toiminta, joko fyysinen tai psyykinen ponnistus, jolla yksilö pyrkii saavuttamaan jotakin. Tämä pyrkimys voi olla kappaleiden valmistaminen tai yleisesti tehtävien suorittamista vaihtelevien vaikeusasteiden välillä. Eli rakentaminen, kirjoittaminen tai maalaaminen on tarkoituksellista tekemistä, jolla toivotaan saavutettavan haluttu lopputulos. Näiden tehtävien toteuttamisesta käytetään usein sanaa työ. Tätä vaivaa mitä tehtävien saavuttamisesta syntyy, voidaan mitata joko ajassa tai siinä kuinka paljon yksilö pystyy työtä yksijaksoisesti suorittamaan. (Mital, Desai, Aashi 2017, 1-3.) Valtran tapauksessa työtä tutkitaan työvaiheisiin menneen ajan perusteella eli tarkastelussa on tahtiaika.

Työntutkimuksen tavoitteena on työn kehittäminen tutkimalla työvaiheita ja etsiä työstä epäkohtia, joita voitaisiin kehittää. Työmenetelmät, ergonomia ja ajankäyttö ovat työntutkimuksessa tutkittavia kohteita, joita pyritään kehittämään erilaisia tapoja hyödyntäen. Työntutkimus on osa jatkuvaa kehittämistä ja juuri tehokkaampien, turvallisempien ja taloudellisempien työtapojen etsiminen on kilpailukykyiselle yritykselle hyvin tärkeää. Valtran kokoonpanotehtaalla työ on pitkälti henkilötyötä eli käsin tehtävää työtä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011.)



Kuvio 3 Henkilötyön jakaminen aikalajeihin

Työmittauksessa työpäivä, eli työjakso, jaetaan erilaisiin aikalajeihin, koska se helpottaa itse mittaamista. Tavanomaisesti työaika voidaan jakaa tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Tekemisaika tarkoittaa sitä aikaa, jolloin tapahtuu jalostavaa työtä. Jalostavaa työtä on se aika, joka menee työvaiheiden suorittamiseen, eli se aika, jolloin tuote kerää lisää arvoa. Apuaikaan sisältyy välttämättömät työtehtävät, jotka eivät varsinaisesti kerää tuotteelle lisäarvoa, kuten materiaalin siirto tai työntekijän ruokatauot. Häiriöaikaan taas kuuluu kaikki odottamattomat keskeytykset, kuten koneiden rikkoutuminen tai apuajat. Mahdollisimman moni työvaiheista pitää sisällyttää työaikaan ja pitää apuajan sekä häiriöajan minimissään. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011.)

Työntutkimuksesta työn tarkastelu tehdään kolmesta eri näkökulmasta, joita ovat teknologinen, taloudellinen ja työntekijänäkökulma. Taloudellisessa näkökulmassa tarkastelun alla on työn kustannusvaikutukset, kuten laatuongelmat tai lisäarvoa tuottavat tai tuottamattomat työt. Lisäarvoa tuottamattomat työt ovat esimerkiksi paljon materiaalin siirtoa vaativat työt, koska tällöin tuote ei jalostu (kasva arvoa), vaikka tehdäänkin työtä. Teknologisessa näkökulmassa mietitään, onko uudella teknologialla mahdollista parantaa työtä ja mitä uusilla työvälineillä voidaan prosessin kannalta saavuttaa. Työntekijänäkökulmalla taas tarkastellaan työturvallisuutta ja ergonomiaa, esimerkiksi onko työ monotonista, vaarallista, väsyttävää tai yleisesti epäkäytännöllistä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011.)

3.2.1 Menetelmätutkimus

Menetelmätutkimus on nimensä mukaan tutkimusta siitä, millaisilla eri tavoilla työtä tehdään. Menetelmätutkimuksessa työmenetelmiä ja -järjestelmiä suunnitellaan ja analysoidaan järjestelmällisesti resurssien paremman hyödyntämisen saavuttamiseksi. Nämä tekniikat ja työtavat kirjataan järjestelmällisesti ja niitä tutkitaan kriittisesti. Kriittisellä tutkinnalla mahdollistetaan menetelmien kehittäminen ja soveltaminen työtehtäviin ja täten voidaan tavoitella parempia tuloksia ja kustannusten vähenemistä. (Khanna, 2015, 120.)

Prosessi voidaan useimmiten kuvata näitä vaiheita noudattaen:

1. Valinta
2. Tallentaminen
3. Tarkastelu
4. Kehitys
5. Asettaminen
6. Ylläpito

Prosessi alkaa tarkasteltavan työvaiheen valinnasta, joka on ehdottomasti prosessin tärkein vaihe sillä, jos aihe ei ole relevantti on kaikki työ lopulta turhaa. Työvaiheen valinta on johdon vastuulla ja tutkimukselle on aina oltava jokin ongelma, joka halutaan ratkaista, kuten tuotannon pullonkaulat. (Khanna, 2015, 120–121.) Pullonkauloilla tarkoitetaan mitä tahansa estettä, joka rajoittaa asetettujen tavoitteiden saavuttamista, kuten esimerkiksi asetetun tahtiajan ylittäminen.

Seuraavaksi työstä tallennetaan tarvittava tieto eli työvaiheet videoimalla, jonka jälkeen itse työtä tarkastellaan. Tärkeää videoidessa on tallentaa vain tarvittava ja oleellinen tieto oikeassa ajassa ja paikassa. Kun materiaali saadaan pidettyä oleellisena, pysyy itse tarkastelu rajattuna ja helpommin hallittavana. (Khanna, 2015, 120–121.) Videon tarkastelussa voidaan käyttää apuohjelmia, kuten nykytilanteessa Valtralla hyödynnetään AVIX Suitea.

Tarkastelu vaiheessa työtapoja lähdetään kehittämään ja kun tehokkaampi työtapa on keksitty, se asetetaan standardi työtavaksi työpisteelle. Tarkastelussa on oltava kriittisiä ja kyseenalaistettava

kuvattua materiaalia. Pelkkiin viivästyksiin tarttuminen ei välttämättä ole kaikista järkevin vaihtoehto, vaan järkevämpänä toimenpiteenä voi olla esimerkiksi liikkeen tai työliikkeen poistaminen. Tarkastelussa on järkevä kysyä kysymyksiä kuten, mikä on työn tarkoitus, onko työ järkevämpää tehdä toisessa paikassa tai toisessa järjestyksessä, tekeekö työtä oikea henkilö tai kuinka muuten sen voisi suorittaa? Kyseenalaistaminen luo tutkijalle syvempää ymmärtämistä prosessin nykykuvasta. (Khanna, 2015, 120–124.)

Kehittäminen on puhtaasti luovaa työtä, eikä sitä voi systemaattisesti viedä prosessinomaisesti läpi. Kehittäjän tausta, kekseliäisyys ja kokemus ovat analyysin lopputuloksen kannalta kaikista tärkeimmät ominaisuudet, mutta aputyökaluina voidaan käyttää esimerkiksi aivorihtä tai miellekarttaa. Kun vaihtoehtoinen tapa suorittaa työtä on keksitty, on uusi työtapaa videoitava ja verrattava aikaisempaan, jonka perusteella tiedetään täyttääkö uusi menetelmä toivotun lopputuloksen. (Khanna, 2015, 125.)

Muutokset on esiteltävä johdolle sekä työntekijöille, varsinkin niille, joita muutokset koskevat. Kun muutos hyväksytty voidaan uusi metodi integroida pysyväksi osaksi tuotantoa. Muutoksen ajaminen ei ole ikinä helppoa, eikä vanhasta haluta yleensä luopua, jollei työ suoraan helpota esimerkiksi raskastavaksi todettua menetelmää. Muutosta voidaan onneksi aina perustella parantuneella tuottavuudella johtoportaan. Työntekijät on aina pidettävä ajan tasalla muutoksista ja koulutettava tehtyihin muutoksiin. Viimeiseksi vaiheeksi jää ylläpito, joka on oikean dokumentoinnin jälkeen kohtuullisen kevyttä. (Khanna, 2015, 125.)

3.2.2 Aikatutkimus

Aikatutkimus suoritetaan kellottamalla työntekijää, kun hän suorittaa itse työtä. Työstä kelloitetaan se aika, jolloin työntekijä suorittaa työhön vaadittavia liikkeitä ja tähän aikaan mukautetaan havaittu epänormaali työtahti, kuten henkilökohtaiset tauot sekä lepotaumat. Työntutkijan on valittava tutkitavaksi oikea henkilö, joka on asianmukaisesti koulutettu ja joka noudattaa ennalta määrättyjä työn metodeja. Työntekijän on oltava tietoinen tutkimuksesta sekä työtä on kelloitettava useiden työkierrojen ja suoritusten myötä, ettei poikkeuksellisen hitaat tai nopeat suoritukset vääristä mitattavaa tulosta. Työntekijän nopeutta on verrattava keskiarvoiseen työntekijän nopeuteen. (Dilworth, 2000, 208.)

Työ on tärkeä pilkkoa vaiheiksi ja kellottaa nämä vaiheet erikseen. Tutkimuksessa ajan jakautuminen työn aikana on hyvin tärkeä tieto ja useimmiten kaikista pitkäaikaisimmat työvaiheet ovat kehittämisen kohteina. Koneen suorittama työ on aina eroteltava manuaalisesta työstä, koska koneiden nopeus on useimmiten ennalta tiedossa. Työvaiheiden pilkkominen on tärkeää myös työvaiheiden vaihtuvuuden takia, koska työ saattaa erota työkiertojen välillä. Muualla tehtyjä, samankaltaisia työvaiheita kannattaa hyödyntää tutkimuksessa. (Dilworth, 2000, 208.)

3.2.3 Joutuisuus

Joutuisuus tarkoittaa työntekijän tunnetulla työmenetelmällä tekemän työn tuloksellisuuden mittaamista. Joutuisuus tarkoittaa, kuinka työn eteneminen vaikuttaa työn tulokseen ja tuottavuuteen. Joutuisuus on määriteltävä havainnoimalla, jotta työsuorituksen mitattu aika saadaan normalisoitua. Joutuisuus on jokaiselle työntekijälle määriteltävä asia ja työntekijä on normaalijoutuisa, kun hänellä on keskikertaiset taidot, intensiteetti ja työskentelyolot sekä työmenetelmä vastaa normaaleja työtapoja. Kun työntekijä on normaalijoutuisa on hänen joutuisuutensa kerroin yksi. Joutuisuus on todella tärkeä osa manuaalista, käsin tehtävää työtä, koska työntekijät ovat aina eritasoisia työssään. (Ahokas, Tiuhonen, Neuvonen, Suikki, 2011).

Valtralla joutuisuuden määrittelee työntutkija. Joutuisuuden määrittely on kokonaan havainnointiin perustuvaa, mutta sen luotettavuus perustuu työntutkijan ammattitaitoon. Jokainen työntutkija on suorittanut työntutkijan koulutuksen, jonka perusteella joutuisuus kertoimen varmuutta voidaan perustella.

3.3 Liikeaikatutkimukset

Liikeaikatutkimuksia, joita käsitellään tässä opinnäytetyössä on MTM ja MOST. Liikeaikatutkimuksissa ei tarvita kelloa, koska ajat ovat taulukoitu vakioaikoihin eli aikastandardeihin. MTM ja MOST käyttävät ajan yksikkönä TMU:ta joka on 0,036 sekuntia. Liikeaikatutkimukset perustuvat parhaimmillaan hyvin tarkkoihin työn yksityiskohtiin, jolloin kuluva ajasta voidaan käyttää vakioita. Liikeaikatutkimukset perustuvat työlle ennalta määriteltäviin aika arvoihin. Kun jokaisella liikkeellä on jokin aikavakio, voidaan työtä rakentaa pienistä osista, jonka jälkeen työlle saadaan kokonaisaika sekä työnkuvaus. Liikeaikatutkimuksien haasteena on käyttäjän korkea koulutuksen tarve ja siksi

niitä käytetään lähinnä työn kehittämisen työkaluina. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011, 25.)

3.3.1 MTM (Methods Time Measurement)

MTM (Methods Time Measurement) on karkeasti suomennettuna menetelmä ajan mittausta. Tällä tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu tehtävän suorittamiseen, riippuen valitusta menetelmästä. MTM on vanhin liikeaikatutkimus menetelmä. MTM on menetelmän lisäksi organisaatio, joka kouluttaa yrityksiä MTM:n käytöstä. MTM-menetelmän perustan kehitti Frank Bunker Gilbreth (1868–1924) rakennusurakointiin ja nykyäänkin MTM sopii parhaiten juuri ihmisen tekemään työn pariin. (MTM, n.d.)

MTM:ää on olemassa useita erilaisia variantteja, kuten MTM-1, MTM-2 ja MTM-UAS. MTM menetelmässä on 19 perusliikettä, joiden avulla työprosessia voidaan kuvailla. Esimerkkinä liikkeistä: Kääntyminen (T=Turn), tarttuminen (G=Grasp) tai liikkuminen (M=Move). MTM sopii menetelmänä lähes kaikkiin teollisuudenaloihin, mutta eniten MTM:ää käytetään valmistusteollisuudessa. MTM on liikeaikatutkimusten tavoin pääsääntöisesti kehitystyökalu, mutta soveltuu myös uusien prosessien luomiseen. (Viharos, Bán, 2020.)

