

Perttu Leskinen

**SUORITTAVAN TYÖN TYÖNTEKIJÖIDEN
TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN
JA NORMALISOINTI SUORITEDATAN
AVULLA**

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Huhtikuu 2021

TIIVISTELMÄ

Perttu Leskinen: Suorittavan työn työntekijöiden tuottavuuden mittaaminen ja normalisointi suoritedatan avulla
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Tuotantotalous
Huhtikuu 2021

Työntekijöiden tuottavuuteen liittyvä tieto hyödyttää monia erilaisia tarpeita päätöksenteon ja ohjaamisen tuesta erilaisten järjestelmäratkaisujen kehittämiseen. Tämä diplomityön taustalla oli kiinnostus kehittää järjestelmäratkaisuja, jotka edellyttävät laadukasta tietoa työntekijöiden tuottavuudesta. Diplomityön tavoitteena oli suunnitella suoritemittausjärjestelmä, jonka avulla mitataan suorittavan työn työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä. Tuottavuus lasketaan hyödyntäen työntekijöitä ohjaavista järjestelmistä, kuten varastonhallinta- ja tuotannonohjausjärjestelmistä, saatavaa suoritedataa, jota järjestelmät tuottavat jo valmiiksi muihin tarkoituksiin. Lisäksi järjestelmän tulee normalisoida työn tuottavuus työn suoritusajankohtien perusteella, jotta eri ajankohtina töitä tekevien työntekijöiden mittaustulokset ovat vertailukelpoisia keskenään.

Järjestelmä kehitettiin käyttäen syklistä suunnitelmatutkimusprosessia. Tässä diplomityössä käsitellään suunnitelmatutkimusprosessin vaiheet ehdotuksen muodostus, kehitys ja arviointi prosessin ensimmäisestä syklistä. Ehdotuksen muodostuksessa valmiiksi annettua ehdotusta jalostettiin ja järjestelmälle määritettiin vaatimukset, jotka sen tulee täyttää, jotta se on käyttötarkoitukseensa sopiva. Kehitysvaiheessa järjestelmä suunniteltiin ja siitä kehitettiin prototyyppi, joka laskee ja normalisoi työnteon ajankohdan perusteella työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä siihen syötetyn suoritedatan avulla. Arviointivaiheessa prototyypillä tehtiin tuottavuusmittaukset kahdelle kohdeyritykselle ja analysoitiin mittaustuloksia, jonka lisäksi haastateltiin toisen kohdeyrityksen työntekijöitä tulosten arvioimiseksi.

Suunnittelututkimusprosessin ensimmäisen syklin arviointivaiheessa järjestelmä todettiin toimivaksi ja se täytti sille asetetut vaatimukset siltä osin, kuin silloisessa järjestelmän kehitysvaiheessa oli mahdollista. Arviointivaiheessa havaittiin, että järjestelmän käyttöönoton yhteydessä tulee määrittää tarkasti, mitä eri työtehtäviä mitataan ja mitä tuotosta mitattavissa työtehtävissä käytetään, jotta mittaukset kuvaavat tehtyä käytännön työtä. Tämän lisäksi arvioinnissa löydettiin kehitysehdotuksia järjestelmän toimintaan mitattavien työntekijöiden rajaamiseen ja laskennallisiin hienosäätöihin, joita voidaan kehittää myöhemmissä suunnittelututkimusprosessin sykleissä.

Avainsanat: tuottavuus, mittaaminen, normalisointi, järjestelmäkehitys, suunnittelututkimus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Perttu Leskinen: Measuring and normalizing productivity of operative employees with output data

Master's Thesis

Tampere University

Industrial Engineering and Management

April 2021

Employee productivity data is needed to fulfill many kinds of needs from supporting decision making and instructing to developing new systems and solutions. Underlying interest for this thesis was developing systems that use high-quality information on employee productivity. The objective of the thesis was to design and develop a productivity measuring system that measures productivity of operative employees in different work tasks. The system measures productivity with output data that is already produced in systems like warehouse management systems and manufacturing execution systems that guides employees in their work. The system must also normalize productivity by moment of time when the work has been performed so productivities of employees that work at different times are comparable.

The system was developed by using a cyclic design science process. Design science process phases suggestion forming, development and evaluation of the first cycle are presented in this thesis. At the suggestion forming phase the pre-issued suggestions were refined and system requirements that the system must meet to be suitable for its intended use were defined. At the developing phase, the system that calculates the productivities of the different employees in different work tasks and normalizes productivities by time of execution was designed, and a prototype was developed. At the evaluation phase, the prototype was used to make productivity measurements for two case companies and the measurement results were analyzed. Also, employees of one case company were interviewed to evaluate the results.

At the evaluation phase of the first cycle of the design science process the system was found to be functional and met the requirements that were possible to be met at that stage of developing process. Determining work tasks to be measured and outputs to be used in calculations was identified as an important phase of initializing the system because that has an effect on how well the measures describe the practical work. In addition to this, possible improvements to the limiting measurements to the defined employees and to the fine-tuning to the calculations were identified that can be developed in later cycles of the design science process.

Keywords: productivity, measuring, normalizing, system development, design science

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Kiitos kaikille, jotka ovat tukeneet minua diplomityöni tekemisessä ja täten mahdollistaneet diplomityöni valmistumisen. Erityisesti kiitos Aki Jääskeläiselle, Tuomas Korhoselle sekä Janne Viinikkalalle diplomityöni ohjaamisesta sekä Leanware Oy:lle mahdollisuudesta tämän diplomityön tekemiseen.

Tampereella, 23.4.2021

Perttu Leskinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset.....	2
2.	TUTKIMUSMETODOLOGIA	5
2.1	Tutkimusote	5
2.2	Työn rakenne	7
2.3	Aineisto	8
3.	SUORITTAVAN TYÖN TYÖNTEKIJÄN TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN	10
3.1	Tuottavuus.....	10
3.2	Tuottavuuden mittaaminen	12
3.3	Tuottavuus ja laatu	14
3.4	Tuottavuuteen vaikuttavat tekijät ja niiden normalisointi.....	16
4.	SUORITEMITTAUKSEN HYÖDYNTÄMINEN	18
4.1	Mittaaminen osana johtamista	18
4.2	Työnohjaus.....	22
4.3	Älykäs työnohjaus.....	24
4.4	Pelillistäminen	27
4.5	Muita mahdollisia käyttökohteita	29
5.	SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS JA VAATIMUKSET	32
5.1	Alustava ehdotus	32
5.2	Suoritemittausjärjestelmässä mitattavat suoritteet	33
5.3	Järjestelmäarkkitehtuuri.....	35
5.4	Vaatimukset.....	36
6.	SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	42
6.1	Järjestelmään syötettävä data	42
6.2	Datan käsittely.....	46
6.3	Mittaustulokset ja kohdejärjestelmille välitettävä data	53
6.4	Tietorakenne	55
7.	SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN ARVIOINTI	57
7.1	Testauksessa käytettävä data	57
7.2	Laskennan tulokset.....	60
7.3	Haastattelut	64
7.4	Suoritemittausjärjestelmän arviointi ja jatkokehitystarpeet	72

7.5 Tulosten pohdinta	77
8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	81
LÄHTEET	84
LIITE A: YRITYS 1:N LIUKUVAT KESKIARVOT AUTOMAATTIKERÄYKSEN KESTOLLE TUOTOSTA KOHDEN.....	89
LIITE B: YRITYS 1:N TYÖNTEKIJÖIDEN TUOTTAVUUS TYÖTEHTÄVITTÄIN.....	94
LIITE C: YRITYS 2:N TYÖNTEKIJÖIDEN TUOTTAVUUS TYÖTEHTÄVITTÄIN	107
LIITE D: HAASTATTELUPOHJA.....	119

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Tutkimusprosessi (mukaillen Takeda et al., 1990).....</i>	<i>5</i>
Kuva 2.	<i>Järjestelmäarkkitehtuuri</i>	<i>36</i>
Kuva 3.	<i>Varastoautomaatista keräämisen keskimääräinen kesto eri ajanhetkinä</i>	<i>50</i>
Kuva 4.	<i>Yritys 1:n automaatista keräyksen tuotokseen käytetyn ajan jakauma</i>	<i>51</i>
Kuva 5.	<i>Tietokantarakenne</i>	<i>55</i>

TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1.</i>	<i>Johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden elementit ja (Malmi & Brown, 2008)</i>	<i>19</i>
<i>Taulukko 2.</i>	<i>Suoritemittausjärjestelmän vaatimukset</i>	<i>40</i>
<i>Taulukko 3.</i>	<i>Työntekijän tiedot.....</i>	<i>43</i>
<i>Taulukko 4.</i>	<i>Työtehtävän tiedot</i>	<i>43</i>
<i>Taulukko 5.</i>	<i>Suoritteiden tiedot.....</i>	<i>44</i>
<i>Taulukko 6.</i>	<i>Työntekijän työn laatu työtehtävässä</i>	<i>45</i>
<i>Taulukko 7.</i>	<i>Yritys 1:n eri työtehtävien yhteen tuotokseen käytettävä aika.....</i>	<i>48</i>
<i>Taulukko 8.</i>	<i>Kohdejärjestelmälle välitettävä tuottavuusdata.....</i>	<i>54</i>
<i>Taulukko 9.</i>	<i>Mitattavat työtehtävät.....</i>	<i>58</i>
<i>Taulukko 10.</i>	<i>Suoritteiden laskennan lopputilojen osuudet eri työtehtävissä.....</i>	<i>60</i>
<i>Taulukko 11.</i>	<i>Työntekijöiden tuottavuuksien keskiarvot ja keskihajonnat eri työtehtävissä.....</i>	<i>63</i>
<i>Taulukko 12.</i>	<i>Haastattelujen huomiot</i>	<i>65</i>
<i>Taulukko 13.</i>	<i>Suoritemittausjärjestelmän vaatimusten täytyminen</i>	<i>74</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

et al.	lat. et alii tai et aliae, ja muut
MES	Manufacturing Execution System, tuotannonohjausjärjestelmä
WMS	Warehouse Management System, varastohallintajärjestelmä
z	suoritteen keston tuotosta kohden normitettu arvo
x	suoritteen kesto tuotosta kohden
μ_v	vertailujoukon keston tuotosta kohden keskiarvo
s_v	vertailujoukon keston tuotosta kohden keskihajonta
x_n	suoritteen normalisoitu kesto tuotosta kohden
μ	kaikkien ei-poikkeavien havaintojen suoritteiden keston tuotosta kohden keskiarvo
s	kaikkien ei-poikkeavien havaintojen suoritteiden keston tuotosta kohden keskihajonta

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Suorituskykyä ja tuottavuutta sen osana voidaan mitata hyvin erilaisilla tasoilla. Tuottavuutta voidaan suurille kokonaisuuksille, ja usein pyritään tarkastelemaan kokonaistuottavuutta osaoptimoinnin välttämiseksi. Kuitenkin on olemassa käyttökohteita myös tarkemman tasoiselle mittaustiedolle. Se, millaisella tasolla suorituskykyä ja tuottavuutta mitataan, riippuu organisaation strategiasta ja tavoitteista. (Abdel-Maksoud et al., 2007 s. 15—17) Tuottavuuden mittaamiselle on hyvin erilaisia käyttötarkoituksia, joita voidaan hyödyntää erilaisten strategioiden toteuttamiseen ja tavoitteiden saavuttamiseen.

On paljon esimerkkejä, miten työntekijätason tuottavuusmittausta voidaan hyödyntää. Esimerkiksi on tutkittu, että inhimillisten tekijöiden, kuten taitojen, huomioon ottamisella voidaan kehittää työn aikataulutusta (Othman et al., 2012). Työntekijöiden taidot vaikuttavat usein heidän tuottavuuteensa, jolloin tuottavuutta mittaamalla voidaan hyödyntää työn aikataulutuksen kehittämisessä. Työntekijöiden työtehon vaihtelun tuntemisesta voidaan saada hyötyjä esimerkiksi tuotantojärjestelmien suunnittelussa (Fletcher et al., 2008). Myös pelillistämässä tarvitaan usein yksittäisten työntekijöiden suoritustietoja, jotta työntekijöille voidaan antaa esimerkiksi henkilökohtaisia tavoitteita tai reaaliaikaista palautetta (Ranganathan & Benson, 2020).

Diplomityö tehdään Leanware Oy:n toimeksiannosta. Leanware Oy on tamperelainen ohjelmistoalan yritys, jonka tärkeimpiä tuotteita ovat varastohallintajärjestelmät (WMS) sekä tuotannonohjausjärjestelmät (MES). WMS-järjestelmillä ohjataan ja optimoidaan varastojen materiaalivirtoja. WMS-järjestelmät hallitsevat varaston inventaariota ja sen muutoksia, saldon vastaanottoa varastoon ja saldon lähettämistä varastosta. WMS-järjestelmät ohjaavat työntekijöitä ja varastoautomaatiota materiaalivirtojen käsittelyssä eri vaiheessa varastointiprosessia. MES-järjestelmillä ohjataan valmistavaa tuotantoa hallitsemalla tuotannon resursseja kuten materiaaleja, koneita ja työntekijöitä. Molemmat järjestelmät ohjaavat työntekijöitä käytännön suorittavassa työssä. (Boucher & Yalçin, 2006 s. 2—11)

Kun työntekijöitä mittaamalla saadaan tietoa työntekijöiden tuottavuudesta eri työtehtävissä, voidaan tätä tietoa käyttää erilaisiin käyttötarkoituksiin. Työntekijöiden tuottavuuden mittaaminen tekee mahdolliseksi kehittää älykkään työnohjauksen ja pelillistämisen ratkaisuja, joita on mahdollista hyödyntää esimerkiksi WMS- ja MES-järjestelmiin liitettynä. Älykkään työnohjauksen ratkaisussa työntekijää ohjattaisiin tekemään eri työtehtäviä automaattisesti järjestelmän toimesta erilaisissa kuormitustilanteissa riippuen siitä, millä tasolla hänen tuottavuutensa on eri työtehtävissä. Pelillistämisessä työntekijöille esitetään reaaliaikaisesti tietoja heidän suoriutumisestaan sekä annetaan tavoitteita ja palautetta riippuen työntekijän suoriutumisesta eri työtehtävissä, joiden tekemisessä eri järjestelmät työntekijöitä ohjaavat (Ranganathan & Benson, 2020).

Tämä diplomityö on lähtöisin tarpeesta kehittää erilaisia ratkaisuja, joissa hyödynnetään työntekijöiden suoritetiedoista laskettavia tuottavuustietoja eri työtehtävissä. Jotta näitä ratkaisuja on mahdollista kehittää, täytyy ensin kehittää tapa mitata työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä erilaisista järjestelmistä saatavien suoritetietojen perusteella. Kyseinen mittausratkaisu toimii lähtökohtana sitä hyödyntävälle ratkaisulle ja mahdollistaa sitä hyödyntävien ratkaisujen kehittämisen. Tässä työssä keskitytään kehittämään ratkaisu työntekijöiden tuottavuuden mittaamiseen eri työtehtävissä erilaisista lähdejärjestelmistä saatavan suoritedatan avulla niin, että tuottavuustietoja hyödyntävien ratkaisujen tarpeet täyttyvät.

Tämä diplomityö eroaa monista muista tuottavuuden mittaamiseen liittyvistä tutkimuksista siten, että tässä työssä pyritään käyttämään muihin tarkoituksiin jo valmiiksi tuotettavaa suoritedataa ja käyttämään tätä uudessa tarkoituksessa tuottavuuden mittaamisessa. Tässä työssä ei tutkita mahdollisia datan lähteitä, joiden avulla tuottavuutta voidaan mitata, vaan luodaan ratkaisu, jolla käsitellään jo olemassa olevaa dataa uudella tavalla. Tämän vuoksi kehitettävän ratkaisun käyttöönotto on yksinkertaisempaa, koska datan keräämistä ei tarvitse toteuttaa ennen itse ratkaisun käyttöönottoa, jos käytössä on jo tarvittavaa dataa tuottava järjestelmä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Diplomityön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa suoritemittausjärjestelmä, joka mittaa työntekijöiden suoriutumista erilaisissa työtehtävissä ja kuormitustilanteissa. Olennaista on, että suoritemittausjärjestelmän tulee normalisoida erilaisista kuormitustilanteista johdettu suoritemäärien vaihtelu. Tämä tarkoittaa sitä, että työntekijän suoriutumista mitattaessa on otettava huomioon esimerkiksi se, kuinka kiireisenä ajanhetkenä suoritteet on

toteutettu. Esimerkiksi sellaisina päivinä, jolloin tehtäviä töitä on vähemmän, ei kiireisiä päiviä vastaavia suoritemääriä ja nopeuksia ole kaikissa tapauksissa mahdollista tavoittaa, vaikka työntekijä tekisi työnsä niin hyvin kuin mahdollista.

Kun kuormitustilanteiden aiheuttamat vaihtelut eri työntekijöiden suorituksissa eri työtehtävissä normalisoidaan, on mahdollista luoda työntekijöille suorituskykyprofiilit, jotka kuvaavat heidän tuottavuuttaan eri työtehtävissä verrattuna muihin samoja työtehtäviä tekeviin työntekijöihin. Normalisoinnin tarkoituksena on se, että suorituskykyprofiili kuvaa tämän avulla työntekijän suoriutumista eri tehtävissä totuudenmukaisemmin ilman työntekijästä riippumattomien olosuhteiden vaikutusta.

Tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten suorittavaa työtä tekevien työntekijöiden tuottavuutta voidaan mitata WMS:n ja MES:n kaltaisista työntekijää ohjaavista järjestelmistä saatavien suoritustietojen avulla?
2. Miten erilaisten suoritusajankohtien vaikutus suoriutumiseen voidaan normalisoida suoritemittausjärjestelmässä?

Suorittavan työtä tekevien työntekijöiden tuottavuuden mittaamista varten suunnitellaan suoritemittausjärjestelmä, joka suorittaa työntekijöiden tuottavuuden mittaamisen sille automaattisesti syötetyn suoritedatan avulla. Suoritemittausjärjestelmän suunnitteluun täytyy arvioida, mitä tietoa suoritemittausjärjestelmään tarvitaan, miten tietoa järjestelmässä käsitellään ja mitä tietoa työntekijöiden suorituksista järjestelmä tuottaa.

Suoritemittausjärjestelmän tulee olla tasapuolinen erilaisissa olosuhteissa työskenteleville työntekijöille, eikä esimerkiksi työn tekemisen ajankohdan, ja tätä myötä erilaisten kuormitustilanteiden, tule vaikuttaa mittaukseen työntekijän tulosta nostavana tai laskevana tekijänä. Tätä varten eri suoritusajankohtien aiheuttama vaikutus suoriutumiseen tulee normalisoida suoritemittausjärjestelmässä. Lisäksi tulee tunnistaa muita vastaavia suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä, joiden vaikutus on mahdollista normalisoida suoritemittausjärjestelmässä.

Suoritemittaus rajataan koskemaan diskreettejä, lukumäärillä laskettavia työtehtäviä. Työtehtävät, joita diplomityössä suunniteltavassa suoritemittausjärjestelmällä mitataan, ovat laskettavissa kappalemääräisinä ja suoritemääriä on pystyttävä vertaamaan niihin käytettyä aikaan, ja vertailun tulee olla työn luonteen kannalta mielekästä. Työn täytyy olla toisteista työtä, jossa samaa asiaa toistetaan useita kertoja siten, että yhden toiston kesto on lyhyt. Esimerkiksi varastotyöntekijän tekemä keräilytyö on kappalemäärinä las-

kettavissa ja mielekkäästi käytettyyn aikaan verrattavissa oleva työtehtävä, jolloin suoritemittausjärjestelmällä voidaan mitata esimerkiksi varastotyöntekijän keräilytyötä. Sen sijaan työnjohtajan tekemä työaikataulun suunnittelu ei ole järkevällä tavalla kappalemääräisenä laskettavaa työtä, ja siihen liittyy erittäin vahvasti tehdyn työn laatu suoritusnopeuden sijaan. Esimerkiksi työaikataulun suunnittelu ei ole sellaista työtä, jota on mahdollista mitata tässä työssä suunniteltavalla suoritemittausjärjestelmällä.

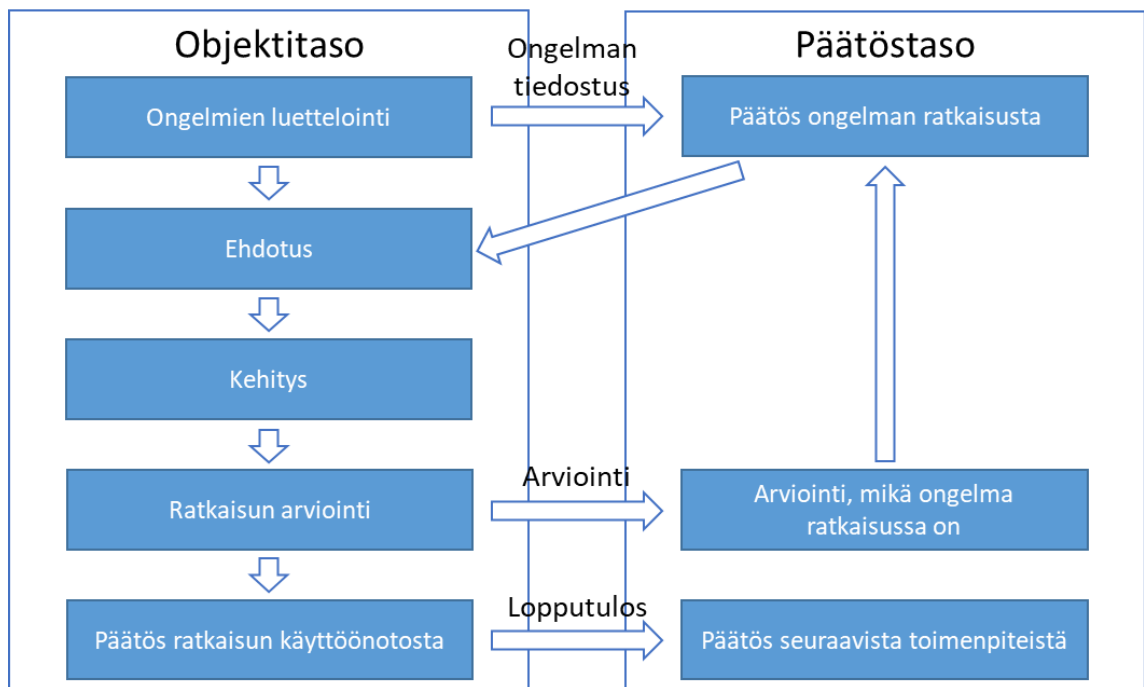
Erilaisista suorituskyvyn ilmentymistä suoritemittausjärjestelmällä mitataan sitä, kuinka hyvin työntekijä suoriutuu erilaisista työtehtävistä. Suoritekyky pitää sisällään myös muita ulottuvuuksia, kuten sitä, miten työntekijä tukee ympäristöään, kykenee sopeutumaan muutokseen tai vaikuttaa käytöksellään työpaikan hyvinvointiin, mutta näitä ulottuvuuksia ei huomioida suoritemittausjärjestelmässä. (Koopmans et al., 2014) Sitä, miten hyvin työntekijä suoriutuu eri työtehtävistä, kuvataan mittaamalla työntekijän tuottavuutta. Tuottavuusmittauksissa otetaan huomioon myös työntekijän tuottama laatu.

Vaikka työssä käytetään esimerkkinä varastotyöntekijän ja tuotannon työntekijän tekemiä suoritteita, ei työtä rajata koskemaan pelkästään näiden alojen töitä. Työn tuloksen on oltava yleistettävissä myös muille aloille niihin työtehtäviin, joissa suoriutumista on mielekästä mitata verraten työntekijän suoritteiden määriä käytettyyn aikaan ja tehtävät työtehtävät ovat lyhytkestoisia, diskreettejä ja toisteisia suorittavan työn työtehtäviä. Suoritemittausjärjestelmän on tarkoitus antaa vertailukelpoisia tuloksia yhden toimipaikan sisällä. Tuloksia ei ole tarkoituksena vertailla siis yritysten eri toimipisteiden tai esimerkiksi eri yritysten välillä, koska erilaisten olosuhteiden vuoksi tulokset eivät todennäköisesti ole vertailukelpoisia keskenään.

2. TUTKIMUSMETODOLOGIA

2.1 Tutkimusote

Tutkimuksen tavoitteena on suunnitella malli, jolla työntekijöiden tuottavuutta eri tehtävissä voidaan mitata ja vartailla ja tutkimuksen tuloksena on tarkoitus toteuttaa uusi suoritettavuusjärjestelmä, jossa tätä mallia käytetään. Tutkimusotteena tutkimuksessa käytetään suunnittelututkimusta (design science). Hyvin yleisen suunnittelututkimusmetodologian ovat esitelleet Takeda et al. (1990). Tässä tutkimusmetodologiassa suunnitellaan suunnittelun kohteena olevaa artefaktia syklisenä prosessina. Prosessin vaiheet ovat ongelman tiedostus, ratkaisuehdotuksen muodostus, ratkaisun kehitys, ratkaisun arviointi ja päätös ratkaisun käyttöönotosta. Jos ratkaisun arviointivaiheessa ilmenee uusia ongelmia, täytyy nämä ongelmat ratkaista toisessa samanlaisessa syklissä, joka tekee prosessista syklisen. (Takeda et al., 1990) Prosessi on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimusprosessi (mukaillen Takeda et al., 1990)

Tässä tutkimuksessa noudatetaan pääpiirteittäin Takeda et al. (1990) esittämää tutkimusprosessia. Tutkimuksessa käydään erityisesti läpi prosessin vaiheita ehdotuksesta ratkaisun arviointiin. Ongelmana, eli tarve mitata työntekijöiden suorituskykyä vertailu-

kelpoisesti eri työtehtävissä, on annetta työn toimeksiantajan puolesta. Ongelma on saanut alkunsa toimeksiantajan halusta kehittää älykkään työnohjauksen ja pelillistämisen ratkaisuihin, joissa tätä tietoa voitaisiin hyödyntää. Päätös ratkaisun käyttöönotosta jätetään tutkimuksen ulkopuolelle työn toimeksiantajan päätettäväksi.

Ratkaisulle on annettu jo alustava ehdotus työn toimeksiantajan puolesta. Tässä työssä tätä ratkaisuehdotusta tarkennetaan, sen perusteella suunnitellaan ratkaisun prototyyppi ja sen toiminta validoidaan. Alustava ratkaisuehdotus on suoritemittausjärjestelmä, jossa työntekijöiden suorituskyky normalisoidaan siten, että työntekijästä riippumattomat olosuhteet vaikuttavat työntekijän suorituskykyprofiiliin mahdollisimman vähän. Tätä ehdotusta täytyy tarkentaa esimerkiksi ratkaisun vaatimusten määrittelyn osalta, jotta ratkaisu voidaan suunnitella vaatimusten mukaiseksi.

Kehitysvaiheessa suunnitellaan ja toteutetaan suoritemittausjärjestelmä sillä tasolla, että sen toiminta on mahdollista testata. Suunnittelun tukena käytetään teorian lisäksi WMS-järjestelmistä saatavaa suoritedataa, josta tehtävien havaintojen perusteella selvitetään, millaista laskentaa suoritedatalle täytyy tehdä, jotta tuottavuus voidaan laskea ja normalisoida eri työntekijöille eri työtehtävissä. Tässä vaiheessa suunnitellaan tietokantarakenne, tulosten normalisoinnin suorittava laskenta sekä se, millaista dataa järjestelmään syötetään ja millaista dataa järjestelmä tuottaa.

Ratkaisun arviointivaiheessa suoritemittausjärjestelmää testataan kahden kohdeyrityksen WMS-järjestelmästä saatavalla datalla tapaustutkimusmuotoisesti. Tällöin suoritemittausjärjestelmään lisätään yritysten WMS-järjestelmistä saatavilla oleva suorite- ja käyttäjätieto, ja suoritetaan tuloksien tuottavuuslaskenta ja tulosten normalisointi. Yritykset ja yksittäiset työntekijät pidetään tutkimuksessa nimettöinä, jotta työntekijöitä ei voida tunnistaa tutkimuksen perusteella ja heidän anonymiteettinsä on turvassa. Testauksesta saatavia normalisoituja tuottavuustietoja vertaillaan tuloksiin, joissa normalisointia ei ole tehty, jolloin voidaan tarkastella, millaisia vaikutuksia normalisoinnilla on mittaustuloksiin. Tämän lisäksi saatujen tulosten luotettavuutta arvioidaan haastatteleamalla toisen kohdeyrityksen työnjohdollisissa asemissa olevia työntekijöitä.

Prosessin vaiheista ehdotusvaiheessa hyödynnetään abduktiivista päättelyä pyrkien tarkentamaan suunnittelijan ajatuksia sen sijaan, että käytettäisiin deduktiivista päättelyä, jossa pyritään muodostamaan faktoja. Tämän sijaan deduktiivista päättelyä käytetään kehitysvaiheessa sekä ratkaisun arvioinnissa. (Takeda et al., 1990) Deduktiivinen päättely tarkoittaa sitä, että väite voidaan päätellä varmuudella todeksi jos, kaikki olettamukset ovat totta. Abduktiivinen päättely on deduktiivista spekulatiivisempaa. Abduktiossa

pyritään löytämään olettamuksia, joiden voidaan uskoa pitävän paikkaansa tehtyjen havaintojen perusteella ilman, että päätelmän oikeellisuudesta voidaan olla varmoja. Näiden lisäksi on myös induktiivinen päättely, joka tarkoittaa sitä, että väittämä päätellään todeksi tai epätodeksi hyödyntäen todennäköisyyksiä. (Folger & Stein, 2017)

Tässä diplomityössä toteutetaan suunnittelututkimusprosessin ensimmäinen sykli ratkaisun arviointiin asti. Mahdolliset myöhemmät syklit toteutetaan tämän diplomityön ulkopuolella. Ensimmäisen syklin jälkeen ratkaisun arvioinnin myötä on tiedossa, mitä ongelmia ratkaisussa on ensimmäisen syklin jälkeen, ja miten ratkaisua tulee kehittää, jotta ratkaisu on mahdollista ottaa käyttöön myöhemmin.

2.2 Työn rakenne

Työn rakenne noudattaa suurilta osin luvassa 2.1 esitellyn suunnittelututkimusprosessin eri vaiheita. Suunnittelututkimusprosessin eri vaiheet ovat esitetty työn rakenteessa samassa järjestyksessä kuin ne ovat prosessissa. Työssä on kuitenkin myös itse suunnittelututkimusprosessiin kuulumattomia osia, jotka ovat taustoittamassa suunnittelututkimusta ja esittelemässä suunnittelututkimuksen tuloksia.

Luku 1 sisältää johdannon. Johdannossa esitetään tutkimuksen tausta, eli syyt miksi aihetta tutkitaan tässä työssä. Tämän lisäksi johdannossa esitellään työn tavoitteet ja rajaukset, jotka kertovat siitä, mitä tutkimuksella pyritään saavuttamaan ja miten työ rajataan tavoitteiden mukaiseksi kokonaisuudeksi. Se, miten työn tavoitteet pyritään saavuttamaan, esitetään luvussa 2, joka käsittelee tutkimuksen metodologiaa. Luku pitää sisällään tutkimusotteen kuvauksen, työn rakenteen, jonka lisäksi esitellään mitä aineistoa tutkimuksessa käytetään ja miten se kerätään.

Luvut 3 ja 4 sisältävät teoreettista taustaa, jota käytetään työn empiirisen osuuden tukena. Luvussa 3 sisältää teoriaa liittyen tuottavuuteen ja sen mittaamiseen sekä miten laatu tulee huomioida tuottavuuden mittaamisessa. Luvussa 4 tarkastellaan teoriaa liittyen suoritemittausjärjestelmän mahdollisiin käyttökohteisiin, joista osa on jo aiemmin tunnistettuja. Teoriaa hyödynnetään työn empiirisessä osuudessa, jossa se tukee ratkaisuehdotuksen muodostamista sekä suoritemittausjärjestelmän suunnittelua.

Työn empiirinen osuus alkaa luvusta 5, joka sisältää ensimmäinen työhön sisältyvä suunnittelututkimusprosessin vaiheen, eli ongelman ratkaisuehdotuksen muodostuksen. Ratkaisuehdotusta muodostuksessa kuvataan jo etukäteen muodostettu ratkaisuehdo-

tus ja sitä tarkennetaan esimerkiksi järjestelmäarkkitehtuurin ja vaatimusten osalta. Luvussa määritellään myös se, mitä tässä tutkimuksessa tarkoitetaan suoritteella, joita suoritemittausjärjestelmä käyttää tuottavuuden mittaamiseen.

Luvussa 6 toteutetaan suunnittelututkimusprosessin kehitysvaihe. Luvussa suunnitellaan suoritemittausjärjestelmä luvussa 5 muodostetun ratkaisuehdotuksen pohjalta. Tässä vaiheessa suunnitellaan, mitä tietoja suoritemittausjärjestelmän on saatava ja miten näiden tietojen perusteella lasketaan ja normalisoidaan työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä. Lisäksi suunnitellaan tietokantarakenne, jossa suoritemittautietokannan tarvitsemat ja laskemat tiedot säilytetään. Suunnitelman pohjalta toteutetaan suoritemittausjärjestelmän prototyyppi siihen vaiheeseen, että sen suorittaman laskennan toiminta voidaan testata ja laskennan tulokset on mahdollista arvioida.

Suunnittelututkimusprosessin ratkaisun arviointivaihe toteutetaan luvussa 7. Luvussa suoritemittausjärjestelmän toiminta testataan syöttämällä sinne kohdeyritysten WMS-järjestelmistä saatavaa dataa ja suorittamalla laskenta. Tämän jälkeen laskennan tuloksia arvioidaan analysoimalla laskennan tuloksia sekä haastatteleamalla toisen kohdeyrityksen työntekijöitä ja arvioimalla tuloksia heidän kanssaan haastattelujen yhteydessä. Tämän perusteella muodostetaan käsitys siitä, kuinka hyvin suoritemittausjärjestelmä toteuttaa tarkoituksensa ja kuinka luotettavia tulokset ovat, jonka lisäksi tunnistetaan kehitystarpeita.

Luku 8 ei enää kuulu suunnittelututkimusprosessiin, vaan se sisältää työn yhteenvedon ja päätelmät. Luvussa tiivistetään koko työn sisältö. Luvussa esitetään myös mahdollisia jatkotutkimuskohteita, jotka ovat kiinnostavia tähän diplomityöhön ja sen tulokseen liittyen.

2.3 Aineisto

Tutkimuksessa käytetään kolmea erityyppistä aineistoa. Aineistona käytetään aiempaa tutkimusta, kohdeyritysten WMS-järjestelmistä saatavaa dataa sekä haastatteluilla saatavaa tietoa. Eri tyyppistä aineistoa käytetään erilaisiin käyttötarkoituksiin tutkimuksen eri vaiheissa ja niiden keruumenetelmät poikkeavat toisistaan.

Aiempaa tutkimusta käytetään teoriapohjan luomiseen. Aiempi tutkimus koostuu pääasiassa vertaisarvioituista tieteellisistä artikkeleista. Vertaisarvioitujen tieteellisten artikkeleiden lisäksi teorian lähteinä käytetään aihetta käsittelevää tieteellistä kirjallisuutta. Aiempaa tutkimusta etsitään erilaisista tietokannoista ja hakupalveluista, joita voidaan käyttää artikkeleiden ja kirjallisuuden etsimiseen. Tällaisia ovat esimerkiksi Andor,

Scopus ja Google Scholar. Näistä palveluista aineistoa etsitään käyttämällä aihetta kuvaavia hakusanoja ja suodattamalla tuloksia erilaisilla ehdoilla. Aiemman tutkimuksen perusteella muodostettua teoreettista pohjaa käytetään tukemaan tutkimuksen empiiristä osuutta.

Kohdeyritysten WMS-järjestelmistä saatavaa dataa käytetään suoritemittausjärjestelmän suunnittelun tukena sekä suoritemittausjärjestelmän testaukseen. Data pitää sisällään tietoja WMS-käyttäjistä, erilaisista työtehtävistä sekä työntekijöiden tekemistä suoritteista. WMS-järjestelmistä saatava data on esitetty tarkemmin luvuissa 6.1 ja 7.1. Tässä työssä kohdeyritysten ja heidän työntekijöidensä nimet ovat anonymisoitu, jotta työntekijöiden tunnistaminen ei ole mahdollista. WMS-järjestelmien dataa käytetään suoritemittausjärjestelmän suunnittelun tukena havainnollistamaan, millaista laskennassa käytettävä data on. Suoritemittausjärjestelmän testauksessa WMS-järjestelmien dataa käytetään testidatana, jolle suoritemittauksen tekemä laskenta suoritetaan. Tässä vaiheessa datan avulla lasketaan työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä, jotta laskennan tuloksia voidaan arvioida tuloksia analysoimalla sekä haastatteluilla. Kohdeyritysten WMS-järjestelmien data saadaan suoraan kohdeyritysten WMS-tietokannoista.

Haastatteluilla saatavaa tietoa käytetään suoritemittausjärjestelmän toiminnan arviointiin. Haastatteluissa haastateltavat ovat kohdeyritysten työnjohdon työntekijöitä. Haastatteluiden tavoitteena on arvioida suoritemittausjärjestelmän tuottavuuslaskennan tuloksia ja niiden luotettavuutta työnjohdon työntekijöiden arvioiden perusteella. Haastatteluissa pyritään myös saamaan tietoa siitä, voitaisiinko ratkaisua hyödyntää kohdeyrityksissä ja onko kohdeyrityksissä käyttötarpeita suoritemittausjärjestelmän tuottamalla datalla. Haastattelujen kulku on kuvattu tarkemmin luvussa 7.3.

3. SUORITTAVAN TYÖN TYÖNTEKIJÄN TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN

Suoritemittausjärjestelmä mittaa suorittavan työn työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä. Suoritemittausjärjestelmää suunniteltaessa on olennaista ymmärtää, mitä tuottavuus on ja miten sitä mitataan. Lisäksi on tärkeää ymmärtää, miten laatu vaikuttaa tuottavuuteen ja miten laatu voidaan ottaa huomioon tuottavuuslaskelmissa. Tässä luvussa esitellään teoriaa tuottavuudesta, sen mittaamisesta ja tuottavuuden ja laadun liittymisestä toisiinsa, sekä miten teoria liittyy kehitettävään suoritemittausjärjestelmään.

3.1 Tuottavuus

Tuottavuudella tarkoitetaan panosten ja tuotosten suhdetta (Banker et al., 1989; Song & AbouRizk, 2008; Tangen, 2005; van Loggerenberg & Cucchiaro, 1981). Tämä tarkoittaa sitä, että jos samalla määrällä systeemiin sisään asetetuista panoksista saadaan enemmän tuotoksia, on systeemi tuottavuudeltaan parempi. Jos tuotosten määrä samalla määrällä panoksia on pienempi, on systeemin tuottavuus huonompi. Vastaavasti jos tuotosten määrä pysyy vakiona, jos tarvittavien panosten määrä pienenee, on tuottavuus parantunut. Jos tarvittavien panosten määrä kasvaa, on tuottavuus huonontunut. Kun tarkastellaan työntekijän tuottavuutta, käytetään työntekijän käyttämä työaika usein panoksena muiden mahdollisten panosten ohella (Song & AbouRizk, 2008). Tuotokset taas riippuvat huomattavasti työntekijän tehtävästä ja siihen liittyvistä suoritteista. Esimerkiksi varastotyöntekijällä pakkausta tehdessä tuotoksena voidaan ajatella pakattua tilausriiviä tai lähetettäväksi valmistunutta kollia.

Tuottavuus vaikuttaa yrityksen tulokseen, ja tuottavuuteen vaikuttaminen onkin tehokas keino tuloksen parantamiseen. Yritys ei itse voi aina vaikuttaa esimerkiksi tuotteiden hintoihin, koska näihin voivat vaikuttaa myös monet ulkoiset tekijät, mutta yritys voi aina vaikuttaa omaan tuottavuuteensa. Tällöin pienentyneen resurssitarpeen ja tämän myötä pienentyneiden kulujen tai kasvaneiden tuotosten määrän ja tämän myötä kasvaneen liikevaihdon myötä tulos paranee tuottavuuden parantumisen myötä. (van Loggerenberg & Cucchiaro, 1981) Liiketoiminnalliset hyödyt ovat tärkeä syy, miksi tuottavuutta kehitetään. Jos samalla määrällä kustannuksia voidaan saada enemmän tuottoja tai sama

määrä liikevaihtoa voidaan saada pienemmällä määrällä kustannuksia, on tulos parempi, jos muut tekijät pysyvät ennallaan.

Tuottavuutta voidaan tarkastella eri tasoilla. Tuottavuutta voidaan käsitellä laajasti tarkastelemalla esimerkiksi kokonaisen yrityksen tuottavuutta kokonaisuutena, mutta tuottavuutta voidaan mitata myös pienemmille kokonaisuuksille kuten esimerkiksi yrityksen toimipisteille, osastoille tai vaikka yksittäisille työntekijöille. Tuottavuustietoa voidaan myös käyttää erilaisiin käyttötarpeisiin aina yrityksen ylimmän johdon tarpeista strategia-työssä aina työnjohdon tekemään päivittäisjohtamiseen (Wouters & Wilderom, 2008). Tässä työssä tuottavuutta tarkastellaan hyvin tarkalla tasolla, eli yksittäisten työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä ja pääasiassa päivittäisjohtamisen ja työn suunnittelun tarpeisiin.

Yksittäisen työntekijän tuottavuudelle ei ole yhtä yleisesti käytettyä määritelmää, jota voisi käyttää kaikissa tilanteissa, vaan tämä riippuu kontekstista, jossa työn tuottavuutta tarkastellaan (Koopmans et al., 2014; Tangen, 2005). Tuotantotyön työntekijän tuottavuus voidaan usein määritellä yksinkertaisesti tehtyjen tuotosten määrän ja käytetyn ajan suhteena, kun taas tietotyössä tämä ei ole usein mielekäästä, vaan riippuen työnkuvasta huomioon tulee ottaa myös erilaisia laadullisia mittareita (Ramírez & Nembhard, 2004). Koska yhtenäistä määritelmää työntekijän tuottavuudelle ei ole, täytyy tämä määritellä kontekstin mukaan. Huomioon täytyy ottaa se, mitä tuottavuuden tarkastelulla pyritään saavuttamaan.

Terveydenhuollossa työntekijän tuottavuutta verrataan usein yksilön normaalitasoon, jota työntekijän terveydellinen tila voi heikentää. Työntekijän tuottavuudella voidaan viitata siihen, kuinka paljon on poissa töistä terveydellisten syiden vuoksi, tai vaihtoehtoisesti siihen kuinka paljon terveydellinen syy on laskenut työtehoa töissä ollessa (Schultz et al., 2009). Työntekijän tuottavuudella voidaan viitata työntekijän itse kokemaan tai muiden havainnoimaa työn tuottavuuteen, joihin työntekijän terveydellinen tila voi vaikuttaa heikentävästi (Escorpizo, 2008).

On argumentoitu, että työn ja esimerkiksi tuotantojärjestelmien suunnittelussa tulee ottaa huomioon työntekijän tuottavuuden vaihtelu, ja työntekijän tuottavuuden määrittely erilaisten työtehtäviin kuuluvien standardiaikojen kautta voi antaa vääristyneen kuvan työntekijöiden tuottavuudesta (Fletcher et al., 2008). Tämän vuoksi työntekijöiden tuottavuuden ja sen vaihtelun tuntemisella voidaan saada hyötyjä verrattuna erilaisten työn standardiaikojen määrittämiseen, joka ei aina ole riittävä taso.

Työntekijän suorituskyvylä on olemassa neljä erilaista ulottuvuutta. Ensimmäinen ulottuvuus on se, kuinka hyvin työntekijä suoriutuu erilaisista työtehtävistä. Toisella ulottuvuudella tarkastellaan sitä, kuinka hyvin työntekijä tukee organisaationallista, sosiaalista ja psykologista ympäristöä, jossa työ tehdään. Kolmas ulottuvuus tarkoittaa sitä, kuinka hyvin työntekijä kykenee vastaanottamaan muutoksia työroolissa ja -ympäristössä. Neljännellä ulottuvuudella tarkastellaan sitä, vaikuttaako työntekijä käytöksellään negatiivisesti organisaation hyvinvointiin. (Koopmans et al., 2014) Tässä työssä tarkastellaan erityisesti työntekijän suorituskyvyn ensimmäistä ulottuvuutta. Työntekijän suorituskkyä arvioidaan tässä tapauksessa mittaamalla työntekijän tuottavuutta eri työtehtävissä työntekijän tuottama laatu huomioon ottaen.

3.2 Tuottavuuden mittaaminen

Usein tuottavuustietoa ei ole saatavilla, koska sitä ei mitata tarvittavalla tasolla. Tällöin monissa tilanteissa päätöksenteko voi perustua yksittäisten henkilöiden subjektiivisiin näkemyksiin ja arvauksiin, jolloin on mahdollista, että päätöksiä tehdään väärin perustein. (Song & AbouRizk, 2008) Mittaamalla tuottavuutta tuottavuustietoa voidaan käyttää päätösten ja johtamisen tukena, jolloin päätöksiä ja johtamista voidaan tehdä tiedon perusteella arvauksien ja henkilökohtaisten asenteiden sijaan. Tällöin päätöksenteon ja johtamisen laatu todennäköisesti kasvaa. Epätäydellistenkin mittareiden käytöllä voidaan saavuttaa hyötyjä, kun mittareiden rajoitteet ymmärretään ja niitä voidaan käyttää joustavasti (Jordan & Messner, 2012).

Luotettava tapa mitata tuottavuutta on hyödyntää historiallista dataa panoksista ja tuotoksista, jonka avulla tuottavuus voidaan laskea. Datan lähteitä voivat olla esimerkiksi erilaiset dokumentit, raportit, tietokannat ja tutkimukset. Usein ongelmana on se, että dataa ei ole saatavilla, sitä ei ole tarpeeksi tarvittavan luotettavuuden aikaansaamiseksi tai sitä ei ole esitetty tarpeeksi tarkalla tasolla. Jos tuottavuuden mittauksessa joudutaan käyttämään dataa eri lähteistä, voi datan formaatti vaihdella, joka voi aiheuttaa paljon lisätyötä. (Song & AbouRizk, 2008) Tässä tapauksessa suoritemittausjärjestelmän data saadaan valmiista järjestelmistä, kuten WMS ja MES, joista data on saatavilla pienellä vaivalla, sitä on suuria määriä ja se on määrämutoista.

Tuottavuuden mittaamisessa pyritään korostamaan fyysisten resurssien käyttöä esimerkiksi kustannusten ja tulojen sijaan. Tällöin muutokset esimerkiksi hintatasoissa eivät itsessään vaikuta mittauksen tulokseen. Tällöin tuottavuuden mittaus kuvaa tuloslaskelmaa paremmin organisaation operatiivista tehokkuutta. (Banker et al., 1989) Erityisesti

suorittavaa työtä tekevien työntekijöiden tuottavuuden mittaamisessa rahallisia mittareita käyttämällä ei siis saada kuvaa siitä, kuinka hyvin ja tehokkaasti työntekijä tekee työnsä. Esimerkiksi raaka-aineiden hintojen muutokset eivät saa vaikuttaa työntekijän työn tuottavuuden mittaamiseen, jonka vuoksi rahallisia mittareita ei tulisi tässä yhteydessä käyttää.

Työn tuottavuutta mitattaessa panosten mittaaminen on usein yksinkertaista. Monessa tapauksessa, kun käytetty työaika on ainoa merkittävä panos, riittää että käytetään työajan käyttöä panoksena. Käytetty työaika on käsitteenä helposti ymmärrettävissä ja se on usein helposti saatavilla esimerkiksi työajan seurannan kautta. (Song & AbouRizk, 2008) Jos työntekijä tekee useita eri työtehtäviä saman päivän aikana, täytyy eri tehtäviin käytetty työaika olla tiedossa, jos halutaan mitata työn tuottavuutta eri tehtävissä. Käytettyä työaikaa voidaan mitata tässä tapauksissa WMS- ja MES-järjestelmistä saatavalla historiatiedolla.

Tuotoksen mittaaminen on usein työn tuottavuutta mitattaessa panosten mittaamista haastavampaa, sillä käytettävälle tuotokselle voi olla useita eri vaihtoehtoja. Työn tuottavuuden mittaamisessa käytettävät tuotokset täytyy valita ennakkoon määritellyin kriteerein. Kriteereinä kannattaa käyttää työn tuottavuutta mitattaessa esimerkiksi seuraavia kriteereitä:

1. Tuotoksella täytyy olla suuri korrelaatio käytettyyn työaikaan ja sen määrä täytyy olla laskettavissa.
2. Tuotoksen täytyy olla erotettavissa tuottavuuteen vaikuttavista ulkoisista tekijöistä.
3. Tuotoksen tulee olla tarpeeksi yksinkertaisesti mitattavissa ja sen mittaamisen tulee olla kustannustehokasta.

Näistä kriteerit kaksi ja kolme voidaan monessa tapauksessa arvioida perustuen subjektiivisiin arvioihin, mutta ensimmäinen kriteeri vaatii usein tilastollisten menetelmien käyttöä. (Song & AbouRizk, 2008)

Esimerkiksi varastotyöntekijän tekemässä pakkauksessa työn tuotoksena on mahdollista mitata esimerkiksi pakattuja tilausrivejä, pakattuja tilauksia tai pakattuja kollia, joka voi tarkoittaa esimerkiksi pahvilaatikkoa tai lavaa. Käytettävän tuotoksen valinnassa ensimmäisen kriteerin osalta täytyy mitata, millä näistä vaihtoehdoista korreloi parhaiten käytetyn työajan kanssa. Mitä paremmin tuotosten määrä korreloi käytetyn työajan kanssa, sitä paremmin käytettävä tuotos täyttää ensimmäisen kriteerin. Kolmas kriteeri

täyttyä kaikilla eri vaihtoehdoilla, sillä kaikki vaihtoehdot ovat nykyaikaisilla järjestelmillä yksinkertaista mitata, ja määrätiedot ovat saatavilla helposti kaikilla eri vaihtoehdoilla.

Kriteereistä haastavin arvioitava on tässä tapauksessa toinen kriteeri. Ulkoisena tuottavuuteen vaikuttavana tekijänä on tässä tapauksessa esimerkiksi työn tekemisen ajankohta erilaisten kuormitustilanteiden aiheuttaman vaihtelun vuoksi. Tässä tapauksessa voidaan tarkastella, vaikuttaako työn tekemisen ajankohta eri mittaustapoihin eri tavoin ja arvioida tämä kriteeri tämän perusteella. Jos työn tekemisen ajankohdan katsotaan vaikuttavan eri tuotoksen mittaustapoihin samalla tavalla, ja tämän vaikutus on erotettavissa kaikista eri vaihtoehdoista samalla tavalla, sopivat eri vaihtoehdot tähän kriteeriin yhtä hyvin.

Yksinkertaisimmillaan tuottavuus voidaan laskea kaavalla $tuottavuus = tuotosten\ määrä / panosten\ määrä$ (Banker et al., 1989; Tangen, 2005). Tällöin jos varastotyöntekijän pakkaustyön panoksena käytetään käytettyä työaika ja tuotoksena pakattujen tilausrivien määrää, voidaan kaava esittää muodossa $tuottavuus = pakattujen\ rivien\ määrä / käytetty\ työaika$. Tällöin jos työntekijä tekee pakkaustyötä koko 7,5 tunnin työpäivän ajan ja pakkaa työpäivän aikana 300 nimikeriviä, on hänen tuottavuutensa $300\ riviä / 7,5\ tuntia = 40\ riviä / tunti$.

3.3 Tuottavuus ja laatu

Laatu voidaan jakaa funktionaaliseen ja tekniseen laatuun. Teknisellä laadulla tarkoitetaan sitä, miten hyvä työn lopputuloksen laatu on. Tätä täydentää funktionaalinen laatu, jolla tarkoitetaan työn tekemisen ja prosessien laadukkuutta. (Grönroos, 1984) Esimerkiksi työt voidaan tehdä siten, että työskentely ei ole turvallista tai työtilat jäävät työskentelyn jälkeen epäsiistiin kuntoon, mutta työn lopputulos voi olla silti laadukas. Tällöin funktionaalinen laatu on heikkoa, vaikka tekninen laatu on hyvällä tasolla. Toisaalta työn lopputulos voi olla huonolaatuinen, vaikka työt itsessään tehtäisiin laadukkaasti, jolloin tekninen laatu on heikkoa, mutta funktionaalinen laatu ei ole. Heikko funktionaalinen laatu saattaa johtaa tuottavuuden laskuun, koska tekeminen kokonaisuudessaan hidastuu esimerkiksi epäsiisteyden tai turvallisuusongelmien vuoksi. Teknisen laadun heikkous taas saattaa johtaa esimerkiksi siihen, että osa tuotoksista joudutaan hylkäämään, mikä johtaa tuottavuuden laskuun pienentyvän tuotosten määrän vuoksi.

Yhteys tuottavuuden ja laadun välillä on yleisesti tunnistettu, mutta tästä yhteydestä on kuitenkin hyvin erilaisia näkemyksiä. Yleinen ajatusmalli on, että tuottavuuden ja laadun

tavoitteet ovat ristiriitaiset, ja että näiden välille täytyy löytää jonkinlainen tasapaino. Tällöin ajatellaan, että laadun parantamiseen ja hyviin laatustandardeihin yltämiseen kuluu työaika, jolloin tuottavuus kärsii. Kuitenkin on osoitettu, että laadulla voi olla positiivinen vaikutus tuottavuuteen, jolloin hyvät laatuikäytännöt parantavat tuottavuutta. Jotkut näkevät tuottavuuden ja laadun jopa lähes synonyymeinä keskenään. (Lee et al., 2007)

Erilaiset näkemykset voivat ainakin osittain johtua erilaisista näkökulmista. Jos työntekijä pyrkii tekemään työnsä laadukkaasti, häneltä saattaa kuluu työtehtävien tekemiseen kauemmin kuin jos sama työ tehdään mahdollisimman nopeasti laadusta välittämättä. Kuitenkin huono työskentelyn laatu saattaa vaikuttaa siihen, että heikon laadun aiheuttamat työn katkokset ja hidastumiset lisääntyvät. Tämän vuoksi kokonaisuudessaan työn tuottavuus voi heikentyä, vaikka hetkellisesti työn tuottavuus voikin vaikuttaa suuremmalta, jos laadun ylläpitämiseen käytetään vähemmän aikaa. (Rotab Khan & Darrab, 2010) Kun tuottavuutta tarkastellaan kapeasti, voi vaikuttaa siltä, että huonolaatuinen työ on tuottavampaa. Kuitenkin tuottavuutta laajemmin tarkasteltuna voi huonolaatuinen työskentely heikentää kokonaistuottavuutta.

Laadun kehittäminen voi nostaa samalla myös tuottavuutta, mutta jos kehitetään vain tuottavuutta laadusta välittämättä, voi laatu heikentyä (Lee et al., 2007). Korrelaatio tuottavuuden ja laadun välillä ei siis toimi molempiin suuntiin. Tuottavuutta voidaan pyrkiä parantamaan parantamalla laatua, mutta ei toisin päin. Tämän vuoksi pelkän tuottavuuden tavoittelu itsessään saattaa johtaa laadun heikentymiseen, joka taas voi taas heikentää tuottavuutta. Tämän vuoksi laatua ei tule jättää kokonaan huomiotta, kun mitataan tai kehitetään tuottavuutta.

Eräs työn tuottavuuden mittaamisen tarkoitus on motivoida työntekijöitä tuottamaan enemmän tuotoksia vähemmällä määrällä panoksia samalla ylläpitäen laatua (Banker et al., 1989). Jos työntekijä pyrkii tekemään töitä mahdollisimman nopeasti teknisestä tai funktionaalista laadusta välittämättä, voi hänen tuottavuutensa näennäisesti kasvaa korkeammaksi. Kuitenkin huono tekninen laatu voi aiheuttaa esimerkiksi siihen, että työ joudutaan myöhemmin tekemään uudestaan, ja huono funktionaalinen laatu siihen, että muiden työntekijöiden ja työntekijän oma työskentely myöhemmin hidastuu tämän vuoksi. Lisäksi hyvä laatu itsessään on usein tavoiteltu asia esimerkiksi yrityksen brändin ja työntekijöiden tyytyväisyyden vuoksi. Tämän vuoksi laatu tulee ottaa huomioon työntekijän tuottavuuden mittauksessa.

Tuottavuuden laskennassa laatu voidaan ottaa huomioon kertomalla tuottavuus ilman laadun vaikutusta laatutekijällä, joka kuvaa kuinka hyvä tai huono laatu on. Tuottavuuden kaava saa tällöin muodon $tuottavuus = (tuotosten\ määrä / panosten\ määrä) \times laatutekijä$.

(Al-Darrab, 2000) Laatutekijän arvon tulee työntekijöiden tuottavuudessa mitattaessa perustua kaikille työntekijöille tasapuoliseen mittaristoon, joka riippuu työtehtävien sisällöstä. Jotta tällä kaavalla laskettava tuottavuuden arvo olisi vertailukelpoinen sellaisten laskelmien kanssa, jossa laatutekijää ei ole huomioitu, sekä olisi edelleen konkreettinen työskentelyä kuvaava lukuarvo, tulee normaalissa tilanteessa laatutekijän olla arvoltaan yksi. Jos työntekijän työn laatu on keskimääräistä parempaa, tulee laadun olla hieman suurempi, ja jos laatu on keskimääräistä huonompaa, hieman pienempi. Kuitenkin jotta tuottavuuden arvon konkretia säilyy, saa laatutekijän arvo poiketa yhdestä vain vähän.

Jos edellisen esimerkin varastotyöntekijän pakkaustyön laatu on kaikille varastotyöntekijöille yhteisillä mittareilla hieman normaalia parempaa, voisi hänen laatutekijänsä saada esimerkiksi arvon 1,1. Tällöin kun tuottavuus on ilman laatutekijän huomioimista 40 riviä / tunti, saa tuottavuus laatutekijä huomioiden arvon $40 \text{ riviä / tunti} \times 1,1 = 44 \text{ riviä / tunti}$. Jos taas työn laatu on hieman keskimääräistä heikompaa, voi laatutekijä saada arvoksi esimerkiksi 0,9, jolloin tuottavuus saa arvoksi $40 \text{ riviä / tunti} \times 0,9 = 36 \text{ riviä / tunti}$. Koska laatutekijät ovat näissä esimerkeissä lähellä arvoa yksi, ovat tuottavuuksien lukuarvot yhä konkreettisia ja ymmärrettävissä fyysisen maailman pakkaustyön kontekstissa.

3.4 Tuottavuuteen vaikuttavat tekijät ja niiden normalisointi

Tutkimuksessa on tunnistettu hyvin monia erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat työntekijän tuottavuuteen. Työntekijän tuottavuuteen voi vaikuttaa työntekijän terveydellinen tila, sillä terveydelliset ongelmat voivat haitata työntekoa ja tämän vuoksi esimerkiksi hidastaa työtahtia (Escorpizo, 2008; Schultz et al., 2009). Työntekijän asenne hänen tekemäänsä työhön tai työntekoon ylipäänsä voi vaikuttaa työskentelynopeuteen ja täten tuottavuuteen (Fletcher et al., 2008). Työntekijän taidot ja harjoittelun määrä on avainasemassa, kun pyritään kasvattamaan työntekijän tuottavuutta (Adebowale & Adefulu, 2019). Työntekijöiden tuottavuuden mittaamista voidaan hyödyntää työntekijöiden kehittämisen tukemisessa löytämällä jokaiselle työntekijälle henkilökohtaiset vahvuudet ja heikkoudet, jolloin työntekijän kehittymistä voidaan ohjata oikeaan suuntaan ja oikeisiin asioihin.

Työntekijän ominaisuuksien lisäksi on olemassa tuottavuuteen vaikuttavia työntekijästä riippumattomia ulkoisia tekijöitä, jotka kuitenkin voivat vaikuttaa eri työntekijöihin eri tavoin. Esimerkiksi yrityksen johdon toiminta voi vaikuttaa yksittäisten työntekijöiden tuottavuuteen suurempien kokonaisuuksien tuottavuuden lisäksi (Gosnell et al., 2020). Lisäksi esimerkiksi työskentelytilojen ja -olosuhteiden tiedetään vaikuttavan työntekijöiden

tuottavuuteen (Yunus & Ernawati, 2018). Työnteon ajankohta voi vaikuttaa siihen, kuinka tuottavaa erilaisten työtehtävien tekeminen on, koska työnteon olosuhteet voivat vaihdella eri ajankohtina. Tällöin esimerkiksi se, missä työvuoroissa työtä tehdään, vaikuttaa työn tuottavuuteen. (Nguyen et al., 2014) Erilaisissa työtehtävissä eri ajankohtina myös työkuorman ja resurssien vaihtelu vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti töitä on tarpeen, tai edes mahdollista, tehdä.

Tuottavuuden normalisoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä tuottavuusmittausten tulosten yhdenmukaistamista ja tasapuolistamista eri olosuhteissa työskentelevien työntekijöiden välillä. Normalisoinnissa tavoitteena on normalisoida erilaisia tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotka eivät johdu työntekijän ominaisuuksista, vaan ulkoisista tekijöistä. Koska ulkoiset tekijät voivat vaikuttaa työntekijän tuottavuuteen, voivat tuottavuusmittaukset antaa väärän kuvan työntekijän tuottavuudesta, jos ulkoisia tekijöitä ei huomioida. Sen sijaan yksilön ominaisuuksista johtuvat tekijöitä ei ole tarpeen normalisoida, koska tuottavuusmittauksien avulla on mahdollista tunnistaa näitä tekijöitä ja tämän avulla ominaisuuksia on mahdollista kehittää.

On ulkoisia tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotka vaikuttavat kaikkiin työntekijöihin, ja sellaisia, jotka vaikuttavat vain osaan työntekijöistä. Aiemmin esitellyistä ulkoisista tuottavuuteen vaikuttavista tekijöistä johdon toiminta voidaan katsoa vaikuttavan kaikkien työntekijöiden tuottavuuteen, sillä johto on kaikille työntekijöille yhteinen (Gosnell et al., 2020). Työskentelytilat ja olosuhteet ovat yhteiset esimerkiksi kaikille samoissa olosuhteissa, kuten samassa tilassa, työskenteleville, mutta vaikutukset voivat vaihdella esimerkiksi eri tiloissa työskentelevien työntekijöiden välillä, jolloin olosuhteet ovat erilaiset (Yunus & Ernawati, 2018). Jos olosuhteet tai työkuormat vaihtelevat työn ajankohdan mukaan, työnteon ajankohta voi vaikuttaa kaikkiin työntekijöihin, jotka tekevät samoja työtehtäviä (Nguyen et al., 2014).

Tuottavuuden normalisoinnissa olennaista on normalisoida ne ulkoiset tekijät, jotka eivät ole yhteiset kaikille työntekijöille. Koska johto on yhteinen kaikille saman työpaikan työntekijöille, ei tämän ulkoisen tekijän normalisoinnilla ole vaikutusta, jos mittaustuloksia vertaillaan vain saman työpaikan työntekijöiden välillä. Jos eri työntekijät tekevät töitä eri työskentelytiloissa ja -olosuhteissa, joilla on vaikutusta työntekijöiden tuottavuuteen, tulee tämän tekijän normalisointia harkita. Tässä työssä pyritään normalisoimaan tuottavuutta työnteon ajankohdan perusteella, sillä eri työntekijät tekevät eri työtehtäviä eri ajankohtina, jolloin työnteon ajankohta voi vaikuttaa eri työntekijöihin eri tavoin. Jos työnteon ajankohtaa ei oteta huomioon mittauksissa, voivat mittaustulokset vääristyä.

4. SUORITEMITTAUKSEN HYÖDYNTÄMINEN

Tuottavuuden mittauksella itsessään ei ole tarkoitusta tai hyötyä, jos tietoa ei hyödynnetä oikein (Banker et al., 1989; Bourne et al., 2005). Suoritemittausjärjestelmästä saatavaa tietoa voidaan hyödyntää erilaisissa sovelluksissa, joita hyödynnetään johtamistyössä. Nämä johtamistyössä käytettävät sovellukset toimivat suoritemittausjärjestelmän käyttökohteina. Jotta suoritemittausjärjestelmästä voidaan suunnitella tarkoituksenmukainen, täytyy sen käyttökohteet määrittää ennen suunnittelua. Tällöin käyttökohteiden tarpeet ja rajoitteet ovat selvillä jo suunnitteluprosessin alussa. Käyttökohteiden ymmärtäminen antaa kontekstin ja lähtökohdat järjestelmän suunnittelulle.

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia suoritemittausjärjestelmän käyttökohteita. Etukäteen toimeksiantajan puolesta tunnistettuja käyttökohteita suoritemittausjärjestelmälle ovat älykäs työnohjaus sekä pelillistäminen. Älykkään työnohjauksen yhteydessä tulee kuitenkin ensin ymmärtää, mikä merkitys mittaamisella on johtamistyössä ja miten tietoa voidaan hyödyntää työnohjauksessa ylipäänsä. Etukäteen tunnistettujen käyttökohteiden lisäksi suoritemittausjärjestelmän käyttökohteiksi on tunnistettu erilaisten muutosten vaikutusten arviointi sekä kohdennettu palautteen kerääminen työntekijöiltä.

4.1 Mittaaminen osana johtamista

Johdon ohjausjärjestelmä on kokoelma erilaisia tapoja ja järjestelmiä, joilla johto saa työntekijöiden käyttäytymisen ja päätöksenteon suuntautumaan kohti organisaation tavoitteita ja noudattamaan organisaation strategiaa (Malmi & Brown, 2008). Johdon ohjausjärjestelmä on hyvä, jos se tarjoaa organisaation eri toiminnoille hyvät edellytykset onnistua tehtävissään. Kuitenkaan täydellistä ohjausjärjestelmää ei ole, ja yllättävät negatiiviset tapahtumat ovat aina mahdollisia. Täydellisyyden tavoittelu myös maksaa, ja epäonnistumisen välttämisen kustannukset voi nousta liian suureksi verrattuna mahdollisen epäonnistumisen kustannuksiin. (Merchant & Van der Stede, Wim A., 2017 s. 15)

Mittaaminen on yksi osa johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuutta. Johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuus pitää sisällään suunnittelu-, kybernetiikka-, palkitsemis-, hallinto- ja kulttuurielementit. Mikään johtamisjärjestelmäkokonaisuuden elementti ei toimi täysin muista eristäytyneenä, vaan eri elementit liittyvät toisiinsa ja tukevat toisiaan. Tämän vuoksi tulee johdon ohjausjärjestelmiä tarkastella kokonaisuuksina ja mahdollisten muutosten vaikutuksia tarkastella johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden kannalta. (Malmi

& Brown, 2008) Tämän vuoksi, jos ohjausjärjestelmiin tehdään muutoksia esimerkiksi kehittämällä työntekijän tuottavuuden mittaamista, tulee ymmärtää vaikutukset koko ohjausjärjestelmäkokonaisuuteen, jotta kokonaisuus ei heikkene, ja muutoksen hyödyt saadaan käyttöön koko ohjausjärjestelmäkokonaisuudessa. Johdon ohjausjärjestelmän elementit ja niiden sisältämät komponentit on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden elementit ja (Malmi & Brown, 2008)

ELEMENTTI	KOMPONENTIT
SUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none"> • Pitkän tähtäimen suunnittelu • Toiminnan suunnittelu
KYBERNETIIKKA	<ul style="list-style-type: none"> • Budjetointi • Taloudelliset mittarit • Ei-taloudelliset mittarit • Hybridimittarit
PALKITSEMINEN	<ul style="list-style-type: none"> • Palkkiot ja korvaukset
HALLINTO	<ul style="list-style-type: none"> • Johdon rakenne • Organisaatorakenne • Käytännöt ja toimintamallit
KULTTUURI	<ul style="list-style-type: none"> • Organisaation sisäiset ryhmät • Arvot • Symbolit

Suorituskyvyn mittaaminen on tärkeä osa erilaisten organisaatioiden infrastruktuuria (Abdel-Maksoud et al., 2007 s. 14). Mittaamisen erilaiset tyypit kuuluvat johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuudessa kybernetiikkaelementtiin. Kybernetiikkaelementtiin kuuluu ohjausjärjestelmien osat, joiden avulla saadaan numeerista tietoa ja palautetta organisaation toiminnasta, jota voidaan käyttää päätöksenteon tukena. (Malmi & Brown, 2008) Myös työntekijöiden tuottavuuden mittaaminen kuuluu kybernetiikkaelementtiin sen ollessa ei-taloudellista mittaamista.

Usein yrityksen suorituskyvyn mittaamiseen käytetään taloudellisia mittareita. Taloudelliset mittarit kuvaavat sitä, kuinka paljon yritys on luonut arvoa omistajilleen ja kuvaavat

näin yrityksen suorituskykyä kokonaisuutena. Kuitenkin usein yrityksen taloudellisiin mittareihin pystyy merkittävästi vaikuttamaan hyvin pieni yrityksen johdosta koostuva joukko. (Merchant & Van der Stede, Wim A., 2017 s. 397—399) Ei-taloudellisia mittareita käyttämällä voidaan paremmin tunnistaa suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä kuin pelkäänsään taloudellisia mittareita käyttämällä (Malmi & Brown, 2008). Taloudelliset suorituskykymittarit kertovat usein, millainen suorituskyky on ollut aiemmin, eikä se tarjoa reaaliaikaista tietoa suorituskyvystä. Lisäksi niiden avulla on vaikea löytää juurisyitä tai ratkaisuja ongelmiin. Taloudellisten mittareiden ongelmien vuoksi onkin suositeltavaa hyödyntää suorituskyvyn mittaamiseen sekä taloudellisia että ei-taloudellisia mittareita. (Abdel-Maksoud et al., 2007 s. 20—22)

Vaikka tuottavuuden mittaaminen on johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuudessa kybernetiikkaelementin ei-taloudellista mittaamista, on sillä vaikutuksia myös muihin johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden kybernetiikkaelementin komponentteihin. Esimerkiksi tuottavuuden muutokset vaikuttavat myös organisaation tulokseen (van Loggerenberg & Cucchiaro, 1981). Tämän vuoksi tehdessä muutoksia tuottavuuden mittaamiseen tulee huomioida se, onko asialla vaikutuksia kybernetiikkaelementissä myös taloudellisiin mittareihin tai siihen, miten näitä käytetään yhdessä hybridimittareissa, joka on yhdistelmä taloudellisia sekä ei-taloudellisia mittareita (Malmi & Brown, 2008).

Johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden elementit vaikuttavat toisiinsa, jonka vuoksi muutokset kybernetiikkaelementissä vaikuttavat myös muihin johdon ohjausjärjestelmän elementteihin (Malmi & Brown, 2008). Erilaisia mittauksia tulee hyödyntää suunnittelutyössä, joten se, miten esimerkiksi tuottavuutta mitataan, vaikuttaa siihen, miten mitausta hyödynnetään suunnittelussa (Abdel-Maksoud et al., 2007 s. 18). Erilaiset tavat mitata suorituskykyä vaikuttavat siihen, miten hyvin esimerkiksi suorituskykyyn perustuvat bonus- ja palkkiojärjestelmät toimivat (Heinrich, 2007). Lisäksi organisaation kulttuuri tulee ottaa huomioon esimerkiksi suorituskykymittausjärjestelmien kehityksessä, mutta sen lisäksi se, miten ja mitä organisaatiossa mitataan, vaikuttaa organisaation kulttuuriin (Bititci et al., 2006). Koska erilaisia yhteyksiä eri elementtien välillä on paljon, kaikki johtamisen ohjausjärjestelmäkokonaisuuden elementit tulee ottaa huomioon mittaamisessa ja mittaamisen hyödyntämisessä.

Johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuudessa ja sen eri osissa on tärkeää ottaa huomioon työntekijöiden työtyytyväisyys ja motivaatio. Työn muodollistamisella erilaisilla ohjausjärjestelmän muutoksilla, kuten mittausjärjestelmillä, voi olla vaikutusta näihin asioihin riippuen siitä, koetaanko työtä muodollistava ohjausjärjestelmä rajoittavaksi vai mahdollis-

tavaksi. Usein työtä muodollistavat ohjausjärjestelmät koetaan positiivisemmin, jos ohjausjärjestelmä on mahdollistava, jolloin se mahdollistaa työntekijän suoriutumaan työstään paremmin. Sen sijaan rajoittava ohjausjärjestelmä, jolla pyritään rajoittamaan työntekijän toimintaa, koetaan usein negatiivisena asiana. (Adler & Borys, 1996; Jordan & Messner, 2012) Mahdollistava ohjausjärjestelmä oikein käytettynä saa työntekijät tuntemaan työnsä paremmin fasilitoiduksi ja itsensä motivoituneeksi (Wouters & Wilderom, 2008). Molemmille muodollistavan ohjausjärjestelmien tyypeille on omat käyttötarpeensa, mutta positiivisempien kokemusten vuoksi mahdollistavaa tyyppiä tulisi käyttää, jollei työntekijöiden toimintaa ole erityistä syytä rajoittaa.

Mahdollistavalla ohjausjärjestelmillä on neljä erityispiirrettä:

1. korjattavuus
2. sisäinen läpinäkyvyys
3. ulkoinen läpinäkyvyys
4. joustavuus.

Korjattavuudella tarkoitetaan sitä, että järjestelmän toiminta on helposti korjattavissa tilanteissa, joissa se ei toimi halutulla tavalla. Tällöin järjestelmä ei pakota työntekijöitä toimimaan järjestelmän mukaisesti, jos siinä havaitaan puutteita, vaan työntekijät voivat korjata puutteet omalla toiminnallaan. Sisäisellä läpinäkyvyydellä tarkoitetaan, että järjestelmää käyttävät työntekijät ymmärtävät järjestelmän toimintalogiikan ja tarkoituksen. Ulkoinen läpinäkyvyys tarkoittaa, että järjestelmä auttaa sitä käyttävää työntekijää ymmärtämään laajemmin kokonaisuutta, johon hänen työskentelynsä vaikuttaa. Joustavuudella tarkoitetaan sitä, että käyttäjä voi käyttää järjestelmää haluamallaan tavalla tilanteen mukaan. (Adler & Borys, 1996)

Kun työnohjauksen tueksi otetaan käyttöön uusia järjestelmiä ja toimintamalleja, tulee rajoittavuuteen ja mahdollistavuuteen liittyvät tekijät huomioida, jotta työnohjausta tekevät sekä suorittavaa työtä tekevät työntekijät kokevat muutokset mahdollistavina ja tämän myötä motivoivina. Mahdollistavuudessa ei ole kuitenkaan kyse vain järjestelmän teknisistä yksityiskohdista, vaan myös siitä, miten sitä käytetään (Jordan & Messner, 2012). Mahdollistavuuden erityispiirteet tuleekin ottaa huomioon monella eri tasolla läpi sen elinkaaren, kuten järjestelmän ominaisuuksissa, järjestelmän suunnitteluprosessissa sekä järjestelmän käyttöönotossa ja käyttämisessä (Adler & Borys, 1996).

4.2 Työnohjaus

Tässä yhteydessä työnohjauksella tarkoitetaan kapasiteetin hallintaa. Kapasiteetin hallinta tarkoittaa työnjohtajien tekemää töiden suunnittelua ja ohjausta siten, että saavutetaan annetut tavoitteet esimerkiksi tuotettujen määrien suhteen. Tämä tarkoittaa työkapasiteetin, kuten työntekijöiden, allokoointia ja ohjausta sekä töiden aikataulutusta siten, että kysyntään voidaan vastata käytössä olevilla resursseilla. Työnohjauksella voi olla erilaisia aikahorisontteja, eli suunnitelmat voidaan tehdä lyhyelle tai pitkälle aikavälille riippuen työn luonteesta ja erilaisista suunnittelutarpeista. (Rowbotham et al., 2007 s. 173—175)

Työnohjauksen yksi tehtävistä ohjata työntekijöitä tekemään oikeita asioita. Erityisesti työssä, jossa sama työntekijä ei tee aina samaa työtehtävää, vaan työhön liittyy työniertoa, on työvoiman ohjaaminen ja aikatauluttaminen merkittävä osa työnohjausta. Tämä tarkoittaa suunnittelua, jolla pyritään siihen, että oikea työntekijä tekee oikeaa työtehtävää oikeaan aikaan oikeassa paikassa. (Othman et al., 2012) Kyseessä on osa työnjohdon päivittäistä työtä. Se, miten työvoiman ohjausta ja aikataulutusta tehdään, vaihtelee erilaisissa ympäristöissä erilaisten vakiintuneiden toimintatapojen mukaan.

Työvoiman suunnittelun ja ohjauksen tavoitteena on saada työvoima vastaamaan aikataulutettuihin tarpeisiin, joita esimerkiksi asiakkaat asettavat. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tarvittavan työvoiman määrittelyä, jotta työt saadaan tehtyä, työvuorojen suunnittelua työntekijöiden tarpeet ja vaatimukset huomioiden, sekä jatkuvaa reaaliaikaista työntekijöiden ohjaamista. (Savino et al., 2014) Sekä työntekijöiden että asiakkaiden vaatimukset täytyy ottaa työnohjauksessa huomioon, jotta työt on mahdollista tehdä olemassa olevilla resursseilla asiakasvaatimukset täyttäen.

Perinteisesti työvoiman ohjausjärjestelmissä otetaan huomioon työntekijöiden määrä, ja pyritään ohjaamaan oikea määrä työntekijöitä tekemään eri tehtäviä tarpeen mukaan. Tällöin ei kuitenkaan oteta huomioon eri työntekijöiden toisistaan poikkeavia ominaisuuksia ja inhimillisiä tekijöitä, kuten taitoja, asennetta tai vahvuuksia. (Othman et al., 2012) Jos inhimilliset tekijät otetaan huomioon työn suunnittelussa ja ohjauksessa, voidaan saavuttaa monia hyötyjä. Esimerkiksi loukkaantumiseriskiä voidaan saada pienennettyä sekä suorituskykyä ja työhyvinvointia parannettua inhimilliset tekijät huomioimalla. (Neumann & Medbo, 2009; Udo & Ebiefung, 1999). Työntekijän tuottavuuteen voivat vaikuttaa monet inhimilliset tekijät, kuten taidot ja asenteet (Fletcher et al., 2008). Tämän vuoksi myös työntekijöiden tuottavuudetta voidaan pitää eräänlaisena inhimillisenä tekijänä, johon yhdistyy muita inhimillisiä tekijöitä, mutta on helpommin mitattavissa kuin

monet muut inhimilliset tekijät. Työn suunnittelua ja ohjausta voidaan pyrkiä kehittämään huomioimalla työntekijöiden tuottavuus eri työtehtävissä.

Työnkierrolla tarkoitetaan sitä, että työntekijällä ei ole vakituista työtehtävää, jota työntekijä tekee aina ilman, että työtehtävä vaihtuu, vaan työntekijän työtehtävä vaihtuu säännöllisesti. Tällöin työntekijän, jonka työssä työnkiertoa käytetään, työtehtäviin tulee vaihtelua. Tämän on huomattu johtavan työntekijän taitojen kehittymiseen, motivaation ja työtyytyväisyyden kasvuun ja työntekijän vahvuuksien tunnistamiseen. (Bhadury & Radovitsky, 2006; Casad, 2012) Kuitenkin on huomattu, että työnkierrolla voi olla myös negatiivisia vaikutuksia, kuten tiedon katoamista organisaatiossa, ja työntekijöiden joutumista työtehtäviin, joihin he soveltuvat heikosti. Nämä voivat johtaa tuottavuuden heikkenemiseen. (Casad, 2012)

Työnkierrolla voidaan positiivisia vaikutuksia laatuun. Tämä voi johtua tehtyjen virheiden vähentymisestä työntekijän taitojen kasvamisesta ja monitaitoisuuden kehittymisestä. Työnkierron vaikutuksilla työntekijän motivaation ja kiinnostuneisuuteen tuotantoon laajemmin voi olla vaikutusta. (Michalos et al., 2013) Jos työntekijä on monitaitoisempi, motivoituneempi ja kiinnostuneempi kokonaisuuden toiminnasta, hän voi tuntea erilaisten laatuun vaikuttavien tekijöiden vaikutukset läpi prosessin ja olla tämän vuoksi motivoituneempi parantamaan laatua myös sellaisissa asioissa, jotka eivät vaikuta työntekijän sen hetkiseen tehtävään. Jos työntekijä tietää, että jonkin yksityiskohdan huonolla laadulla on vaikutuksia myöhemmässä vaiheessa, hänen motivaationsa keskittyä näihinkin yksityiskohtiin ja parantaa laatua voi kasvaa.

Hyvin usein työnkierto on toteutettu erittäin yksinkertaisilla kvantitatiiviseen tietoon perustumattomilla säännöillä työnjohdon toimesta. Yleinen malli on esimerkiksi se, että työntekijä vaihtaa työtehtävää joka työpäivä. Kvantitatiiviseen tietoon perustuvilla malleilla on mahdollista auttaa työnjohtoa tekemään parempia työnkiertosuunnitelmia. (Bhadury & Radovitsky, 2006) Kvantitatiivisilla malleilla, joissa on otettu huomioon inhimillisillä tekijöitä, kuten työntekijän tuottavuus eri työtehtävissä, voi siis olla mahdollista hyötyä enemmän työnkierron positiivisista vaikutuksista ja välttää työnkierron negatiivisia vaikutuksia. Lisäksi, jos työnkierron vaikutuksia esimerkiksi työtyytyväisyyteen ja tuottavuuteen mitataan, voidaan työnkierron malleja kehittää jatkuvasti paremmaksi, jolloin työnkierron vaikutuksia voidaan optimoida mallin kehittyessä.

Erityisiä haasteita työnkierron suunnitteluun ja aikataulutukseen tuo se, että työntekijöitä on vähemmän kuin työtehtäviä tai -asemia, joissa eri tehtäviä tehdään. Tällöin työnkierto joudutaan aikatauluttamaan dynaamisemmin, kuin jos työntekijöitä on saman verran tai enemmän kuin työasemia. Näissä tapauksissa työvoima täytyy allokoida dynaamisesti

niihin työasemiin, joissa kulloinkin on tarvetta työntekijöille eri työasemien työtilanteen mukaan. (Savino et al., 2014) Näissä tilanteissa aikataulutukset ilman kvantitatiivisia malleja voi olla hyvin haastavaa ja voi johtaa heikkoon lopputulokseen tilanteen monimutkaisuuden vuoksi. Tällöin on todennäköistä, että työntekijä joutuu tekemään useita eri työtehtäviä saman päivän aikana. Aikataulutukset on tällöin mahdollista vain, jos työntekijät ovat monitaitoisia, eli pystyvät tekemään monia eri työtehtäviä. Tuotannon tarpeet on mahdollista täyttää sitä helpommin, mitä suurempi osa työntekijöistä on monitaitoisia. Tällöin eri työntekijöitä voi joustavammin kohdistaa eri työtehtäviin ja työntekijät voivat paremmin auttaa toisiaan eri työtehtävissä, jos työntekijällä on siihen aikaa omien tehtäviensä puitteissa. (Cuevas et al., 2016)

4.3 Älykäs työnohjaus

Tässä yhteydessä älykkäällä työnohjauksella tarkoitetaan visioitua työnohjausta automatisoivaa järjestelmää, jossa tekoälyä ja koneoppimista hyödynnetään henkilöstön työnohjauksessa. Älykkään työnohjauksen järjestelmä kohdistaa työntekijät oikeisiin työtehtäviin kokonaisuutta optimoiden. Järjestelmän tavoitteena on kasvattaa moniosuamista ja työviihtyvyyttä ja sitä kautta myös henkilöstötyytyväisyyttä töiden monipuolistumisen kautta. Lisäksi järjestelmällä pyritään vähentämään manuaaliseen työntekijöiden työtehtäviin kohdistamisen suunnitteluun kuluva työaika. Käytännössä järjestelmä analysoi koneoppimisen avulla tuotannon tilannetta reaaliaikaisesti ja sijoittaa henkilöresurssit oikeisiin työpisteisiin perustuen suoritemittausjärjestelmästä saatavaan työntekijädatan, tuotantokuorman sekä muiden rajoitteiden perusteella.

Tekoälyratkaisuja on työnohjauksen alueella kehitetty esimerkiksi työvuorojen suunnitteluun jo kauan. Jo varhaisissa tutkimuksissa on huomattu, että ratkaisuissa tulisi ottaa huomioon eri työntekijöiden vaihtelevat ominaisuudet, sillä esimerkiksi kaikki työntekijät eivät välttämättä voi tehdä kaikkia työtehtäviä. Jos työntekijöiden ominaisuuksia ei oteta ratkaisuissa huomioon, voidaan saada aikaan huonosti toimiva työaikataulu, jossa erilaisiin työtehtäviin aikataulutetut työntekijät sopivat tehtäviinsä huonosti. (Glover & McMillan, 1986) Käsitteet tekoälystä on kuitenkin muuttunut huomattavasti tekoälyn kehittyessä, ja tekoälyllä voidaan suorittaa huomattavasti vaativampia ja monimutkaisempia tehtäviä (Haenlein & Kaplan, 2019). Myös työnohjauksen tarpeisiin on mahdollista kehittää yhä monimuotoisempia tekoälyn ratkaisuja tekoälyn kehittymisen myötä.

Yhä useammin työvuorojen kuvaamiseen ei enää riitä niiden alkamis- ja päättymisajat. Usein tarvitaan myös tietoa siitä, mitä työtehtäviä työntekijän tulee tehdä näiden työvuorojen aikana. Työvuorojen muodostamiseen voidaan soveltaa erilaisia rajoituksia, kuten yhden työntekijän kerralla tekemän toiminnon minimi- ja maksimikestoja, eri toimintojen määrien minimi- ja maksimimäärää ja esimerkiksi työntekijälle kohdistettavien työtehtävien rajoittamista työntekijän pätevyyden mukaan. (Dahmen et al., 2018) Älykkään työnohjauksen ratkaisussa tulee käyttää tämän tyyppisiä rajoitteita, jotta voidaan varmistua, ettei tekoäly luo sellaisia suunnitelmia, jotka eivät toimi reaali maailmassa. Esimerkiksi liian tiheään vaihtuvat työtehtävät aiheuttavat, että siirtymät eri työpisteiden välillä vie suuren osan työajasta (Cuevas et al., 2016). Tällöin työntekijä ei todennäköisesti pääse keskittymään mihinkään työtehtävään kunnolla. Toisaalta jos työtehtävä ei vaihdu tarpeeksi usein, voi aiheutua kyllästymistä, jonka lisäksi työntekijä ei pääse kehittymään muissa työtehtävissä. Eri työntekijöille sopivien työtehtävien rajoittaminen taas on välttämätöntä sen takia, koska jotkin työtehtävät saattavat vaatia erityistä koulutusta, joka työntekijän täytyy suorittaa, ennen kuin työntekijä voi tehdä työtä esimerkiksi työturvallisuuden vuoksi.

Monissa työtehtävissä tilanteet voivat olla hyvin dynaamisia, jolloin työkuormat eivät ole tiedossa etukäteen ja voivat muuttua hyvin nopeasti. Tällöin työn kohdistamista ja aikataulutusta joudutaan uudelleensuunnittelemaan jatkuvasti uuden tiedon perusteella. (Sabar et al., 2012) Tällaisissa tilanteissa älykkään työnohjauksen tekoälyn suorittama työn kohdistus työntekijöille vähentää työnjohdon manuaalista työtä huomattavasti. Lisäksi on mahdollista, että tekoäly voi hyvin toteutettuna etenkin dynaamisissa ympäristöissä päästä parempaan lopputulokseen työn kohdistuksessa, koska tällöin päätökset tehdään perustuen suureen määrään dataa, jota työnjohdon olisi muuten työlästä käsitellä jatkuvasti. Tällöin voidaan käyttää monimuotoisempia työn kohdistamis- ja aikataulutussmalleja, jotka voivat tehostaa työskentelyä ja parantaa tuottavuutta (Bhadury & Radovitsky, 2006; Savino et al., 2014).

Erilaisia tuotannon henkilöresurssien kohdistamis- ja aikataulutusesongelmia on aiemmin ratkottu onnistuneesti käyttämällä esimerkiksi moniagenttijärjestelmiin perustuvia optimointialgoritmeja ja PEAST-algoritmia (Kyngäs et al., 2013; Sabar et al., 2012; Savino et al., 2014). PEAST-algoritmissa ratkaisua muutetaan systemaattisesti sille annettuja sääntöjä noudattaen jokaisella iteraatiolla. Ratkaisua sekoitetaan välillä siten, että ratkaisu ajautuu kauemmaksi paikallisesta optimista. Tällöin saada erilaisia ratkaisuja, jotka

voivat olla parempia kuin aiempi paikallinen optimiratkaisu. Lopuksi, kun iteraatiokierroksia on tehty tarpeeksi, annetaan lopulliseksi ratkaisuksi paras siihen mennessä saatu ratkaisu. (Kyngäs et al., 2013)

Moniagenttijärjestelmään perustuvat algoritmit ovat PEAST-algoritmin tapaan ratkaisua iteroivia algoritmeja. Moniagenttijärjestelmissä on useita itsenäisiä agentteja, joilla on yhteisiä sekä agenttikohtaisia tavoitteita. Jokaisella agentilla voi olla erilaisia ominaisuuksia, taitoja ja kapasiteetteja. Agentit voivat kommunikoida ja neuvotella keskenään, tehdä yhteistyötä ja koordinoida toimintaansa tavoitteenaan saavuttaa nämä tavoitteet. Agentit kykenevät yhdessä saavuttamaan tavoitteet paremmin, kuin yksittäiset erillään toimivat agentit. Yhdessä toimimalla ja ratkaisua iteroimalla agentit pyrkivät löytämään kaikkia eri agentteja mahdollisimman hyvin tyydyttävän ratkaisun, joka täyttää yhteiset tavoitteet. (Sabar et al., 2012; Savino et al., 2014)

Työntekijöiden kohdistamis- ja aikataulutusergelmassa eri agentit voivat esimerkiksi edustaa eri työntekijöitä ja työasemia. Nämä agentit vastaavat tällöin reaali maailmassa olevia työntekijöitä ja työasemia tavoitteineen, taitoineen, rajoitteineen muine ominaisuuksineen. Näiden lisäksi voidaan tarvita koordinaattoriagentti, joka koordinoi työntekijöitä työnjohtajan tapaan, sekä tuotantoagentti, joka asettaa tavoitteet ja prioriteetit työasema-agentteille. Nämä agentit yhdessä toimimalla, kommunikoimalla, neuvottelemalla ja ratkaisua iteroimalla pyrkivät löytämään kulloinkin tilanteeseen parhaiten sopivan työaikataulun ja työntekijöiden kohdistamisen työasemille kokonaisuutta optimoiden. (Sabar et al., 2012) Moniagenttijärjestelmissä työn aikataulutusergelman ratkaisussa eri agentit toimivat siis samaan tapaan kuten eri toimijat, joita agentit edustavat. Sen sijaan, että reaali maailman eri toimijat yhdessä pyrkisivät löytämään parhaan mahdollisen ratkaisun ongelmaan, tekee sen heidän sijaansa tekoäly eri agenttien roolissa, jolloin ratkaisun saavuttaminen on nopeampaa, sen muodostamisen tukena on käytössä enemmän dataa ja iteroinnin vuoksi ratkaisusta voidaan saada paremmin kokonaisuutta optimoiva.

Reaali maailman tilanteet voivat olla niin monimuotoisia, ettei kaikkia tarvittavia sääntöjä tai tilanteita voida mallintaa algoritmeille. Tämän vuoksi on mahdollista, että erilaiset algoritmit voivat antaa ratkaisuksi sellaisen suunnitelman, jota ei ole jostain syystä mahdollista toteuttaa reaali maailmassa. Tämän vuoksi työntekijöiden on yhä oltava mahdollista vuorovaikuttaa keskenään ja kehittää ratkaisua paremman töiden kohdistamisen ja aikataulutuksen saavuttamiseksi, jos alkuperäinen ratkaisu ei ole kaikilta osin paras mahdollinen. Älykkään työnohjauksen onkin tärkeää olla rajoittavan ohjausjärjestelmän sijaan mahdollistava, ja siinä on otettava huomioon mahdollistavan ohjausjärjestelmän

erityispiirteiden, eli korjattavuuden, sisäisen ja ulkoisen läpinäkyvyyden sekä joustavuuden toteutuminen (Adler & Borys, 1996).

4.4 Pelillistäminen

Pelillistämällä tarkoitetaan erilaisissa peleissä käytettävien elementtien käyttämistä pelien ulkopuolisissa yhteyksissä, kuten esimerkiksi työnteossa. Pelillistämisen tavoitteena on kasvattaa motivaatiota ja parantaa sitoutumista sekä muuttaa käyttäytymistä haluttuun suuntaan erilaisten tavoitteiden saavuttamiseksi. (Hosseini et al., 2019) Pelillistämässä erilaiset aktiviteetit, prosessit, järjestelmät, palvelut, tuotteet tai organisaatiokenteet suunnitellaan käyttämään erilaisia pelimekaniikkoja siten, että ne vahvistavat positiivisia kokemuksia ja mahdollistavat taitojen kehittämisen. Pelillistämistä voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa työtehtävissä aina suorittavasta työstä johtamiseen. (Gerdnitsch et al., 2020) Pelillistämistä on mahdollista hyödyntää myös esimerkiksi varasto- ja tuotannontyöntekijöiden työn kehittämisessä WMS- ja MES-järjestelmiin kehitettävien pelillistämistä tukevien ominaisuuksien avulla.

Eräs tapa toteuttaa pelillistämistä on työn mittaaminen ja tämän mittausten tulosten esittäminen työntekijöille itselleen (Ranganathan & Benson, 2020). Suosituimpia pelillistämisen muotoja ovatkin erilaiset pisteytykset, tasojärjestelmät ja tulostaulut, joissa työntekijän työn mittaamista hyödynnetään (Mekler et al., 2013). Työn mittaamista voidaan hyödyntää erilaisissa pelillisissä mekaniikoissa, kuten henkilökohtaisissa työntekijöille asetetuissa tavoitteenasetannassa, itseään vastaan kilpailemisessa sekä henkilökohtaisessa reaaliaikaisessa palautteessa. Näiden mekaniikoiden tavoite on se, että työntekijät pyrkivät suoriutumaan paremmin ja kehittymään työssään. (Ranganathan & Benson, 2020)

Nämä pelillistämisen muodot ovat luonteeltaan sopivia käyttötarkoituksia suoritemittausjärjestelmästä saatavalle tuottavuustiedoille. Suoritemittausjärjestelmän avulla on yksinkertaista pisteyttää työntekijöiden työtä ja luoda erilaisia tasojärjestelmiä, jossa työntekijä voi edetä tekemällä suoritteita ja kehittymällä eri työtehtävissä. Tuottavuustietojen perusteella voidaan tehdä erilaisia tulostauluja, jotka kertovat työntekijän tasosta muihin työntekijöihin tai työntekijän aiempiin tuloksiin verrattuna. Pelillistämisen ratkaisu voi tuottavuustietojen perusteella esimerkiksi asettaa tavoitteita työntekijän aiemman tuottavuuden perusteella ja antaa palautetta käyttäjälle tehdystä työstä työntekijän omiin his-

toriatietoihin verraten. Hyvin toteutettuna ratkaisu voi saada työntekijät pyrkimään jatkuvasti parantamaan tuottavuustuloksiaan ja omia ennätyksiään, jolloin työntekijät kilpailevat itseään vastaan.

Pelillistämisen hyödyntämiselle työnteossa on useita erilaisia tavoitteita riippuen organisaatiosta, jossa sitä hyödynnetään. Hyvin yleinen tavoite pelillistämällä on parantaa työmotivaatiota pelillisyyden myötä lisääntyneen työstä saatavan ilon ja nautinnon sekä itsenäisyyden tunteen myötä. Lisäksi pelillistämällä pyritään usein tehostamaan työntekijöiden työnteoa esimerkiksi kannustamalla tehokkuuteen ja korostamalla työntekijän vastuuta työn tuloksellisuudesta. (Gerdenitsch et al., 2020; Hosseini et al., 2019; Mekler et al., 2013; Mitchell et al., 2020; Ranganathan & Benson, 2020) Pelillistämällä voidaan myös antaa näkyvyyttä työntekijälle työntekijän omiin tunnuslukuihinsa ja tämän suhteutumista muihin työntekijöihin, jonka lisäksi pelillistämällä voidaan antaa reaaliaikaista palautetta joka antaa näkyvyyttä hänen suorituksiinsa suoritushetkellä (Gerdenitsch et al., 2020; Ranganathan & Benson, 2020). Tämän avulla voidaan esimerkiksi saada vahvistettua työntekijöiden kelpoisuuden ja pätevyyden tuntemuksia (Mitchell et al., 2020).

Erilaisilla pelillistämässä käytetyillä elementeillä on erilaisia vaikutuksia. Jotkut elementit voivat aiheuttaa kilpailutilanteita eri työntekijöiden välille, kun taas toiset voivat rohkaista yhteistyöhön eri työntekijöiden välillä. (Hosseini et al., 2019) Tämän lisäksi erilaisissa työympäristöissä on omat erityispiirteensä, jotka vaikuttavat erilaisten elementtien vaikutuksiin ja tarpeisiin (Gerdenitsch et al., 2020). Pelillistämistä suunniteltaessa täytyy siis ottaa huomioon, mitä pelillistämällä halutaan saavuttaa ja mitkä elementit toimivat kyseisessä ympäristössä tavoitteita tukevasti. Myös elementit täytyy suunnitella tukemaan toisiaan, jotteivät ne ole ristiriidassa keskenään tai aiheuta konflikteja. (Hosseini et al., 2019)

Vaikka usein pelillistämällä on saatu hyviä tuloksia, kaikissa työtehtävissä ja kaikille työntekijöille pelillistäminen ei toimi hyvänä motivaation lähteenä (Mitchell et al., 2020). Pelillistämisen on huomattu toimivan parhaiten yksinkertaisissa tehtävissä, ja hyvin kompleksisissa tehtävissä pelillistäminen saattaa jopa heikentää motivaatiota (Ranganathan & Benson, 2020). Lisäksi, jos työn laatu on työn ensisijainen tavoite, voi huonosti toteutettuna ja nopeudesta palkitsevana pelillistäminen ohjata työntekijöitä toimimaan laatuun liittyviä tavoitteita vastaan (Hosseini et al., 2019). Tämän vuoksi tulee käyttää harkintaa sen suhteen, missä työtehtävissä pelillistämistä kannattaa hyödyntää. Lisäksi koska kaikkia työntekijöitä pelillistäminen ei motivoi samalla tavalla, tulee pelillistämisen ratkaisun olla sellainen, että työntekijä voi halutessaan olla hyödyntämättä sitä (Hosseini et al., 2019; Ranganathan & Benson, 2020).

Jotta pelillistämisen ratkaisu koettaisiin mahdollistavana rajoittavan sijaan, tulee mahdollistavan ohjauksjärjestelmän erityispiirteet ottaa huomioon suunnittelussa ja käyttöönotossa (Adler & Borys, 1996). Esimerkiksi se, että työntekijät pakotetaan käyttämään pelillistämistä ennalta määrättyllä tavalla, eikä pelillistämisestä negatiivisia kokemuksia saavat voi olla käyttämättä pelillistämisen ratkaisua, voidaan kokea rajoittava ja täten motivaatiota laskevana. Pelillistämisen kaltaisissa työntekijöiden mittausjärjestelmissä on läpinäkyvyys hyvin tärkeää mahdollistavuuden kannalta. Tämän vuoksi työntekijät on hyvä ottaa mukaan pelillistämiseen jo sen suunnitteluvaiheessa. (Wouters & Wilderom, 2008) Jos työntekijät eivät ymmärrä pelillistämisessä käytettyjä mittaristoja niiden monimutkaisuuden vuoksi, voidaan pelillistämisen mittaristo kokea jopa lannistavana. Jos taas mittarit ovat helppo ymmärtää, kokemukset ovat positiivisempia. (Ranganathan & Benson, 2020)

4.5 Muita mahdollisia käyttökohteita

Suoritemittausjärjestelmä kehitetään erityisesti älykästä työnohjausta sekä pelillistämistä varten. Suoritemittausjärjestelmällä on kuitenkin myös muita mahdollisia käyttökohteita. Suoritemittausjärjestelmää voidaan hyödyntää systemaattisesti esimerkiksi muutosten vaikutusten arvioinnissa, palautteen keräämisessä työntekijöiltä. Myös näiden käyttökohteiden lisäksi voi olla paljon erilaisia tarpeita, jossa voidaan hyödyntää työntekijöiden tuottavuustietoja eri työtehtävissä niin yksittäisten työntekijöiden osalta, kuin myös kokonaistuottavuuden osalta.

Muutosten vaikutusten arvioinnissa voidaan käyttää erilaisia mittaristoja arvioimaan, miten muutokset vaikuttivat mittaristoihin. Näin voidaan arvioida, saavutettiin muutoksilla haluttu lopputulos. (Hisano Barbosa & Andreotti Musetti, 2011) Esimerkiksi teknologisten muutoksien yhteydessä voidaan tarkastella muutosten vaikutusta kokonaistuottavuuteen muuttuneiden panosten ja tuotosten myötä (Lipsey & Carlaw, 2004). Tuottavuuden muuttuminen kuvaa muutoksia organisaation kyvyssä käyttää sen potentiaalia ja sitä, miten tuotantopotentiaalia saadaan kasvatettua eri investointien aiheuttamien muutosten avulla (Kapelko et al., 2017). Esimerkiksi erilaisten investointien yhteydessä voidaan arvioida sitä, miten investointien aiheuttamat muutokset ovat vaikuttaneet tuottavuuteen, eli miten hyvin muutokset ovat vastanneet odotuksia ja miten hyvin muutokset ovat onnistuneet.

Koska suoritemittausjärjestelmällä voidaan mitata yksittäisten työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä, on muutoksen vaikutuksia mahdollista tarkastella yksittäisten työntekijöiden tasolla kokonaistuottavuuden lisäksi. Tämä mahdollistaa sen, että suunniteltuja muutoksia on mahdollista testata ennen käyttöönottoa pienemmällä joukolla työntekijöitä. Tällöin voidaan arvioida suunniteltujen muutosten vaikutuksia ja tulosten perusteella kehittää suunniteltua muutosta siten, että sen vaikutukset saadaan optimoitua. Näin muutoksia ei tarvitse ottaa kokonaisuudessaan käyttöön ennen kuin voidaan arvioida, millaisia vaikutuksia muutoksilla tulee olemaan, jolloin voidaan pienentää riskiä muutosten epäonnistumiselle. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi uusien työkalujen tai toimintatapojen käyttöönoton tai suunnittelun yhteydessä, kun osittainen käyttöönotto on mahdollista. Kuitenkin, koska tuottavuus on harvoin ainoa tekijä, jolla on muutoksen onnistumisen kannalta merkitystä, tulee muutosten vaikutusten arvioinnissa ottaa huomioon tuottavuuden lisäksi myös muita mittareita.

Usein työntekijöiden on vaikeaa antaa palautetta johdolle esimerkiksi työolosuhteista ja työtä haittaavista tekijöistä, ja työntekijän on usein helpompi vaieta asiasta kuin tuoda asia esille. Tämä voi johtua esimerkiksi negatiivisen leimaantumisen pelosta. (Milliken et al., 2003) Tämä voi johtaa siihen, että työtä haittaavia asioita ei tunnisteta. Jos työtä haittaavat tekijät voitaisiin tunnistaa, voitaisiin niitä pyrkiä estämään, jolloin työntekijän työ voisi helpottua, työhyvinvointia parantua ja tuottavuus kasvaa.

Jos suoritemittausjärjestelmästä saatavien tuottavuustietojen avulla tunnistetaan tilanteet, kun työntekijän tuottavuus on jostain syystä normaalia matalampi tai korkeampi, voidaan heiltä kysyä palautetta ja mahdollisia työhön vaikuttavia positiivisia tai negatiivisia tekijöitä esimerkiksi työvuoron päätteeksi. Tällöin voidaan tunnistaa asioita, jotka haittaavat työntekoa, jolloin näitä voidaan pyrkiä poistamaan. Vastaavasti voidaan tunnistaa työntekoa helpottavia asioita, joita voitaisiin pyrkiä hyödyntämään aiempaa tehokkaammin. Koska suoritemittausjärjestelmän avulla voidaan tunnistaa ne hetket, jolloin tuottavuudessa on poikkeavuuksia, voidaan palautetta kysyä automaattisesti kohdennetusti niiltä työntekijöiltä, joilla poikkeavuuksia on havaittu. Tällöin työntekijä todennäköisemmin pystyy tunnistamaan syyt poikkeavuuksille. Lisäksi, kun annetaan mahdollisuus antaa palautetta pienellä kynnyksellä juuri oikealla hetkellä, palaute annetaan todennäköisemmin, kuin jos samanlaista mahdollisuutta ei ole.