Verkkosivustolla Sciencedirect julkaistun artikkelin mukaan MTM juontaa juurensa juuri aikatutkimukseen, ennalta määriteltyjen liikeaikojen tutkimusjärjestelmänä. Eli työvaiheille on MTM:ssä asetettu ennalta jokin aika, kuten käden liikutus (M=Move) ja vasaraan tarttuminen (G=Grasp). Näistä ennalta määritellyistä ajoista voidaan kasata haluttu kokonaisuus eli työ. MTM on yleisesti käytössä varsinkin manuaalisten työprosessien työpaikkojen suunnittelussa ja niiden parantamisessa. MTM:n varjopuolena on suuri työmäärä ja vaativa koulutus, jotka ovat käyttöönottoa rajoittavimmat tekijät. (Morlock, Kreggenfeld, Louw, Kreimeier, Kuhlenkötter, 2017.)

3.3.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

MOST eli Maynard Operation Sequence Technique on liikeaikatutkimus ja se perustuu pohjimmiltaan MTM:ään. MOST:ia on olemassa kolme eri vaihtoehtoa, jotka ovat BasicMOST, MaxiMOST ja MiniMOST. BasicMOST on näistä vaihtoehtoista kaikista yleisin ja se ilmaisee ajan sekunnin kym-

menesosan tarkkuudella, kun taas Maxi- sekä MiniMOST pilkkovat ajan sekunnin sadasosan tarkkuuksiin. BasicMOST:ia voidaan käyttää lähes kaikissa tuotanto ympäristöissä, kun taas MaxiMOST soveltuu pitkien syklien työliikkeiden ympäristöihin, kuten laivan rakennukseen. MiniMOST sopii vastapainoisesti pienien syklien, tarkan työn ympäristöihin, joissa työ on nopeaa ja kappaleet ovat pienikokoisia. (Scott Grant, n.d.)

BasicMOST on helpompi käyttöinen ja vähemmän aikaa vievä kuin MTM, mutta se ei ole yhtä yksityiskohtainen. Kun MTM:ssä on 19 perusliikettä, on MOST:ssa näitä vain 3, perusliikkeet, hallitut liikkeet ja käsityökalujen käyttö. Perusliikkeiden määrä yksinkertaistaa työn rakentamisen ja analysoinnin. BasicMOST:ia käytetään pääsääntöisesti 10 sekunnin – 10 minuutin mittaisissa työvaiheissa ja silloin, kun työtä toistetaan 150–1500 kertaa viikossa. BasicMOST on MTM:n tapaan yleisimmin käytössä jo olemassa olevien prosessien kehitystyökaluna, mutta BasicMOST:a voidaan käyttää myös uusien prosessien luomisessa. (Viharos, Bán, 2020.)

3.4 Standardiaikajärjestelmä

Standardiaikajärjestelmässä voidaan työhön kuluva aika määritellä laskennallisesti. Kuten liikeaikatutkimuksissa, standardiaikajärjestelmässä työ kasataan osista, joiden aika ja menetelmät ovat ennalta määriteltä. Kun työn kokonaisuus on saatu kasattua osista, saadaan selville työn kokonaisaika ja kuvaus. Standardiaikajärjestelmässäkään ei tarvita varsinaisesti kelloa, vaikka mahdollisesti työn osia voidaan mitata eriävillä aikatutkimuksilla, joissa kellon käyttöä tarvitaan. Kuten EK-SAK tuottavuustyöryhmän opaskirjassa sanotaan, soveltuvat liikeaikatutkimukset parhaiten juuri normalisoidujen aika-arvojen mittaamiseen. Standardiajat kuuluvat liikeaikatutkimuksiin. (Ahokas, Tiuhonen, Neuvonen, Suikki, 2011, 24-25.)

Amper sivuston mukaan standardiaika voidaan laskea kun tiedossa on työn normaali- ja keskivertoaika. Työn normaaliaika on se aika, joka tavanomaiselta koulutetulta työntekijältä menee työn suorittamiseen. Normaaliaikaa laskettaessa tarvitaan tietää keskivertoajan lisäksi työntekijän joutuisuuskerroin, jonka työtutkija määrittää itse. Vaihtelut osiolla tarkoitetaan ympäristössä tapahtuvia muuttuvia, kuten henkilökohtaiset tauot tai häiriöt työolosuhteissa. (Amper, N.d).

Keskivertoaika = (Työaika 1 + Työaika 2 +...)/Mitattujen tulosten summa

Normaaliaika = (Keskivertoaika) x (Joutuisuuskerroin / 100

Standardi Aika = (Normaaliaika) x (1-Vaihtelut)

(Amper, n.d).

Standardiaikajärjestelmän aikatiedot eli standardidata säilötään ja tätä dataa voidaan jakaa mahdollisesti toisille toimijoille, joko sisäisesti tai ulkoisesti varsinkin, kun työnkuva vastaa omaa työskentelyä (Dilworth, 2000, 212). Valmiiksi määritelty standardidata on arvokasta ja varsinkin, jos suuri osa AGCO-konsernista on siirtymässä standardiaikajärjestelmien käyttöön EPLM-projetkin myötä, on liikeaikojen datan kierrättäminen suuri etu käyttöönoton yhteydessä. Lisää EPLM-projektista kappaleessa 6.1.1.

4 Ohjelmistojen esittely

4.1 Ohjelmistojen esittely

Työntutkimus prosessissa tarvitaan työkaluna ohjelmistoja, joita tässä kappaleessa tarkastellaan tarkemmin. Tarkastelun kohteina ovat linjanbalansoinnin ja työntutkimuksen työkalut AVIX Suite, standardiaika järjestelmä MTM Ticon sekä Valtran tuotannonohjaus järjestelmä KEKO. Ohjelmistot ovat keskeisiä työkaluja teollisuuden tuotantoprosessien optimoimisessa ja tehokkuuden parantamisessa.

AVIX kuvailee omilla sivuillaan ohjelmistoaan visuaaliseksi prosessinkartoitustyökalu, jolla pyritään tehostamaan tekemistä ja nopeuttaa oppimista työvaiheilta. AVIX:a voidaan hyödyntää esimerkiksi prosessin dokumentoinnissa, työohjeiden teossa, FMEA (Failure Mode Effect Analysis) eli vika- ja vaikutusanalyysseissa, tuotannon balansoinnissa ja työntutkimuksessa. AVIX:n vahvuus perustuu juuri visuaalisuuteen. AVIX:n avulla työmenetelmät ja prosessit voidaan pilkkoa yksityiskohtaisesti videoanalyysiin, josta vaiheen tulkinta on huomattavasti helpompaa. (AVIX, n.d)

Keko eli kehittyvä kokoonpano on Valtran käyttämä MES- järjestelmä (Manufacturing Execution System), joka toimii tuotannon operatiivisten toimintojen ohjaamisessa ja jäljittämässä. Keko on Leanwaren valmistama tuote ja se toimii tuotannonjärjestelmien sekä linjan automaatioiden välillä,

jonka ansiosta tieto on jäljitettävissä kokoonpanolinjan lävitse. Jokaisella työpisteellä on oma Keko pääte, eli tietokone, josta työntekijä näkee esimerkiksi tuotteen varusteet ja työohjeet. Informaatio Kekosta voidaan jatkaa suoraan operatiiviselle johdolle, joka helpottaa tuotannon seuraamista reaaliajassa tai myöhemmin tarvittaessa. Valtralla kaikki tuotantodata tallennetaan ja arkistoidaan. (Leanware, n.d)

MTM Ticon on tuote- ja valmistusprosessien suunnitteluun luotu järjestelmä, jota voi käyttää aloittelijat sekä sertifioidut MTM-asiantuntijat. MTM Ticon käyttää standardiaikoja, joista käyttäjä rakentaa tuote- tai valmistusprosessin. MTM Ticon Standardiaikajärjestelmällä tuodaan läpinäkyvyyttä standardoidun suunnittelunprosessilla, joka kattaa mahdollisesti kaikki tuotantoprosessin vaiheet. Tuotantoprosessi rakennetaan standardiaikapalikoista, joista vaiheiden analysointi on nopeampaa. MTM Ticonin avulla voidaan myös määritellä uusia standardiaikoja, jotka voidaan määritellä omille, mahdollisesti spesifeille työvaiheille tai liikkeille. Järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden hallita kaikkia prosessisuunnittelutietoja keskitetyssä tietokannassa, joka on tarvittaessa jopa monikielinen. MTM Ticonissa tietomerkinnot ja muutokset kirjataan. (MTM, n.d.)

5 Tutkimusmenetelmien valinta

5.1 Tutkimusmenetelmät

Yksi opinnäytetyön tärkeimmistä vaiheista on oikean tutkimusmenetelmän, eli metodin valitseminen. Tutkimusmenetelmä asettaa tutkimukselle työkalut ja rakenteen, jolla työ etenee. Tutkimusmenetelmiä on kattavasti, joista valita, mutta tyypillisesti ne jaotellaan tutkimusotteisina laadulliseen (kvalitatiivinen) ja määrälliseen (kvantitatiivinen) tutkimukseen. Muita tutkimusmenetelmiä on case-tutkimus, kehittämistutkimus, toimintatutkimus ja konstruktiiivinen tutkimus. Nämä yllä mainitut menetelmät voidaan luokitella interventiotutkimuksiksi, sillä interventiotutkimus pyrkii suoriin muutoksiin, eli interventioon. Kananen (2017, 10) mukaan perinteiset tutkimusmenetelmät eli määrällinen ja laadullinen tutkimus rajoittuu kuvaamaan, selittämään ja ymmärtämään ilmiötä, eikä konkreettista toimenpidettä synny. (Kananen, 2017, 10–14.)

5.2 Laadullinen tutkimus

Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus tutkii pääasiallisesti yksittäistä ilmiötä, johon on tarkoitus perehtyä syvällisesti. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään saavuttamaan löydöksiä, ilman määrällisiä tilastomenetelmiä, eikä laadulliseen tutkimukseen ole tarkkaa viitekehystä. Laadullisessa tutkimuksessa aineistoa analysoidaan koko tutkimuksen ajan sekä tutkimus rajoittuu lähes aina yksittäiseen tapaukseen. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa analyysi suoritetaan lähes aina viimeisenä vaiheena sekä määrällinen tutkimus asettaa tutkimuksen alussa hypoteeseja, kun taas laadullinen tutkimus luo hypoteeseja koko tutkimuksen ajan. (Kananen, 2008, 24-25.)

Kanasen (2008, 25) mukaan laadullisessa tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita ilmiön merkityksistä eli juuri syistä. Laadullisessa tutkimusta ja tiedon keruuta suorittaa itse tutkija. Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on itse aineiston jatkuva tulkinta ja eri näkökulmien ymmärtäminen. Vastuu on itse instrumentilla eli tutkijalla, jotta toimijan näkökulmaa osataan lähestyä tarvittavalla tavalla. Kanasen (2008, 27) mukaan juuri tarkan viitekehysten puuttuminen voi tuoda tutkimukseen haasteita, mutta se taas antaa tutkijalle joustavuutta eri polkujen ja mahdollisuuksien suorittamiseen tutkimuksessa. Käytäntöä on osattava peilata teoriaan, joka voi olla hankalaa, jos tutkimus on levinnyt joustavuuden mahdollistamana umpikujaan. (Kananen 2008, 25–27.)

5.3 Kehitystutkimus

Kehittämistutkimus on suhteellisen uusi tutkimusmenetelmä, jonka ensimmäiset tutkimusartikkelit julkaistiin vuonna 1992, käyttäen termiä design experiment. Nykyään menetelmää kutsutaan nimellä design-based research tai yksinkertaisemmin design research, joka vastaa paremmin itse näistä tutkimusmenetelmää. Suomen kielessä kehittämistutkimusta kutsutaan myös design-tutkimukseksi, joka ei kuitenkaan viittaa taiteeseen tai suunnitteluun perinteisessä mielessä. 2000-luvulla kehittämistutkimus on kasvattanut suosiotaan tutkimusmenetelmänä, kun sen tunnettavuus ja asiantuntemus ovat tasaisesti lisääntyneet. (Pernaa, 2013.)

Kehitystutkimus on kehittynyt tarpeesta kehittää kohdetta, eli muuttaa, parantaa, tehostaa, kypsyttää tai edistää. Kehittämisessä on aina kohde eli tarve kehitykselle, joka johtuu ihmisten tekemien järjestelmien vanhenemisesta, kuten kunnossapitokäytännöt tai tuotantolinjat. Kehittämistutkimus siis pyrkii parantamaan tuotteita, käytäntöjä ja järjestelmiä. Kehittämistutkimukseen siis tarvitaan

selkeä kohde, aika ja paikka, jonka on havaittu tarvitsevan kohennusta ja aiheesta tehdyn tutkimuksen avulla toivotaan saavan toimintaa edistäviä lopputuloksia. Kehittämistutkimuksessa siis korostuu yksityiskohtaisesti ongelma-analyysi, joka perustuu empiriaan ja teoriaan tai toiseen keskittelyyn. (Hautamäki, 2015.)