Työntekijöiden tuottavuusmittauksen tuloksille voi olla myös hyvin paljon muita erilaisia suuria ja pieniä käyttökohteita. Tuottavuusmittausta voidaan käyttää muiden ei-taloudellisten ja taloudellisten mittareiden kanssa johtamisen tukemiseen (Abdel-Maksoud et al.,

2007). Tuottavuusmittauksista saatavaa tietoa voidaan käyttää osana johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuutta tukemaan hyvin erilaisia käyttökohteita johtamistyössä eri johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden elementeissä. Mittaustietoa voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten suorituskykyyn vaikuttavien tekijöiden tunnistamiseen, erilaisten vertailujen tekemiseen, palautteen antamiseen ja päätöksenteon tukemiseen. (Malmi & Brown, 2008)

Tässä diplomityössä on käsitelty teoriaa siitä, mitä tuottavuus on ja kuinka sitä mitataan. Lisäksi se, miten laatu ja tuottavuus liittyvät toisiinsa sekä mitkä muut asiat vaikuttavat tuottavuuteen ja joiden vaikutus tulisi mahdollisesti ottaa huomioon tuottavuuden mittaamisessa. Lisäksi teoriaosuudessa on käsitelty suoritemittausjärjestelmän mahdollisia käyttökohteita ja sitä, miten näiden käyttökohteiden muutokset tulee ottaa huomioon osana laajempaa johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuutta muutosten rajoittavuus ja mahdollistavuus huomioiden. Tätä tietoa käytetään tukena suunnittelututkimusprosessin eri vaiheissa tämän diplomityön myöhemmissä luvuissa.

5. SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS JA VAATIMUKSET

Suunnittelututkimuksessa ennen itse kehitysvaihetta muodostetaan ehdotus, jossa määritellään kehitettävän ratkaisuun peruseriaatteet. Ehdotusvaiheessa pyritään löytämään toteutettava ratkaisu olemassa olevan tiedon sekä tämänhetkisen ratkaisukandidaatin ominaisuuksien perusteella. Alustava ratkaisuehdotus, joka on lähtökohtana ehdotuksen kehittämiseksi, on annettu diplomityön toimeksiantajan puolesta. Ensin tulee siis selvittää, mikä alustava ratkaisuehdotus pitää sisällään, ja miten se ratkaisee ongelman, eli tarpeen mitata työntekijöiden suorituskykyä vertailukelpoisesti eri työtehtävissä. Ratkaisuehdotusta tulee kuitenkin tarkentaa järjestelmäarkkitehtuurin, vaatimusten ja järjestelmästä saatavan datan osalta.

Erilaisia vaatimuksia järjestelmälle voidaan johtaa ongelman asettelusta, alustavasta ratkaisuehdotuksesta sekä käsitellystä teoriasta. Tuottavuuden ja suoritemittauksen käyttökohteita käsittelevä teoria asettaa lähtökohtia ehdotuksen muodostukselle. Teorian perusteella on löydettävissä vaatimuksia järjestelmälle, jotka järjestelmän tulee täyttää, jotta järjestelmä voi tehdä tuottavuuslaskelmia teorian mukaisella tavalla ja on käyttökohteisiinsa sopiva.

5.1 Alustava ehdotus

Alustava ratkaisuehdotus on, että kehitetään suoritemittausjärjestelmä, jolla mitataan työntekijöiden suoritusnopeutta eri työtehtävissä. Suoritemittausjärjestelmä luo työntekijöille profiilit, jotka kuvaavat sitä, kuinka tuottava kukin työntekijä on missäkin työtehtävässä. Suoritemittausjärjestelmä on automaattisesti taustalla toimiva järjestelmä, joka ei suoraan näy käyttäjälle tai vaadi käyttäjältä mitään toimia. Järjestelmä pitää sisällään tietokannan, jossa suorite- ja käyttäjädataa säilytetään, sekä laskennan, jonka perusteella suorite- ja käyttäjädatasta saadaan dataa työntekijöiden tuottavuudesta.

Suoritedata suoritemittausjärjestelmään saadaan ulkoisista käyttäjä suoritteiden tekemiseen ohjaavista järjestelmistä, joihin suoritemittausjärjestelmä on liitetty. Alustavasti tunnistettuja järjestelmiä, joissa suoritemittausjärjestelmää halutaan hyödyntää liitännäisenä, on WMS ja MES järjestelmät. Suoritemittausjärjestelmää ei kuitenkaan haluta rajoittaa toimimaan vain näiden järjestelmien liitännäisenä. Jos myöhemmin tunnistetaan

järjestelmiä, tai kehitetään kokonaan uusia järjestelmiä, joista suoritettaa voidaan saada suoritemittausjärjestelmään, täytyy suoritemittausjärjestelmän olla mahdollista toimia myös näistä järjestelmistä saatavalla datalla.

Osa ongelmaa on, että työntekijöiden suorituskykymittausten tulee olla vertailukelpoisia keskenään. On huomattu, että työnteon ajankohta vaikuttaa työntekijän suorituskykyyn työntekijöistä riippumattomien tekijöiden vuoksi. Esimerkiksi kuormitusilanteet eri työtehtävissä muuttuvat riippuen ajankohdasta. Tämän vuoksi suoritemittausten tulos normalisoidaan siten, että työntekijän mittausten perusteella saatavat tuottavuuslukemat eivät vaihtelee sen mukaan, milloin työ on tehty, vaan mittauksen tuloksessa huomioidaan työnteon ajankohdan vaikutus tuottavuuteen. Tällöin tiettyinä ajankohtina työtä tekevien työntekijöiden tulokset eivät ole oletusarvoisesti huonommat kuin jonain toisena ajankohtina töitä tekevien työntekijöiden, jolloin mittausten tulokset ovat vertailukelpoiset riippumatta työn tekemisen ajankohdasta.

Suoritemittausjärjestelmän avulla työntekijöiden tuottavuuden mittaus eri työtehtävissä voidaan automatisoida. Normalisoinnin myötä mittaustulokset ovat myös vertailukelpoisia, tai ainakin mahdollisimman vertailukelpoisia, keskenään eri työntekijöiden välillä. Jos suoritemittausjärjestelmä suunnitellaan ja toteutetaan tarpeiden mukaisesti ja suoritemittausten tulos on mahdollista normalisoida työnteon ajankohdan perusteella, ratkaisee suoritemittausjärjestelmä tarpeen mitata työntekijöiden suorituskykyä vertailukelpoisesti eri työtehtävissä.

5.2 Suoritemittausjärjestelmässä mitattavat suoritteet

Suoritteelle ei ole tutkimuksessa vakiintunutta määritelmää, joka kuvaisi tässä yhteydessä suoritemittausjärjestelmässä mitattavaa kokonaisuutta. Jotta on selvää, millaisia kokonaisuuksia suoritemittausjärjestelmällä mitataan, on käsite määritettävä ennen, kuin ratkaisuehdotusta aletaan tarkentamaan. Lisäksi on määritettävä, minkä tyyppisiä suoritteita suoritemittausjärjestelmässä mitataan, sillä tällä voi olla vaikutuksia suoritemittausjärjestelmän suunnitteluun.

Tässä yhteydessä suoritteella tarkoitetaan työntekijän tekemää suoritusta, jolla on määritettävissä alku- ja päätepiste. Suoritteen alkupisteestä päästään päätepisteeseen prosessilla, joissa voi olla aina samalla tavalla toistuvia osia, mutta siinä voi olla myös osia, joissa työntekijä voi itse käyttää omaa harkintaansa, miten hän missäkin tilanteessa toimii. Suoritteen myötä saadaan aikaan jokin tuotos, jonka vuoksi suoritetta tehdään. Tuotoksella voi olla aineellisten ominaisuuksien lisäksi myös aineettomia ominaisuuksia,

joka on yleistä esimerkiksi silloin, kun työssä on palvelullisia elementtejä (Schönsleben, 2019).

Koska suoritemittausjärjestelmässä mitataan suoritettujen avulla työntekijöiden tuottavuutta, täytyy mitattavien suoritteiden tuottaa tuotoksia, joiden tuottamisen tehokkuudesta ollaan kiinnostuneita. Mitattavan suoritteen myötä jonkinlaisen työkokonaisuuden tulee valmistua. Esimerkiksi pelkkä vasaran heilautus ei riitä mitattavaksi suoritteeksi, jos yksi vasaran heilautus ei aiheuta sitä, että jokin kokonaisuus valmistuu. Sen sijaan, jos jokin työvaihe saadaan valmiiksi työntekijän taitojen mukaan vaihdellen kymmenestä kahteenkymmeneen vasaranheilautuksella, voidaan työvaiheen valmistumisen katsoa olevan tuotos, jota suoritemittausjärjestelmässä voidaan mitata. Tällöin mitattavana suoritteena on siis vasaranheilautusten sijaan työvaiheen valmistuminen.

Yksi suorite tuottaa yhden tai useamman tuotoksen, jota käytetään tuottavuuden laskennassa. Jos käytetään aiempaa varastotyöntekijän pakkausesimerkkiä, voisi yhden lähetysten pakkaaminen muodostaa yhden suoritteen. Suoritteen alkupisteenä on se, että muodostetaan uusi pakkauslista, josta työntekijä näkee, mitä tuotteita ja kuinka paljon hänen tulee pakata toimitusta varten. Päätepisteenä tässä tilanteessa voisi olla se, että kolli on suljettu, siihen tulostettu kaikki lähetystä varten tarvittavat tulosteet, ja kolli on valmis siirrettäväksi lähettämöön. Riippuen, miten tuotos tässä tapauksessa määritetään, voi tämä suorite saada aikaan yhden tuotoksen, jos tuotokset lasketaan pakattuina kolleina, tai useita tuotoksia, jos tuotokset lasketaan pakattuina myyntitilausriveinä, ja yhteen kolliin on pakattu useita myyntitilausrivejä. Jos lähetys on suuri, voidaan yksi lähetys muodostaa myös useita kolleja.

Koska suoritemittausjärjestelmässä suoritettiedot saadaan valmiina esimerkiksi WMS- tai MES-järjestelmistä, ovat mitattavat suoritteet sellaisia, joista jää lähdejärjestelmiin, joista suoritettietoja saadaan, jonkinlainen tieto työn suorittamisesta. Jotta suoritettieto jää lähdejärjestelmään ja on saatavilla tämän myötä suoritemittausjärjestelmän suoritteiksi, on lähdejärjestelmän ohjattava työntekijää kyseisen työtehtävän tekemisessä. Suoritettiedossa yhdistyy tiedot siitä, kuka työntekijä on tehnyt mitä työtehtävää mihin aikaan ja kuinka paljon. Sellaisia työtehtäviä, joista ei jää työntekijää ohjaavaan lähdejärjestelmään suoritettietoja, ei voida suoritemittausjärjestelmässä mitata.

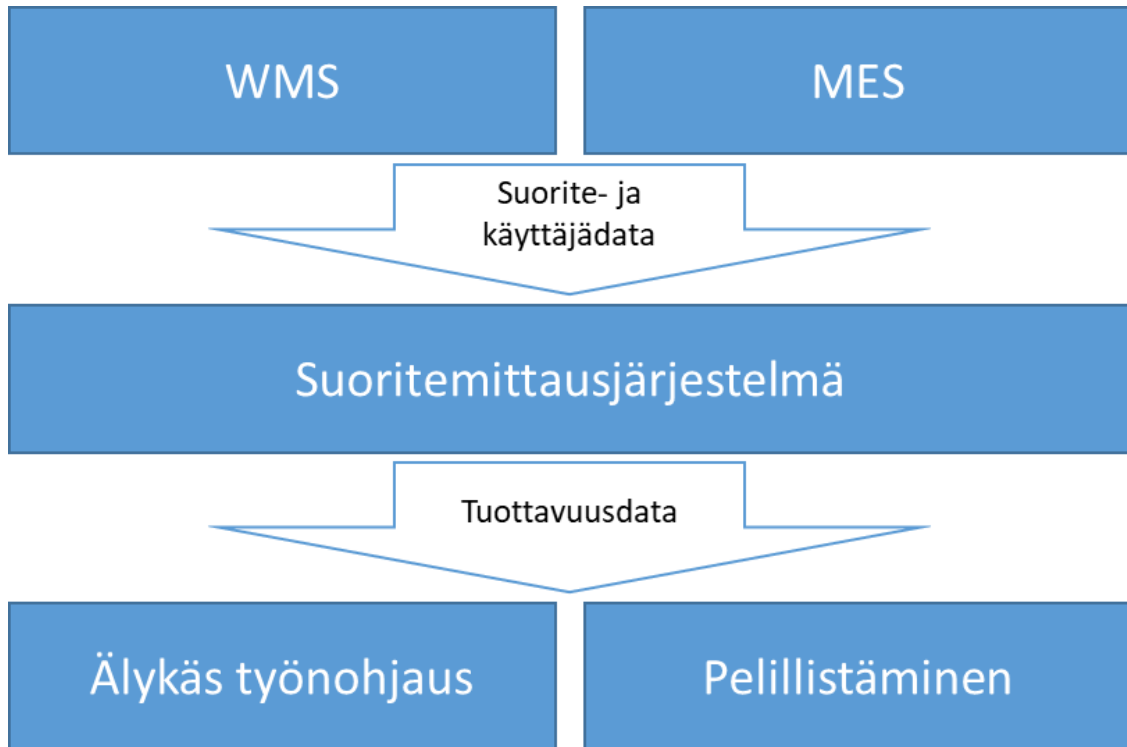
Suoritemittausjärjestelmällä mitataan suorittavan työn suoritteita, eikä sitä ole tarkoitus soveltaa esimerkiksi tietotyöhön. Mitattavien suoritteiden tulee olla toistuvia, jolloin suoritteita tehdään useita kappaleita sarjassa siten, että kun edellinen suorite on saavuttanut päätepisteensä, aloitetaan uusi suorite. Suoritemittausjärjestelmässä mitattavien suorit-

teiden tulee olla luontevasti mitattavissa tuotosten määrällä aikayksikössä. Suoritemittausjärjestelmässä mitattavat suoritteet ovat kestoiltaan lyhyitä, jolloin niiden kesto on maksimissaan minuuteista kymmeneen minuutteihin. Koska suoritemittausjärjestelmän suoritiedata saadaan muista järjestelmistä, kuten WMS tai MES, tulee suoritteesta jäädä dataa järjestelmään, jota käytetään suoritemittausjärjestelmän lähdejärjestelmänä.

5.3 Järjestelmäarkkitehtuuri

Jotta järjestelmän toiminnallisuudet saadaan pidettyä järkevänä kokonaisuutena, tulee järjestelmälle asettaa rajauksia sille, mitä asioita on sen vastuulla suhteessa muihin järjestelmiin. Tällä saadaan varmistettua se, että järjestelmän vastuualueet pysyvät selkeinä ja järjestelmän toiminnallisuudet näitä vastuualueita palvelevina. Tämän avulla järjestelmän suunnittelua voidaan ohjata oikeaan suuntaan, jolloin suunnitteluvaiheessa on selkeää, mitä kuuluu minkäkin järjestelmän vastuusiin. Tällöin suunnittelussa voidaan keskittyä oikeisiin, suoritemittausjärjestelmää koskeviin, asioihin.

Yksinkertaisesti esitettynä suoritemittausjärjestelmän kanssa yhdessä toimii lähdejärjestelmä tai lähdejärjestelmiä sekä kohdejärjestelmä tai kohdejärjestelmiä. Lähdejärjestelmistä saadaan suoritemittausjärjestelmässä käytetty suorite- ja käyttäjädata, jonka perusteella suoritemittausjärjestelmä laskee eri työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä. Nämä tuottavuustiedot toimitetaan kohdejärjestelmille, jotka käyttävät tuottavuustietoja järjestelmän tarpeiden mukaisesti. Alustavasti tunnistettuja lähdejärjestelmiä ovat WMS- ja MES-järjestelmät ja kohdejärjestelmiä älykkään työnohjauksen ja pelillistämisen järjestelmät. Kuvassa 2 on havainnollistettu eri järjestelmien välinen tiedonsiirto.



Kuva 2. Järjestelmäarkkitehtuuri

Kuvasta 2 voidaan nähdä yksinkertaisella tasolla, mitä rajapintoja suoritemittausjärjestelmään tarvitaan. Jotta lähdejärjestelmästä voidaan siirtää dataa suoritemittausjärjestelmään, tarvitaan rajapinta suoritemittausjärjestelmän ja lähdejärjestelmien välille. Toisaalta, jotta tuottavuusdataa voidaan käyttää kohdejärjestelmissä, tarvitaan rajapinta suoritemittausjärjestelmän ja kohdejärjestelmien välille.

Tässä eri järjestelmien muodostamassa kokonaisuudessa suoritemittausjärjestelmän vastuulla on käsitellä lähdejärjestelmistä saatavaa suorite- ja käyttäjädataa siten, että kohdejärjestelmät saavat kustakin eri työtehtävästä vertailukelpoista tuottavuusdataa eri työntekijöiden välille. Tuottavuusdatan ei tarvitse olla suoraan vertailukelpoista eri työtehtävien välillä tai esimerkiksi eri yritysten tai toimipisteiden välillä.

5.4 Vaatimukset

Vaatimusmäärittely on ohjelmistokehitysprosessissa varhaisessa vaiheessa tehtävä osuus. Vaatimusmäärittelyssä selvitetään kehitettävän järjestelmän vaatimukset niin, että eri osapuolet ymmärtävät ne riittävällä tasolla. (Beck, 2017) Suoritemittausjärjestelmälle on johdettavissa erilaisia vaatimuksia ratkaistavan ongelman määrittelyn, alusta-

van ratkaisuehdotuksen sekä tuottavuuteen ja suoritemittauksen käyttökohteisiin liittyvän teorian perusteella. Suoritemittausjärjestelmän tulee täyttää nämä vaatimukset, jotta se ratkaisee ongelman ja soveltuu hyvin käyttökohteidensa tarpeisiin.

Jo ongelman määrittelystä voidaan johtaa ensimmäiset hyvin perustevanlaatuiset vaatimukset järjestelmälle. Ongelmana on täyttää tarve mitata työntekijöiden suorituskykyä vertailukelpoisesti eri työtehtävissä. Ongelma pitää sisällään seuraavat vaatimukset suoritemittausjärjestelmälle:

1. Järjestelmän täytyy mitata työntekijän suorituskykyä.
2. Työntekijöitä, joiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.
3. Eri työtehtäviä, joissa työntekijöiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.
4. Mittaustulosten tulee olla vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä.

Työntekijän suorituskyvyn ulottuvuuksissa suoritemittausjärjestelmässä tarkastellaan vain ensimmäistä tasoa, eli sitä, kuinka hyvin työntekijä suoriutuu erilaisista työtehtävistä. Korkeampia työntekijän suorituskyvyn tasoja ei tarkastella suoritemittausjärjestelmässä. Suoritemittautietokannan ei tule siis ottaa kantaa esimerkiksi siihen, kuinka hyvin työntekijä tukee ympäristöään, kykenee vastaanottamaan muutoksia tai vaikuttaako hän käytöksellään työpaikan hyvinvointiin. (Koopmans et al., 2014) Tässä yhteydessä työntekijöiden suoriutumista erilaisissa työtehtävissä arvioidaan tutkimalla työntekijöiden tuottavuutta tekninen ja funktionaalinen, eli lopputuloksen ja lopputulokseen johtavan prosessin, laatu huomioon ottaen (Grönroos, 1984).

Se, että mittaustulosten tulee olla vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä, tarkoittaa vertailukelpoisuutta tietyissä työtehtävissä siten, että voidaan vertailla työntekijöiden suorituskykyä tietyssä työtehtävässä. Mittaustulosten ei tarvitse olla vertailukelpoisia eri työtehtävien välillä tai esimerkiksi eri toimipisteiden välillä, koska eri toimipisteissä eri työtehtävät voidaan tehdä eri tavoin, jolloin vertailu ei ole mielekäästä.

Alustavasta ratkaisuehdotuksesta on johdettavissa seuraavat vaatimukset:

5. Järjestelmän tekemä mittaus tapahtuu automaattisesti.
6. Järjestelmän data säilötään tietokannassa.
7. Järjestelmässä on rajapinnat lähde- ja kohdejärjestelmiin.
8. Tuottavuustiedot normalisoidaan työn suoritusajankohdan perusteella siten, että työnteon ajankohta ei vaikuta työn tuottavuuteen.

Alustavasta ratkaisuehdotuksesta johdetut vaatimukset ovat aiempia vaatimuksia tarkempia ja osa vaatimuksista on jo teknisempiä. Nämä vaatimukset ovat olleet jo etukäteen tiedossa, mutta ne on otettava huomioon samoin tavoin kuin muutkin vaatimukset.

Jotta tuottavuus voidaan laskea, tulee järjestelmässä olla laskemiseen tarvittavat tiedot. Tuottavuus lasketaan kaavalla $tuottavuus = (tuotosten\ määrä / panosten\ määrä) \times laatutekijä$, joten nämä tiedot tulee olla järjestelmässä saatavilla (Al-Darrab, 2000). Tuottavuuden teoriasta voidaan siis määrittää seuraavat vaatimukset järjestelmälle:

9. Järjestelmässä on tiedot tuotostäristä ja näihin käytetyistä työajasta, joiden perusteella lasketaan tuottavuus eri työtehtävissä.
10. Tuottavuuslaskelmissa on mahdollista ottaa huomioon työntekijän tekemän työn laatu käyttämällä laatutekijää.

Älykkään työnohjauksen ratkaisussa on tarkoitus hyödyntää suoritemittausjärjestelmää. Suoritemittausjärjestelmästä saadaan tietoa, kuinka tuottava kukin työntekijä on kussakin työtehtävässä ja esimerkiksi kuka tarvitsee harjoitusta missäkin työtehtävässä, jotta voisi heidän tuottavuutensa tehtävässä voisi parantua. Tätä voidaan hyödyntää työtehtävien kohdistamisessa työntekijöille, kun päätellään, kenen työntekijän tulisi tehdä mitään työtehtävää erilaisissa kuormitustilanteissa.

Älykkään työnohjauksen ratkaisussa käytetään tekoälyä, joka oppii sille syötetystä datasta, kuten työntekijän tuottavuudesta ja sen kehityksestä (Haenlein & Kaplan, 2019). Tämän vuoksi suoritemittausjärjestelmästä tulee saada esimerkiksi päiväkohtaista dataa eri työntekijöiden tuottavuudesta eri tehtävissä. Tällöin tekoäly voi oppia, miten työtehtävien kohdistaminen työntekijöille vaikuttaa työntekijöiden kehittymiseen eri tehtävissä tai erilaiset työntekijöiden allokointitavat vaikuttavat kokonaistuottavuuteen. Tämän vuoksi älykkään työnohjauksen ratkaisulle ei riitä, että jokaiselle työntekijälle annetaan eri työtehtäviin yksi arvo, joka kuvaa heidän tuottavuuttaan keskimäärin, vaan eri lukemat tulee saada vähintään päivittäisellä tasolla, eli mikä kunkin työntekijän tuottavuus on ollut missäkin työtehtävässä minäkin päivänä. Älykkään työnohjauksen taustalla olevan tekoälyn datan tarve asettaa siis seuraavan vaatimuksen:

11. Suoritemittausjärjestelmän tuottavuustiedot täytyy olla saatavissa vähintään päivittäisellä tasolla.

Työntekijöillä voi olla työaika, jolloin he eivät välttämättä tee mitään työtehtävää, jolle mitataan tuottavuutta. Tämä työaika ei kuitenkaan välttämättä ole hukkaa, vaan tämä voi sisältää työtehtäviä, joita järjestelmällä ei voida mitata, muiden työntekijöiden ohjeistamista, koulutuksia ja muuta ei tuottavaa työtä, joka on kuitenkin kokonaisuuden kannalta

hyödyllistä ja jopa välttämätöntä. Esimerkiksi työtehtävien väliseen siirtymiseen voi kulua työaika, ja näihin siirtymiin kuuluva työaika voi riippua esimerkiksi työpisteiden välisistä etäisyyksistä ja siirtymien määrästä (Cuevas et al., 2016). Jotta älykkäällä työnhajauksella on käytössä tuottavuustiedot, jotka kuvaavat työntekijöiden tuottavuutta työtehtäviä suorittaessa, tulee joutoaika, jolloin tuottavaa työtä ei tehdä, jättää pois laskelmista. Tästä seuraa vaatimus:

12. Työaika, jolloin työntekijä ei tee mitään järjestelmän mittaamaa työtehtävää, ei saa vaikuttaa työntekijän tuottavuuslaskelmiin missään tietyssä työtehtävässä.

Toinen käyttökohte, jossa suoritemittausjärjestelmästä saatavaa tuottavuusdataa on tarkoitus hyödyntää, on pelillistäminen. Usein, jos pelillistämisen käytetyt mittarit ovat liian monimutkaisia, eikä työntekijä ymmärrä niitä, voivat ne lannistaa työntekijää motiivon sijaan (Ranganathan & Benson, 2020). Jotta suoritemittausjärjestelmästä saatavat tuottavuustiedot olisivat helpommin ymmärrettävissä, tulee pelillistämisen käyttää laadun ja kuormitustilanteiden vaikutusta tuottavuuslukemiin hyvin harkitusti. Työntekijän on helppoa ymmärtää yksinkertaisia määrätietoja, kuten suoritteiden määrä yhteensä ja suoritteiden määrä aikayksikköä kohden, kun niihin ei ole otettu mukaan laadun vaikutusta tai niitä ei ole normalisoitu suoritusajankohdan mukaan. Tämän vuoksi suoritemittausjärjestelmästä tulee saada tuottavuuslukemat myös ilman laadun tai suoritusajankohdan vaikutusta. Pelillistämisen voidaan käyttää myös lukemia, joissa on otettu nämä tekijät huomioon, mutta näitä lukemia tulee käyttää eri tavalla, kuin yksinkertaisesti lukemia. Lisäksi näiden lukemien tarkoituksen tulee olla työntekijöille selkeitä. Pelillistäminen asettaa suoritemittausjärjestelmälle täten seuraavan vaatimuksen:

13. Järjestelmästä tulee saada myös yksinkertaista tuottavuusdataa, joissa laadun tai suoritusajankohdan vaikutusta ei ole huomioitu.

Yksi paljon käytetty pelillistämisen elementti on reaaliaikainen palaute (Ranganathan & Benson, 2020). Jotta pelillistämisen voitaisiin käyttää reaaliaikaisia tietoja ja antaa reaaliaikaista palautetta työntekijälle, tulee suoritemittausjärjestelmästä saatavan datan olla myös reaaliaikaista. Esimerkiksi se, että data päivittyy kerran päivässä, ei ole pelillistämisen tarpeeksi tarkka taso, sillä tällöin palautetta tehdystä työstä ei voida saada sillä hetkellä, kun työtä ollaan vielä tekemässä. Tämän vuoksi suoritemittausjärjestelmälle asetetaan seuraava tavoite:

14. Tuottavuusdata täytyy olla saatavissa reaaliaikaisesti.

Myös muut mahdolliset käyttökohteet on hyvä huomioida suoritemittausjärjestelmää suunnitellessa, vaikka ne eivät olisikaan etukäteen tiedossa. Tämä tarkoittaa, että suoritemittausjärjestelmä tulee suunnitella siten, että sitä on mahdollista käyttää joustavasti uusien käyttötarpeiden ilmentyessä. Tämä vähentää riskiä sille, että uusien käyttötarpeiden myötä itse suoritemittausjärjestelmään täytyy tehdä muutoksia. Tämän lisäksi lisätään vielä yksi vaatimus.

15. Tuottavuusdata täytyy olla saatavissa joustavasti erilaisille tarkastelujaksoille.

Kaikki ehdotusvaiheessa tunnistetut vaatimukset ovat kootusti taulukossa 2.

Taulukko 2. Suoritemittausjärjestelmän vaatimukset

Nro.	Vaatimuksen lähde	Vaatus
1	Ratkaistava ongelma	Järjestelmän täytyy mitata työntekijän suorituskykyä.
2	Ratkaistava ongelma	Työntekijöitä, joiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.
3	Ratkaistava ongelma	Eri työtehtäviä, joissa työntekijöiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.
4	Ratkaistava ongelma	Mittaustulosten tulee olla vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä.
5	Alustava ehdotus	Järjestelmän tekemä mittaus tapahtuu automaattisesti.
6	Alustava ehdotus	Järjestelmän data säilötään tietokannassa.
7	Alustava ehdotus	Järjestelmässä on rajapinnat lähde- ja kohdejärjestelmiin.
8	Alustava ehdotus	Tuottavuustiedot normalisoidaan työn suoritusajankohdan perusteella siten, että työnteon ajankohta ei vaikuta työn tuottavuuteen.
9	Tuottavuuslaskenta	Järjestelmässä on tiedot tuotostäristä ja näihin käytetyistä työajasta, joiden perusteella lasketaan tuottavuus eri työtehtävissä.
10	Tuottavuuslaskenta	Tuottavuuslaskelmissa on mahdollista ottaa huomioon työntekijän tekemän työn laatu käyttämällä laatutekijää.

11	Käyttökohteet / älykäs työnohjaus	Suoritemittausjärjestelmän tuottavuustiedot täytyy olla saatavissa vähintään päivittäisellä tasolla.
12	Käyttökohteet / älykäs työnohjaus	Työaika, jolloin työntekijä ei tee mitään järjestelmän mittaamaa työtehtävää, ei saa vaikuttaa työntekijän tuottavuuslaskelmiin missään tietyssä työtehtävässä.
13	Käyttökohteet / pelillistäminen	Järjestelmästä tulee saada yksinkertaistetut tuottavuustiedot, joissa laadun tai suoritusajankohdan vaikutusta ei ole huomioitu.
14	Käyttökohteet / pelillistäminen	Tuottavuustiedot täytyy olla saatavissa reaaliaikaisesti.
15	Käyttökohteet / muu	Tuottavuusdata täytyy olla saatavissa joustavasti erilaisille tarkastelujaksoille.

Vaatimukset 11, 14 ja 15 ovat osittain päällekkäisiä, sillä ne kaikki käsittelevät sitä, millaisille ajanjaksoille tuottavuustietoa on saatava. Ne eivät kuitenkaan ole ristiriidassa keskenään, vaan vahvistavat sitä, että järjestelmästä on saatavasti joustavasti tuottavuustietoa erilaisille ajanjaksoille, koska eri käyttökohteissa tuottavuustietoa käytetään eri tavoin. Kun otetaan huomioon, mikä vaatimuksen lähde on millekin näistä vaatimuksista, voivat kaikki näistä vaatimuksista tuoda hyödyllistä tietoa järjestelmän suunnittelua varten päällekkäisyyksistä huolimatta.

6. SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Ehdotuksen muodostuksen jälkeen on suunnittelututkimuksen prosessin seuraava vaiheena itse ratkaisun kehittäminen (Takeda et al., 1990). Tässä vaiheessa suoritemittausjärjestelmä suunnitellaan ehdotusta tarkemmalla tasolla ja tämän suunnitelman perusteella luodaan järjestelmän prototyyppi siten, että sitä voidaan käyttää järjestelmän tekemän laskennan testaamiseen.

Kehitysvaiheessa tulee suunnitella, mitä dataa järjestelmän on saatava lähdejärjestelmistä, kuinka dataa käsitellään ja mitä dataa järjestelmästä annetaan kohdejärjestelmille. Tämän perusteella suunnitellaan suoritemittausjärjestelmän tietokantarakenne ja taustalla toimiva tuottavuuslaskenta ja tulosten normalisointi. Suunnitelmien perusteella luodaan tuottavuuden laskentaan ja normalisointiin tarvittavat algoritmit ja prototyypin tietokantarakenne. Tässä yhteydessä ei toteuteta eri rajapintoja, vaan suunnitellaan pääpiirteittäin, mitä dataa järjestelmien välillä liikkuu.

6.1 Järjestelmään syötettävä data

Jotta työntekijöiden tuottavuus voidaan mitata eri työtehtävissä, tarvitsee järjestelmä tietoa työntekijöistä, sekä heidän tekemistään työtehtävistä ja sen suoritteista. Nämä tiedot tulee saada lähdejärjestelmistä suoritemittaustietokannan ja lähdejärjestelmien välisen rajapinnan kautta. Riippumatta siitä, mitä lähdejärjestelmiä käytetään, tulee suoritemittausjärjestelmään syötettävän datan olla samanlaista lähdejärjestelmästä riippumatta.

Eri työntekijöiden tiedot tarvitaan, jotta eri suoritteet voidaan kohdistaa työntekijöille ja täten eri työntekijöille on mahdollista laskea tuottavuus eri työtehtävissä. Työntekijän tietoja käytetään eri suoritteiden tekijän tunnistamiseen ja laskennassa siihen, että tunnistetaan, keille kaikille tuottavuus tulee laskea. Työntekijän tiedoksi riittää, että järjestelmässä on tieto, keitä kaikkia työntekijöitä, joille suoritteita kohdennetaan ja joille tuottavuuksia lasketaan, on olemassa, ja työntekijät ovat tietojen perusteella tunnistettavissa.

Työntekijän tiedot ovat luonteeltaan staattisia, eli vanhoja tietoja muutetaan ja uusia työntekijöitä lisätään tai vanhoja poistetaan vain harvoin. Työntekijän tiedot saadaan lähdejärjestelmistä sellaisinaan, eikä niitä suoritemittausjärjestelmässä muuteta. Jos työn-

tekijän tiedot muuttuvat lähdejärjestelmissä, tulee niiden muuttua myös suoritemittausjärjestelmässä, jotta eri järjestelmien tiedot vastaavat toisiaan. Lähdejärjestelmästä saatavat työntekijän tiedot ovat taulukossa 3.

Taulukko 3. Työntekijän tiedot

Tieto	Tietotyyppi	Kuvaus
Tunnus	Merkkijono	Työntekijän yksilöivä tunnus, jonka tulee olla uniikki eri työntekijöiden välillä.
Etunimi	Merkkijono	Työntekijän etunimi
Sukunimi	Merkkijono	Työntekijän sukunimi

Eri työtehtävien tiedot tarvitaan, jotta eri työntekijöiden tekemät suoritteet voidaan jakaa eri työtehtäville. Eri työtehtävät kuvaavat, mitä eri suoritetyyppejä työntekijän on mahdollista suorittaa. Työtehtäviä käytetään sen tunnistamiseen, mille eri työtehtäville työntekijöiden tuottavuudet tulee laskea. Lisäksi, kun suoritteelle annetaan tieto, mitä työtehtävää kyseinen suorite on, voidaan tunnistaa ne suoritteet, mitkä tulee ottaa huomioon työntekijän tuottavuuden laskemisessa kussakin työtehtävässä yhdessä suoritteen työntekijätiedon kanssa. Myös työtehtävän tiedoissa riittää, että tiedetään, mille eri työtehtäville tuottavuus on laskettavissa, ja työtehtävä on tietojen perusteella tunnistettavissa.

Myös työtehtävän tiedot ovat luonteeltaan staattisia, eli vanhoja tietoja muutetaan ja uusia työtehtäviä lisätään tai vanhoja poistetaan vain harvoin. Työntekijän tiedot saadaan lähdejärjestelmistä sellaisinaan, eikä niitä suoritemittausjärjestelmässä muuteta. Jos työtehtävän tiedot muuttuvat lähdejärjestelmissä, tulee niiden muuttua myös suoritemittausjärjestelmässä, jotta eri järjestelmien tiedot vastaavat toisiaan. Lähdejärjestelmästä saatavat työntekijän tiedot ovat taulukossa 4.

Taulukko 4. Työtehtävän tiedot

Tieto	Tietotyyppi	Kuvaus
Tunnus	Merkkijono	Työtehtävän yksilöivä tunnus, jonka tulee olla uniikki eri työtehtävien välillä.
Nimi	Merkkijono	Työtehtävän nimi

Tuottavuus lasketaan suoritettujen avulla, jotka saadaan lähdejärjestelmistä. Suoritteet kuvaavat sitä, mitä työtehtävää on tehty, kenen työntekijän toimesta, mihin aikaan ja kuinka paljon tuotoksia suoritteella saatiin aikaiseksi. Suoritettuja käytetään tuottavuuden laskemiseen sekä normalisointiin niistä saatavien määrää ja ajankohtatietojen perusteella. Se, mitä suoritteilla tarkoitetaan, on kuvattu tarkemmin luvussa 5.2.

Suoritettiedot ovat työntekijästä ja työtehtävästä poiketen luonteeltaan dynaamista tietoa. Suoritettietoja tulee järjestelmään lisää sitä mukaa, kun suoritteita tehdään. Kuitenkin suoritettiedot tulevat lähdejärjestelmästä sellaisenaan, eikä lähdejärjestelmästä saatavia tietoja muokata suoritemittausjärjestelmässä suoritettiedoista tehtävistä laskelmista huolimatta. Työntekijöistä ja työtehtävistä poiketen yksittäistä suoritetta ei ole koskaan tarpeen muokata jälkikäteen. Suoritteita ei ole myöskään tarvetta poistaa muuten, kuin suoritteiden ollessa niin vanha, ettei sitä tule ottaa enää huomioon laskelmissa. Tämän tyyppinen vanhojen suoritteiden poistaminen voi olla tarpeen sen vuoksi, ettei suoritemittausjärjestelmän tietokanta pääse kasvamaan tarpeettoman suureksi, joka voi tapahtua, jos uusia suoritteita lisätään, mutta vanhoja ei koskaan poisteta. Suoritteita voidaan kuitenkin poistaa vasta sitten, kun ne eivät ole enää laskelmien kannalta relevantteja. Lähdejärjestelmästä saatavat suoritteiden tiedot ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Suoritteiden tiedot

Tieto	Tietotyyppi	Kuvaus
Työntekijän tunnus	Merkkijono	Suoritteiden tehnyt työntekijä. Täytyy vastata työntekijän tunnistetietoa.
Työtehtävän tunnus	Merkkijono	Suoritettu työtehtävä. Täytyy vastata työtehtävän tunnistetietoa.
Määrä	Kokonaisluku	Suoritteella aikaansaatu tuotosten määrä.
Ajankohta	Aikaleima	Ajankohta, jolloin suorite on saatu valmiiksi.

Suoritteiden valmistumisajankohdan lisäksi laskennan kannalta hyödyllinen tieto olisi se, milloin suoritteiden tekeminen on aloitettu. Kuitenkin, koska alustavasti lähdejärjestelmiksi suunnitelluissa WMS- ja MES-järjestelmissä ei ole tätä tietoa saatavilla, tulee laskenta suunnitella siten, että tuottavuus lasketaan ilman suoritteiden alkamisajankohtaa.

WMS- ja MES-järjestelmistä ei ole saatavilla myöskään työntekijän tekemän työn funktionaalista tai teknistä laatua. Koska työntekijöiden tuottavuuden laskennassa eri työtehtävissä tulee ottaa huomioon työntekijän tekemän työn laatu käyttäen laatutekijää tuottavuutta laskettaessa, täytyy laatutekijöiden syöttäminen eri työntekijöille eri työtehtäviin olla mahdollista suoraan suoritemittausjärjestelmään. Jotta käyttäjä voisi tehdä tämän itse, tulee suoritemittausjärjestelmälle luoda käyttöliittymä, jolla tämä tehdään.

Koska järjestelmällä ei ole käytössään dataa, jolla laatutekijä voidaan laskea, tulee työntekijän laadun arviointi tehdä esimerkiksi jonkun johtavassa asemassa toimivan työntekijän, kuten työnjohtajan, toimesta. Laatu tulee arvioida kaikille työntekijöille tasapuolisesti siten, että arviointiperusteet ovat samat kaikille. Lisäksi arviointi ja laatutekijöiden päivittäminen suoritemittausjärjestelmään tulee tehdä uudestaan säännöllisin väliajoin, esimerkiksi kuukauden välein, jotta tiedot pysyvät ajantasaisina. Laatutekijälle voidaan antaa yksi arvo jokaiselle työntekijälle jokaiseen työtehtävään, jossa on huomioitu sekä funktionaalinen että tekninen laatu. Tällöin työntekijän työn laadun arviointiperusteita kehitettäessä voidaan määrittää kuhunkin työtehtävään erikseen, kuinka paljon painotetaan funktionaalista ja kuinka paljon teknistä laatua. Työntekijän laatua tietyssä työtehtävässä kuvaava rakenne on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Työntekijän työn laatu työtehtävässä

Tieto	Tietotyyppi	Kuvaus
Työntekijän tunnus	Merkkijono	Suoritteen tehnyt työntekijä. Täytyy vastata työntekijän tunnistetietoa.
Työtehtävän tunnus	Merkkijono	Suoritettu työtehtävä. Täytyy vastata työtehtävän tunnistetietoa.
Laatutekijä	Desimaaliluku	Työntekijän laatua työtehtävässä kuvaava lukuarvo. Oletusarvo laatutekijälle on 1,0.

Laatutekijän perusarvo on yksi, ja tätä arvoa käytetään laskelmissa, jos laatutekijää ei ole erikseen asetettu työntekijän ja työtehtävän yhdistelmälle. Laatutekijä voi olla hieman perusarvoa pienempi tai suurempi työntekijän laadun ollessa perustasoa heikompaa tai parempaa. Jos laatutekijän arvoksi annetaan nolla, tarkoittaisi tämä sitä, että kaikki työntekijän työtehtävässä tekemä työ on hukkaa. Jos taas laatutekijällä on arvo kaksi, tarkoittaa tämä sitä, että työntekijän työtehtävässä aikaansaama laatu on niin hyvää, että suorite voidaan katsoa olevan kaksi kertaa niin arvokas, kuin perustason työntekijällä.

Jotta tuottavuuslaskemien tulokset kuvaavat reaali maailmaa mahdollisimman tarkasti, tulee tuottavuuslukemien poiketa yhdestä hyvin maltillisesti.

6.2 Datan käsittely

Lähdejärjestelmistä saatavassa datassa ei ole valmiiksi saatavilla suoritteiden kestoja tai suoritteiden alkamisajankohtaa, eikä tämän vuoksi tuotoksiin käytettyjen panosten määrää, eli käytettyä työaikaa, saada valmiiksi lähdejärjestelmistä. Tämän vuoksi eri suoritteiden kestojen päättelyyn tulee käyttää muiden suoritteiden suoritusajankohtia. Koska muuta tietoa suoritteiden kestoista tai alkamisajankohdista ei ole, täytyy suoritteiden alkamisajankohtana pitää työntekijän edellisen suoritteiden suoritusajankohtaa, eli edellisen suoritteiden päättymistä. Edellinen suorite voi olla saman tai eri työtehtävän suorite. Laskennan ensimmäisen osan, eli suoritteiden kestojen päättelyyn, vaiheet ovat:

1. Tietokannasta haetaan kaikki suoritteet, joille suoritteiden kestoja ei ole vielä laskettu.
2. Jokaiselle suoritteelle haetaan tietokannasta saman työntekijän tekemä käsiteltävää suoritetta edeltävä suorite.
3. Suoritteiden kestoksi lasketaan kesto edeltävän suoritteiden suoritusajankohdasta käsiteltävän suoritteiden suoritusajankohtaan. Jos edeltävää suoritetta ei ole olemassa, ei suoritteiden kestoja voida laskea.
4. Tietokantaan tallennetaan suoritteiden kesto, sekä tieto siitä, että suoritteiden kesto on saatu laskettua onnistuneesti. Jos suoritteiden kestoja ei saatu laskettua, koska edeltävää suoritetta ei ole, jätetään suoritteiden kesto tyhjäksi ja tietokantaan merkitään tieto siitä, että suoritteiden kestoja ei voida laskea.

Koska suoritteiden ajankohtana pidetään edellisen suoritteiden päättymisajankohtaa, voi työtehtävän vaihtuessa työtehtävän ensimmäiseen suoritteiden kestoan tulla itse suoritteiden keston lisäksi siirtymäaikaa eri työpisteiden välille. Lisäksi, koska järjestelmässä ei ole tietoa siitä, milloin työntekijä on ollut töissä ja tehnyt mitattavia työtehtäviä, voi suoriteaikoihin sisältyä sellaista aikaa, jolloin työtä ei todellisuudessa ole tehty tai työntekijä ei ole ollut töissä ylipäänsä. Tähän voi sisältyä esimerkiksi taukoja, sellaisen työn tekoa, jota ei mitata suoritemittausjärjestelmässä sekä aikaa työvuorojen välissä, jolloin työntekijä ei ole ollut töissä. Tietoa mitattavien työtehtävien ulkopuolella olevasta työstä ei ole, eikä jokaisen suoritteiden osalta ei ole mahdollista arvioida, kuinka paljon suoriteajassa on työtehtävän ulkopuolista työtä. Tämän vuoksi suoritedatasta täytyy jättää laskennan ulkopuolelle ne suoritteet, joiden suoritus aika suurimmalla todennäköisyydellä sisältää

suoritteiden ulkopuolista työtä. Tällaisia ovat ne suoritteet, joiden kesto on tuotosta kohden poikkeuksellisen pitkä.

Suoritemittausjärjestelmässä poikkeuksellisen pitkäkestoisille suoritteille on olemassa luonnollinen syy, ja ne tulee jättää pois laskennassa käytettävästä datasta, jotta laskelmiin sisältyy mahdollisimman vähän aikaa, jolloin töitä ei todellisuudessa ole tehty. Poikkeuksellisten lyhytkestoisille suoritteille ei ole samalla tavalla syytä, jonka vuoksi poikkeuksellisen lyhytkestoiset suoritteet tulisi jättää pois laskennasta poikkeuksellisen pitkäkestoisten suoritteiden tapaan. Hyvin lyhytkestoiset suoritteet voivat johtua esimerkiksi siitä, että useampi suorite saadaan tehtyä hyvin samanaikaisesti, jolloin se, että suorituksen kesto on poikkeuksellisen lyhyt, kuvaa tehtyä työtä hyvin, eikä tätä tule jättää pois laskennasta.

Yleinen tapa poikkeavien havaintojen poistamiseen analysoitavasta datasta on käyttää keskiarvoon ja keskihajontaan perustuvaa menetelmää, jossa analysoitavasta datasta poistetaan havainnot, jotka ovat yli kolmen keskihajonnan päässä keskiarvosta. Tässä menetelmässä on kuitenkin ongelmana se, että poikkeavilla havainnoilla voi olla suuri vaikutus niin keskiarvoon kuin keskihajontaan. (Leys et al., 2013) Suoritemittausjärjestelmässä voi esiintyä hyvin suuriakin poikkeamia. Esimerkiksi työntekijä voi tehdä työtehtävää, jossa suoritteiden kestot ovat hyvin lyhyitä, esimerkiksi noin minuutin kestoisia. Jos työntekijä lopettaa tehtävän tekemisen usean tunnin ajaksi tehdäkseen sellaista työtehtävää, jota suoritemittausjärjestelmässä ei mitata, voi usean tunnin mittainen poikkeava havainto vaikuttaa normaalisti minuutin mittaisien suoritteiden keskiarvoon ja keskihajontaan merkittävästi. Tämä taas vaikuttaa siihen, mitkä havainnot keskiarvoon ja keskihajontaan perustuvalla menetelmällä tunnistetaan poikkeaviksi havainnoiksi.

Yritys 1:n varastolla tehtävien työtehtävien tuotoksiin käytettävän ajan keskiarvot ja mediaanit aikavälillä 7.10.2020 – 4.2.2021 tehdyistä suoritteista on esitetty taulukossa 7. Taulukko havainnollistaa sitä, kuinka paljon poikkeavan suuret havainnot vaikuttavat tuotukseen käytetyn ajan keskiarvoon sitä nostavasti, sillä työn keskeyttäminen ja jatkaminen myöhemmin nostaa työhön käytettyä aikaa. Tämä korostaa tarvetta tunnistaa poikkeavat havainnot suoritdatasta. Keskiarvoa nostavat esimerkiksi se, että työntekijä ei ole työvuorossa, tai on lomalla, ja jatkaa töitä vasta hyvin pitkän tauon jälkeen. Tietoa siitä, milloin työntekijä todellisuudessa on töissä, ei saada WMS järjestelmästä. Tämän vuoksi keskiarvot ovat huomattavan suuria verrattuna mediaaneihin. Taulukon arvot ovat saatu laskemalla eri suoritteisiin käytetty aika edellä esitetyllä tavalla, jakamalla suoritteiden kesto suoritteeseen kuuluville tuotoksille ja laskemalla tuotoksen kestoille keskiarvo sekä mediaani siten, että jokainen tuotos otetaan huomioon omana arvonaan.

Taulukko 7. Yritys 1:n eri työtehtävien yhteen tuotokseen käytettävä aika

Työtehtävä	Keskiarvo (s)	Mediaani (s)
Vastaanotto	2262,8	187,0
Hyllytys manuaaliin	591,6	28,0
Hyllytys automaattiin	372,8	17,0
Siirto	12043,2	97,0
Keräys manuaalista	1616,2	28,0
Keräys automaattista	515,7	15,0
Pakkaus	230,7	14,7

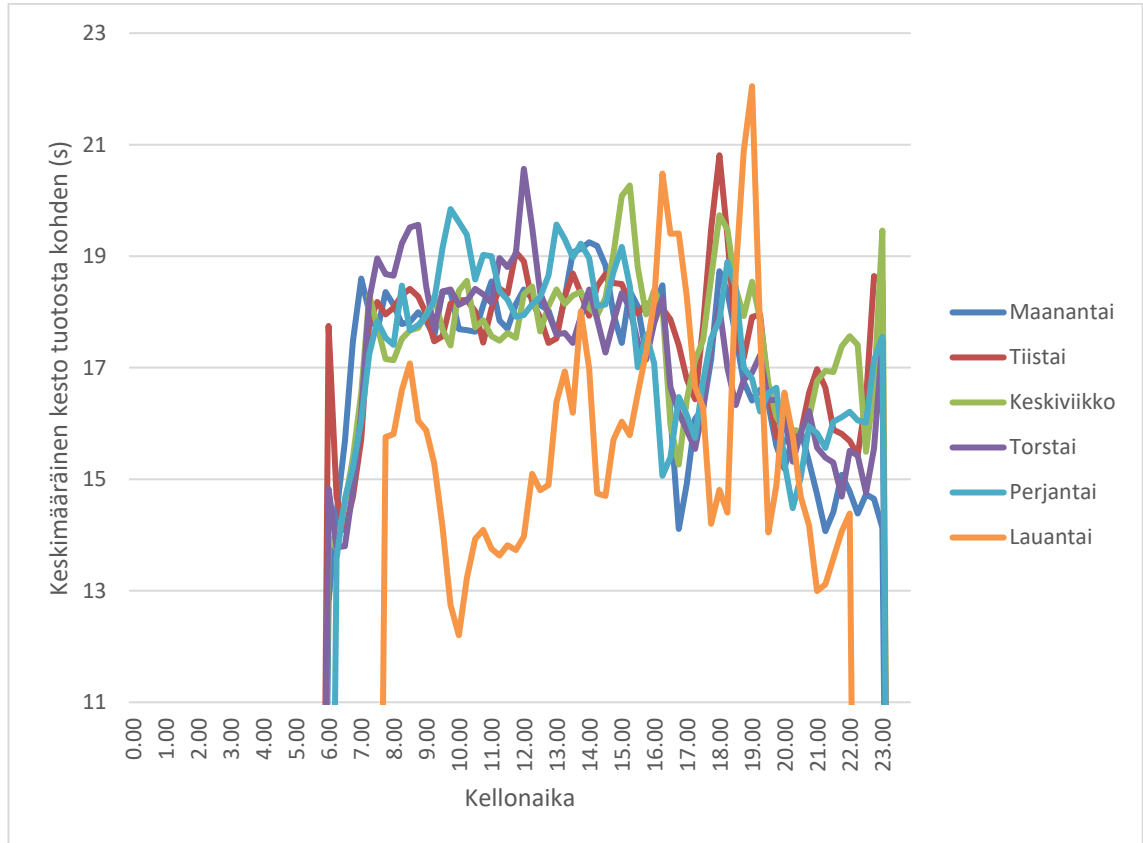
Tilanteissa, jossa ei haluta, että poikkeavien havaintojen vaikutus keskiarvoon ja keskihajontaan vaikuttavat siihen, mitkä havainnoista tunnistetaan poikkeaviksi, Leys et al. (2013) suosittavat menetelmäksi poikkeamien poistamiseen analysoitavasta datasta mediaaniin ja absoluuttisen poikkeaman mediaaniin perustuvaa menetelmää. Tässä menetelmässä lasketaan havaintojen mediaani sekä absoluuttisen poikkeaman mediaani. Absoluuttisen poikkeaman mediaani saadaan laskemalla kunkin havainnon absoluuttinen poikkeama mediaanista ja laskemalla näiden absoluuttisten poikkeamien mediaani. Tämän jälkeen voidaan poikkeavat havainnot tunnistaa vertaamalla, kuinka monen absoluuttisen poikkeaman mediaanin päässä mediaanista havainnot sijaitsevat. Usein käytetty poikkeavien havaintojen tunnistamiskriteeri on kolme absoluuttisen poikkeaman mediaania. (Leys et al., 2013)

Suoritemittausjärjestelmästä halutaan laskennasta poistaa vain ne suoritteet, joiden kesto tuotosta kohden on poikkeuksellisen suuri, mutta ei niitä, joiden kesto on poikkeuksellisen pieni. Tämän vuoksi suoritemittausjärjestelmässä sovelletaan mediaaniin ja absoluuttisen poikkeaman mediaaniin perustuvaa menetelmää siten, että ne suoritteet, joiden kesto tuotosmäärää kohden on yli kolmen absoluuttisen poikkeaman mediaanin päässä mediaanista, jätetään pois tuottavuuslaskennasta. Arvoja vertaillaan vain saman työtehtävän muiden suoritteiden kestoihin tuotosta kohden. Poikkeavien havaintojen tunnistamisen vaiheet ovat:

1. Tietokannasta haetaan kaikki suoritteet, joille on laskettu suoritteen kesto onnistuneesti, mutta joille ei ole vielä tehty tarkastelua, ovatko ne poikkeavia havaintoja vai ei.

2. Niille työtehtäville, joiden suoritteille tarkastelua ollaan tekemässä, lasketaan mediaani ja absoluuttisen poikkeaman mediaani kaikkien suoritteiden kestolle tuotosta kohden.
3. Lasketaan jokaiselle suoritteelle, onko suorite poikkeava havainto. Jos suorite on yli kolmen absoluuttisen poikkeaman mediaanin päässä kyseisen työtehtävän mediaanista, katsotaan suorite poikkeavaksi havainnoksi.
4. Tietokantaan tallennetaan tieto, onko suorite poikkeava havainto vai ei.

Poikkeavien havaintojen merkitsemisen jälkeen on mahdollista tarkastella keskimääräisiä suoritteiden kestoja tuotosta kohden eri päivinä eri kellonaikoina, kun poikkeavat havainnot eivät enää vääristä keskiarvoja. Tämän avulla voidaan havainnoida, miten tuottavuus keskimäärin vaihtelee eri ajankohtina. Tämä taas havainnollistaa tarvetta normalisoida tuottavuutta suoritusajankohdan perusteella. Kuvassa 3 on esitetty yritys 1:n varastolla tehtävästä liukuvat keskiarvot varastoautomaatista tehdylle keräystyölle. Keskiarvoinen kesto kuvaa kestoja yhdelle tuotokselle, eli yhden nimikerivin keräämiselle. Liukuvat keskiarvot on laskettu 30 minuutin aikaikkunoilla. Kuvaajan datan suoritteet ovat toteutuneet aikavälillä 7.10.2020 – 4.2.2021. Varastolla ei tehdä sunnuntaisin töitä, jonka vuoksi sunnuntain keskiarvot on jätetty kuvaajasta pois. Jos suoritteita on aikaikkunan sisällä alle 30, merkitään keskiarvoksi kyseisenä ajankohtana nolla sekuntia. Kuvaajaan käytetyt liukuvat keskiarvot on esitetty liitteessä A.

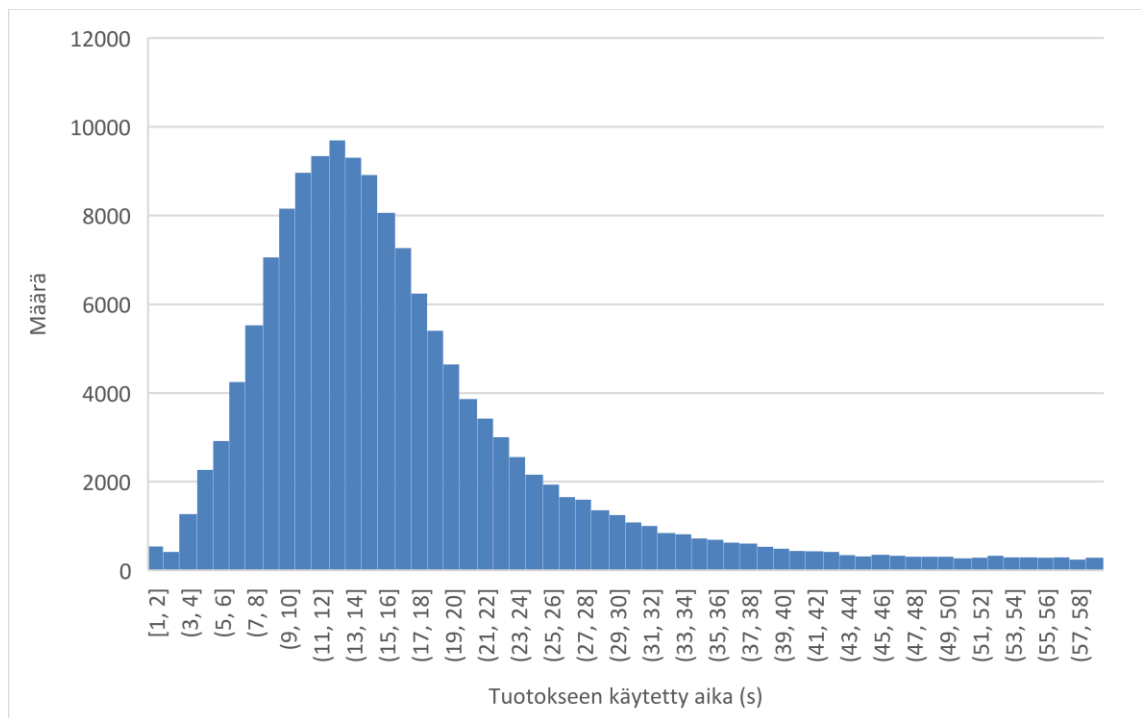


Kuva 3. Varastoautomaatista keräämisen keskimääräinen kesto eri ajanhetkinä

Kuvasta 3 huomataan, että automaattikeräyksen tuottavuus vaihtelee eri päivinä ja kellonaikoina. Jos tuotoksen keskimääräinen kesto on matalampi, on tuottavuus keskimäärin korkeampi. Tämän perusteella lauantaisin suurena osana päivästä tuotosten kestot ovat keskimäärin matalammat kuin muina viikonpäivinä. Iltaisin noin kello 19 ja 22:30 välillä suoritteiden kestot ovat matalampia kuin muina päivinä lähes kaikkina viikonpäivinä. Kuvaajan avulla nähdään, että keskimääräinen tuottavuus vaihtelee hieman riippuen viikonpäivästä ja kellonajasta. Tämän vuoksi suoritteiden kestojen ja tuottavuuden normalisointi suorituksen ajankohdan perusteella on perusteltua.

Suoritteiden kestojen, ja tämän myötä tuottavuuden, normalisointi tapahtuu suoritteiden suoritusajankohdan viikonpäivän ja kellonajan perusteella. Suoritteiden kanssa vertailukelpoisia suoritteita katsotaan olevan kaikki samaa työtehtävää olevat suoritteet, jotka on suoritettu samana viikonpäivänä ja samaan kellonaikaan kuin mitattava suorite. Suoritteiden katsotaan tapahtuneen samaan kellonaikaan, jos kellonajat eroavat toisistaan maksimissaan 15 minuuttia, jolloin vertailukelpoisten suoritteiden aikaikkunan pituus on 30 minuuttia. Näin jokaiselle suoritteelle saadaan muodostettua vertailukelpoisten suoritteiden joukko. Poikkeavat havainnot eivät ole koskaan vertailukelpoisia suoritteita.

Mitattavan suoritteiden kestolle tuotosta kohden voidaan määrittää normitettu arvo, jos sen jakauma muistuttaa normaalijakaumaa. Normitettu arvo kertoo, kuinka monen keskihajonnan päässä keskiarvosta kyseinen havainto on. Yritys 1:n automaattista tehdyn keräyksen tuotokseen käytetyn ajan jakauma aikavälillä 7.10.2020 – 4.2.2021 on esitetty kuvassa 4. Jakaumasta on poistettu poikkeavat havainnot. Jakaumasta nähdään, että tuotokseen käytetyn ajan jakauma muistuttaa normaalijakaumaa. Koska jakauma muistuttaa tarpeeksi normaalijakaumaa, suoritteiden kestoille on mahdollista laskea normitettut arvot. Oletetaan, että jakauma muistuttaa tarpeeksi normaalijakaumaa myös muiden työtehtävien osalta, joten normitettuja arvoja voidaan laskea kaikille eri työtehtäville.



Kuva 4. Yritys 1:n automaattista keräyksen tuotokseen käytetyn ajan jakauma

Suoritteiden keston tuotosta kohden normitettu arvo omassa vertailujoukossaan lasketaan kaavalla $z = (x - \mu_v) / \sigma_v$, jossa x on mitattavan suoritteiden kesto tuotosta kohden, μ_v on vertailujoukon keston tuotosta kohden keskiarvo ja σ_v vertailujoukon keston tuotosta kohden keskihajonta. Keskiarvoa ja keskihajontaa laskettaessa jokaista tuotosta tarkastellaan omana tapahtumanaan, eli jos yksi suorite on tuottanut kolme tuotosta, otetaan suoritteiden kesto tuotosta kohden huomioon kolme kertaa. Koska poikkeavat havainnot on jo aiemmin poistettu, eikä niitä oteta huomioon laskelmissa, eivät ne vaikuta keskiarvoon tai keskihajontaan.

Kun suoritteiden kestolle tuotosta kohden on laskettu normitettu arvo omassa vertailujoukossaan, voidaan suoritteiden kesto tuotosta kohden normalisoida sovittamalla se kaikkien

havaintojen jakaumaan. Koska normitettu arvo kuvaa sitä, kuinka monen keskihajonnan päässä keskiarvosta havainto sijaitsee, voidaan havainto sovittaa kaikkien havaintojen jakaumaan siten, että normalisoitu kesto tuotosta kohden sijaitsee yhtä monen kaikkien havaintojen keskihajonnan päässä kaikkien havaintojen keskiarvosta, kuin alkuperäinen havainto sijaitsee vertailujoukon keskiarvosta vertailujoukon keskihajontoina. Tällöin normalisoidun keston tuotosta kohden normitettu arvo kaikkien havaintojen joukossa on sama, kuin alkuperäisen keston tuotosta kohden normitettu arvo vertailujoukossa. Tällöin normalisoitu kesto x_n lasketaan kaavalla $x_n = \mu + \sigma * z$, jossa μ on kaikkien ei-poikkeavien havaintojen suoritteiden keston tuotosta kohden keskiarvo, σ on kaikkien ei-poikkeavien havaintojen suoritteiden keston tuotosta kohden keskihajonta ja z aiemmin laskettu keston tuotosta kohden normitettu arvo. Suoritteen keston normalisoinnin vaiheet ovat:

1. Tietokannasta haetaan kaikki suoritteet, joilla on tieto, että ne ei eivät ole poikkeavia havaintoja, mutta joille ei ole vielä laskettu normalisoitua kestoa.
2. Lasketaan niille työtehtäville, joiden suoritteille tarkastelua ollaan tekemässä, keskiarvo ja keskihajonta suoritteen kestolle tuotosta kohden. Laskentaan otetaan kaikki suoritteet, jotka eivät ole poikkeavia havaintoja.
3. Jokaiselle suoritteelle etsitään vertailujoukko, jonka suoritteet ovat samaa työtehtävää, suoritettu samana päivänä ja samaan kellonaikaan maksimissaan 15 minuutin poikkeamalla kuin alkuperäinen suorite. Vertailujoukkoon otetaan vain suoritteet, jotka eivät ole poikkeavia havaintoja.
4. Lasketaan vertailujoukolle suoritteen kestolle tuotosta kohden keskiarvo ja keskihajonta.
5. Lasketaan tarkasteltavalle suoritteelle suoritteen keston tuotosta kohden normitettu arvo käyttäen vertailujoukon keskiarvoa ja keskihajontaa. Jos vertailujoukossa on vain hyvin vähän suoritteita, käytetään kaikkien työtehtävän suoritteiden keskiarvoa ja keskihajontaa.
6. Lasketaan normalisoitu suoritteen kesto tuotosta kohden siten, että normalisoitu kesto on yhtä monen keskihajonnan päässä kaikkien suoritteiden keskiarvosta kuin normalisoimaton kesto vertailujoukon keskiarvosta.
7. Tallennetaan tietokantaan suoritteen normalisoitu kesto, joka on suoritteen normalisoitu kesto tuotosta kohden kerrottuna tuotosten määrällä suoritteessa, sekä tieto siitä, että suoritteen normalisoitu kesto on laskettu.

Kun jokaiselle suoritteelle on laskettu kesto ja normalisoitu kesto, on näiden tietojen avulla yksinkertaista laskea työntekijän tuottavuus joko normalisoiduilla arvoilla tai normalisoimattomilla arvoilla erilaisille aikajännteille. Tämä tapahtuu jakamalla laskemalla halutun aikajännteen tarkasteltavan työtehtävän ja työntekijän suoritteiden tuotosten määrät sekä suoritteiden kestot yhteen, ja jakamalla tuotosten määrien summa suoritteiden kestojen summalla. Laatu voidaan huomioida kertomalla tämä kyseisen työntekijän laatu-tekijällä kyseisessä työtehtävässä. Koska tietokantaan on tallennettuna suoritteiden normalisoitu sekä normalisoimaton kesto, voidaan eri kestoilla laskettuja tuottavuuksia käyttää eri käyttötarkoituksiin. Laskelmissa ei tule käyttää niitä suoritteita, jotka on merkitty poikkeaviksi havainnoiksi.

6.3 Mittaustulokset ja kohdejärjestelmille välitettävä data

Kun datasta on laskettu halutut mittaustulokset, tulee data välittää sitä käyttäville kohdejärjestelmille. Se, miten data kohdejärjestelmille välitetään, riippuu siitä, millainen rajapinta järjestelmien välille luodaan. Tämä riippuu suoritemittausjärjestelmän lisäksi kohdejärjestelmien vaatimuksista, eikä tätä voida vielä tässä vaiheessa tarkemmin suunnitella. Tässä vaiheessa voidaan suunnitella, mitä kaikkea dataa kohdejärjestelmälle voidaan tarvittaessa välittää.

Järjestelmästä voidaan välittää kohdejärjestelmälle seuraavat tuottavuutta kuvaavat lukemat:

- normalisoitu työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä laatu huomioiden
- normalisoitu työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä ilman laadun huomiointia
- normalisoimaton työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä laatu huomioiden
- normalisoimaton työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä ilman laadun huomiointia
- työntekijän suoritteiden tuotosmäärä aikavälillä.

Muissa luvuissa on poikkeavat havainnot poistettu laskelmista, mutta työntekijän suoritteiden tuotosmäärässä se on kuitenkin mukana. Poikkeavat havainnot ovat niitä, joiden kesto on poikkeuksellisen pitkä. Kyseisestä suoritteesta on pitkästä kehosta huolimatta saatu aikaan tuotoksia, jonka vuoksi ne tulee olla mukana tuotosmäärissä. Tuottavuuslukemista ne kuitenkin tulee jättää pois, koska ne vääristävät tuottavuutta.

Se, millaisia aikavälejä halutaan käyttää, riippuu siitä, mihin kohdejärjestelmä tuottavuusdataa käyttää. Halutut aikavälit voidaan määrittää vapaasti, sillä tuottavuuksien laskeminen onnistuu mille vain halutulle aikavälille. Kaikki eri tuottavuustiedot voidaan tarvittaessa välittää kohdejärjestelmälle kerralla samalle halutulle aikavälille. Tällöin kerralla välitettäisiin tiedot, jotka ovat taulukossa 8. Tarvittaessa näiden tietojen lisäksi kohdejärjestelmään voidaan välittää myös työntekijän ja työtehtävän nimitiedot pelkkien tunnus-ten lisäksi, jos niitä tarvitaan kohdejärjestelmässä.