Kanasen (2017, 17) mukaan kehittämistutkimus ja kehittämistyö sekoitetaan usein toisiinsa, vaikka ero onkin pieni. Organisaatioiden kehittymisen myötä tapahtuvissa parannuksissa on kyse kehitystyöstä. Kun organisaation kehityskohteita pyritään tuomaan esille, on kyse kehittämistutkimuksesta. Kehittämistutkimus ei ole oma tutkimusotteensa, sillä se on yhdistelmä kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimusta tai pelkästään kvalitatiivista tutkimusta. (Kananen, 2017, 10–18.)

5.4 Benchmarking

Opinnäytetyössä hyödynnettiin benchmarkkausta, eli prosessia, jossa tunnistetaan, ymmärretään ja mukautetaan eri toimijoiden käytäntöjä omaan vertailukohteeseen (Tuominen, 2021). Opinnäytetyössä vertaillaan Valtran työntutkimusprosessia Linnavuoren moottoritehtaaseen eli AGCO Powerin ja Fendt:n Marktoberdorfin toimipisteisiin. Molemmat vertailtavat kohteet kuuluvat AGCO-konserniin.

Käytännössä benchmarkkaus on vertailua eri toimijoiden välillä ja vertailun perusteella omaa tekemistä lähdetään kehittämään. Muilta oppiminen edesauttaa uusien lähestymistapojen tarkastelua ja rohkaisee pois oppimaan vanhoista pinttyneistä tavoista. (Tuominen, 2021, 8.) Benchmarkkauksesta toivottiin tuomaan uusia näkökulmia ja mahdollisesti integroimaan potentiaalisia toimintatapoja omaan työntutkimusprosessiin.

Benchmarkkausta tehdään yleensä itseään suurempien ja menestyneempien toimijoiden kanssa. Toisen toimijan menestyksen saralla voidaan olla olettaa heiltä saaman tiedon olevan arvokasta. Menestyneen tekijän ja oman tekemisen erot saadaan yleensä selville benchmarkkauksella. Pelkästään tämä tieto itsessään ei muuta omaa tekemistä, sillä kuten Tuominen kirjoittaa kirjassaan ”et voi siirtää lukuja”. (Tuominen, 2021, 5–35.)

Benchmarkkaus voidaan ryhmitellä prosessikeskeiseen, tuotekeskeiseen ja strategiseen vertailuun, mutta meidän tapauksessamme vertailu on prosessikeskeistä. Monesti kilpailuasema on esteenä

saman alojen toimijoiden välillä, mutta meidän tapauksessamme vertailua tehtiin konsernin sisäisesti, eli muilta AGCO:n toimipisteiltä. (Tuominen, 2021, 35–38.) Eri AGCO toimijat käyvät kohtalaisen vilkasta vuoropuhelua, vaikka tuotteet ovatkin suoraan kilpailevissa asemissa. Benchmarkkausta tapahtuu siis lähes päivittäin Valtralla vaikkei se noudata varsinaisesti teoriaa.

5.5 Aineistonkeruumenetelmät

Opinnäytetyö on laadullinen kehitystutkimus, jossa käytettiin jo olemassa olevia eli sekundääri- ja primääriaineistoja, joista tutkijan on itse muodostettava ratkaisu tutkimuksen ongelmaan. Sekundääriaineistoihin kuuluvat dokumentit kuten kirjat, muistiot ja tutkimukset. Primääriaineistoja ovat havainnointi, haastattelut ja kyselyt, joista hyödynnettiin havainnointia sekä haastatteluja. (Kananen, 2017, 82.)

Opinnäytetyössä hyödynnettiin monipuolisia aineistonkeruumenetelmiä, joita ovat kirjallisuuden tutkinta, haastattelut, havainnointi, yrityksen sekä konsernin sisäinen tiedon keruu, jonka pohjalta suoritettiin benchmarkkausta. Havainnointia käytettiin silloin, kun muut aineistonkeruumenetelmät olivat haasteellisia suorittaa. Tällaisiksi tilanteiksi ilmeni esimerkiksi tuotannon toiminnan tutkiminen tai työntutkimusprosessin seuraaminen.

Opinnäytetyö tehtiin laadullisena tutkimuksena, eli käytettyjen menetelmien oli tuettava tutkimusotteeltaan juuri laadullista tutkimusta. Työssä oli kyseessä interventionistinen kehitystutkimus. Aineistoa kerätessä on pyritty arvioimaan lähteiden luotettavuutta sekä niiden sopivuutta peilatta-vaan aiheeseen. Aineiston oli täytettävä nämä molemmat kriteerit, jotta niitä pystyttiin hyödyntämään opinnäytetyössä. Kirjallista aineistoa opinnäytetyöhön on kerätty Jyväskylän Ammattikorkeakoulun kirjastosta sekä kirjastoiden hakupalveluista hyödyntämällä hakusanoja, kuten Takt-time, Time Study, Work Study, Työntutkimus ja Lean.

Työntutkimuksesta on saatavilla rajoitetusti suomenkielistä aineistoa, lukuun ottamatta teknologia-teollisuus ry:n julkaisemaa EK:n ja SAK:n työryhmän laatimaa ohjekirjaa ”Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita”. Opinnäytetyössä hyödynnettiin kansainvälisiä lähteitä, kirjoja, artikkeleja ja nettisivuja, jotka oli julkaistu vuosien 2000–2023 väliltä. Nettisivuja hyödynnettiin tiedonhaussa esimerkiksi ohjelmistoista, valmistajien omilta nettisivuilta. Tämä monipuolinen lähestymistapa antoi laajan kuvan työntutkimuksen käsitteistä, menetelmistä ja sovelluskohteista.

5.6 Haastattelu

Kuten Kananen (2008, 73) sanoo kirjassaan, on haastattelun idea hyvin yksinkertainen. Haastattelija kysyy haastateltavalta esimerkiksi faktoja tai mielipiteitä ja haastateltava antaa omaa tietämystään vastaavan vastauksen. Kysymyksien on liityttävä tutkimuskysymyksiin ja vastausten perusteella pyritään ratkaisemaan tutkimusongelmaa, jotta haastattelulla olisi relevanttia vaikutusta tutkimukseen. Tämän vuoksi on haastattelu osattava muotoilla tilanteeseen sopivaksi, sillä haastattelujakin on olemassa monen muotoisia. Haastattelun muodot ovat strukturoimaton haastattelu, puolistrukturoitu haastattelu, strukturoitu haastattelu, teemahaastattelu ja avoin haastattelu. (Kananen, 2008, 73.)

Strukturoitu haastattelu vastaa kvantitatiivista lomakekyselyä, joissa kysymykset ovat kaikille samat ja kysymykset ovat tiukassa järjestyksessä. Strukturoimattomat haastattelut jakautuvat avoimiin- ja teemahaastatteluihin, joissa keskustelu on avointa ja joustavaa. Teemahaastatteluissa molemmat osapuolet ovat ennalta käyneet läpi haastattelun kysymykset eli tietävät teeman, avoin haastattelu vastaa taas lähinnä aiheesta keskustelua. Puolistrukturoiduissa haastatteluissa on lomakekyselyä vastaavat kysymykset, mutta valmiita vastauksia kysymyksille ei anneta. (Kananen, 2008, 73.)

Kehittämistyön kohteissa voidaan haastatteluilla saada aitoa käytännön tietoa, jolla voidaan auttaa tutkijaa perehtymään aiheeseen. Siksi haastattelun kohteena on oltava oikeat henkilöt, jotka tietävät asiasta riittävästi tai joita mahdollinen kehitystyö koskee. Tällöin voi tosin olla vaikeaa saada yhtenevää vastausta ja totuutta, koska tekijöiden näkökannat voivat vaihdella. Tämä aiheuttaa sen, että tutkijan on oltava kriittinen ja varsinkin toteutusvaiheessa on hänen tutkittava näkökantoja pelkän mekaanisen suorituksen ulkopuolelta. Haastattelijan on kannattavaa sitouttaa haastateltavat koko muutosprosessin ajaksi, parhaan lopputuloksen kannalta. Ryhmähaastattelut ovat yleensä tehokkaampia ja enemmän aikaan saavia ratkaisuja, kuin yksilö haastattelut (Kananen, 2017, 48–50.)

Tässä opinnäytetyössä suoritettiin neljä haastattelua. Haastateltavina oli Valtran EPLM projektin henkilökuntaa, CPM-tiimi (työntutkimustiimi), AGCO Powerin työntutkijat sekä Fendtin Markoberdorfin toimihenkilö. CPM-tiimin ja Fendtin haastattelut olivat puolistrukturoituja, sillä kysymykset olivat tarkasti ennalta mietitty, mutta keskustelun tyyli oli vapaa. EPLM haastattelu oli strukturoimaton teemahaastattelu, koska aiheena oli projektin esittely eikä tekijällä ollut aiempaa tietämystä projektista. CPM-tiimin haastattelu tehtiin kasvokkain, muut haastattelut suoritettiin Microsoft

Teamsin avulla tai sähköpostitse. AGCO Powerin haastattelu oli sähköpostihaastattelu, jossa kysymykset liittyivät opinnäytetyön tutkimuskysymykseen, niin kuin Fendtinkin haastattelussa. Lisää benchmarkkauksessa tehdyistä haastatteluista kappaleessa 6.1.2 sekä CPM-tiimin haastattelusta kappaleessa 6.2.

5.7 Havainnointitutkimus

Kun liikumme, teemme ympäristöstä havaintoja. Tietomme, uskomuksemme, kokemuksemme ja ymmärryksemme ympäröivästä maailmasta perustuu havainnointiin ja siitä tekemiimme päätelmiin. Kaikki tekemämme havainnot ympäröivästä maailmasta, eivät kuitenkaan ole tieteelliseen tutkimukseen sopivia, sillä emme aina osaa tehdä oikeita johtopäätöksiä tai emme ymmärrä tapahtuvaa tilannetta. Aavistukset, jossittelu, väärin ymmärrykset sekä havainnointi- ja tulkintavirheet ovat kaikki mahdollisia kompastuskiviä, jotka voivat heikentää havainnoinnin luotettavuutta. Kun havainnointia halutaan hyödyntää tieteelliseen tarkoitukseen, on sen oltava johdonmukaista ja suunniteltua. (Valli, 2018.)

Havainnoinnin tuloksiin vaikuttaa aina havaintojen tekijä ja havainnointitutkimuksen kohteena voi toimia lähes mikä tahansa. Olemassa olevat tiedot ja taidot eli kokemus, vaikuttaa suoraan tutkijan kykyyn havaita tutkittavaa kohdetta. Kun tutkijalla on kokemusta tai on muuten perehtynyt aiheeseen, on havainnot tarkempia ja tutkimuksen laatu kasvaa. Tärkeintä kuitenkin on, että tutkija tuntee tutkimuksen kohteen sekä tutkimuksen tavoitteet, eli tutkimusongelmat- ja kysymykset. (Valli, 2018.)

Havainnointitutkimusta voidaan hyödyntää myös työmittausmenetelmänä työntutkimuksessa. Työntutkimuksessa tapahtumat jaetaan aikalajeihin, kuten tekemisaika, apuaika, taukoaika ja häiriöaika. Havainnointitutkimuksessa tutkija tarkkailee työtä säännöllisin väliajoin ja kirjaa ylös tapahtuvat toimenpiteet. Tämä mahdollistaa useiden työvaiheiden samanaikaisen seuraamisen useilla eri työpisteillä. Näin saadaan kattava yleiskuva koko osaston tehokkuudesta ja ajankäytöstä. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011, 24.)

Havainnointitutkimuksen etuna työntutkimuksessa on sen laaja soveltuvuus, nopeus sekä helppo- ja monikäyttöisyys. Se tarjoaa mahdollisuuden tarkastella työn eri osa-alueita ja kerätä monipuolista tietoa, mikä voi helpottaa työprosessien analysointia ja tehostamista. Havainnointitutkimus on siten

tehokas työkalu, kun pyritään ymmärtämään ja parantamaan työnteon tehokkuutta ja ajankäyttöä ympäristössä. Havainnointi ei itsessään anna tarkkaa aikatieta, mutta se toimii hyvin kehitystyön alkuaskeleina. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011, 25.)

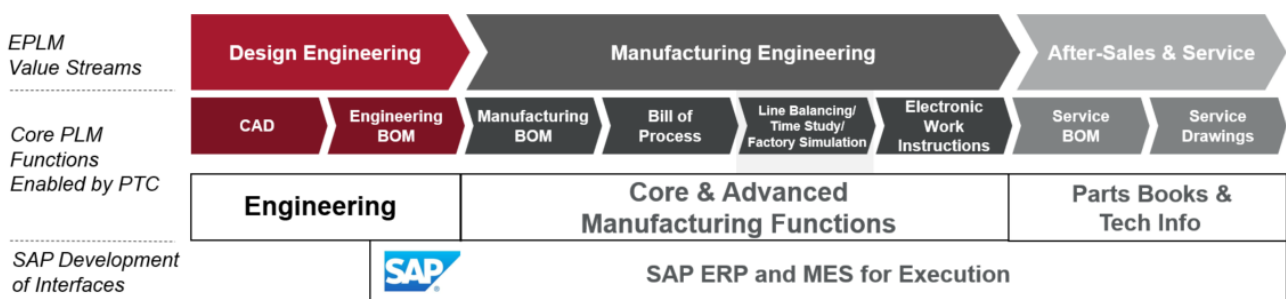
Kun opinnäytetyössä hyödynnettiin havainnointitutkimusta aineistonkeruu menetelmänä, suoritettiin se aina tietoisesti ja suunnitellusti, varmistaen tiedonkeruun systemaattisuus ja tarkkuus. Tuotannon toiminnasta ei ole kirjallista aineistoa ja tällöin havainnointi oli paras keino tiedon keräämiseen. Havainnointia käytettiin yleiskuvan luomiseen eikä siinä käytetty mittaamista. Tutkijalla ei ollut aiempaa tuntemusta havainnointien kohteista, jonka vuoksi ei hänellä ollut ennakkoluuloja. Reflektointi ja sensitiivisyys jalostui havainnointi määrien ja aiheen syvällisen perehtymisen myötä.

6 Vaihtoehtoiset työntutkimusprosessit

6.1 Työntutkimusprosessin valintaan vaikuttavat tekijät

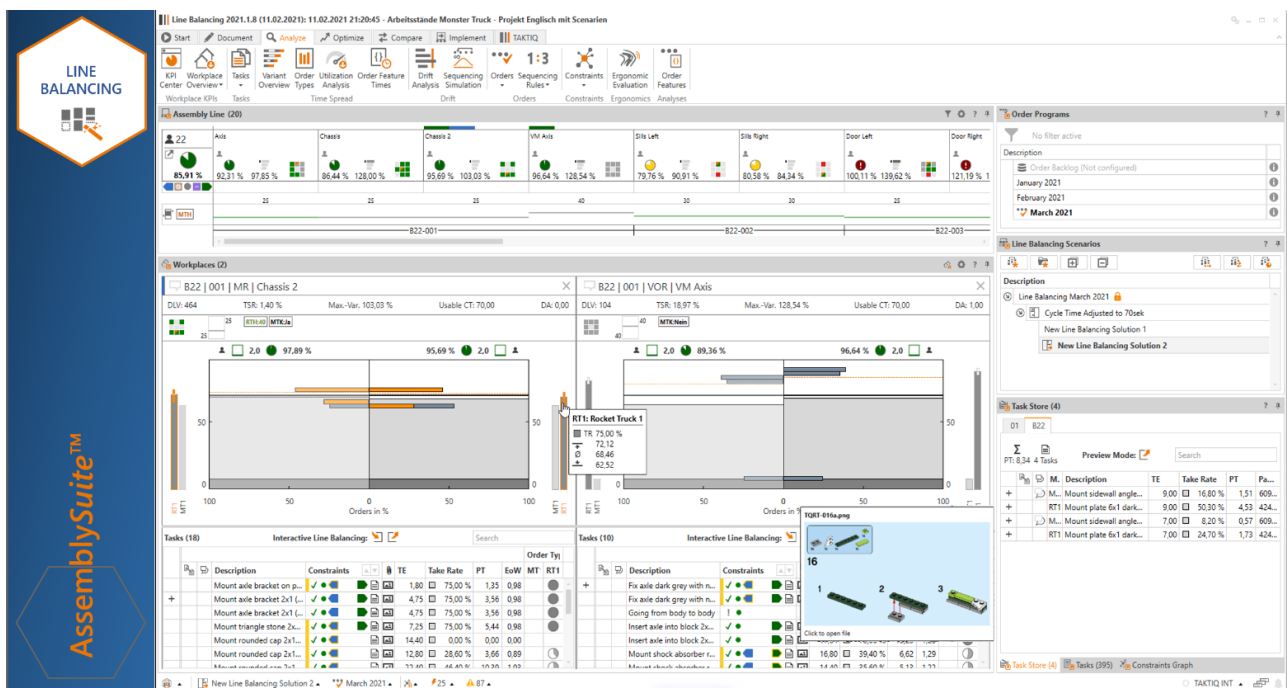
6.1.1 EPLM (Enterprise Product Lifecycle Management)

Ennen työntutkimusprosessien valintaa on otettava huomioon EPLM-projekti. EPLM eli yritystason tuotteen elinkaarenhallinta on koko AGCO konsernin sisäinen projekti, joka sisältää tuotekehityksen, tuotannonsuunnittelun ja jälkimarkkinoinnin. Projektin tarkoituksena on sisältää koko tuotteen elinkaari yhteen käyttöliittymään, joka on tässä tapauksessa PTC:n Windchill. Valtran tuotekehitys on käyttänyt PTC:n tiedonhallinta järjestelmä Windchilliä, jo hyvin pitkän aikaa ja nyt EPLM projektin myötä on moni AGCO tehdas suunnitellut hyödyntävänsä Windchilliä myös tuotannonsuunnittelussa ja jälkimarkkinoinnissa. (EPLM, 2023.)



Kuvio 4 EPLM projekti kuvaus

Tuotannosuunnittelun sovittaminen Windchilliin tarkoittaa työntutkimuksen kannalta sitä, että työntutkimuksessa ja linjanbalansointi työkaluina olisi käytettävä PTC:n ohjelmistoihin yhteensopivia työkaluja. Näitä sopivia työkaluja olisi standardiaikajärjestelmä MTM Ticon ja linjan balansointi työkalu Taktiq. Tämä tarkoittaa suoraan sitä, että työntutkimus olisi suoritettava ainakin osittain MTM Ticonin avulla, joka pakottaisi työn tutkimuksen suunnan standardiaikajärjestelmiin. Tämä tarkoittaisi myös sitä, että aiemmin käytetty AVIX olisi ainakin osittain korvattava Taktiqilla. (EPLM, 2023.) Taktiq on tuotantolinjojen balansointityökalu, jota käyttää useat autovalmistajat kuten, Lamborghini, BMW ja Mercedes-Benz. Taktiq sopii parhaiten automatisoituihin tuotantolinjoille, eikä täten ole paras mahdollinen työkalu Valtralle. (Taktiq, n.d.)



Kuvio 5 Esimerkki Taktiq näkymästä

Valtralla EPLM on vielä pilottivaiheessa, eikä sen käyttöönotosta ole vielä varmuutta eikä se sulje pois vaihtoehtoisia työntutkimusprosesseja. EPLM projektiin osallistuu tällä hetkellä Valtran lisäksi AGCO Power, Massey Fergusonin Ranskan traktoritehtaat, paalaintehdas Hesstonissa, paalaintehdas Breganzessa sekä Fendtin tehtaat Saksassa. EPLM-projektin pilottivaiheesta ovat edenneet vain ei-traktoreita valmistavat toimipisteet: AGCO Power, Hesston ja Breganze. (EPLM, 2023)

EPLM:n hyvänä puolena olisi juuri tiedonhallinnan keskittäminen ja eri vaiheiden yhteensopivuus. Varsinkin jos yhä useammat AGCO toimipisteet panostavat EPLM projektin läpiviemiseen, voi Valtralla olla mahdollista hyödyntää yhteistä standardiaikakirjastoa. MTM Ticon ja Taktiq eivät kuitenkaan ole kaikista optimaalisimmat työkalut työntutkimustyöhön Valtralla, eikä esimerkiksi AVIX:sta voida täysin luopua.

6.1.2 Benchmarking

Opinnäytetyössä hyödynnettiin benchmarkkausta helpottamaan työntutkimusprosessin valintaa Valtralle. Tavoitteena oli arvioida, miten miten eri AGCO-toimipisteet suorittavat työntutkimus työtänsä. Benchmarkkaus aloitettiin ottamalla yhteyttä eri toimijoiden edustajiin ja esittämällä seuraavat kysymykset eri haastatteluiden merkeissä:

- Kuinka paljon teillä on henkilöresursseja työntutkimukseen?
- Kuinka paljon teidän tahtiaikanne eroaa meidän 11 minuutin tahtiajasta?
- Kuinka hallitsette tutkimusdataa?
- Mikä on teidän nykyinen työntutkimusprosessinne?
- Onko teillä ollut ongelmia prosessin suhteen?

Nämä kysymykset lähetin Massey Fergusonin Beauvais'sin traktoritehtaalle, AGCO Powerille, Fendtin Markoberdorfin traktoritehtaalle ja Valtran Brasilian tehtaalle. Kysymyksiin sain vastauksen Linnavuoren moottoritehtaalta AGCO Powerilta ja Fendtin Markoberdorfin tehtaalta. Linnavuoresta kysymyksiini vastattiin sähköpostitse, sillä heillä on ollut samanlaisia mietteitä koskien työntutkimusprosessia. Fendtin tehtaalta taas haluttiin järjestää palaveri, jolla kysymyksiäni sai avattua, sillä heille työntutkimus ei ollut suoraan tuttu käsite.

Molemmat AGCON toimipisteet vastasivat kysymyksiin parhaan tietämyksensä mukaan ja haastattelun lopputulos oli tekijän kannalta kattava. Benchmarkkauksella saatu tieto oli arvokasta, sillä tällä selvisi molempien osallistuminen EPLM-projektiin, eli he ovat osana konsernin yhteisen työntutkimustavan käyttöönottoa. Konsernin yhteinen työntutkimusohjelma on MTM Ticon, eli yhteinen muutos on kohti standardiaikajärjestelmiä. AGCO Power on jo käyttöönotto vaiheessa, kun taas Fendt ei ole vielä tehnyt toimenpiteitä oman tahtiaikojen kellotuksen prosessin uudistamiseen.

Haastattelujen tiedon luotettavuutta, tukee se, että Linnavuoren ja Fendtin kysymykset olivat samat sekä kysymykset keskittyvät täysin heidän työntutkimusprosessiinsa, eikä puolueellisen tiedon jakaminen auttaisi kumpaakaan osapuolta. Benchmarkkauksella hankitun tiedon luotettavuutta puoltaa se, että kysymykset oli osoitettu parhaiten aiheesta perillä oleville asiantuntijoille ja osastoille. Kysymykset oli huolellisesti muotoiltu vastaamaan opinnäytetyön tutkimuskysymyksiä, eli keskittyen Valtran työntutkimusprosessin tärkeimpiin näkökohtiin ja nykytilanteen kartoittamiseen tahtiaikojen kellottamisessa. Tämä kyseinen lähestymistapa varmisti sen, että kerätty tieto oli kattavaa ja relevanttia opinnäytetyön tavoitteiden kannalta

Linnavuori

Linnavuoren moottoritehtaalla eli AGCO Powerilla työntutkimusprosessi on haasteellinen koulutettujen työntutkijoiden puutteen vuoksi. Tietoa AGCO Powerin työntutkimuksesta kerättiin sähköpostihaastatteluna. Haastateltavana AGCO Powerilta toimi tuotantojärjestelmien johtaja sekä hänen alaisensa. AGCO Powerilla resurssit työntutkimukseen on hyvinkin rajalliset, eikä heillä ole säännöllistä mahdollisuutta hyödyntää koulutettuja työntutkijoita. Työaikoja mitataan käyttäen standardiaikakirjastoja ja toistokellotuksia. (AGCO Power, 2023.)

Työaikojen luomisessa Linnavuori käyttää MTM Ticon standardiaikajärjestelmää. Kun aikoja tarvitsee luoda videoiden avulla, käyttävät he apuna AVIX:ia. Koska virallista työntutkijaa ei ole, haetaan luotettavaa dataa useilla toistoilla, eri asentajia hyödyntäen. Tässä apuna toimii työpisteiden tiiminvetäjät, jotka auttavat työntekijöiden valinnassa. Tutkittaviksi valikoidaan kaiken tasoisia työntekijöitä, jotta mittausdatalle saataisiin riittävästi vaihtelua ja näin luotettavampi normaali- eli keskivertoaika. (AGCO Power, 2023.)

Työntutkimuksen suhteen on AGCO Powerilla ongelmia liittyen juuri luotettavan datan keräämiseen ilman suurta resurssien käyttöä, koska resursseja on hyvin niukasti. Haasteena on myös sellaisen datan kerääminen, joka ei vanhene nopeasti, kun haetaan joustavuutta tuotantolinjan työvaiheiden balansoinnissa. Standardiaikojen luomisella vähennetään työntutkimuksen tarvetta tulevaisuudessa, sillä data saadaan säilöttyä standardiaikakirjastoon. Juuri vähenevä tarve työntutkimukselle on ollut suurin tekijä siirtymässä standardiaikajärjestelmiin. (AGCO Power, 2023.)