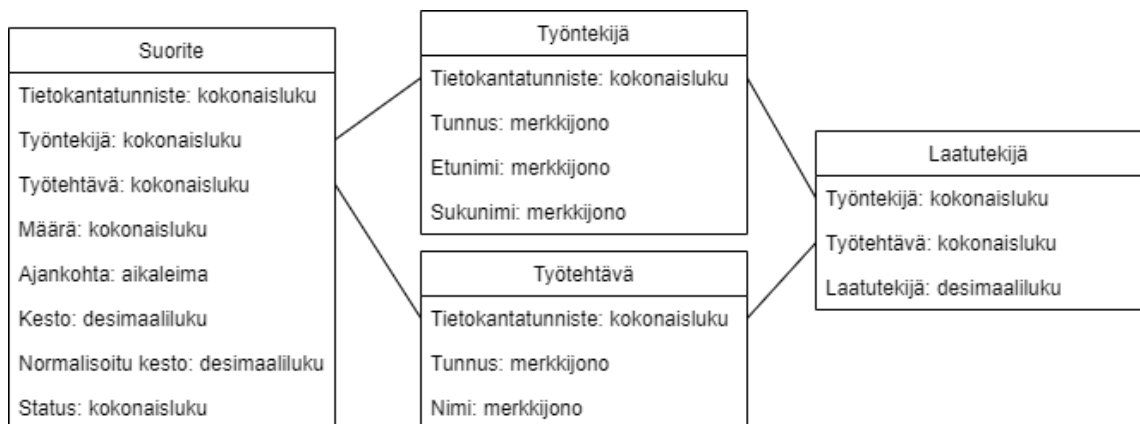
Taulukko 8. Kohdejärjestelmälle välitettävä tuottavuusdata

Tieto	Tietotyyppi	Kuvaus
Työntekijän tunnus	Merkkijono	Työntekijä, jonka tuottavuusdataa välitetään.
Työtehtävän tunnus	Merkkijono	Työtehtävä, jonka tuottavuustiedot ovat kyseessä.
Aikavälin aloitusajankohta	Aikaleima	Aikavälin, jolle tuottavuus on laskettu, aloitusajankohta
Aikavälin päättymisajankohta	Aikaleima	Aikavälin, jolle tuottavuus on laskettu, päättymisajankohta.
Normalisoitu tuottavuus laadulla	Desimaaliluku	Normalisoitu työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä laatu huomioiden
Normalisoitu tuottavuus ilman laatua	Desimaaliluku	Normalisoitu työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä ilman laadun huomiointia
Normalisoimaton tuottavuus laadulla	Desimaaliluku	Normalisoimaton työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä laatu huomioiden
Normalisoimaton tuottavuus ilman laatua	Desimaaliluku	Normalisoimaton työntekijän tuottavuus työtehtävässä aikavälillä ilman laadun huomiointia
Tuotosmäärä	Kokonaisluku	Työntekijän suoritteiden tuotosmäärä aikavälillä kyseisessä työtehtävässä

Koska laatutekijöiden syöttämistä varten järjestään tarvitaan käyttöliittymä, samalla on järkevää tehdä käyttöliittymät myös datan tarkastelua varten. Käyttöliittymässä voidaan esimerkiksi tarkastella tietyn työntekijän eri tuottavuustietoja eri tehtävissä halutulla aikavälillä. Työntekijöiden välisiä eroavuuksia voidaan esittää tutkakaavioilla, jossa esitetään haluttujen työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä, ja voidaan tarkastella, kuinka monimuotoista osaamista eri työntekijöillä on. Lisäksi voidaan tarkastella esimerkiksi tietyn työtehtävän osalta, millaisia tuottavuuslukemia eri työntekijät ovat saaneet eri tarkasteluväleille.

6.4 Tietorakenne

Suoritemittaustietokannan data säilytetään tietokannassa. Tätä varten tulee suunnitella tietorakenne, jossa tarvittavat tiedot voidaan säilyttää. Tarpeet sille, mitä tietoa tietokannassa tulee säilyttää, tulee sisään syötettävästä datasta ja datan käsittelystä, jonka jälkeen tietokannassa on kaikki tarvittava tieto tuottavuusdatan välittämiseksi kohdejärjestelmille. Suunniteltu tietokantarakenne on esitetty relaatiokaaviona kuvassa 5.



Kuva 5. Tietokantarakenne

Kuvassa esitetyt tietokantataulut työntekijälle, työtehtävälle ja laatutekijälle noudattaa hyvin paljon sisään syötettävän datan rakennetta näiden tietojen osalta. Tärkeimmät eroavaisuudet tämän näiden osalta on se, että työntekijälle ja työtehtävälle on lisätty tietokantatunnisteet. Tietokantatunnisteet ovat uniikkeja kokonaislukuja, jotka toimivat rakenteessa tietokantataulun pääavaimena. Laatutekijän työntekijä ja työtehtävä vierasavainkentät viittaavat näihin pääavaimiin. Tietokantatunnisteet eivät näy järjestelmän käyttäjille, vaan ovat olemassa vain tiedon sisäistä käsittelyä varten.

Suoritteiden tietokantataulu eroaa hieman enemmän sisään syötetystä rakenteesta. Myös suoritteelle on lisätty tietokantatunniste, joka toimii pääavaimena. Samoin kuin laatutekijätaulussa, myös suoritetaulussa työntekijä ja työtehtävä vierasavaimet viittaavat työntekijän ja työtehtävän pääavaimiin. Näiden muutosten lisäksi suoritteelle on lisätty kentät kestolle, normalisoidulle kestolle sekä statukselle. Kestoon tallennetaan suoritteiden kokonaiskesto sen jälkeen, kun se on laskettu keston laskemisen ollessa mahdollista. Normalisoituun keston tallennetaan keston normalisoitu arvo koko suoritteelle sen jälkeen, kun se on laskettu. Status kertoo siitä, missä laskentavaiheessa kyseinen suorite on, jotta tiedetään, mitä suoritteelle tulee laskea seuraavaksi, tai onko kyseinen suoritteiden laskenta tullut päätökseensä. Status voi saada arvoksi kokonaislukuja nolasta viiteen, ja eri arvo tarkoittaa eri vaihetta laskennassa. Eri statusten selitteet ovat:

0. Kyseessä on uusi suorite, jolle laskentaa ei ole vielä aloitettu.
1. Työntekijän edellistä suoritetta ei ole olemassa, joten kestoja ei voida laskea. Kyseisen suoritteiden laskenta päättyy.
2. Suoritteiden kesto on laskettu.
3. Suorite on merkattu poikkeavaksi havainnoksi. Kyseisen suoritteiden laskenta päättyy.
4. Suoritteelle on tehty tarkastus, onko se poikkeava havainto vai ei, mutta kyseessä ei ole poikkeava havainto.
5. Suoritteiden kesto on normalisoitu. Kyseisen suoritteiden laskenta päättyy.

Suoritteiden laskenta tulee päätökseensä, jos se päättyy statukseen yksi, kolme tai viisi. Jos suoritteiden status on nolla, kaksi tai neljä, sen laskenta on vielä kesken. Statukset yksi ja kaksi sekä kolme ja neljä ovat toisensa poissulkevia, eli tilan nolla jälkeen suorite saa joko statuksen yksi tai kaksi ja statuksen kaksi jälkeen suorite saa statuksen kolme tai neljä.

7. SUORITEMITTAUSJÄRJESTELMÄN ARVI- OINTI

Suoritemittausjärjestelmän arviointivaiheessa arvioidaan suoritemittausjärjestelmän toimivuutta ja sen tulosten luotettavuutta. Jotta suoritemittauksen tuloksia voitaisiin arvioida, käytetään yritys 1:n ja yritys 2:n WMS-järjestelmistä saatua tuotantodataa, jolloin data vastaa yritysten työntekijöiden tuottamia tuotoksia reaali maailmassa. Tällöin jos suoritemittausjärjestelmä on toiminut halutulla tavalla, tulisi suoritemittausjärjestelmästä saatavien tuottavuustietojen kuvata työntekijöiden tuottavuuksia eri työtehtävissä reaali maailmassa.

Suoritemittausjärjestelmän toimivuutta arvioidaan kahdella tavalla. Ensin tarkastellaan, millaisia vaikutuksia normalisoinnilla on järjestelmästä saatavaan tuottavuusdataan. Tämän jälkeen haastatellaan yritys 1:n työnjohdollisissa asemissa olevia työntekijöitä, jotta he voisivat arvioida suoritemittauksen tuloksia suhteessa reaali maailman havaintoihin.

7.1 Testauksessa käytettävä data

Suoritemittauksen testeissä käytetään yritys 1:n ja yritys 2:n WMS-järjestelmistä saatua suoritedataa. Data sisältää luvussa 6.2 kuvatut tiedot. Koska työntekijöiden tuottamaa laatua eri työtehtävissä ei ole voitu tässä vaiheessa luotettavalla tavalla mitata tai arvioida, ei laadun vaikutusta huomioida testauksessa. Tällöin kaikkien työntekijöiden laatu-tekijä kaikkiin työtehtäviin on yksi. Muut laskelmissa käytetyt tiedot on saatu suoraan yritysten WMS-järjestelmistä aikavälillä 7.10.2020 – 4.2.2021.

WMS-järjestelmistä saadun suoritedatan avulla yritys 1:n ja yritys 2:n varastojen työntekijöiden tuottavuutta voidaan mitata samoille työtehtäville yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Yritys 2:n varastolla ei tehdä pientavaran hyllytystä manuaalivarastoon, kuten yritys 1:n varastolla, vaan kaikki pientavara hyllytetään kyseisessä varastossa automaatteihin, jonka vuoksi yritys 2:n työntekijöille ei voida mitata manuaaliin hyllytyksen tuottavuutta kuten yritys 1:n työntekijöille. Eri yritysten varastoilla tehdyt työtehtävät ja näissä työtehtävissä käytetyt määritelmät yhdelle tuotokselle on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Mitattavat työtehtävät

Yritys	Työtehtävä	Tuotoksen määritelmä
Yritys 1	Vastaanotto	Yhden nimikerivin vastaanotto varastoon. Yhdessä suoritteessa voidaan ottaa vastaan useita nimikerivejä.
	Hyllytys manuaalivarastoon	Yhden nimikerivin hyllytys manuaalivarastoon. Yhdessä suoritteessa voidaan hyllyttää yksi nimikerivi.
	Hyllytys varastoautomaattiin	Yhden laatikon lisääminen varastoautomaattiin. Yhdessä suoritteessa voidaan hyllyttää yksi laatikko.
	Siirto	Yhden yksikön siirtäminen siirtopyynnön osoittamaan kohteeseen. Yhdessä suoritteessa voidaan siirtää yksi yksikkö.
	Keräys manuaalivarastosta	Yhden nimikerivin kerääminen manuaalivarastosta. Yhdessä suoritteessa voidaan kerätä yksi nimikerivi.
	Keräys varastoautomaatista	Yhden nimikerivin kerääminen varastoautomaatista. Yhdessä suoritteessa voidaan kerätä yksi nimikerivi.
	Pakkaus	Yhden nimikerivin pakkaaminen lähettämistä varten. Yhdessä suoritteessa voidaan pakata useita nimikerivejä.
Yritys 2	Vastaanotto	Yhden nimikerivin vastaanotto varastoon. Yhdessä suoritteessa voidaan ottaa vastaan useita nimikerivejä.
	Hyllytys varastoautomaattiin	Yhden laatikon lisääminen varastoautomaattiin. Yhdessä suoritteessa voidaan hyllyttää yksi laatikko.

Siirto	Yhden yksikön siirtäminen siirtopyynnön osoittamaan kohteeseen. Yhdessä suoritteessa voidaan siirtää yksi yksikkö.
Keräys manuaalivarastosta	Yhden nimikerivin kerääminen manuaalivarastosta. Yhdessä suoritteessa voidaan kerätä yksi nimikerivi.
Keräys varastoautomaatista	Yhden nimikerivin kerääminen varastoautomaatista. Yhdessä suoritteessa voidaan kerätä yksi nimikerivi.
Pakkaus	Yhden nimikerivin pakkaaminen lähettämistä varten. Yhdessä suoritteessa voidaan pakata useita nimikerivejä.

Nimikerivillä tarkoitetaan yhden varastoitavan nimikkeen samassa sijainnissa olevaa kerralla käsiteltävää saldoa. Manuaalivarastolla tarkoitetaan varaston sitä osaa, johon ei ole liitetty automaatiota. Normaalit varastohyllyt ovat siis osa manuaalivarastoa. Varastoautomaatilla tarkoitetaan varastointiautomaattioratkaisua, jossa automaatti siirtää halutun varastosaldon työntekijän luo ja takaisi automaatiovarastoon. Molemmilla yrityksillä automaattit ovat niin sanottuja alusta-automaatteja, joissa automaatti liikuttaa saldoa automaatin sisällä olevilla alustoilla automaatissa oleviin aukkoihin, josta työntekijän tekemä kerääminen ja saldon hyllytys automaattiin tapahtuu. Yksiköllä tarkoitetaan kerralla siirrettävää kokonaisuutta, jossa saldo sijaitsee. Esimerkiksi yksi eurolava on yksi yksikkö. Siirtopyynnöllä tarkoitetaan joko WMS-järjestelmän automaattisesti luomaa tai käyttäjän WMS-järjestelmään luomaa pyyntöä siirtää tietty yksikkö tiettyyn varaston osaan tai paikkaan.

Se, mitä käytetään työtehtävän yhden tuotoksen määritelmänä, on näihin testeihin määrätynyt sen perusteella, mitä määrätietoja WMS:n suoritteiden historiatiedoissa on saatavissa. Useimmiten tämä on yksi nimikerivi, joka on sisälogistiikassa hyvin yleisesti käytetty suoritettuja määriä kuvaava kokonaisuus. Kuitenkin hyllytyksessä automaattiin ja siirroissa käytetään tuotoksen määrätietona hyllytettyjen laatikoiden ja siirrettyjen yksiköiden määrää. Hyllytyksessä automaattiin yksi hyllytetty yksikkö sisältää pääsääntöisesti yhtä nimikeriviä. Siirrossa yhdellä yksiköllä voi olla useita nimikerivejä, mutta koska siirtopyyntöihin perustuvat siirrot tehdään käyttäen trukkia, eikä eri nimikerivejä käsitellä

siirron yhteydessä millään tavoin erikseen, kuvaa yksiköiden määrä hyvin siirtoon käytettyä työtä. Jos lähdejärjestelmän historiatiedoista olisi mahdollista saada vapaammin erilaisia tuotosmääriä, tulisi käytetty tuotos valita sen perusteella, mitkä tuotosmäärät korreloivat parhaiten työhön käytetyn ajan kanssa missäkin työtehtävässä (Song & AbouRizk, 2008).

7.2 Laskennan tulokset

Suoritemittausjärjestelmä testataan syöttämällä siihen yritys 1:n ja yritys 2:n WMS-järjestelmistä saatava data. Suoritemittausjärjestelmän tekemän laskennan päätteeksi jokainen suorite on voinut päätyä kolmeen eri lopputilaan. Jos lopputilana on status 1, ei työntekijälle löydy aiempaa suoritetta, jonka perusteella suoritteen kesto voitaisiin laskea. Jokaiselle työntekijälle pitäisi yhden suoritteen päätyä tähän tilaan. Jos lopputilana on status 3, on suorite merkitty poikkeavaksi havainnoksi, eli sen kesto on poikkeuksellisen suuri sen tuotosten määrä huomioon ottaen. Jos lopputilana on status 5, on suoritteen kesto saatu laskettua, kyseessä ei ole poikkeava havainto ja suoritteen kesto on saatu normalisoitua. Eri lopputiloihin päätyneiden suoritteiden osuudet kaikista suoritteista on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Suoritteiden laskennan lopputilojen osuudet eri työtehtävissä

Yritys	Työtehtävä	Suoritteita	Status 1	Status 3	Status 5
Yritys 1	Vastaanotto	11220	0,1 %	17,2 %	82,8 %
	Hyllytys manuaalivarastoon	16191	0,0 %	14,1 %	85,9 %
	Hyllytys varastoautomaattiin	9903	0,0 %	7,7 %	92,3 %
	Siirto	645	0,2 %	15,0 %	84,8 %
	Keräys manuaalivarastosta	81056	0,0 %	18,2 %	81,8 %
	Keräys varastoautomaatista	156584	0,0 %	6,2 %	93,7 %
	Pakkaus	78923	0,0 %	21,5 %	78,5 %
Yritys 2	Vastaanotto	14623	0,0 %	11,7 %	88,2 %

Hyllytys varasto- automaattiin	5710	0,0 %	6,5 %	93,5 %
Siirto	13839	0,0 %	15,2 %	84,8 %
Keräys manuaa- livarastosta	83383	0,0 %	10,9 %	89,1 %
Keräys varasto- automaatista	53980	0,0 %	8,9 %	91,1 %
Pakkaus	17317	0,0 %	49,6 %	50,4 %

Taulukosta 10 huomataan, että status 1 lopputilan saaneita suoritteita on molemmilla yrityksillä kaikissa työtehtävässä hyvin vähän. Tämä tulos vastaa odotuksia. Jos status 1 lopputilaisia olisi hyvin paljon, täytyisi suoritteita olla hyvin vähän verrattuna työntekijöiden määrään, tai suoritemittausjärjestelmän toiminnassa olisi jotain vikaa. Status 3 lopputilaisia suoritteita, eli poikkeavia havaintoja, on pääasiassa oikeaa suuruusluokkaa oleva määrä. Poikkeuksena on kuitenkin pakkaus, johon yritys 1:llä on päätyntä 21,5 prosenttia ja yritys 2:lla jopa 49,6 prosenttia. Näistä etenkin yritys 2:n poikkeavaksi havainnoiksi päätyneiden osuus on hyvin suuri. Koska huomattavan suuri osa suoritteista jää pakkauksessa tuottavuuslaskennan ulkopuolelle, eivät tulokset ole pakkauksen osalta yhtä luotettavia kuin muiden työtehtävien osalta.

Yritys 2:n pakkauksen poikkeavien havaintojen tunnistamisessa käytetty mediaani on 21,1 sekuntia tuotosta kohden. Absoluuttisen poikkeaman mediaani on 14,6 sekuntia ja koska ne suoritteet, joissa suoritteen kesto tuotosta kohden ylittää mediaanin yli kolmella absoluuttisen poikkeaman mediaanilla, ovat poikkeavia havaintoja ne, joiden kesto tuotosta kohden on yli 64,9 sekuntia. Tällaisia pakkauksuoritteita on yhteensä 8583 kappaletta. Näistä 6553 on suoritteita, joissa pakattuja nimikerivejä suoritteella on yhdestä kahteen kappaletta, eli yhdestä kahteen nimikerivin suoritteita poikkeavista havainnoista on 76,3 %. Kaikkiaan yritys 2:lla on pakkauksuoritteita 17317 joista yhdestä kahteen rivisiä on 9169 kappaletta eli 52,9 %. Tämän perusteella ne suoritteet, joissa pakataan kerralla vähemmän nimikerivejä, päätyvät huomattavasti suuremmalla todennäköisyydellä poikkeaviksi havainnoiksi.

Jos niillä suoritteilla, joilla pakataan kerralla useampia nimikerivejä, kesto nimikeriviä kohden on pienempi, ja poikkeavien havaintojen mediaanien määrittämisessä jokaista tuotosta tarkastellaan omana havaintonaan, voivat monirivisten pakkauksien suoritteiden

kestot vaikuttaa mediaania laskevasti. Kun ne suoritteet, joissa pakattuja nimikerivejä on vähemmän, ovat keskimäärin kestoiltaan nimikeriviä kohden pidempiä, jäävät nämä suoritteet suuremmalla todennäköisyydellä poikkeaviksi havainnoiksi. Koska yritys 2:lla näin on käynyt, on mahdollista, että yritys 2:lla pakkauksen tuotosmääränä voisi toimia paremmin pakattujen yksiköiden määrä pakattujen nimikerivien määrän sijaan niin poikkeavien havaintojen tunnistamisen kuin myös suoritteiden kestojen normalisoinnin kannalta.

Liitteissä B ja C on esitetty laskennan tuottamat yritys 1:n ja yritys 2:n työntekijöiden tuottavuudet työtehtävittäin ilman normisointia sekä normalisoituna taulukkoina sekä taulukon tietojen perusteella luotuna pylväsdiagrammeina. Lisäksi liitteissä on esitetty työntekijöiden tuottamat tuotosmäärät yhteensä eri työtehtävissä. Liitteiden B ja C taulukoiden ja kuvaajien perusteella normalisoinnin vaikutukset tuottavuuteen ovat alla 10 prosenttia. Kuitenkin myös suurempia eroja normalisoidun ja normalisoimattomien tuottavuuksien välillä on. Erityisesti jos työntekijällä on erityisen vähän tuotoksia työtehtävässä, saattavat normalisoinnin vaikutukset olla suuremmat.

Se, että erot normalisoimattomien ja normalisoitujen tuottavuuksien välillä vaikuttavat olevan suurempia, jos tuotoksia on vähemmän, johtuu todennäköisesti siitä, että jos tuotoksia on hyvin vähän, eivät nämä tuotokset ole voineet hajautua eri suoritusajankohdille samalla tavalla kuin jos tuotoksia on paljon. Tällöin normalisointi on saattanut vaikuttaa työntekijän suoritteisiin työtehtävässä suurilta osin joko laskevasti tai nostavasti ilman, että eri suoritteiden normalisointien vaikutukset kumoaisivat toisiaan tehokkaasti. Niillä työntekijöillä, joilla työtehtävän tuotoksia on enemmän, on todennäköisempää, että suoritteita on tehty laajemmin eri ajankohtina, ja eri ajankohtina tehtyjen suoritteiden normalisoinnin vaikutukset kumoavat toisensa tehokkaammin. Vaikka erot normalisoitujen ja normalisoimattomien tuottavuuksien välillä saattavat olla suurempia, jos tuotoksia on vähän, ei ole kuitenkaan syytä epäillä, että tulokset eivät tämän vuoksi olisi luotettavia. Kuitenkin jos työntekijän tuotosmäärä työtehtävässä on pieni, on tilastollisen poikkeaman todennäköisyys suurempi.

Yritys 1:llä löytyy poikkeuksellisia eroavaisuuksia tuottavuuksissa eri työntekijöiden välillä pakkaustyössä. Tässä työtehtävässä monien työntekijöiden pakkausnopeudet ovat myös niin suuret myös normalisoimattomien tuottavuuksien osalta, että niiden luotettavuutta on syytä epäillä. Kun tarkastellaan suoritteita lähdejärjestelmästä saadussa suoritiedatassa, voidaan huomata, että yritys 2:n työntekijöillä, joilla pakkaustyön tuottavuudet ovat erityisen suuret, on paljon pakkaussuoritteita, jotka ovat suoritettu välittömästi keräyssuoritteiden jälkeen. On siis todennäköistä, että tapauksissa kerääjä on merkinnyt

yksiköt ja näiden sisällön pakatuksi välittömästi keräyslistan valmistumisen jälkeen, mutta itse fyysinen pakkaaminen on tapahtunut vasta sen jälkeen, kun useita yksiköitä on merkitty pakatuiksi. Tällöin itse pakkaamiseen kuluva aika ei näy suoritteiden kestoissa, eikä kestot näin ollen vastaa todellisuutta. Myöskään yritys 1:n pakkaustyön tuottavuudet eivät tämän vuoksi ole luotettavia. Muissa työtehtävissä vastaavia ongelmia ei vaikuta olevan, vaan tuottavuuden suuruusluokat sekä eri työntekijöiden välinen vaihtelu ovat uskottavia.

Taulukossa 11 on liitteiden B ja C työntekijöiden tuottavuuksista lasketut keskiarvot ja keskihajonnat työtehtävittäin normalisoimattomilla sekä normalisoiduilla arvoilla. Normalisoinnin vaikutukset tuottavuuksien keskiarvoihin ovat melko pieniä eikä siinä, laskeeko vai nouseeko keskiarvo normalisoinnin myötä, vaikuttaisi olevan säännönmukaisuutta. Sen sijaan keskihajonnassa on suhteellisesti merkittävämpiä eroja normalisoimattomien ja normalisoitujen arvojen välillä, jonka lisäksi keskihajonnat laskevat kahta poikkeusta lukuun ottamatta. Ensimmäinen poikkeus on yritys 1:n pakkaus, jossa keskihajonta kasvaa paljon. Tämä johtuu todennäköisesti aiemmin kuvatusta työntekijöiden välisistä eroista siinä, missä vaiheessa yksiköt merkitään pakatuiksi. Toinen poikkeus on yritys 2:n vastaanottotyö, jossa keskihajonta pysyy ennallaan.

Taulukko 11. Työntekijöiden tuottavuuksien keskiarvot ja keskihajonnat eri työtehtävissä

Yritys	Työtehtävä	Keskiarvo – normalisoimaton (tuotosta / tunti)	Keskiarvo – normalisoitu (tuotosta / tunti)	Keskihajonta - normalisoimaton (tuotosta / tunti)	Keskihajonta - normalisoitu (tuotosta / tunti)
Yritys 1	Vastaanotto	18,3	18,7	6,1	5,6
	Hyllytys manuaalivarastoon	95,7	96,3	27,0	23,0
	Hyllytys varastoautomaattiin	171,6	176,7	24,0	20,0
	Siirto	28,4	28,4	7,4	7,2

	Keräys manuaalivarastosta	122,6	122,1	37,9	35,1
	Keräys varastoautomaatista	172,2	172,6	44,4	42,0
	Pakkaus	876,3	825,5	903,4	1245,2
Yritys 2	Vastaanotto	19,3	19,7	5,4	5,4
	Hyllytys varastoautomaattiin	160,5	162,6	23,3	19,5
	Siirto	25,8	25,1	6,6	5,1
	Keräys manuaalivarastosta	39,3	39,2	6,2	6,0
	Keräys varastoautomaatista	88,7	88,0	12,2	11,1
	Pakkaus	168,6	166,2	42,3	37,4

Koska keskihajonnat eri työntekijöiden välisessä tuottavuudessa pienenevät normalisoinnin myötä, eri työntekijöiden väliset erot normalisoidussa tuottavuudessa ovat pienempiä kuin normalisoimattomissa tuottavuuksissa. Tämä johtuu siitä, että eri suoritusajankohtien aiheuttama vaikutus suoritusten kestoihin pienenee, joka tämän perusteella vaikuttaa keskihajontaan laskevasti. Tämän perusteella eri suoritusajkojen vaikutukset suoritteiden kestoihin ovat kasvattaneet eroja työntekijöiden välillä.

7.3 Haastattelut

Suoritemittausjärjestelmän tulosten validoimiseksi haastatellaan yritys 1:n työntekijöitä. Haastattelujen tavoitteena on saada haastateltavilta työntekijöiltä mielipide siitä, vaikuttavatko eri työntekijöiden normalisoidut tuottavuudet uskottavilta eri työtehtävissä. Vastausten perusteella arvioidaan sitä, kuinka hyvin suoritemittausjärjestelmästä saatavat tulokset vastaavat haastateltavien työntekijöiden havaintoja. Samalla pyritään selvittämään syitä mittaustuloksista aiemmin tehdyille havainnoille. Lisäksi haastatteluissa pyritään arvioimaan esimerkiksi laadun vaikutuksia eri työtehtävissä, jota testauksesta saaduissa mittaustuloksissa ole huomioitu, sekä löytämään työnteon ajankohdan lisäksi

muita tekijöitä, joita mittauksissa olisi mahdollista normalisoida. Haastatteluissa kartoitetaan myös tarvetta suoritemittausjärjestelmälle kohdeyrityksessä. Jotta haastateltavan on mahdollista vastata esitettäviin kysymyksiin, on hänen oltava työnjohdollisessa asemassa ja tunnettava varaston operatiivinen toiminta. Lisäksi haastateltavan tulee pystyä arvioimaan eri työntekijöiden suoriutumista eri tehtävissä.

Haastattelun rakenne on puolistrukturoitu. Haastatteluille on valmis haastattelurunko, joka sisältää kysymykset, joihin haastattelussa pyritään saamaan vastauksia, mutta keskustelua käydään vapaamuotoisesti näiden kysymysten ympäriltä. Haastattelussa aluksi kerrotaan diplomityön taustoista sekä suoritemittausjärjestelmästä ja sen tekemästä laskennasta. Tämän jälkeen käydään läpi kohdeyrityksen eri työtehtävät yksi kerrallaan läpi ja käydään keskustelua kyseiseen työtehtävään liittyen. Jokaisen työtehtävän kohdalla esitetään kuvaaja, jossa on esitetty eri työntekijöiden normalisoidut ja normalisoimattomat tuottavuudet työtehtävässä järjestettynä normalisoidun tuottavuuden mukaan laskevaan järjestykseen. Esitettävät tiedot vastaavat liitteen B tietoja, mutta haastatteluissa näkyvillä on työntekijöiden nimet, jotta mittaustulokset ovat yhdistettävissä työntekijään.

Jokaiselle työtehtävälle on samat kysymykset, joilla pyritään selvittämään, kuinka hyvin työtehtävä soveltuu suoritemittausjärjestelmällä mitattavaksi, kuinka totuudenmukaisia mittaustulokset ovat, mitä selittäviä tekijöitä poikkeavuuksille löytyy ja millaisia vaikutuksia laadulla on kyseisessä tehtävässä. Sen jälkeen, kun kaikki työtehtävät on käyty läpi, käydään vielä yleisempää keskustelua siitä, olisiko löydettävissä muita normalisoitavia tekijöitä, kuin työnteon ajankohta, ja millaisia tarpeita yrityksellä voisi olla suoritemittausjärjestelmälle. Haastattelupohja on kokonaisuudessaan liitteenä D.

Haastatteluissa haastateltiin kolmea yritystä 1:n työntekijää. Heistä yksi on varastopäällikkö ja kaksi varaston tiimiesimiehiä. Kaikki haastatellut tunsivat varaston toiminnan kokonaisvaltaisesti sekä he tunsivat eri työntekijöiden toiminnan riittävällä tasolla, jotta heidän arviointinsa olisi mahdollista. Kaikki haastateltavat olivat siis sopivia henkilöitä haastateltaviksi. Kaikista haastattelusta tehdyt huomiot on koottu taulukkoon 12.

Taulukko 12. *Haastattelujen huomiot*

Aihepiiri	Huomiot
Vastaanotto	<ul style="list-style-type: none"> • Kerralla pyritään vastaanottamaan isompi määrä tavaraa ja tarvittaessa käydään välillä hyllyttämässä manuaalivarastoon. • Mitatut tuottavuudet vaikuttavat realistisilta.

	<ul style="list-style-type: none"> • Vastaanoton nopeus voi vaihdella sen mukaan, millaista tavaraa otetaan vastaan. • Työntekijöiden välinen tuottavuusjärjestys vaikuttaa oikealta. • Laadussa voi olla jonkin verran eroa siinä, kuinka tavaraa käsitellään, ja tämä voi vaikuttaa tavarankäsittelyyn myöhemmin. Erot ovat yleensä pieniä työntekijöiden välillä. • Jos vastaanotossa on hyvin täyttä, työn tekeminen hidastuu tilan puutteen vuoksi.
<p>Hyllytys manuaalivarastoon</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hyllytystä tehdään isompi erä kerralla. Usein hyllytetään vähintään kärryllinen kerrallaan. • Hyllytysnopeus riippuu siitä, tehdäänkö normaalista vastaanotosta tulleen tavarankäsittelyä vai asiakaspalautusten hyllytystä. Asiakaspalautusten hyllytys on nopeampaa. • Ottaen huomioon, että mukana on myös asiakaspalautusten hyllytys, vaikuttavat mitatut tuottavuudet realistisilta. • Tietty henkilöt ovat tehneet enemmän asiakaspalautusten hyllytystä. Asiakaspalautuksia tehneet ovat olleet mittaus-ten mukaan muita tuottavampia. • Työntekijöiden välinen tuottavuusjärjestys vaikuttaa oikealta, kun huomioidaan asiakaspalautuksia tekevät työntekijät. • Laadussa voi olla pieniä eroja esimerkiksi sen suhteen, kuinka siistiin kuntoon hyllyt jätetään. Pieniä hyllytysvirheitä voi myös sattua, mutta nämä ovat harvinaisia.
<p>Hyllytys varastoautomaattiin</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hyllytystä tehdään isompi erä kerralla. Usein kaikki aamuvuorossa vastaanotettu automaattiin menevä tavara hyllytetään kerralla iltavuorossa. • Mitatut tuottavuudet vaikuttavat realistisilta. Usein hyllytetään 80–100 laatikkoa kerralla ja näiden hyllyttämiseen menee reilusti alle tunti aikaa. • Hyllytyksen nopeus on enemmän kiinni automaatista kuin työntekijästä. Yleensä automaattia joudutaan odottamaan.

	<ul style="list-style-type: none"> • Erot työntekijöiden tuottamassa laadussa hyvin pieniä. Suurin laatuongelma on se, että laatikko voi mennä väärälle paikalle alustassa, mutta tätä tapahtuu hyvin vähän.
Siirrot	<ul style="list-style-type: none"> • Kaikki päivä aikana tehtävät siirrot tehdään kerralla. • Vain muutama työntekijä tekee trukkisiirtoja. • Mitatut tuottavuudet vaikuttavat realistisilta. • Paras trukinkäyttäjä on ollut mittauksissa tuottavin, joten työntekijöiden tuottavuusjärjestys vaikuttaa oikealta. • Laadussa ei ole huomattu eroja työntekijöiden välillä.
Keräys manuaalivarastosta	<ul style="list-style-type: none"> • Keräystä tehdään paljon kerralla. Pakkaajat ovat erikseen, joten keräystyötä ei keskeytetä pakkaamisen vuoksi. • Mitatut tuottavuudet vaikuttavat realistisilta. • Työntekijöiden välinen tuottavuusjärjestys vaikuttaa oikealta. Muutamia yllättäviä tuloksia nousi esiin. • Mittauksiin on tullut mukaan myös myymälän työntekijöiden tekemä satunnainen keräystyö, kun tavaraa noudeetaan myymälän puolelle. Myymälän työntekijät ovat olleet mittausten mukaan pääasiassa varaston työntekijöitä vähemmän tuottavia. • Laadussa suurimpia eroja aiheuttavat keräilyvirheet, mutta näitä esiintyy hyvin vähän. Tietyillä työntekijöillä näitä voi esiintyä enemmän.
Keräys varastoautomaatista	<ul style="list-style-type: none"> • Keräystä tehdään paljon kerralla. Pakkaajat ovat erikseen, joten keräystyötä ei keskeytetä pakkaamisen vuoksi. • Mittaustulosten suuruusluokka realistinen. Yrityksen omien mittausten mukaan tässä on ollut yleensä noin 150 rivin keskinopeus, mutta tässä kaikki varaston työntekijät näyttävät ylittävän sen. Nopein työntekijä voi saavuttaa jopa 300 rivin tuntinopeuden kiireisimpinä hetkinä. • Työntekijöiden välinen tuottavuusjärjestys vaikuttaa oikealta. Haastateltavien havaintojen mukaan nopeimmat työntekijät ovat myös mittaustuloksissa ensimmäisinä.