Linnavuoren tahtiaika on noin ■ minuuttia, joka huomattavasti nopeampi kuin Valtran 11 minuuttia. Moottorit ovat kokonaisuutena huomattavasti pienempiä kuin traktorit, vaikka niissä on paljon samoja työliikkeitä, kuten putkien asentaminen. (AGCO Power, 2023.) Kuten EK-SAK tuottavuustyöryhmän opaskirjassa sanotaan, soveltuvat liikeaikatutkimukset parhaiten juuri normalisoitujen aika-arvojen mittaamiseen (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen, Suikki, 2011, 24). Standardiajat kuuluvat liikeaikatutkimuksiin. Kuten Valtralla, vaihtelee myös AGCO Powerilla työvaiheet työmäärältään, menetelmiltään ja ajaltaan toisiinsa nähden.

Fendt

Työntutkimus Fendtillä eroaa valtavasti Valtran työntutkimuksesta. Sähköpostitse lähetetyt kysymykset koskien heidän työntutkimustansa kiersivät osastolta toiselle, kunnes haastattelu saatiin järjestettyä Fendtin NPI (New Product Introduction) osaston johtajan kanssa. Haastattelun perusteella selvisi, ettei Fendtillä ole vastaavaa työntutkimuksesta vastaavaa osastoa, kuten Valtralla CPM-tiimi.

Fendtillä työntutkimusta ei suorita vain yksiosasto, vaan prosessiin osallistuu lähes kaikki traktorien tuotantoon liittyvät osastot. Heidän tuotantolinjansa toimii pääpiirteittäin samalla tavalla kuin Valtralla, eli kokoonpanotehtaalla on päätuotantolinja, johon liittyy useita osakokoonpanoja. Fendtillä on tuotannossa kymmenen traktorimallia, joista jokaisella on oma tahtiaikansa. Traktorimallien tahtiajat vaihtelevat ■ minuuttiin ja tahtiaikojen keskiverto on ■ minuuttia. (Fendt, 2023.)

Fendtillä on aika-asiantuntijoita (Time expert) tuotannon suunnittelussa joko koskien uusia tuotteita, kuten uudet traktorimallit, joiden valmistusajasta tarvitaan tarkka tieto tai jo olemassa olevien tuotteiden valmistusaikojen päivittäminen. Tämän vuoksi ei ole selvyyttä siitä, kuinka paljon heillä on resursseja koskien työntutkimusta. Fendtillä työntekijöitä ei saa kuvata, joka pakottaa heidän tahtiaikansa mittaamisen aikatatutkimukseen. Tarkemmin heillä on käytössä kelloaikatutkimus, eli jokainen mitattu aika mitataan perinteisellä sekuntikellolla. (Fendt, 2023.)

Tuotannon tiiminvetäjät suorittavat kelloaikatutkimukset työvaiheille ja jokainen tutkimus on toistettava vähintään kolme kertaa vaiheelle. Uusille tuotteille tehdään alustavat aikatatutkimukset, joka päivitetään kuuden kuukauden jälkeen, kun työpisteen työtavat ovat vakiintuneet. Jokainen aikatatutkimus on laitettava esille työpisteille, josta työntekijä tietää työvaiheiden ajat. Nämä työpisteillä olevat aikatatutkimustaulukot kulkevat usean osaston lävitse allekirjoitettavana, kunnes se tavoittaa

viimeisenä tehtaanjohdon. Työpisteen fyysisen kopion lisäksi aikatutkimukset dokumentoidaan Excel taulukoihin, jotka säilötään verkkolevylle. (Fendt, 2023.)

Fendtin mukaan tämä toimintamalli tahtiaikojen mittaamiseen toimii hyvin, eikä siinä ole suurempia kompastuskiviä, vaikka siinä onkin tilaa parannuksille. Haastattelun lopuksi aiheeksi tuli EPLM-projekti. Haastateltava tiesi projektin olemassaolosta, mutta varmuutta projektiin sitoutumisesta hänellä ei ollut, mutta uskoi toiminnan siirtymisen kohti standardiaikoja (Fendt, 2023). Fendtin työntutkimuksesta ei ole Valtran työntutkimukseen helposti tai kannattavasti omaksuttavia piirteitä. Pelkkä kuvaamisen kieltäminen, työn laaja jakautuminen sekä kankea allekirjoitusprosessi ovat kaikki hankaloittavia tekijöitä.

6.2 Nykyinen menetelmä jokaisella traktorimallilla

Nykyisen työntutkimusmenetelmän tieto kerättiin pääasiallisesti haastatteluiden avulla. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina ja niihin osallistui CPM-tiimi. Kysymykset suunniteltiin huolellisesti, jotta ne antaisivat mahdollisimman kattavan kuvan nykyisestä työntutkimusprosessista ja samalla tarjoaisivat yleiskatsauksen CPM-tiimin muista työtehtävistä. Kysymykset olivat laajoja ja johtivat usein lisäkysymyksiin. Näiden lisäkysymyksien avulla keskustelu säilyi avoimena, mutta silti haastattelun aihe pysyi tiukasti keskiössä, kuten puolistrukturoiduissa haastatteluissa on tarkoituksena. Esitetyt kysymykset:

- Mikä on työntutkimusprosessin rakenne?
- Mikä prosessissa, vie suurimman ajan?
- Mitkä ovat nykyiset resurssit koskien työntutkimusta?
- Mikä on työntutkimuksen nykyinen työkuorma?
- Mitä muita työtehtäviä CPM-tiimillä on?

Työntutkimus prosessin vaihtoehtona on jatkaa nykyistä toimintamallia. Tähän on tulossa kuitenkin se muutos, että jokainen mallisarja on tästä lähtien kellotettava. Aikaisemmalla worst case scenario mallilla ei voida enää jatkaa, aikojen vaihtelevuuden takia. Tämä muutos merkitsee suoraa työkuorman viisinkertaistumista, kun otetaan huomioon, että Valtra valmistaa tällä hetkellä viittä eri traktorimallia. Tämä tarkoittaa jo sitä, että henkilöstöresursseja on kasvatettava huomattavasti.

Valtralla työntutkimusta sarjatuotteille tekee CPM-tiimi, jossa työskentelee rajallinen määrä työntekijöitä. CPM eli (Current Product Development) suomennettuna nykytuotteen hallinta, hoitaa nykyisten tuotteiden ylläpitoihin liittyviä työtehtäviä. CPM-tiimin työnkuvaan kuuluu työntutkimuksien lisäksi työohjeiden päivittäminen ja ylläpito, EPR (Engineering Problem Report) eli suunnitteluhäiriöistä johtuvien osamuutosten käsittely, osien nimikkeiden käsittely, runkonumeroiden seuranta, kokoonpanolinjan balansointi sekä yleiset projektit ja konsultointi. Täysipäiväisesti työntutkimuksen parissa työskentelevää henkilöä Valtralla ei ole, sillä CPM tiimille on jaettu runsaasti muitakin vastuualueita. (Valtra CPM-tiimi, 2023.)

CPM tiimin jäsenet ovat kaikki ulkoisella kouluttajalla koulutettuja työntutkijoita, koska vain työntutkija koulutuksen suorittanut henkilö voi suorittaa työntutkimuksia Valtralla. Koulutus on nimeltään ”Työntutkimus- ja mittaustutkinto”, jota tarjoaa muun muassa Management Institute of Finland, eli MIF. MIF on entiseltä nimeltään JTO eli Johtamistaidon Opisto, joka tarjoaa yrityksille ammatillisen tutkinnon koulutuksia. (MIF, n.d.) Työntutkijakoulutus puoltaa haastattelun tuloksien luotettavuutta.

Uusille traktorimalleille tahtiajan mittaa NPI-tiimi (New Product Introduction), joka mittaa tahtiajan kelloaikatutkimuksilla tai tarvittaessa AVIX videoanalyysillä. NPI-tiimissä on yksi työntutkimuskoulutuksen omaava työntekijä. NPI-tiimin resurssi työntutkimuksiin on vielä rajallisemmat kuin CPM-tiimin, eli uusien traktorimalleille kellotetut tahtiajat vastaavat lähinnä aika-arvioita. Kun uusi tuote siirtyy osaksi sarjatuotantoa, siirtyy vastuu työntutkimuksesta CPM-tiimille. Yleensä työn annetaan vakiintua noin kuusi kuukautta, ennen kuin CPM-tiimi tekee uudet viralliset työntutkimukset tuotteelle. Uusien traktorituotteiden tahtiajan mittaamisen käytäntö toimii Valtralla lähes samalla tavalla kuin Fendtin Markoberdorfin tehtaalla. (Valtra CPM-tiimi, 2023.)

Kuten jo opinnäytetyön kuvauksessa kerrottiin, on nykyinen työntutkimusprosessi liian raskas eikä sitä voida suorittaa tai ylläpitää asianmukaisesti. Kesällä 2023 valmistuneen uuden maalaamon myötä tahtiaika väheni kokoonpanotehtaalla 12 minuutista 11 minuuttiin ja tämän takia ei vanhat työnaikatutkimukset ole enää ajan tasalla. Taulukossa 1 on arvio balansoinnin tuomasta työkuormasta ja näillä resursseilla aikaa tähän menisi jopa vuosia. Tästä voidaan suoraan todeta, ettei työkuormaa keretä millään purkaa ennen seuraavia tuotantolinjan balansointeja.

Valtran CPM tiimissä tuotetaan valmiita työntutkimuksia keskiarvoin noin seitsemän kappaletta viikossa. Jos työntutkimukset olisivat heidän ainoat työtehtävät, tulisi valmiita tutkimuksia keskimäärin noin 2,5 kertaa enemmän. Vaikka tiimi tekisi pelkästään työntutkimuksia, ei tahti olisi riittävän nopea purkamaan linjabalansoinnista aiheutunutta työkuormaa. Valtran tekemät työntutkimukset eivät myöskään täytä virallisten työntutkimusten kriteerejä sillä työtä mitataan vain kerran eikä yleinen MIF:n ja teknologiateollisuuden työntutkimusoppaan asettamaa viittä kertaa. Kuviossa 6 rakenteilla tarkoitetaan traktori mallistoja.

Virallinen työnmittaustapahtuma suoritetaan viidessä eri vaiheessa:

1. Työnmittauksesta tiedottaminen
2. Työmenetelmien määrittely
3. Työn osittelu → Työ jaetaan osiin ja kuvaus
4. Osien ajan mittaaminen (Tähän sisällytetään joutuisuuden määrittely)
5. Ajan laskeminen, tulosten esittely ja dokumentointi

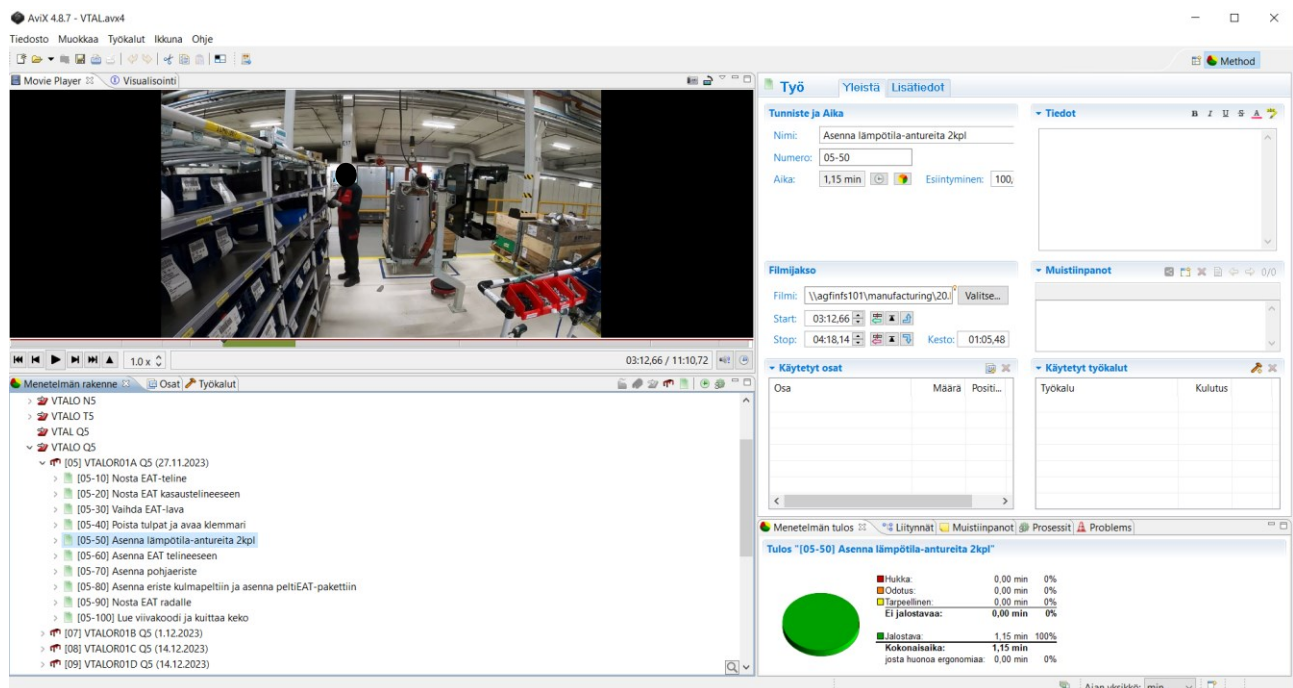
(Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki, 2011, 25)

Valtralla työntutkimusprosessi alkaa siitä, kun tuotannosta tulee pyyntö uudelle työntutkimukselle. Tarve työntutkimukselle tulee joko yleisestä linjan balansoinnista tai itse tuotannolta. Tuotannosta pyydetään uusia työntutkimuksia, jos huomataan jonkin työvaiheen olevan liian aikaa vievä tai vastapainoisesti liian nopea. Esimerkkinä useat osakokoonpanot ovat tällä hetkellä liian nopeita, ja tästä johtuu työkuorman epätasainen jakautuminen ja mahdollisten väliavarastoiden ruuhkautuminen. (Valtra CPM-tiimi, 2023.)

Itse työntutkimus tilaisuus alkaa työpisteeseen tutustumisella ja työntekijöiden haastattelulla. Tutkittavaksi työntekijäksi pyritään valitsemaan normaalitasoinen ja normaali joutuisa henkilö, sillä mittauksia tehdään ainoastaan yksi. Seuraavaksi koko työ kuvataan kameralla. Työn kuvaaminen voidaan aloittaa vasta, kun työntutkija on perehtynyt työpisteeseen riittävästi ja työntekijät ovat tietosia tutkimuksesta. (Valtra CPM-tiimi, 2023.)

Kun työ on saatu kuvattua kokonaisuudessaan, voidaan siirtyä kaikista työläimpään vaiheeseen eli videon analysointiin. Videon analysoinnissa käytetään AVIX:ia, jonka avulla työ jaotellaan osiin ja näille osille annetaan videon perusteella ajat. Vaikka videon analysointi ja työn jaottelu on kaikista aikaa vievin vaihe työntutkimustyössä, niin on sillä saatu hyöty sen arvoista. AVIX:n avulla saadaan

luotua useita erilaisia dokumentteja videon perusteella, kuten työohjeita, jotka suoraan helpottavat muissa työtehtävissä. Kuviossa 6 esimerkki AVIX näkymästä EAT-järjestelmien eli katalysaattoreiden osakokoonpanosta. Dokumentit, eli työntutkimusdata varastoidaan CPM-tiimin verkkolevyille, jossa ne ovat lähinnä tiimin jäsenten nähtävissä ja käytettävissä. (Valtra CPM-tiimi, 2023.)



Kuvio 6 AVIX näkymä

Valtran työntutkimus ei eroa valtavasti EK:n ja SAK:n työntutkimusopaskirjan (2011, 25) tavanomaisista työnmittauksista, sillä tutkimus etenee hallitusti ja tavanomaisen prosessin mukaisesti, vaikkei työ olekaan varsinaisesti rutinoitua. Tutkimuksesta ilmoitetaan, menetelmiin perehdytään ja ne määritellään, työ jaetaan osiin ja se kuvataan. Kun ajat on mitattu apuohjelmaa hyödyntäen, saadaan työvaiheelle tahtiaika ja tämä dokumentoidaan. Tutkittavana oleva työntekijä palkitaan aina joko ruoka- tai kahvilipulla. Suurimpana ongelmana tutkimusprosessin luotettavuudessa on vain yksi kellotusaika, eli vaihtelu ei ilmene tutkimustuloksissa. Kun työntutkimus on valmis, toimii työntutkija apuna työpisteiden muokkaamisessa, varsinkin aikoihin liittyvissä asioissa. Menetelmätutkimusta Valtralla CPM-tiimi ei tee, sillä työtavat ja menetelmät asettavat tuotannon tiimit.

6.3 Standardiaikajärjestelmät

Valtran työntutkimusprosessi voidaan mahdollisesti suorittaa MTM Ticon standardiaikajärjestelmällä. MTM Ticoniin siirtyminen tarkoittaisi nykyisen työntutkimusprosessin lähes täydellisen kääntöksen, sillä nykyisesti ajat määritellään kokonaan videoanalyysin avulla. MTM Ticonin käyttöönotto tarkoittaisi sen, että lähes koko standardiaikakirjasto olisi luotava ja kun standardiaikakirjasto, on riittävän kattava, olisi jokainen työvaihe rakennettava standardiaikapalikoista. MTM Ticon on EPLM-projektiin yhteensopiva ohjelmisto, joka voi helpottaa suuren työkuorman kanssa, jos standardiaikakirjastot jaetaan eri AGCO toimijoiden parissa.

Kuten Viharoksen ja Bánin artikkelissa kerrotaan (2020, 2) soveltuu MTM menetelmänä parhaiten kehitystyöhön, mutta on myös käytettävissä täysin uusien prosessien luomisessa. Juuri kun luodaan jotain uutta, on standardiaikakirjaston ja jokaisen työvaiheen rakentaminen hyvin työlästä ja siksi yksittäisten työvaiheiden kehittäminen onnistuu MTM Ticonin avulla helpommin. Kun standardiaikakirjastot ja työprosessit saadaan rakennettua, on järjestelmän ylläpito todella paljon kevyempää, verrattuna esimerkiksi Valtran nykyisessä työntutkimusprosessissa. Kun pulssi uudesta työntutkimuksesta tulee työntutkimustiimille, on nykyisellä prosessilla koko työntutkimus tehtävä alusta loppuun. MTM Ticonilla muutokset sujuvat huomattavasti helpommin sillä työvaiheet järjestellään vain ohjelman avulla uudelleen oikeaan järjestykseen.

MOST ei ole varsinaisesti standardiaikajärjestelmä, vaikka se käyttääkin ennalta määriteltäviä perusliikkeiden joukosta rakennettuja työkokonaisuuksia (Viharos, Bán, 2020). Etuna verrattuna MTM Ticoniin on sen kolme eri vaihtoehtoa BasicMOST, MiniMOST ja MaxiMOST. Valtran traktorit ovat suuria kokonaisuuksia, joissa on paljon isoja sekä pieniä työvaiheita, vaikka tahtiaika pysyykin aina samana. Kun MiniMOST sopii parhaiten pieniin kokonaisuuksiin pienillä tahtiajoilla ja MaxiMOST valtaviin kokonaisuuksiin pitkillä tahtiajoilla, ei suoraan sopivaksi vaihtoehtoiksi jää kuin BasicMOST, joka on yleisesti kaikelle sopiva yleismalli. BasicMOST on yksinkertaisempi ja kevyempi käyttää kuin MTM, mutta ei yhtä tarkka (Viharos, Bán, 2020).

Kuten Viharos ja Bán artikkelissaan (2020, 2) kertovat, on BasicMOST yleisimmin käytössä tahtiaikojen vaihdellessa 10 sekunnin ja 10 minuutin välissä ja kun työ toistetaan minimissään 150–1500 kertaa viikossa. Valtralla tuotetaan arvioilta 225 traktoria viikossa, mutta tahtiaika on 11 minuuttia. Tahtiajan puolesta BasicMOST ei tavanomaisesti sovellu Valtralle. Vaikka BasicMOST onkin MTM:ää

yksinkertaisempi liikeaikatutkimus, ei se sovellu Valtralle, koska tälle ei ole yhtä kehittyynyttä ja EPLM soveltuvaa ohjelmistoa kuten MTM Ticon.

Standardiaikajärjestelmät ja MTM Ticon on AGCO Powerin moottoritehtaan valitsema työntutkimusprosessi. AGCO Powerin resurssit koskien työntutkimusta, ovat vielä rajallisemmat kuin Valtralla ja siksi heidän tavoitteenansa on pitää työntutkimustyö mahdollisimman vähäisenä. Tällä tarkoitetaan sitä, kun standardiaikakirjasto on valmis ja työt on rakennettu, ei samanlaista tarvetta työntutkimustyölle ole, koska MTM Ticonin avulla muokkaaminen ja ylläpito on kohtalaisen kevyttä. Ylläpito ja muokkaaminen ei edellytä luotettavuudeltaan koulutettua työntutkijaa, mutta standardiaikojen luomisessa koulutettu työntutkija on suositeltavaa. AGCO Powerilla tahtiaika on noin viisi minuuttia, joka on huomattavasti Valtran 11 minuuttia pienempi.

6.4 Keko

Keko eli kehittyvä kokoonpano on Valtran tuotannonohjaus järjestelmä, eikä se ole varsinaisesti työntutkimuksessa käytettävä työkalu. Kun työt aloitetaan työpisteellä, on Keko päätteestä työt merkattava alkaneeksi ja kun taas työt ovat saatu valmiiksi, on Kekosta kuitattava työ päättyneeksi, vaikkei kuittaukset lopulta vaikutakaan tuotantolinjan liikkeisiin. Tämä työn alkamisen ja päättymisen välinen aika voitaisiin tulkita työpisteen tahtiajaksi. Tuotantolinjan logiikka tarvitsee Kekosta kuittauksen, jotta kokoonpanovaunut voivat siirtyvät seuraavalle työpisteelle. Tämä tapa on ehdottomasti kaikista helpoin ja vaivattomin tapa mitata tahtiaikoja, mutta on se myös kaikista epärealistisin ja vähiten tarkka vaihtoehto.

Jos Kekoa halutaan käyttää tahtiaikojen mittaamiseen, ei tietoon jää kuin aloitus sekä valmistumisaika. Kaikki työvaiheisiin menevä aika jäisi ilman virallista dataa eikä tuotannon epäkohtia voisi huomata yhtä helposti. Tämän takia kaikista parhaat aika arviot työvaiheista jäisi kokoonpanijoiden arvioksi. Tuotannon kehittäminen ja linjabalansointi jäisi täten tuotannon vastuulle, koska tieto rajoittuisi lähtökohtaisesti heille. Tästä seuraisi se, ettei CPM-tiimi suorittaisi työntutkimuksesta muuta, kuin yleisen Keko tahtiaikojen datan koonnin ja mahdollisen arkistoinnin.

Jos Kekoa haluttaisiin käyttää osana tahtiajan mittausta, olisi järjestelmässä oltava enemmän välipysähdyksiä, joista tahtiajan rakennetta voitaisiin seurata ja pilkkoa vaiheisiin. Tämä tarkoittaisi sitä, että työntekijän olisi oltava jatkuvasti keko päätteen läheisyydessä, merkkäämassa työnkulkua.

Tämä tarkoittaisi sitä, että työntekijöiden Keko toimintaa olisi valvottava erityisen tarkasti, että tuotannon tahtiaika pysyisi realistisena.

Valtra on hyödyntänyt Jyväskylän ammattikorkeakoulun ammattilaisia tutkimaan Keko aikojen realistisesta toteutumisesta suhteessa tahtiaikoihin. Tähän tutkija Ajo (2024) selvitti sen, että valtaosa Keko ajoista ajoittuu 0–60 sekunnin välille, eli työ kuitataan samanaikaisesti valmiiksi ja päättyneeksi kts liite 1–3. Tästä voidaan päätellä se, ettei keko sovellu nykyisillä käyttötavoillaan luotettavaksi työkaluksi tahtiaikojen kellottamisessa. (Ajo, 2024.)

6.5 Hybrid-malli

Hybrid vaihtoehdolla tarkoitetaan MTM Ticon standardiaikajärjestelmän ja videoinnin yhdistelmää. Tässä vaihtoehdossa työntutkimusta tehtäisiin pääsääntöisesti MTM Ticon standardiaikajärjestelmällä ja vaikeimmissa tapauksissa avuksi otettaisiin AVIX videoanalyysit. Tämä vaihtoehto voi vaikuttaa kaikista työntutkimusprosessien vaihtoehtoista työläimmältä, koska käytössä olisi kaksi eri menetelmää. Tämä tarkoittaisi sitä, että jokaisen työntutkimusta suorittavan henkilön, olisi osattava käyttää AVIXia sekä MTM Ticonia tai työtä olisi jaettava rooleittain tiimin sisällä. Vaikka kahden ohjelma yhdistäminen voidaan kokea työlääksi, ei se välttämättä sitä ole. Näitä kahta ohjelmaa sekä menetelmää voidaan soveltaa työhön sopivuuden perusteella, joka voi helpottaa itse työtä. Menetelmä vaatii kuitenkin korkeampaa koulutusastetta.

Tämä ohjelmistojen ja menetelmien soveltaminen työvaiheiden välillä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että osakokoonpanoissa käytettäisiin MTM Ticonia ja päälinjalla käytettäisiin apuna AVIX videoanalyysijä. Osakokoonpanoissa työt ovat yleisimmin pieniä, sekä vähemmän kriittisiä, koska osakokoonpanoilla on välivarastointi mahdollisuus. Välivarastoilla saadaan liikkumavaraa, koska ongelmat eivät suoraan aiheuta hidastuksia pakkotahtiselle pääkokoonpanolinjalle. Näihin pieniin tarkkuutta vaativiin osakokoonpanoihin standardiaikajärjestelmät sopisivat hyvin, sillä MTM on tunnettu tarkkuudestaan. Pääkokoonpanolinjojen kriittiset sekä vaikeammat työvaiheet, kuten etuakselin asennus, moottorin ja vaihteiston liitos tai ohjaamohytin asennus, voisivat hyötyä AVIX videoanalyysistä, koska työ voidaan luokitella haasteellisemmaksi.