	<ul style="list-style-type: none"> • Mittauksiin on tullut mukaan myös myymälän työntekijöiden tekemä satunnainen keräystyö, kun tavaraa noudataan myymälän puolelle. Myymälän työntekijät ovat olleet mittausten mukaan pääasiassa varaston työntekijöitä vähemmän tuottavia. • Laadun vaikutus on pieni. Joillakin työntekijöillä saattaa tulla enemmän keräysvirheitä, mutta näitä sattuu melko vähän.
Pakkaus	<ul style="list-style-type: none"> • Pakkaajat tekevät pakkausta niin kauan kuin pakattavaa riittää. Välillä pakkaajat saattavat siirtyä tekemään muutaakin. • Kuvaajan tuottavimmassa päässä mittaustulokset eivät pidä paikkansa. Vähiten tuottavassa päässä tulokset ovat realistisempia. • Mittauksissa mukana myös myymälän työntekijöitä, ja he ovat pääasiassa mittaustulosten mukaan kaikkein tuottavimpia työntekijöitä. Tämä voi johtua siitä, että he eivät todellisuudessa pakkaa tuotteita, vaan keräyksen jälkeen pakkaavat ja luovuttavat tuotteet WMS:ssä, jotta ne saadaan myymälän puolelle pois WMS saldoilta. Tällöin mittaustulokset ovat virheellisiä heidän osaltaan. • Laadulla voi olla merkitystä materiaalin käytön osalta, sekä siihen, kuinka hyviä asiakkaille lähetettävistä pakeeteista tulee. Laadun kustannuksella on mahdollista saada lisää pakkausnopeutta.
Normalisoinnin vaikutukset	<ul style="list-style-type: none"> • Työntekijöillä kahden viikon välein vaihtuvat työvuorot. Kukaan ei tee jatkuvasti tiettyjä vuoroja. • Mittausten aikavälillä jotkut työntekijät ovat voineet sattumalta saada enemmän tietynlaisia vuoroja, jonka vuoksi tiettyjä työtehtäviä on tehty enemmän tiettyinä ajanhetkinä. • Esimiehinä toimivat saattavat tehdä työtehtäviä niissä tilanteissa, kun heillä ei ole esimiestyössä tekemistä tai jos varastolla on erityisen kiire saada työt tehtyä. Nämä voivat painotta tiettyihin ajankohtiin, joka voi selittää esimiesten suurempia normalisointien vaikutuksia.

	<ul style="list-style-type: none"> • Esimerkiksi vuokratyöntekijöillä ja muilla, jotka ovat tehneet työtehtävää vain vähän, ovat normalisoinnin vaikutukset olleet usein suuremmat. Tämä voi johtua siitä, että ovat tehneet työtehtävää vain muutamaan kertaan, jolloin työtehtävää ei ole tehty tasaisesti eri ajankohtina kuten monilla muilla.
Mitattavat työntekijät	<ul style="list-style-type: none"> • Myymälän työntekijöitä ei tulisi ottaa mukaan näihin mittauksiin, koska tekevät pääsääntöisesti töitä myymälän puolella ja vain satunnaisia keräystöitä varaston puolella. Nämä ovat vääristäneet pakkausmittauksen tulokset, jonka lisäksi keräystehtävissä on paljon sellaisia työntekijöitä, joiden mittaaminen ei ole mielekäästä. • Kaikki työntekijät eivät pääsääntöisesti tee kaikkia työtehtäviä, jonka vuoksi kaikille työntekijöille ei tulisi mitata kaikkia työtehtäviä. Esimerkiksi esimiehet tai vuokratyöntekijät ovat saattaneet tehdä jotain tiettyä työtehtävää vain hyvin vähän, mutta ovat tämän vuoksi saaneet erittäin hyviä tuottavuustuloksia.
Mitattavat työtehtävät	<ul style="list-style-type: none"> • Manuaalihyllytyksessä tehdään asiakaspalautusten hyllytystä sekä normaalista vastaanotosta tulleen tavaran hyllytystä. Asiakaspalautusten hyllytys on normaalia hyllytystä nopeampaa. Tätä tekevät tietyt työntekijät enemmän kuin toiset. • Asiakaspalautusten käsittely tulisi ottaa erilleen vastaanotosta ja manuaalivarastoon hyllytyksestä omiksi työtehtävikseen.
Laatu	<ul style="list-style-type: none"> • Laadun merkitys, sekä erot eri työntekijöiden tuottaman laadun välillä, vaihtelee työtehtävittäin. • Suurin merkitys laadulla, sekä myös suurimmat erot työntekijöiden välillä, on pakkauksen laadussa.
Tarve työntekijöiden suoriutumiskyvyn mittaamiselle	<ul style="list-style-type: none"> • Esimerkiksi keräystehokkuuksia on mitattu jo, mutta muuten vastaavaa tuottavuuden mittausta eri työntekijöille ei ole tähän mennessä mitattu.

	<ul style="list-style-type: none"> • Havaittuja mahdollisia käyttökohteita yrityksessä mittauksille on työntekijöiden kehittämisen seuraaminen, palautteen antaminen, pelillistäminen ja kiireisten aikojen työntöön optimointi.
--	---

Haastattelujen perusteella mittausten tulokset vaikuttavat suurimmilta osin luotettavilta kaikkien haastateltavien näkemysten mukaan. Kaikissa muissa työtehtävissä, paitsi pakkauksessa, tuottavuuksien suuruusluokat ja työntekijöiden välinen tuottavuusjärjestys oli haastateltavien mielestä realistinen heidän omiin havaintoihinsa verrattuna. Esimerkiksi manuaalivaraston keräyksessä oli joitain yllättäviä tuloksia, mutta kukaan työntekijöistä ei noussut haastatteluissa esiin yllättävänä tuloksena useammassa kuin yhdessä haastattelussa. On siis mahdollista, että tiettyjen työntekijöiden tulokset olivat yllättäviä vain yhdelle haastateltavalle, koska tämän työntekijän toimintaan ei ole kiinnitetty niin paljoa huomiota. Automaattikeräyksen osalta varaston työntekijöiden tulokset ovat olleet hie- man aiemmin tehtyjä mittauksia suurempia, mutta kuitenkin oikeaa suuruusluokkaa. Mahdollinen syy tälle on se, että poikkeavia havaintoja tarkastellessa on poikkeaviksi havainnoiksi tunnistettu myös sellaisia suoritteita, joiden suoritusaikana ei todellisuu- dessa ole tehty muuta kuin kyseistä suoritetta. On siis mahdollista, että liian paljon suo- ritteita on tunnistettu poikkeaviksi havainnoiksi.

Kaikki haastateltavat huomioivat manuaalivaraston hyllytyksessä sen, että asiakaspa- lautusten hyllyttäminen on normaalista vastaanotosta tulleen tavaran hyllyttämistä huo- mattavasti nopeampaa, ja sitä tekevät tietyt työntekijät muita enemmän. Asiakaspalau- tusten vastaanotto ja hyllytys olisi siis tarkasteltava omana työtehtävänä muusta vas- taanotosta ja hyllytyksestä poikkeavan prosessin vuoksi. Tällöin asiakaspalautusten kä- sittely ei vääristä tuloksia normaalin vastaanoton ja manuaalivaraston hyllytyksen osalta, koska nyt asiakaspalautuksia käsittelevien työntekijöiden tuottavuudet olivat näissä työ- tehtävissä muita työntekijöitä paremmat.

Keräyksen ja pakkauksen osalta kaikki työntekijät huomasivat, että mittauksissa oli mu- kana varaston yhteydessä olevan myymälän työntekijöitä, jotka eivät pääsääntöisesti tee töitä varastossa. He kuitenkin saattavat käydä tekemässä täydennyksiä myymälän puo- lelle tarvittaessa, jos jokin tuote on loppunut ja sitä tarvitaan lisää. Keräystöiden mittaus- tuloksissa tämä näkyy siten, että on paljon työntekijöitä, joilla on tarkasteluvälillä vain vähän suoritteita. Pienten suoritemäärien vuoksi myös normalisoinnin vaikutukset ovat monessa tapauksessa normaalia suuremmat, koska pienellä suoritemäärällä suoritteet eivät ole hajautuneet niin hyvin eri ajankohdille kuin varaston työntekijöillä. Keräystöissä

myymälän työntekijät ovat pääasiassa olleet mittausten mukaan varaston työntekijöitä vähemmän tuottavia, mutta joitakin poikkeuksia on, jos suoritteita on hyvin vähän ja näillä suoritteilla on ollut lyhyt kesto.

Esimiehet eivät pääsääntöisesti tee mitattavia työtehtäviä kuin erityistilanteissa. Tällaisia tilanteita on esimerkiksi, jos heillä ei ole esimiestyössä mitään tehtävää tai jos varastolla on erityisen kiire. Nämä tilanteet voivat painottua tiettyihin ajankohtiin, jonka vuoksi normalisointi voi vaikuttaa esimiehiin muita työntekijöitä enemmän. Lisäksi kaikki työntekijät eivät pääsääntöisesti tee kaikkia työtehtäviä, jonka vuoksi mittauksia ei ole mielekästä tehdä kaikille työntekijöille kaikkiin työtehtäviin, vaikka yksittäisiä suoritteita työtehtävässä voisikin olla esimerkiksi erityistilanteiden vuoksi. Tämän vuoksi tulisinkin erikseen määritellä, keiden työntekijöiden suoritteita mitataan, ja mitä työtehtäviä kellekin työntekijälle mitataan. Näin esimerkiksi myymälän työntekijöiden ja työtehtävää vain erityistilanteissa tekevien mittaustulokset eivät vaikuttaisi mittaustuloksiin ja työntekijöiden väliseen tuottavuusjärjestykseen.

Kaikkia eri työtehtäviä tehdään pääasiassa sarjoina siten, että työtehtäviä tehdään monta suoritetta peräkkäin. Tämän vuoksi taulukossa 10 poikkeaviksi havainnoiksi tunnistettujen suoritteiden määrä on hyvin korkea erityisesti vastaanotossa, keräyksessä manuaalivarastosta sekä pakkauksessa. On mahdollista, että vastaanotossa asiakaspalautusten erilainen vastaanottoprosessi ja manuaalikeräyksessä sekä pakkauksessa myymälän työntekijöiden erilaiset keräys- ja pakkausprosessit ovat vaikuttaneet tilastoihin hajontaa siten, että sellaisia suoritteita on merkitty poikkeaviksi havainnoiksi, joiden keston aikana ei todellisuudessa ole tehty muuta kuin kyseistä suoritetta. Lisäksi, koska automaattikeräyksen mittausten tulokset ovat hieman korkeammat kuin yrityksen 1 itse tekemät mittaukset, on mahdollista, että poikkeaviksi havainnoiksi on merkitty suoritteita liian pienillä poikkeavuuksilla.

Yritys 1:n työntekijöiden työvuorot vaihtelevat kahden viikon välein, eikä kukaan työntekijöistä tee jatkuvasti samoja työvuoroja. Tämän vuoksi tiettyjen työntekijöiden suoritteiden ajankohtien ei pitäisi painottua pitkällä aikavälillä tiettyihin ajankohtiin. On kuitenkin mahdollista, että mittausten aikana tietyille työntekijöille on sattumalta tullut enemmän tietynlaisia vuoroja, joka voi selittää normalisoinnin vaikutuksia tuottavuuksiin. Pääasiassa normalisoinnin vaikutukset ovat kuitenkin olleet pieniä, jos työntekijän suorittemäärät ovat olleet suuria.

Haastatteluissa mahdollisia työnteon nopeuteen vaikuttavia tekijöitä työnteon ajankohdan lisäksi nähtiin olevan erityisesti vastaanotossa. Sillä, millaista tavaraa ja miten paljon sitä täytyy lajitella vastaanoton yhteydessä, voi olla suuri merkitys siihen, kuinka nopeaa

vastaanotto on. Haasteena tämän normalisoinnissa on se, että tietoa siitä, kuinka nopeaa tai hidasta tietyn vastaanottoerän tavaran vastaanottaminen lähtökohtaisesti on, ei ole olemassa, vaan tämä on hyvin tapauskohtaista. Selkeitä mahdollisia normalisoitavia tekijöitä ei haastatteluissa tunnistettu.

Laadun merkitys mittaustulosten kannalta vaihtelee haastateltavien mukaan työtehtävittäin. Pääasiassa laadun vaihtelu eri työntekijöiden välillä on hyvin pientä, mutta pieniä laatuseroja voi kuitenkin olla kaikissa työtehtävissä. Erityisesti pakkaus tunnistettiin työtehtäväksi, jossa laadulla on merkitystä ja työntekijöiden välillä voi olla eroja tuotetun laadun suhteen. Pakkauksessa tämä näkyy esimerkiksi materiaalien käytössä sekä siinä, kuinka hyvälaatuinen asiakkaalle lähetettävä pakkaus on. Asiakkaille lähetettävien pakkausten laatu voi vaikuttaa asiakaskokemukseen ja asiakastyytyvyyteen. Muissa työtehtävissä suurimmat laatuongelmat ovat erilaisia virheitä, joita voi syntyä huolimattomuuden seurauksena, mutta näitä tapahtuu vain vähän.

Yritys 1 tekee pienimuotoista keräystehokkuuden mittausta jo nyt, mutta muita työtehtäviä ei mitata samalla tavalla. Suoritemittaus kiinnosti kaikkia haastateltuja työntekijöitä. Haastateltavat mainitsivat mahdollisiksi käyttökohteiksi suoritemittaukselle työntekijöiden kehittämisen seuraamisen, palautteen antamisen mittausten perusteella, pelillistämisen ja kiireisten aikojen työnteon optimoinnin. Haastattelujen perusteella yritys 1 voisi hyödyntää suoritemittausta sekä sen suunniteltuja käyttökohteita omassa toiminnassaan.

7.4 Suoritemittausjärjestelmän arviointi ja jatkokehitystarpeet

Laskennan tulosten analysoinnin ja haastattelujen perusteella tulokset ovat suurilta osin totuudenmukaisia ja järjestelmä toimi halutulla tavalla. On kuitenkin asioita, joihin tulee kiinnittää suoritemittauksen käyttöönotossa enemmän huomiota, kuin mitä kohdeyritysten datalla tehdyissä testeissä kiinnitettiin. Lisäksi on tapoja, joilla suoritemittausjärjestelmän toimintaa voidaan kehittää tekemällä järjestelmään jatkokehitystä.

Suoritejärjestelmän käyttöönotossa on kiinnitettävä huomiota siihen, mitä käytetään eri työtehtävien tuotoksina. Esimerkiksi testimittauksissa pakkauksessa käytettiin tuotoksina pakattuja nimikerivejä. Yritys 2 mittausten perusteella voidaan kuitenkin huomata, että ainakin heillä suuri osa pakkausten suoritteista merkittiin poikkeaviksi havainnoiksi ja näistä suuri osa oli suoritteita, joissa pakattiin yhdestä kahteen nimikeriviä yhteen pakkaukseen. Näissä suoritteissa kesto tuotosta kohden on ollut siis merkittävästi suurempi

kuin niissä, joissa pakkauksessa on useampi nimikerivi. On siis todennäköistä, että nimikerivien määrä pakkauksessa ei merkittävästi vaikuta yhden pakkauksen pakkaamiseen kuluvaan keston. Tällöin tuotoksena tulisi käyttää pakkausten määrää pakattujen nimikerivien määrän sijaan. Laskelmissa käytettävän tuotoksen valinnassa tulisi tarkastella sitä, millä tuotoksella tuotosmäärä korreloi parhaiten käytetyn ajan kanssa ja käyttää sitä tuotosta, jolla määrä korreloi käytetyn ajan kanssa parhaiten (Song & AbouRizk, 2008).

Toinen asia, joka tulisi huomioida paremmin suoritemittausjärjestelmän käyttöönotossa, on se, mitä kaikkia eri työtehtäviä järjestelmällä tulisi mitata. Yritys 1 tapauksessa asiakaspalautuksien vastaanotto ja hyllytys tulisi erottaa normaalista vastaanotosta ja manuaalivarastoon hyllytyksestä, sillä näiden vastaanotto- ja hyllytysprosessit eroavat toisistaan. Asiakaspalautusten käsittely on poikkeavan prosessin lisäksi normaalia vastaanottoa nopeampaa, joka vääristää tilastoja vastaanoton ja manuaalivaraston hyllytyksen osalta. Suoritemittauksen käyttöönoton yhteydessä tulee siis määrittää tarkkaan, mitä eri työtehtäviä tulee mitata ja miten erotetaan, mikä suorite kuuluu mihinkin työtehtävään.

Järjestelmään tulisi pystyä määrittämään, keiden työntekijöiden suoritteet otetaan huomioon missäkin työtehtävässä. Esimerkiksi jos työntekijä ei tee työtehtävää kuin yksittäisinä suoritteina harvoin, ei hänen suoritteitaan tulisi ottaa huomioon mittauksissa, eikä työntekijälle tulisi mitata tuottavuuksia. Tällaisten työntekijöiden tekemät suoritteet voivat vääristää poikkeavien havaintojen tunnistamista sekä normalisointia, eikä heidän tuottavuutensa mittaamiselle näissä työtehtävissä ole perusteita. Ylimääräiset työntekijät saattavat sen sijaan olla turhaan mukana mittaustuloksissa, jolloin suoritemittausjärjestelmästä saatavien tuottavuustietojen hyödyntäminen ei ole niin yksinkertaista, jos näitä hyödyntäessä täytyy erikseen tunnistaa ne henkilöt, jotka tekevät työtehtävää muuten kuin satunnaisesti. Erityisesti yritys 1:n keruutyössä ja pakkauksessa myymälän työntekijät vääristivät mittaustuloksia ja näitä työntekijöitä ei olisi ollut tarpeen mitata.

Sekä mittaustulosten analysoinnin että haastattelujen perusteella voi olla mahdollista, että osa poikkeaviksi havainnoiksi merkityistä suoritteista ovatkin olleet sellaisia suoritteita, joiden keston aikana ei todellisuudessa ole tehty muuta kuin kyseistä suoritetta. Tällöin suoritetta ei tulisi merkitä poikkeavaksi havainnoksi, vaan se tulisi ottaa huomioon tuottavuuslaskennassa. Testeissä poikkeaviksi havainnoiksi merkittiin ne suoritteet, joiden kesto tuotosta kohden poikkesi mediaanista yli kolmen absoluuttisen poikkeaman mediaanin verran. Jos sitä, kuinka helposti suorite merkitään poikkeavaksi havainnoksi missäkin työtehtävässä, voisi säätää erikseen eri työtehtäville, voisi poikkeavien havaintojen tunnistamista pyrkiä optimoimaan. Tällöin mittauksista voi saada tarkempia, jos

poikkeaviksi havainnoiksi merkitään virheellisesti, tai vastaavasti jätetään merkitsemättä virheellisesti, vähemmän suoritteita.

Taulukossa 13 on esitetty miten vaatimusmäärittelyssä määritetyt taulukon 2 vaatimukset täyttyvät kehitetyssä suoritemittausjärjestelmän prototyypissä. Kaikki vaatimuksista toteutuvat niiltä osin, mitä tässä järjestelmän kehitysvaiheessa on ollut mahdollista toteuttaa. Koska järjestelmän rajapintoja muihin järjestelmiin ei ole vielä toteutettu, vaan ne toteutetaan tämän työn ulkopuolella, ei vaatimuksia 5, 7 ja 14 ole ollut mahdollista toteuttaa kokonaisuudessaan. Suoritemittausjärjestelmän prototyyppi on kuitenkin suunniteltu ja toteutettu siten, että mahdollisuudet myös näiden vaatimusten toteuttamiseen on olemassa.

Taulukko 13. *Suoritemittausjärjestelmän vaatimusten täytyminen*

Nro.	Vaatus	Vaatimuksen täytyminen
1	Järjestelmän täytyy mitata työntekijän suorituskykyä.	Suoritemittausjärjestelmä mittaa työntekijän tuottavuutta, joka kuvaa työntekijän suorituskyvyn ensimmäistä ulottuvuutta (Koopmans et al., 2014).
2	Työntekijöitä, joiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.	Suoritemittausjärjestelmä mahdollistaa useiden eri työntekijöiden tuottavuuden mittaamisen.
3	Eri työtehtäviä, joissa työntekijöiden suorituskykyä mitataan, voi olla useita.	Suoritemittausjärjestelmä mahdollistaa tuottavuuden mittaamisen useissa eri työtehtävissä.
4	Mittaustulosten tulee olla vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä.	Normalisoinnin myötä tulokset ovat vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä.
5	Järjestelmän tekemä mittaus tapahtuu automaattisesti.	Suoritemittausjärjestelmän tekemä mittaus tapahtuu automaattisesti, jos rajapinta lähdejärjestelmästä suoritemittausjärjestelmään toteutetaan.
6	Järjestelmän data säilötään tietokannassa.	Suoritemittausjärjestelmän data säilötään tietokannassa.

7	Järjestelmässä on rajapinnat lähde- ja kohdejärjestelmiin.	Rajapinnat eri järjestelmiin toteutetaan erikseen tämän työn ulkopuolella.
8	Tuottavuustiedot normalisoidaan työn suoritusajankohdan perusteella siten, että työnteon ajankohta ei vaikuta työn tuottavuuteen.	Suoritemittausjärjestelmä normalisoi suoritteiden kestot ja tämän myötä tuottavuudet normalisoidaan suoritusajankohdan perusteella.
9	Järjestelmässä on tiedot tuotostäätärstä ja näihin käytetyistä työajasta, joiden perusteella lasketaan tuottavuus eri työtehtävissä.	Suoritemittausjärjestelmässään lisätään työntekijöiden tekemät suoritteet ja näiden tuotostäätärät ja näille lasketaan kestot muiden suoritteiden suoritusajankohdan perusteella. Eri työntekijöille lasketaan tuottavuudet näiden perusteella.
10	Tuottavuuslaskelmissa on mahdollista ottaa huomioon työntekijän tekemän työn laatu käyttämällä laatutekijää.	Suoritemittausjärjestelmä mahdollistaa laatutekijän huomioonottamisen tuottavuuslaskennassa.
11	Suoritemittausjärjestelmän tuottavuustiedot täytyy olla saatavissa vähintään päivittäisellä tasolla.	Suoritemittausjärjestelmän tuottavuustiedot ovat saatavissa joustavasti erilaisille aikajänteille.
12	Työaika, jolloin työntekijä ei tee mitään järjestelmän mitattavaa työtehtävää, ei saa vaikuttaa työntekijän tuottavuuslaskelmiin missään tietyssä työtehtävässä.	Työajan, jonka aikana työntekijä ei tee mitattavia työtehtäviä, vaikutus pyritään minimoimaan jättämällä poikkeavat havainnot pois tuottavuuslaskennasta.
13	Järjestelmästä tulee saada yksinkertaistetut tuottavuustiedot, joissa laadun tai suoritusajankohdan vaikutusta ei ole huomioitu.	Tuottavuustiedot ilman laadun tai suoritusajankohdan huomiointia ovat saatavissa suoritemittausjärjestelmästä.

14	Tuottavuustiedot täytyy olla saatavissa reaaliaikaisesti.	Jos rajapinta lähdejärjestelmän ja suoritemittausjärjestelmän välille toteutetaan toimimaan reaaliaikaisena, on tuottavuustiedot mahdollista saada reaaliaikaisesti.
15	Tuottavuusdata täytyy olla saatavissa joustavasti erilaisille tarkastelujaksoille.	Suoritemittausjärjestelmän tuottavuustiedot ovat saatavissa joustavasti erilaisille aikajännteille.

Kehitetyn mittaria voidaan arvioida neljän eri kriteerin avulla: validiteetin, reliabiliteetin, käytännöllisyyden ja relevanssin. Validiteetilla tarkoitetaan sitä, miten hyvin mittarilla onnistutaan mittaamaan haluttua asiaa. (Lönqvist, 2004 s. 85) Suoritemittausjärjestelmällä mitataan työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä ja haastattelujen perusteella tämä toteutuu, jos mitattavat työtehtävät määritellään oikein ennen mittausten aloitusta. Järjestelmän testauksessa relevanssissa on kuitenkin ollut pieniä puutteita tietyissä työtehtävissä, jotka johtuivat siitä, että samalla mitatulla työtehtävällä mitattiin todellisuudessa useampaa erilaista työtehtävää, joka näkyi erityisesti yritys 1:n manuaalivarastoon hyllytyksessä. Järjestelmän validiteettia nostaa poikkeavien havaintojen tunnistaminen, jonka avulla mittauksista saadaan jätettyä pois ne suoritteet, jolloin on tehty muuta kuin mitattavaa työtehtävää.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan, kuinka tarkkoja ja täsmällisiä mittauksen tulokset ovat (Lönqvist, 2004 s. 88). Haastattelujen perusteella reliabiliteetti on ollut suurimmaksi osaksi hyvällä tasolla, mutta esimerkiksi työtehtävää vain satunnaisesti tekevät työntekijät ja puutteellinen poikkeavien havaintojen tunnistamisen säätömahdollisuus ovat laskeneet reliabiliteettia. Järjestelmän reliabiliteettia voidaan siis saada parannettua esitettyjen jatkokehitystarpeiden kehittämällä.

Käytännöllisyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka taloudellisia, käytettävyydeltään miellyttäviä ja tulkittavia mittarit ovat (Lönqvist, 2004 s. 90). Suoritemittausjärjestelmän käyttökustannukset ovat itse kehityksen jälkeen pienet sen automaattisuuden vuoksi, joka parantaa lisäksi sen käytettävyyttä, koska itse mittaaminen ei vaadi manuaalista työtä. Käyttökohteista riippuen suoritemittausjärjestelmästä voidaan saada helposti tulkittavia tuottavuuslukemia erilaisille aikajännteille, ja järjestelmä tarjoaa tuottavuustietoja myös ilman normalisointia tai laadun vaikutuksen huomiointia. Haastatteluissa haastateltavilla ei ollut haasteita mittaustulosten tulkinnessa. Käytännöllisyyden voidaan arvioida olevan näiden asioiden vuoksi hyvällä tasolla.

Relevanssilla tarkoitetaan, kuinka hyödyllinen mittari on sen käyttäjille (Lönngqvist, 2004 s. 90). Suoritemittausjärjestelmälle on jo alustavasti suunniteltu useita käytännön sovelluksia, kuten älykäs työnohjaus ja pelillistäminen. Haastatteluissa haastateltavat pitivät mittauksen tuloksia mielenkiintoisina ja pystyivät löytämään mittaustuloksille käyttökohteita omaan työhönsä liittyen. Suoritemittausjärjestelmän hyödyt ovat konkreettisia ja tämän vuoksi järjestelmän relevanssi on hyvällä tasolla.

Suoritemittausjärjestelmän vaatimusmäärittelyssä tunnistetut vaatimukset täyttyvät. Suoritemittausjärjestelmän toiminnassa on pieniä puutteita mitattavien työntekijöiden rajaamisen ja poikkeavien havaintojen merkitsemisen säätämismahdollisuuden osalta, jotka vaikuttavat laskevasti järjestelmän valideuteen ja reliabiliteettiin. Suoritusmittausjärjestelmän toiminnassa havaituille puutteille on tunnistettu ratkaisuehdotukset. Arvioinnissa huomatu ongelmien johtuivat osittain käytetystä suoritedatasta, jotka ovat korjattavissa lähdejärjestelmien ja suoritemittausjärjestelmän rajapinnan suunnittelussa sekä suoritemittausjärjestelmän käyttöönotossa. Koska havaituille ongelmille on havaittu syyt ja määritetty ehdotukset puutteiden korjaamiseksi, suoritemittausjärjestelmän kehitys voidaan tämän perusteella arvioida onnistuneeksi järjestelmän kehitysvaihe huomioiden.

7.5 Tulosten pohdinta

Diplomityön tuloksena on suoritemittausjärjestelmän prototyyppi, joka on suunniteltu, kehitetty ja arvioitu suunnittelututkimusprosessin eri vaiheiden mukaisesti. Diplomityössä suunnittelututkimusprosessista on toteutettu vain ensimmäinen sykli ja suoritemittausjärjestelmän kehityksen mahdolliset myöhemmät syklit toteutetaan diplomityön ulkopuolella. Tämän vuoksi tuloksia tarkastellaan ottaen huomioon suoritemittausjärjestelmän kehityksen varhainen vaihe, ja että tuloksena saatu suoritemittausjärjestelmä on vasta ensimmäinen prototyyppi, joka järjestelmästä on kehitetty.

Suoritemittausjärjestelmän suunnittelun, kehityksen ja arvioinnin perusteella suoritemittausjärjestelmällä on mahdollista mitata työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä WMS- ja MES-järjestelmien kaltaisista työntekijöitä ohjaavista järjestelmistä saatavien suoritetietojen avulla. Lisäksi suoritemittausjärjestelmällä on mahdollista normalisoida suoritusajankohtien vaikutus tuottavuuteen. Suoritemittausjärjestelmän prototyyppi laskee ja normalisoi työntekijöiden tuottavuudet eri työtehtävissä siihen syötetyn käyttäjä-, työtehtävä- ja suoritedatan perusteella. Järjestelmän tekemä datan käsittely toimii kolmessa eri vaiheessa:

1. Suoritteiden kesto lasketaan suoritteiden suoritusajankohdan ja saman työntekijän edellisen suoritteiden ajankohdan perusteella.
2. Poikkeuksellisen pitkäkestoiset suoritteet tunnistetaan ja merkitään poikkeaviksi havainnoiksi, jotta näitä ei oteta huomioon tuottavuuslaskennassa. Tähän käytetään havainnon mediaaniin sekä absoluuttisen poikkeaman mediaaniin perustuvaa menetelmää, käyttäen havaintona suoritteiden keston tuotosta kohden (Leys et al., 2013).
3. Suoritteiden kestot normalisoidaan käyttäen suoritteiden keston tuotosta kohden normitettua arvoa omassa vertailujoukossaan.

Näin saatujen suoritteiden kestojen sekä tuotosmäärien perusteella voidaan työntekijöille laskea tuottavuudet käyttäen normalisoituja tai normalisoimattomia arvoja. Lisäksi työntekijän tuottama laatu voidaan ottaa huomioon käyttäen laatutekijää kertoimena.

Kehitetty suoritemittausjärjestelmän prototyyppi toteuttaa ehdotusvaiheen vaatimusmäärittelyssä määritetyt vaatimukset niiltä osin, kuin järjestelmän on tässä kehitysvaiheessa mahdollista toteuttaa. Vaatimukset, sekä kuinka suoritemittausjärjestelmän prototyyppi toteuttaa ne, on esitetty taulukossa 13. Koska järjestelmän rajapintoja muihin järjestelmiin ei ole toteutettu suunnittelututkimusprosessin ensimmäisessä syklissä, vaan ne toteutetaan myöhemmissä sykleissä tämän diplomityön ulkopuolella, ei vaatimuksia 5, 7 ja 14 ole ollut mahdollista toteuttaa kokonaisuudessaan. Kuitenkin prototyyppi on kehitetty siten, että valmiudet myös näiden vaatimusten toteutumiseen on olemassa. Ehdotusvaiheessa tehdyn vaatimusmäärittelyn perusteella suoritemittausjärjestelmän prototyypissä ei siis ole puutteita, jos otetaan huomioon järjestelmän kehityksen vaihe.

Ratkaisun arviointivaiheessa tunnistettiin asioita, jotka tulee määrittellä suoritemittausjärjestelmän käyttöönoton yhteydessä tarkemmin, kuin järjestelmän testausvaiheessa määriteltiin. Se, mitä eri työtehtävien tuotoksena käytetään tuottavuuslaskennassa, ja mitä tulisi taten käyttää eri työtehtävien suoritteiden tuotosmäärinä, tulee määrittellä ennen suoritemittauksen aloittamista. Tuotoksena tulisi käyttää sitä tuotosta, jolla tuotosmäärät korreloivat käytetyn ajan kanssa mahdollisimman vahvasti (Song & AbouRizk, 2008). Väärän tuotoksen valinnan seurauksena tuottavuuslaskennan tulokset voivat vääristyä siten, että eri työntekijöiden väliset tuottavuudet eivät vastaa eroja reaali maailmassa, jonka lisäksi poikkeavien havaintojen tunnistamisessa voi esiintyä virheitä. Lisäksi ennen käyttöönottoa on tärkeää määrittellä, mitä kaikkia erilaisia työtehtäviä tulee mitata erillään. Erilaisia työtehtäviä, joiden prosessit ja kestot voivat poiketa toisistaan,

ei tulisi mitata yhdessä samassa työtehtävässä, vaikka työtehtävät saattaisivat muistuttaa toisiaan. Jos useaa erilaista työtehtävää mitataan samassa mitattavassa työtehtävässä, mittaustulokset voivat vääristyä sen mukaan, missä suhteessa erilaisten työtehtävien suoritteita esiintyy mitattavan työtehtävän mittauksissa eri työntekijöillä.

Ratkaisun arviointivaiheessa tunnistettiin käyttöönoton yhteydessä määriteltävien asioiden lisäksi kehitysehdotuksia, joiden avulla suoritemittausjärjestelmän toimintaa voitaisiin parantaa. Eri työtehtävissä voi satunnaisesti esiintyä suoritteita sellaisiltakin työntekijöiltä, jotka eivät tee kyseistä työtehtävää kuin hyvin harvoin poikkeustilanteissa. Nämä työntekijät voivat tehdä kyseistä tehtävää hyvin eri tavoin kuin ne työntekijät, jotka tekevät kyseistä työtehtävää usein. Työtehtävää vain harvoin tekevien suoritteet voivat vaikuttaa tuottavuuslaskelmiin myös muiden kuin omien tuottavuuksiensa osalta, jonka lisäksi näiden työntekijöiden mittaustuloksille ei monessa tilanteessa ole samanlaista tarvetta, kuin työtehtävää usein tekevien mittaustuloksille. Tämän vuoksi mittaukset tulisi pystyä rajaamaan vain halutuille työntekijöille eri työtehtävissä. Lisäksi, koska suoritteiden kestojen hajonta tuotosta kohden voi vaihdella hyvin eri tavoin eri työtehtävissä, tulisi sitä, kuinka helposti suoritteet merkitään poikkeaviksi havainnoiksi, pystyä säätämään eri työtehtäville erikseen. Tällöin poikkeavien havaintojen tunnistamista on mahdollista optimoida.

Haastattelujen perusteella laadun vaihtelu ja merkitys voivat olla erilaisia eri työtehtävissä. Jotta niissä työtehtävissä, joissa laadun vaihtelu eri työntekijöiden välillä on merkittävää ja laadulla on merkitystä, tulee laatu ottamaan huomioon tuottavuuslaskelmissa, jotta tuottavuutta ei pyritä parantamaan laadun kustannuksella (Lee et al., 2007). Tämä on mahdollistettu suoritemittausjärjestelmässä hyödyntämällä laatutekijää, jota käytetään tuottavuuden kertoimena, jolloin tuotettu laatu vaikuttaa suoraan tuottavuusmittausten tuloksiin (Al-Darrab, 2000). Jotta laadun erilaiset muodot huomioidaan kattavasti, tulee laatutekijää määritettäessä ottaa huomioon tekninen sekä funktionaalinen laatu (Grönroos, 1984).

Tulosten perusteella suoritemittausjärjestelmän suunnittelun ja kehityksen tuloksena luotu prototyyppi täyttää sille asetetut vaatimukset ja tarpeet hyvin perustoiminnallisuuksien osalta, mutta mahdollisia kehityskohteita löytyy yhä. Suunnittelututkimusprosessi, jota on käytetty suoritemittausjärjestelmän suunnitteluun, on syklinen prosessi, ja usein ensimmäisen syklin aikana ei saavuteta lopullista lopputulosta (Takeda et al., 1990). Tämä huomioon ottaen suunnittelututkimuksen ensimmäinen sykli on onnistunut ja suoritemittausjärjestelmän kehitys on saanut hyvän alun sen tuottamien mittausten ollessa

hyödynnettävissä jo tässä vaiheessa järjestelmän kehitystä. Tulosten perusteella suositellaan suorittamattomien järjestelmien kehityksen jatkamista suositellaan.