7 Tulokset ja johtopäätökset

7.1 Työntutkimusprosessien vertailu

Tässä kappaleessa tarkastellaan sopivinta vaihtoehtoa työntutkimusprosessille. Käsittelyssä on edellä mainitut vaihtoehtoisen tavat mitata tahtiaikoja työntutkimuksessa. Vertailua tehdään niiden välillä, jotta päästään parhaiten Valtran kokoonpanotehtaalle soveltuvaan vaihtoehtoon. Sopivimman prosessin valintaan käytetään vertailuanalyysia. Vertailuanalyysiin käytetään kappaleessa 1.2 esiteltyt tutkimuskysymykseen perustuvat kysymykset:

1. Miten saadaan tahtiajan mittaamisen prosessi ajankohtaiseksi ja realistiseksi?
2. Mikä mittaamisen prosessi soveltuu parhaiten traktorien kokoonpanoon?
3. Miksi työntutkimusta tehdään – Kohteet ja tavoitteet?
4. Tarvitaanko lisää resursseja ja kuinka paljon?

Kysymyksellä yksi tarkoitetaan ajankohtaisten työntutkimusten luomista ja realistista kykyä ylläpitää ajankohtaisia työntutkimuksia. Nykyisellä työntutkimusprosessilla jokaiselle traktorimallille saadaan luotua luotettavia työntutkimuksia, mutta niiden ylläpito on mahdotonta. Nykyisellä menetelmällä työntutkimuksien luotettavuus sekä niiden soveltuvuudesta traktorien kokoonpanoon ei ole ongelmia. Menetelmätutkimus ja muut yleiset kehitystyöt voidaan suorittaa moitteitta, sillä videointi on osa kellottamisen prosessia, joka on lähes edellytys kehitystyössä. Tuotannon balansoinnin kannalta nykyinen menetelmä on hyvä.

Jotta työntutkimusprosessia saadaan ylläpidettyä, tarvitaan nykyisen menetelmän mukaiseen prosessiin lisää resursseja. Taulukossa 1 näemme sen, että kun jokainen työpiste tarvitsee päivitettyt työntutkimukset, menisi aikaa noin [REDACTED]. Vaikka työntutkimuksia tehtäisiin kymmenenkertaisesti, menisi työkuorman purkamiseen silti [REDACTED]. Tästä voimme päätellä sen, ettei resurssien moninkertaistaminenkaan toimi suorana ratkaisuna ylläpito ongelmaan. Työntutkimusta tehdään, jotta työvaiheet olisi mahdollista suorittaa tahtiajassa ja tällä menetelmällä tahtiajat saadaan mitattua tarkasti. Pääsääntöisenä ongelmana on juuri resurssien niukkuus, josta seuraa ylläpidon mahdottomuus.

Standardiaikajärjestelmillä saadaan rakennettua tahtiajat tarkasti ja niiden ylläpito on kohtalaisen kevyttä. Standardiaikajärjestelmistä voimme pois lukea MOSTin, kappaleessa 6.3 tapahtuvan vertailun perusteella. Jäljelle jää MTM ja MTM Ticon, joista suurimpana työllistävänä tekijänä on uuden prosessin opettelu ja standardiaikakirjaston luominen. MTM Ticonin soveltuvuudesta traktorien koonpanoon ei ole muuta kuin muiden AGCO toimijoiden kokemukset.

Standardiaikajärjestelmät ovat EPLM:n myötä otettu käyttöön ainakin Breganzen puimuritehtaalla, AGCO Powerilla ja mahdollisesti tulevaisuudessa muissa AGCON traktoritehtailla. Breganzen puimurit ovat traktorin kaltaisia kokonaisuuksia, eikä soveltuvuudesta jää suuria epäilyksiä. AGCO Powerin moottoritehtaalla työvaiheet ovat nopeampia ja tarkempia, jonka perusteella voidaan standardiaikajärjestelmien soveltuvan osakokoonpanoihin, joissa työ vastaa mahdollisesti lähelle AGCO Powerin työtä.

Standardiaikajärjestelmillä pystytään pitkällä tähtäimellä vähentämään työntutkimus työtä, koska ylläpito on varsinkin nykyiseen prosessiin verrattuna kevyttä. Tietoa standardiaikajärjestelmien käyttöönotosta aiheutuvista lisäresurssien määrästä ei ole, mutta niitä on mahdollisesti odotettavissa. Varsinkin uuden ohjelman kouluttamista kannattaisi laajentaa CPM-tiimin ulkopuolelle, jolla äkillistä työkuormaa voitaisiin helpottaa. Näihin voisi sisältyä tuotanto systeemien osasto APS (AGCO Production Systems) ja NPI eli uusien tuotteiden osasto. On hyvinkin todennäköistä, että varsinkin käyttöönoton alkupuolella on lisäresursseille suuri tarve. Standardiaikajärjestelmien luotettavuuteen voi vaikuttaa negatiivisesti työympäristön muutokset, kuten työntekijän väsymys tai pienet fyysiset vaivat.

Hybrid-mallissa soveltuvuus on todennäköisesti kaikista työntutkimusprosesseista paras, koska tässä standardiaikojen sekä AVIX videoanalyysien parhaat puolet voidaan soveltaa niille sopivimpaan kohteeseen. Jos hybrid-malliin siirryttäisiin, olisi tehtaalla oltava tarkka jako, jossa määriteltäisiin standardiajoilla ja videoanalyysillä tutkittavat työvaiheet. Kun jako on selkeä, on työn sujuvuus ja kulku selkeää, eikä työntutkijan tarvitse tehdä pohdintaa siitä, kumpaan menetelmään työvaihe sopii paremmin. Näin kohteet ja tavoitteet saadaan tarkaksi.

Hybrid-malli vaatii standardiaikakirjaston, eli käyttöönotto voi olla muita vaihtoehtoja hitaampi, sillä uusien standardiaikojen luomiseen tarvitaan todennäköisesti apuna AVIX videoanalyysijä, kuten

AGCO Powerilla. Hybrid-mallilla mahdollistetaan standardiaikajärjestelmien osittaisen käyttöön-otto, jolla voitaisiin tunnustella ja varmistaa MTM:n sopivuuden traktorien kokoonpanossa.

Keko työntutkimuksen välineenä on ehdottomasti kevyin ja helpoin tapa mitata tahtiaikoja CPM-tiimin näkökulmasta. Tässä ongelmana toimii se, että Keko ajat ovat epätarkkoja, eikä työn sisällön ajoista tule tietoa. Keko ajat eivät todellisuudessa tutkimuksen (Ajo, 2024) mukaan vastaa tahtiaikaa, sillä Kekoa ei käytetä reaaliajassa. Tässä ongelmana on myös se, että työntekijät olisi koulutettava vaadittavasta Kekon käyttötavasta ja tämän valvonnan pitäisi olla tarkempaa. Menetelmää voisi kehittää tarkemmaksi, jos esimerkiksi Kekoa kehitetään tahtiaikojen mittaukseen sopivammaksi.

Keko työntutkimuksessa siirtäisi myös linjan balansoinnin ja kehityksen suoraan tuotannon vastuulle, koska balansointi olisi työntutkijoille lähes mahdotonta tai vähintään haastavaa. Käytännössä Keko vaihtoehtona siirtää tahtiaikojen mittauksen toisien osastojen vastuulle, eikä se välttämättä ole työmäärien summaltaan sen kevyempi, kuin muut vaihtoehdot. CPM-tiimille jäisi käytännössä vain tahtiaikojen ylläpito, jos tahtiajat mitattaisiin Kekon avulla. Kekon mittaama vastine tahtiajalle vastaa kelloaikatutkimusta, jossa on alku ja lopetuspiste.

7.2 Johtopäätökset

Työntutkimusprosessien vaihtoehtojen positiiviset ja negatiiviset tekijät:

Jokaiselle traktorimallille sovelletun nykyprosessi vaihtoehdolla saamme luotettavia työntutkimuksia, mutta ylläpito on lähes mahdotonta, vaikka lisäresursseja olisi kymmenkertaisesti. Tällä vaihtoehdolla saadaan, kuitenkin balansoinnin kannalta paras tuki tuotannolle, juuri videoanalyysien ansiosta. Menetelmätutkimus sekä Lean-filosofioiden integroiminen osaksi prosessia onnistuu tällä vaihtoehdolla kaikista parhaiten.

Keko työntutkimuksen työkaluna olisi CPM-tiimin kannalta kevyin vaihtoehto, mutta tämä siirtää työkuorman toisaalle, eikä tahtiajan välivaiheista saada tietoa. Kekon käyttäjiä on koulutettava ja valvottava tarkemmin, jotta tahtiaikojen data voidaan tulkita luotettavaksi. Jos resursseja ei haluta lisätä CPM-tiimiin, eikä työntutkimusten laatuun haluta panostaa, on Keko varteenotettava vaihtoehto. Jos pääpiirteinen tieto tahtiajasta on riittävä, on Keko oiva työkalu ajan mittaamiseen.

Standardiaikamallilla saamme laskennallisesti tarkkoja tahtiaikoja, joiden ylläpito on kohtuullisen kevyttä, kun standardiaikakirjasto on saatu luotua. Standardiaikojen käyttöönotto edellyttää uuden ohjelman MTM Ticonin käyttöönoton, eikä mallin sopivuudesta Valtralle voida olla täysin varmoja. Standardiajan eivät huomioi työntekijän ympäristön muutoksia, jotka voivat haitata tulosten luotettavuutta. MTM Ticon on AGCO konsernin valitsema työntutkimusohjelma ja se on yhteensopiva EPLM-projektin kanssa.

Hybrid-mallilla saamme valittua AVIX videoanalyysien ja standardiaikajärjestelmien väliltä työvaiheelle sopivimman vaihtoehdon. Hybrid-malli edellyttää MTM Ticonin käyttöönoton ja standardiaikakirjaston luomisen. Jatkossa on työntekijöiden osattava käyttää AVIX:ia sekä MTM Ticonia. Hybrid-mallin käyttöönotto voidaan aloittaa porrastetusti, eikä se edellytä suoraan koko prosessin uudistamista.

Tästä pääsemme työnantajan näkökulman kannalta tärkeimpään kysymykseen. Halutaanko CPM-tiimin resursseihin panostaa ja täten taata työntutkimusten luotettavuus vai halutaanko CPM-tiimin resurssit ohjata muihin heille annettuihin työtehtäviin. Jos työntutkimusten luotettavuus halutaan taata, on hybrid-malli Valtran ympäristöön sopivin työntutkimuksen prosessin vaihtoehto. Jos CPM-tiimin resurssit halutaan pitää niukkana ja työntutkimusten laatu pääpiirteisenä on tahtiaikojen mittaaminen mahdollista suorittaa Kekon avulla. Näistä kahdesta laadullisesti parempi vaihtoehto on hybrid-malli.

Tuloksista johdettujen johtopäätösten perusteella hybrid-malli osoittautuu olevan paras vaihtoehto Valtran kokoonpanotehtaan työntutkimusprosessille, sillä se yhdistää menetelmien parhaat puolet ja tarjoaa joustavuutta sekä soveltuvuutta vaihteleviin työvaiheisiin. Käyttöönoton porrastamismahdollisuus, tutkimusvaihtoehtojen soveltamismahdollisuus työvaiheen mukaan ja EPLM-sopivuus ovat hybrid-mallin valitsemista puoltavia tekijöitä.

7.3 Jatkokehitykset

Jatkokehitykset tarkoittavat tässä tapauksessa parhaaksi valikoituneen työntutkimusprosessin alustavaa käyttöönottoa. Hybrid-mallin käyttöönotto voidaan tehdä porrastetusti. Standardiaikakirjaston luominen vie reilusti aikaa ja resursseja. Tämän jälkeen standardiaikajärjestelmiä voisi alkaa soveltamaan osakokoonpanoihin, varsinkin niihin, joiden työnkuva vastaa toisiaan. Näitä voisi

putkisettien kokoamiset tai eriävien venttiilipakettien kokoaminen. Ensimmäisinä toimenpiteinä olisi hyvä tehdä tämä työnjako, jotta tulevaisuudessa oikean menetelmää ei tarvitse arpoa ja työn kuva olisi selkeä. Hybrid-mallin pääpaino tulee olemaan tulevaisuudessa standardiaikajärjestelmissä.

Jos standardiaikajärjestelmiä otetaan osaksi Valtran traktorien kokoonpanoa, on erityisen tärkeä ottaa kaikki hyöty EPLM-projektin tuomista hyödyistä. Jo muiden AGCO toimipisteiden määrittämät standardiajat ovat tärkeä soveltaa osaksi omaa standardiaikakirjastoa sekä valmiit työntutkimukset on ehdottomasti tallennettava AGCO:n PDM-järjestelmä Windchilliin. Kun vaadittava dokumentointi integroidaan heti osaksi toimintaa, on tulevaisuudessa töiden muokkaaminen helpompaa. Tämän myötä on työohjeiden päivittäminen helpompaa. Ennen kuin toimeksiantaja valitsee uuden työntutkimus prosessin, on heidän tehtävä työnjaon kannalta kriittistä pohdintaa.

Jos MTM Ticon tulee osaksi työntutkimustyötä, on tähän saatava asianmukainen koulutus. Tätä koulutusta on mahdollista kysyä konsernin sisäisesti tai ulkoiselta kouluttajalta. Ennen hybrid-mallin käyttöönottoa, ei voida olla varmoja siitä kuinka paljon menetelmä vaatii lisäresursseja, mutta todennäköisesti varsinkin standardiaikakirjaston luominen vaatii täysipäiväisesti asian parissa työskenteleviä henkilöitä. Tähän olisi idyllistä hyödyntää koulutettua työntutkijaa, joka voisi työskennellä rutiinin omaisesti standardiaikojen parissa.

Nelikenttä SWOT-analyysi eli vahvuudet (strengths), heikkoudet (weaknesses), mahdollisuudet (opportunities) ja uhat (threats) sopivimmalle työntutkimusprosessille tahtiaikojen mittaamiseen. SWOT analyysi on yksinkertainen ja yleinen analysointimenetelmä yritystoiminnassa. Analyysillä voidaan selvittää vaivattomasti omaa suorituskyykyä. (Suomen Riskienhallintayhdistys, n.d.)

Taulukko 1 Hybrid-mallin SWOT-analyysi

Vahvuudet (positiiviset)	Heikkoudet (negatiiviset)
• Soveltuvuuden valinta • Kevyempi ylläpito • EPLM yhteensopivuus • AVIX videoanalyysit	• Kaksi menetelmää ja ohjelmaa (MTM Ticon & AVIX) • Työn mielekkyys • Nykyiset resurssien puutteet • Mahdollisesti työläs

Mahdollisuudet (positiiviset)	Uhat (negatiiviset)
• Työntutkimustyön vähentyminen • Standardiaikajärjestelmään siirtyminen kokonaan • Dokumentoinnin laatu	• Lisä resurssit ja niiden määrän tietämättömyys • Vaikeudet soveltua traktorien kokoonpanoon • Vaikea työnjako

8 Pohdinta

8.1 Pohdinta

Opinnäytetyö eteni sujuvasti ja valmistui suunnitellussa aikataulussa ilman merkittäviä haasteita. Työtä jakautui vuoden 2023 lokakuusta vuoden 2024 helmikuulle eli työ valmistui viidessä kuukaudessa. Opinnäytetyön aihe oli selkeästi määritelty jo sen alkaessa, mikä helpotti huomattavasti työn etenemistä. Tämä tarkka määrittely mahdollisti myös sisällysluettelon luomisen vaivattomasti, mikä edelleen helpotti työn aikatauluttamista ja edistymisen seuraamista. Opinnäytetyö alkoi kuitenkin hitaasti, koska aihe oli tutkijalle pääosin tuntematon, joten perehtyminen vei oman aikansa. Lisäksi opinnäytetyön ohjaaja aloitti työskentelyn samana päivänä Jyväskylän ammattikorkeakoulussa, kun opinnäytetyö aloitettiin. Tämä hidastutti esimerkiksi aloituspalaverin järjestämistä.

Työskentely projektinomaisesti aikataulutetun opinnäytetyön parissa oli erittäin opettavaista ja antoi merkittävän määrän itseluottamusta tulevaa työuraa kohtaan. Opinnäytetyö oli pitkäkestoinen projekti, ja juuri tämä pitkäjänteinen ja systemaattinen lähestymistapa osoittautui erityisen arvokkaaksi kokemukseksi. Syvällinen perehtyminen uuteen aiheeseen edisti merkittävästi ammattitaidon kehittymistä. Opinnäytetyön aihe oli itsessään mielenkiintoinen ja motivoiva, mikä kannusti työhön sitoutumista.

Tämän opinnäytetyön tulosten pohjalta on mahdollista tehdä toinen opinnäytetyö, jonka aihe on rajattu hybrid-mallin käyttöönottoon Valtralla. Silloin opinnäytetyössä voitaisiin pohtia sitä, kuinka standardiajat voidaan sovittaa käytännössä traktorien kokoonpanoon ja tehdä jakoa siitä, mitkä työvaiheet olisi hyvä tutkia jatkossakin AVIX:n avulla.

8.2 Luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyössä on pyritty käyttämään kriittistä ajattelua ja pohdintaa tuloksien käsittelyssä. Lisäksi opinnäytetyön kielestä on pyritty muotoilla helposti ymmärrettävää ja loogista lukijalle. Tuloksia on kuitenkin tarkasteltava kriittisesti, koska aiheesta on rajallisesti julkisesti julkaistua suomalaista tutkimusaineistoa, sekä tulokset pohjautuvat pääsääntöisesti tutkijan tekemiin johtopäätöksiin. Tämä aiheuttaa riskin inhimilliselle virheelle, jonka todennäköisyyttä on pyritty vähentämään laajalla haastattelu ja havainnointiaineistolla. Parannettavaa työssä oli ollut laajemman benchmarkkaus datan keräämisestä. Tätä olisi voitu parantaa aktiivisemmalla yhteydenpidolla muihin AGCO-toimijoihin.

Opinnäytetyön tuloksien luotettavuutta voidaan perustella sopivien tutkimusmenetelmien valinnalla. Interventionistinen, laadullinen kehitystutkimus sopi opinnäytetyön aiheeseen hyvin. Kvalitatiiviset menetelmät kuten strukturoidut haastattelut ja havainnointi osoittautuivat arvokkaiksi ja siksi ne olivatkin suuressa osassa opinnäytetyön tuloksia. Suuri osa opinnäytetyön aineistoista oli peräisin alkuperäislähteistä, joka perustelee niiden luotettavuutta.

Opinnäytetyössä on kunnioitettu eettisiä periaatteita varmistamalla haastateltavien anonymiteetti ja saaden kaikkien osallistujien suostumus ennen tutkimustyön aloittamista. Työssä on viitattu haastateltavien ammattinimikkeisiin tai työskentely osastoihin säilyttäen samalla heidän yksityisyytensä. Toimeksiantajan ja kolmannen osapuolen salassa pidettävien lähteiden käsittely ja tarkastelu edellytti eettistä tarkastelua ja tämä minimoitiin työn huolellisella tarkastamisella. Työssä on pyritty säilyttämään riippumattomuus ulkopuolisista tekijöistä ja intresseistä huolimatta. Tutkimuksen johtopäätökset ja tulokset on tehty objektiivisesti perustuen saatavilla olevaan tietoon ja aineistoon.

Lähteet

- AGCOSuomi. N.d. *AGCO Suomi*. Viitattu 30.10.2023. Noudettu osoitteesta <https://agcosuomi.fi/valtra-traktorit-2/>
- AGCO Power. 2023. tuotantojärjestelmien päällikkö sekä hänen alaisensa. Sähköpostihaastattelu 30.11.2023
- Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J., Suikki, M. 2011. *Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita*. Teknologiateollisuus ry. Viitattu 12/2023
- Ajo, T. 2024. JAMK Pilot Case Valtralle. Keko soluaikojen todellisesta toteutumisesta suhteessa tahtiaikaan. Viitattu 01.2.2024
- Amper. N.d. *Time study 101: overview, steps, and best practices*. Noudettu osoitteesta Amper.xyz: <https://www.amper.xyz/post/time-study>
- AVIX. N.d. *AVIX.eu*. Noudettu osoitteesta <https://www.avix.eu/applications/lean-tools>
- Dilworth, J. 2000. *Operations Management: Providing Value in Goods and Services*. Birgmingham: The Dryden Press. Viitattu 10.12.2023
- Fendt, Uusien tuotteiden osaston päällikkö. 2023. Työntutkimus haastattelu. Haastateltu 21.12.2023.
- Hyttinen, J. 2023. Standardiaikojen hyödyntäminen moottorikokoonpanon vaihe aikojen määrittämisessä. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, älykkäät koneet, Autotekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 04.01.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023060722344>
- Itävuori, A. 2012. Lohkovalmistuksen läpimenoaikojen tarkastelu ja kehittäminen työntutkimuksen avulla. Diplomityö, Lappeenranta teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Konetekniikan koulutusohjelma. Viitattu 04.01.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015123125425>
- Hautamäki, J. 18.12.2015. Kehittämistutkimusta ja ongelmanratkaisua YAMK-opinnäytetyössä. Centriaamk. Viitattu 28.10.2023. <https://centriaamk.wordpress.com/2015/12/18/kehittamistutkimusta-ja-ongelmanratkaisua-yamk-opinnaytetoissa/>
- Kananen, J. 2008. *Kvalitatiivisen Tutkimuksen Teoria ja Käytänteet*. Jyväskylä: Tekijät & Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.12.2023
- Kananen, J. 2017. *Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä*. Viitattu 11.01.2024
- Khanna, R. 2015. *Production and operations management*. Delhi: PHI Learning Private Limited. Viitattu 28.11.2023

- Laine, J. N.d. *Ohjeita ja Neuvoja Työntutkimuksen Tekoa Varten*. Viitattu 16.12.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online
- Leanware. N.d. Tuotannonohjausjärjestelmä MES. Viitattu 05.01.2024. <https://leanware.fi/tuotteet/tuotannonohjausjarjestelma-mes/>
- Logistiikan Maailma. N.d. Tuotantotyytit. Viitattu 29.10.2023. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyytit/>
- MIF. N.d. Ammatilliset tutkinnot. Viitattu 19.12.2023. <https://mif.fi/amatilliset-tutkinnot/>
- Mikel, H. J., Mann, P. S., De Hodgins, O. C., Hulbert, R. L., Lacke, C. J. 2010. Practitioner's Guide To Statistics And Lean Six Sigma For Process Improvements. John Wiley & Sons Inc. Viitattu 30.10.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online
- Mital, A., Desai, A., Aashi, M. 2017. Fundamentals of work measurement: What Every Engineer Should Know. Teoksessa A. Mital;A. Desai;& A. Mital, *Fundamentals of work measurement: What Every Engineer Should Know*. 1-3. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online
- MTM. N.d. About MTM. Viitattu 26.11.2023. <https://mtm.org/en/about-mtm/mtm>
- Morlock, F., Kreggenfeld, N., Louw, L. K. 2017. Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for Workplace Design in Learning. *ScienceDirect*, 1-7. Viitattu 11.11.2023
- Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Helsinki: Ps-kustannus. Viitattu 15.11.2023. <https://helda.helsinki.fi/items/56af5e77-73d5-4beb-94d2-9bdd9b2ed232>
- Protzman, C., Wilton, F., Kerpchar, J., Lewandowski, C., Stenberg, S., Grounds, P. 2016. The Lean Practitioner's Field Book : Proven, Practical, Profitable and Powerful Techniques for Making Lean Really Work. 73 – 117 Viitattu 20.11.2023 <https://janet.finna.fi/>, SFS Online
- Scott Grant. N.d. *The MOST technique*. Viitattu 03.01.2024 <https://scott-grant.co.uk/terms-and-techniques/most-technique/>
- SixSigma. (N.d). Mitä on Lean? Viitattu 20.10.2023 <https://sixsigma.fi/lean/>
- Sugar, A. 17.8 2023. How to move past Worst Case Scenario thinking Viitattu 14.12.2023. <https://www.forbes.com/sites/annesugar/2023/08/17/how-to-move-past-worst-case-scenario-thinking/?sh=7b32320b67aa>
- Suomen Riskienhallintayhdistys. N.d. Nelikenttäanalyysi – SWOT. Viitattu 10.02.2024 <https://pk-rh.fi/tools/swot.html>
- Tuominen, K. 2021. *Introducing Benchmarking : Development Manual*. Viitattu 28.12.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online

Valli, R. 2018. *ikkunoita tutkimusmetodeihin. 1, Metodien valinta ja aineistonkeruu : virikkeitä aloittelevalle tutkijalle*. Viitattu 02.01.2024. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online

Valtra. N.d. *Tietoa meistä: Valtra*. Viitattu 03.11.2023 <https://www.valtra.fi/tietoa-valtrasta/yritystiedot.html>

Valtra, CPM-tiimi. 2023. Työntutkimus haastattelu. Haastateltu 20.10.2023

Valtra, EPLM-henkilökuntaa. 2023. EPLM-projektin haastattelu. Haastateltu 16.11.2023

Viharos, J. B. 2020. *Comprehensive Comparison of MTM and BasicMOST, as the Most Widely Applied PMTS Analysis Methods*. Viitattu 15.12.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301518>

Liitteet

Liite 1. Arvio linjan balansoinnin tuomasta työkuormasta (Taulukko 1)

Liite 2. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan kuvio

Liite 3. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan taulukko osakokoonpano

Liite 4. Keko aikojen toteutuminen suhteessa tahtiaikaan kuvaajat

Liite 5. AVIX näkymä vaiheelta VTALOR01