8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityössä suunniteltiin suoritemittausjärjestelmä käyttäen Takeda et al. (1990) esittelemää syklistä suunnittelututkimusprosessia. Suunnittelututkimusprosessissa edettiin diplomityössä yhden syklin verran ja tulevat syklit toteutetaan diplomityön ulkopuolella. Prosessin tuloksena suunniteltiin ja toteutettiin suoritemittausjärjestelmän prototyyppi, jolla on mahdollista mitata suorittavan työn työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä työntekijöitä ohjaavista järjestelmistä saatavan suoritedatan avulla. Järjestelmällä voidaan lisäksi normalisoida erilaisten suoritusajankohtien vaikutus työn tuottavuuteen, jolloin eri ajankohtina työskennelleiden työntekijöiden tuottavuudet ovat keskenään vertailukelpoisia.

Suoritemittausjärjestelmä mittaa työntekijöiden tuottavuutta eri työtehtävissä hyödyntäen historiallista dataa, jota saadaan työntekijöitä ohjaavista järjestelmistä, jollaisia ovat esimerkiksi WMS- ja MES-järjestelmät. Historiallisen datan käyttäminen panoksista ja tuotoksista mittauksissa on luotettava tapa mitata tuottavuutta (Song & AbouRizk, 2008). Jos mittauksissa ei oteta huomioon tuotettua laatua, voisi tämä kannustaa kehittämään tuottavuutta laadusta välittämättä, joka voisi johtaa laadun huonontumiseen (Lee et al., 2007). Tämän vuoksi laatu otetaan huomioon mittauksilla käyttämällä laatutekijää tuottavuuden kertoimena (Al-Darrab, 2000). Jotta laadun eri muodot voitaisiin huomioida, on laatutekijässä otettava huomioon tekninen sekä funktionaalinen laatu (Grönroos, 1984). Koska on olemassa ulkoisia, työntekijästä riippumattomia, tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa työntekijöiden tuottavuuteen eri tavoin, tulee näiden ulkoisten tekijöiden vaikutus tuottavuuteen pyrkiä normalisoimaan eri työntekijöiden välillä, jotta mittaustulokset ovat vertailukelpoisia eri työntekijöiden välillä (Gosnell et al., 2020).

Suoritemittausjärjestelmän toiminta arviotiin syöttämällä siihen kahden kohdeyrityksen dataa ja tarkastelemalla tuloksia. Lisäksi toisen yrityksen työnjohdon työntekijöitä haastateltiin aiheeseen liittyen. Arvioinnin perusteella suoritemittauksen käyttöönoton yhteydessä tulee määrittellä tarkkaan, mitä eri työtehtäviä järjestelmällä tulee mitata ja mitä käytetään näiden työtehtävien tuotoksena tuottavuuslaskelmissa. Lisäksi suoritemittausjärjestelmän kehitysehdotuksiksi määriteltiin tarpeet rajata, ketä työntekijöitä mitataan missäkin työtehtävissä, sekä säätää poikkeuksellisten havaintojen tunnistamista työtehtävittäin. Näiden havaintojen perusteella suoritemittausjärjestelmää voidaan kehittää tu-

levissa suunnittelututkimusprosessin sykleissä, sekä käyttöönoton yhteydessä suoritemittausjärjestelmän toiminta voidaan saada vastaamaan käyttöönottajän tarpeita mahdollisimman tarkasti.

Tämän diplomityön tulosten tärkein merkitys on käytännön ongelmanratkaisussa. Suoritemittausjärjestelmän kehittämisen myötä järjestelmää on mahdollista hyödyntää erilaisissa sovelluksissa, jotka käyttävät suoritemittausjärjestelmän tuottamaa tuottavuusdataa. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi tuottavuus datan käyttäminen työnohjauksessa tai tekoälyä hyödyntävässä älykkään työnohjauksen ratkaisussa sekä pelillistämässä. Lisäksi tuottavuusdataa voidaan käyttää monissa muissa mahdollisissa käyttökohteissa päätöksenteon tai ohjaamisen tukena, kuten kehittymisen seuraamisessa ja palautteen antamisessa ja töiden optimoinnissa. Koska suoritemittausjärjestelmästä saadaan dataa yksittäisille työntekijöille eri työtehtävien osalta joustavasti erilaisille aikajännteille, ovat käyttömahdollisuudet laajat ja dataa voidaan käyttää myös hyvin tarkalla tasolla laajemman tarkastelutason lisäksi.

Mittaaminen on vain yksi osa johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuudesta. Koska johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden osat eivät koskaan toimi muista täysin eristyksissä, tulee suoritemittausjärjestelmän ja tätä hyödyntävien ratkaisujen käyttöönotossa huomioida vaikutukset myös muissa johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuuden osissa kokonaisuutena. (Malmi & Brown, 2008) Lisäksi, jotta työntekijät kokisivat käyttöön otettavat ratkaisut motivoivina, tulee ratkaisun elinkaaren läpi pyrkiä siihen, että ratkaisut suunnitellaan, otetaan käyttöön ja käytetään siten, että ratkaisut koetaan mahdollistavina rajoittavuuden sijaan (Adler & Borys, 1996). Suoritemittausjärjestelmää sekä sitä hyödyntäviä järjestelmiä tulee käyttää siten, että huomioidaan muu johdon ohjausjärjestelmäkokonaisuus sekä työntekijät, joiden työskentelyyn ratkaisut vaikuttavat.

Suoritemittausjärjestelmän tuottamissa mittaustuloksissa on aina pientä epävarmuutta johtuen mahdollisista lähdedatan virheistä sekä järjestelmään tekemistä yksinkertaistuksista. Lisäksi vaikka suoritemittausjärjestelmä normalisoi työntekijöiden tuottavuudet suoritusajankohtien perusteella, on olemassa myös muita tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa hieman eri tavoin eri työntekijöiden tuottavuuteen, jonka vuoksi eri työntekijöiden mittaustulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Tämä voi johtua siitä, että näitä tekijöitä ei ole tunnistettu, tai dataa, joiden perusteella nämä voitaisiin normalisoida, ei ole. Nämä ovat suoritemittausjärjestelmän rajoitteita, joita on hyvin haastavaa poistaa kokonaisuudessaan jatkokehityksenkään myötä. Tämä on huomioitava siinä, miten järjestelmän tuottamaa dataa hyödynnetään.

Suoritemittausjärjestelmän prototyypillä saatiin lupaavia tuloksia jo ensimmäinen suunnittelututkimusprosessin syklin jälkeen. Jos diplomityötä tehdessä oltaisiin ennen testausta ja arviointia määritelty tarkemmin, mitä eri työtehtäviä eri kohdeyrityksillä tulee mitata ja mitä näiden työtehtävien tuotoksina tulee käyttää, olisivat tulokset voineet olla vielä parempia. Pieniä kehitystarpeita itse suoritemittausjärjestelmän toimintaan on yhä olemassa, jonka lisäksi suoritemittausjärjestelmälle tulee kehittää rajapinnat lähde- ja kohdejärjestelmiin. Tulosten perusteella suositellaan suoritemittausjärjestelmän laajempaa testaamista sekä kehityksen jatkamista annettujen kehitysehdotusten mukaisesti. Lisää tutkittavaa on esimerkiksi mittauksissa käytettävä laatutekijän muodostamisessa, jotta laatutekijä voitaisiin määrittää eri työntekijöille eri työtehtäviin niin, että se kuvaa käytännön työssä tuotettua laatua realistisesti mittauksissa. Lisäksi jatkotutkimuksissa on mahdollista pyrkiä löytämään suoritusajankohdan lisäksi muita tuottavuuslaskelmissa normalisoitavia tekijöitä sekä pyrkiä automatisoimaan työssä olevan joutoajan ja hukan mittaamista suoritemittausjärjestelmän avulla.

LÄHTEET

Abdel-Maksoud, A., Abdel-Kader, M., & Epstein, M. J. (2007). Non-financial performance measurement and management practices in manufacturing firms: A comparative international analysis. Bingley: Emerald Publishing Limited.

Adebowale, S., & Adefulu, A. (2019). Training and employee productivity of selected insurance: Perspectives for the board of directors. *Corporate Board Role Duties and Composition*, 15(3), 17-26.

Adler, P. S., & Borys, B. (1996). Two types of bureaucracy: Enabling and coercive. *Administrative Science Quarterly*, 41(1), 61-89.

Al-Darrab, I. (2000). Relationships between productivity, efficiency, utilization, and quality. *Work Study*, 49(3), 97-104.

Banker, R. D., Datar, S. M., & Kaplan, R. S. (1989). Productivity measurement and management accounting. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 4(4), 528-554.

Beck, R. J. (2017). The software requirement specification as a tool for software quality. *Software Quality Professional*, 19(3), 47.

Bhadury, J., & Radovilsky, Z. (2006). Job rotation using the multi-period assignment model. *International Journal of Production Research*, 44(20), 4431-4444.

Bititci, U. S., Mendibil, K., Nudurupati, S., Garengo, P., & Turner, T. (2006). Dynamics of performance measurement and organisational culture. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(12), 1325-1350.

Boucher, T. O., & Yalçın, A. (2006). Design of industrial information systems. Amsterdam: Elsevier.

Bourne, M., Franco-Santos, M., Kennerley, M., & Martinez, V. (2005). Reflections on the role, use and benefits of corporate performance measurement in the UK. *Measuring Business Excellence*, 9(3), 36.

Casad, S. (2012). Implications of job rotation literature for performance improvement practitioners. *Performance Improvement Quarterly*, 25(2), 27-41.

Cuevas, R., Ferrer, J., Klapp, M., & Muñoz, J. (2016). A mixed integer programming approach to multi-skilled workforce scheduling. *Journal of Scheduling*, 19(1), 91-106.

Dahmen, S., Rekik, M., & Soumis, F. (2018). An implicit model for multi-activity shift scheduling problems. *Journal of Scheduling*, 21(3), 285-304.

Escorpizo, R. (2008). Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(3), 291-297.

Fletcher, S. R., Baines, T. S., & Harrison, D. K. (2008). An investigation of production workers' performance variations and the potential impact of attitudes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35(11), 1113-1123.

Folger, R., & Stein, C. (2017). Abduction 101: Reasoning processes to aid discovery. *Human Resource Management Review*, 27(2), 306-315.

Gerdenitsch, C., Sellitsch, D., Besser, M., Burger, S., Stegmann, C., Tscheligi, M., & Kriglstein, S. (2020). Work gamification: Effects on enjoyment, productivity and the role of leadership. *Electronic Commerce Research and Applications*, 43, 100994.

Glover, F., & McMillan, C. (1986). The general employee scheduling problem. an integration of MS and AI. *Computers & Operations Research*, 13(5), 563-573.

Gosnell, G. K., List, J. A., & Metcalfe, R. D. (2020). The impact of management practices on employee productivity: A field experiment with airline captains. *The Journal of Political Economy*, 128(4), 1195-1233.

Grönroos, C. (1984). A service quality model and its marketing implications. *European Journal of Marketing*, 18(4), 36-44.

Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14.

Heinrich, C. J. (2007). False or fitting recognition? the use of high performance bonuses in motivating organizational achievements. *Journal of Policy Analysis and Management*, 26(2), 281-304.

Hisano Barbosa, D., & Andreotti Musetti, M. (2011). The use of performance measurement system in logistics change process. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(4), 339-359.

Hosseini, M., Phalp, K., Taylor, J., Ali, R., & Shahri, A. (2019). How to engineer gamification: The consensus, the best practice and the grey areas. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 31(1), 39-60.

Jordan, S., & Messner, M. (2012). Enabling control and the problem of incomplete performance indicators. *Accounting, Organizations and Society*, 37(8), 544-564.

Kapelko, M., Oude Lansink, A., & Stefanou, S. E. (2017). Input-specific dynamic productivity change: Measurement and application to European dairy manufacturing firms. *Journal of Agricultural Economics*, 68(2), 579-599.

Koopmans, L., Bernaards, C. M., Hildebrandt, V. H., de Vet, H. C. W., & van der Beek, A. J. (2014). Measuring individual work performance: Identifying and selecting indicators. *Work (Reading, Mass.); Work*, 48(2), 229-238.

Kyngäs, N., Nurmi, K., & Kyngäs, J. (2013). Crucial components of the PEAST algorithm in solving real-world scheduling problems. *Lecture Notes on Software Engineering*, , 230-236.

Lee, W., Beruvides, M. G., & Chiu, Y. D. (2007). A study on the quality-productivity relationship and its verification in manufacturing industries. *The Engineering Economist*, 52(2), 117-139.

Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764-766.

Lipsey, R. G., & Carlaw, K. I. (2004). Total factor productivity and the measurement of technological change. *The Canadian Journal of Economics*, 37(4), 1118-1150.

Lönnqvist, A. (2004). Measurement of intangible success factors: Case studies on the design, implementation and use of measures. Tampere University of Technology.

Malmi, T., & Brown, D. A. (2008). Management control systems as a package—Opportunities, challenges and research directions. *Management Accounting Research*, 19(4), 287-300.

Mekler, E., Brühlmann, F., Opwis, K., & Tuch, A. (2013). Do points, levels and leaderboards harm intrinsic motivation?: An empirical analysis of common gamification elements ACM.

Merchant, K. A., & Van der Stede, Wim A. (2017). *Management control systems : Performance measurement, evaluation and incentives*. Harlow, England: Pearson.

Michalos, G., Makris, S., & Chryssolouris, G. (2013). The effect of job rotation during assembly on the quality of final product. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6(3), 187-197.

- Milliken, F. J., Morrison, E. W., & Hewlin, P. F. (2003). An exploratory study of employee silence: Issues that employees don't communicate upward and why. *Journal of Management Studies*, 40(6), 1453-1476.
- Mitchell, R., Schuster, L., & Jin, H. S. (2020). Gamification and the impact of extrinsic motivation on needs satisfaction: Making work fun? *Journal of Business Research*, 106, 323-330.
- Neumann, W. P., & Medbo, P. (2009). Integrating human factors into discrete event simulations of parallel flow strategies. *Production Planning & Control*, 20(1), 3-16.
- Nguyen, L. D., Nguyen, T. K. N., Tran, D. Q., & Villiers, C. (2014). Productivity in daytime and nighttime construction of urban sewer systems. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(7), 4014021.
- Othman, M., Gouw, G. J., & Bhuiyan, N. (2012). Workforce scheduling: A new model incorporating human factors. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(2), 259-284.
- Ramírez, Y., W., & Nembhard, D. A. (2004). Measuring knowledge worker productivity: A taxonomy. *Journal of Intellectual Capital*, 5(4), 602-628.
- Ranganathan, A., & Benson, A. (2020). A numbers game: Quantification of work, auto-gamification, and worker productivity. *American Sociological Review; Am Sociol Rev*, 85(4), 573-609.
- Rotab Khan, M. R., & Darrab, I. A. (2010). Development of analytical relation between maintenance, quality and productivity. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16(4), 341-353.
- Rowbotham, F., Galloway, R. L. (R. L., & Azhashemi, M. (2007). *Operations management in context* (2nd ed.). Amsterdam: Boston.
- Sabar, M., Sabar, M., Montreuil, B., Montreuil, B., Frayret, J. -, & Frayret, J. -. (2012). An agent-based algorithm for personnel shift-scheduling and rescheduling in flexible assembly lines. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(6), 2623-2634.
- Savino, M. M., Brun, A., & Mazza, A. (2014). Dynamic workforce allocation in a constrained flow shop with multi-agent system. *Computers in Industry*, 65(6), 967-975.
- Schönsleben, P. (2019). Tangible services and intangible products in industrial product service systems. *Procedia CIRP*, 83, 28-31.

- Schultz, A. B., Chen, C., & Edington, D. W. (2009). The cost and impact of health conditions on presenteeism to employers: A review of the literature. *Pharmacoeconomics*, 27(5), 365-78.
- Song, L., & AbouRizk, S. M. (2008). Measuring and modeling labor productivity using historical data. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10), 786-794.
- Takeda, H., Veerkamp, P., & Yoshikawa, H. (1990). Modeling design process. *AI Magazine*, 11(4), 37.
- Tangen, S. (2005). Demystifying productivity and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(1), 34-46.
- Udo, G. G., & Ebiefung, A. A. (1999). Human factors affecting the success of advanced manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 37(1), 297-300.
- van Loggerenberg, B.,J., & Cucchiaro, S. J. (1981). Productivity measurement and the bottom line. *National Productivity Review*, 1(1), 87-99.
- Wouters, M., & Wilderom, C. (2008). Developing performance-measurement systems as enabling formalization: A longitudinal field study of a logistics department. *Accounting, Organizations and Society*, 33(4), 488-516.
- Yunus, E. N., & Ernawati, E. (2018). Productivity paradox? the impact of office redesign on employee productivity. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(9), 1918-1939.

LIITE A: YRITYS 1:N LIUKUVAT KESKIVARVOT AUTOMAATTIKERÄYKSEN KESTOLLE TUOTOSTA KOHDEN

Yritys 1:n varastolla varastoautomaatista tehtävän keräyksen kestojen tuotosta kohden liukuvat keskiarvot 30 minuutin aikaikkunalla viikon eri ajankohtina aikavälillä 7.10.2020 – 4.2.2021. Varastolla ei tehdä töitä sunnuntaisin, jonka vuoksi keskiarvoja ei ole laskettu sunnuntaille. Jos tapahtumia on ajankohtana alle 30, merkitään keskiarvoksi nolla sekuntia.

Kellon- aika	Keskimääräinen kesto tuotosta kohden (s)					
	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La
0:00	0	0	0	0	0	0
0:15	0	0	0	0	0	0
0:30	0	0	0	0	0	0
0:45	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0
1:15	0	0	0	0	0	0
1:30	0	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0
2:15	0	0	0	0	0	0
2:30	0	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0
3:15	0	0	0	0	0	0
3:30	0	0	0	0	0	0

3:45	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0
4:15	0	0	0	0	0	0
4:30	0	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0
5:15	0	0	0	0	0	0
5:30	0	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0	0
6:00	12,79412	17,7459	13,94702	14,82857	0	0
6:15	14,40393	14,67656	13,75723	13,78151	13,58389	0
6:30	15,68115	14,0831	14,567	13,79833	14,65532	0
6:45	17,47545	14,68307	15,38423	14,81795	15,21287	0
7:00	18,60021	15,71833	16,5415	16,17921	16,05752	0
7:15	18,00329	17,79762	18,30216	18,22368	17,24359	0
7:30	17,67042	18,17641	17,75708	18,9609	17,83293	0
7:45	18,35453	17,9554	17,15993	18,67815	17,53855	15,7561
8:00	18,12479	18,07649	17,13214	18,64782	17,41137	15,80986
8:15	17,78507	18,30218	17,52128	19,22819	18,47044	16,6
8:30	17,82317	18,41611	17,66581	19,51878	17,67363	17,07975
8:45	17,99724	18,27536	17,71158	19,56453	17,76816	16,04661
9:00	17,83422	17,96688	17,94763	18,45598	17,92442	15,87975
9:15	17,56204	17,47307	18,27513	17,6866	18,20721	15,28713
9:30	18,36128	17,56329	17,68316	18,37	19,15118	14,14141
9:45	18,36326	18,14923	17,39891	18,40354	19,84478	12,74448
10:00	17,69334	18,20568	18,3777	18,12709	19,6153	12,20115

10:15	17,67321	18,2117	18,55545	18,20037	19,38231	13,22663
10:30	17,64342	18,0134	17,72736	18,41188	18,58301	13,93291
10:45	18,12201	17,45033	17,85131	18,31606	19,02518	14,0906
11:00	18,54461	18,06516	17,56214	18,16109	19,0012	13,75387
11:15	17,84603	18,41882	17,48395	18,96296	18,37591	13,63158
11:30	17,69619	18,32292	17,62169	18,80437	18,21904	13,81818
11:45	18,13894	19,07731	17,53647	19,047	17,91474	13,73067
12:00	18,40546	18,90982	18,31754	20,56695	17,9461	13,96885
12:15	18,2435	18,18009	18,45231	19,5187	18,1378	15,0989
12:30	18,12224	17,90233	17,65136	18,34259	18,26727	14,80137
12:45	18,02926	17,44705	18,10171	17,96533	18,6534	14,89674
13:00	17,60032	17,526	18,4004	17,59837	19,56719	16,38869
13:15	18,25707	18,27962	18,14204	17,62224	19,30328	16,93462
13:30	19,06962	18,69244	18,29606	17,44253	18,97561	16,19531
13:45	19,13437	18,34075	18,36364	17,91704	19,22353	18,01429
14:00	19,24977	17,93228	18,07286	18,40212	18,96465	16,98688
14:15	19,18129	18,46073	17,94092	17,86711	18,10287	14,74404
14:30	18,83101	18,67996	18,25663	17,27136	18,13423	14,698
14:45	17,96034	18,52009	19,04744	17,8236	18,71572	15,71215
15:00	17,44676	18,49911	20,0819	18,33763	19,16912	16,03017
15:15	18,37522	18,15326	20,26902	18,06798	18,46889	15,79022
15:30	18,09784	17,97477	18,79094	17,46306	17,01013	16,53856
15:45	17,25175	18,15267	17,95566	17,14469	17,59592	17,28134
16:00	18,08955	18,13767	18,39189	17,79504	17,08506	18,17914
16:15	18,47619	18,06325	18,09943	18,2532	15,0641	20,48243
16:30	16,14689	17,86093	15,97183	16,65489	15,39264	19,40462

16:45	14,11111	17,40657	15,26208	16,19309	16,47198	19,40816
17:00	14,91566	16,79562	16,42238	15,88144	16,1535	18,27869
17:15	16,08315	16,43231	17,13616	15,54204	15,74155	16,6566
17:30	16,26772	17,752	17,49767	16,27282	16,75985	16,2844
17:45	17,14606	19,47929	18,60983	17,41069	17,52388	14,19835
18:00	18,73032	20,81006	19,73418	18,0802	17,84969	14,80822
18:15	18,359	19,35121	19,48021	16,99486	18,89583	14,4
18:30	17,56419	17,47385	18,41797	16,32864	18,43062	18,68056
18:45	16,74788	17,17652	17,92735	16,78326	17,00149	20,88235
19:00	16,41236	17,90927	18,54088	16,91151	16,80085	22,04902
19:15	16,6039	17,95266	17,87513	17,22711	16,21429	17,65306
19:30	16,33844	16,59741	16,71797	16,41189	16,54714	14,04706
19:45	15,60421	15,74838	16,12027	16,42915	16,63975	14,88889
20:00	15,18873	15,69343	15,88268	16,12432	15,30261	16,55556
20:15	15,76231	15,64306	15,88061	15,31694	14,47971	15,77817
20:30	15,87297	15,82064	15,86441	15,83256	15,03529	14,68966
20:45	15,30958	16,54807	16,10128	16,21937	15,94745	14,17333
21:00	14,72718	16,9764	16,76329	15,56538	15,82582	12,99495
21:15	14,0712	16,63808	16,94519	15,39118	15,56355	13,11824
21:30	14,4102	15,88966	16,92238	15,29558	16,03466	13,57817
21:45	15,07662	15,81643	17,38228	14,69082	16,10989	14,06338
22:00	14,78297	15,68865	17,5651	15,51212	16,21287	14,38655
22:15	14,38174	15,43655	17,40727	15,42068	16,05587	0
22:30	14,73055	16,42118	15,49083	14,75551	16,01506	0
22:45	14,64658	18,64362	16,63566	15,55596	17,13483	0
23:00	14,13194	18,52174	19,46154	17,4717	17,55102	0

23:15	0	0	0	0	0	0
23:30	0	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0	0

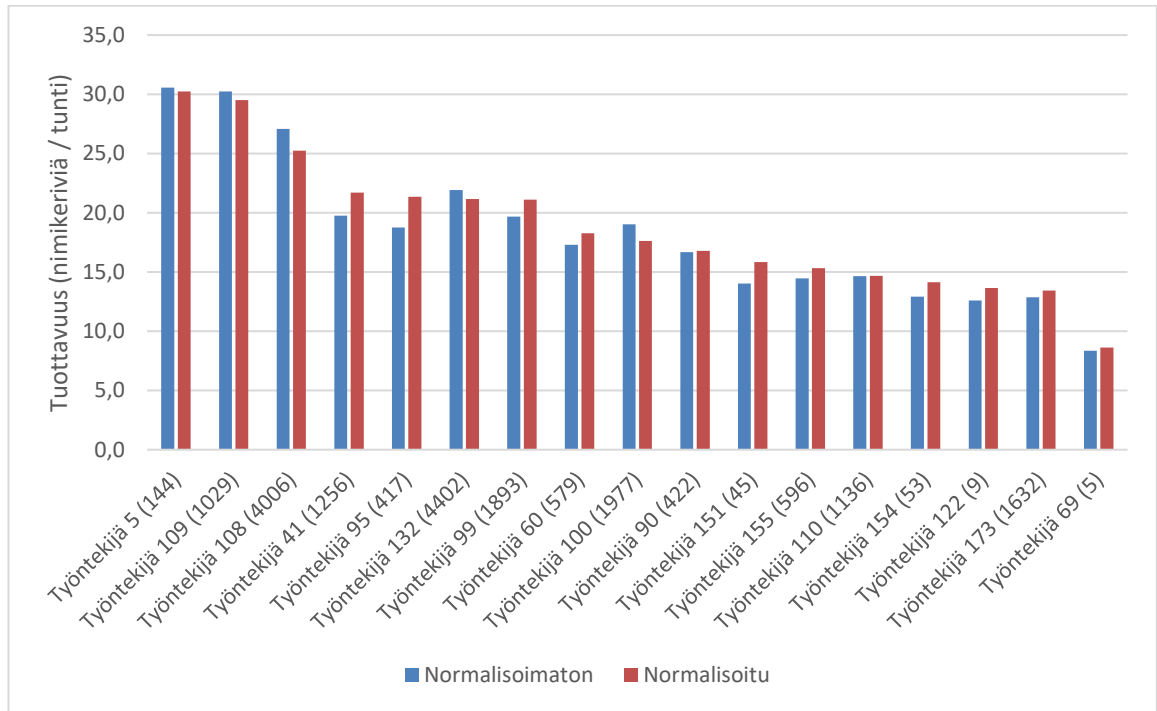
LIITE B: YRITYS 1:N TYÖNTEKIJÖIDEN TUOTTAVUUS TYÖTEHTÄVITTÄIN

Yritys 1:n työntekijöiden tuottavuudet työtehtävittäin normalisoidun tuottavuuden mukaan laskevassa järjestyksessä. Tuottavuudet on laskettu suoritemittausjärjestelmän prototyypillä aikavälin 7.10.2020 – 4.2.2021 suoritiedatalla.

Vastaanotto

Työntekijä	Normali- soimatonta tuottavuus (nimikeri- viä / tunti)	Normali- soitu tuot- tavuus (ni- mikeriviä / tunti)	Tuotos- määrä yh- teensä (kpl)	Normali- soinnin vaikutus (nimikeri- viä / tunti)	Normali- soinnin vaikutus - %
Työntekijä 5	30,6	30,3	144	-0,3	-1,0 %
Työntekijä 109	30,3	29,5	1029	-0,7	-2,5 %
Työntekijä 108	27,1	25,3	4006	-1,8	-6,7 %
Työntekijä 41	19,8	21,7	1256	1,9	9,8 %
Työntekijä 95	18,8	21,3	417	2,6	13,8 %
Työntekijä 132	21,9	21,2	4402	-0,8	-3,5 %
Työntekijä 99	19,7	21,1	1893	1,4	7,3 %
Työntekijä 60	17,3	18,3	579	1,0	5,7 %
Työntekijä 100	19,0	17,6	1977	-1,4	-7,3 %
Työntekijä 90	16,7	16,8	422	0,1	0,6 %
Työntekijä 151	14,0	15,8	45	1,8	13,1 %
Työntekijä 155	14,5	15,3	596	0,9	6,0 %
Työntekijä 110	14,7	14,7	1136	0,0	0,2 %
Työntekijä 154	12,9	14,1	53	1,2	9,4 %
Työntekijä 122	12,6	13,7	9	1,1	8,6 %
Työntekijä 173	12,9	13,4	1632	0,6	4,4 %

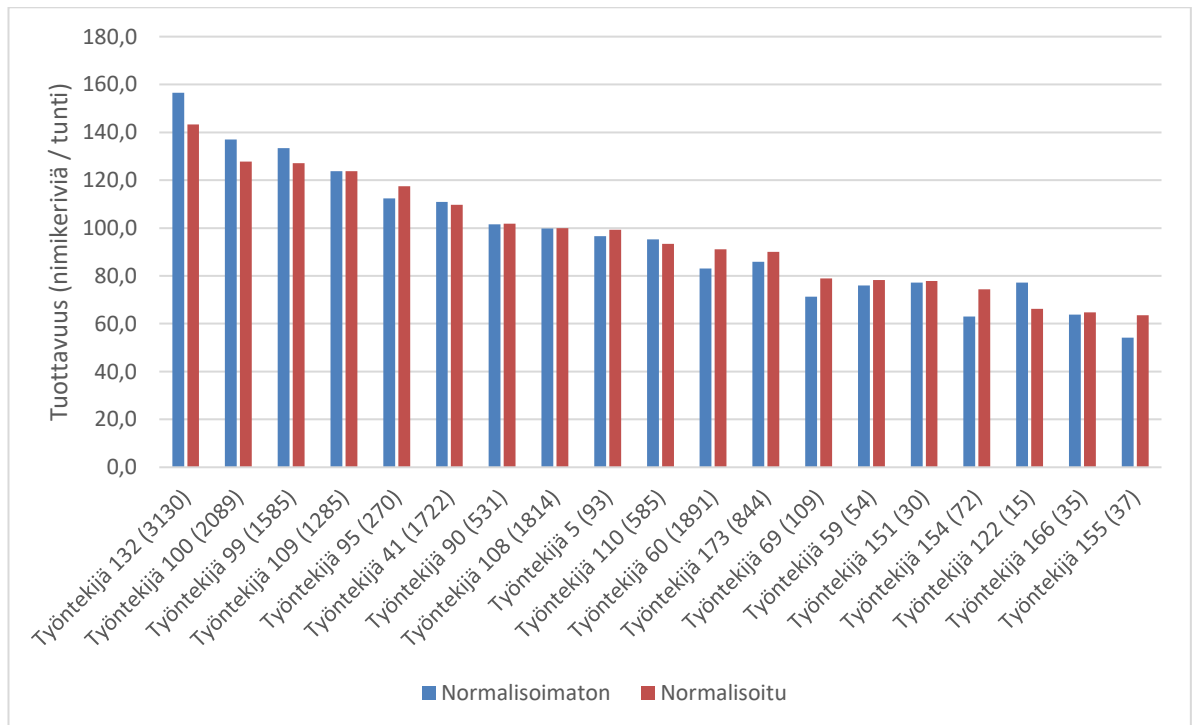
Työntekijä 69	8,4	8,6	5	0,3	3,2 %
---------------	-----	-----	---	-----	-------



Hyllytys manuaalivarastoon

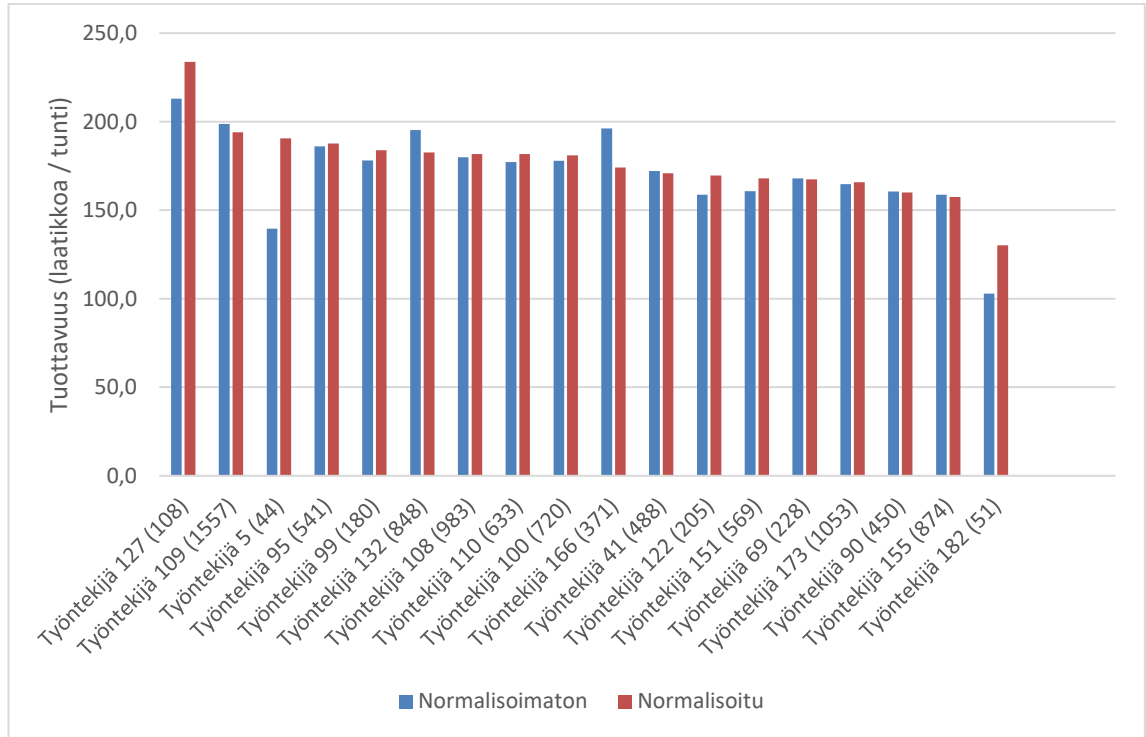
Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotomäärä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 132	156,5	143,3	3130	-13,2	-8,4 %
Työntekijä 100	137,0	127,7	2089	-9,3	-6,8 %
Työntekijä 99	133,4	127,1	1585	-6,2	-4,7 %
Työntekijä 109	123,8	123,8	1285	0,0	0,0 %
Työntekijä 95	112,4	117,4	270	5,0	4,5 %
Työntekijä 41	110,9	109,8	1722	-1,1	-1,0 %
Työntekijä 90	101,5	101,8	531	0,3	0,3 %
Työntekijä 108	99,7	99,9	1814	0,2	0,2 %

Työntekijä 5	96,5	99,3	93	2,7	2,8 %
Työntekijä 110	95,3	93,4	585	-1,9	-2,0 %
Työntekijä 60	83,0	91,1	1891	8,1	9,8 %
Työntekijä 173	85,9	90,1	844	4,2	4,8 %
Työntekijä 69	71,3	79,0	109	7,7	10,8 %
Työntekijä 59	76,0	78,2	54	2,3	3,0 %
Työntekijä 151	77,3	77,8	30	0,5	0,7 %
Työntekijä 154	63,0	74,4	72	11,4	18,1 %
Työntekijä 122	77,3	66,2	15	-11,1	-14,3 %
Työntekijä 166	63,9	64,8	35	0,9	1,5 %
Työntekijä 155	54,2	63,6	37	9,4	17,3 %



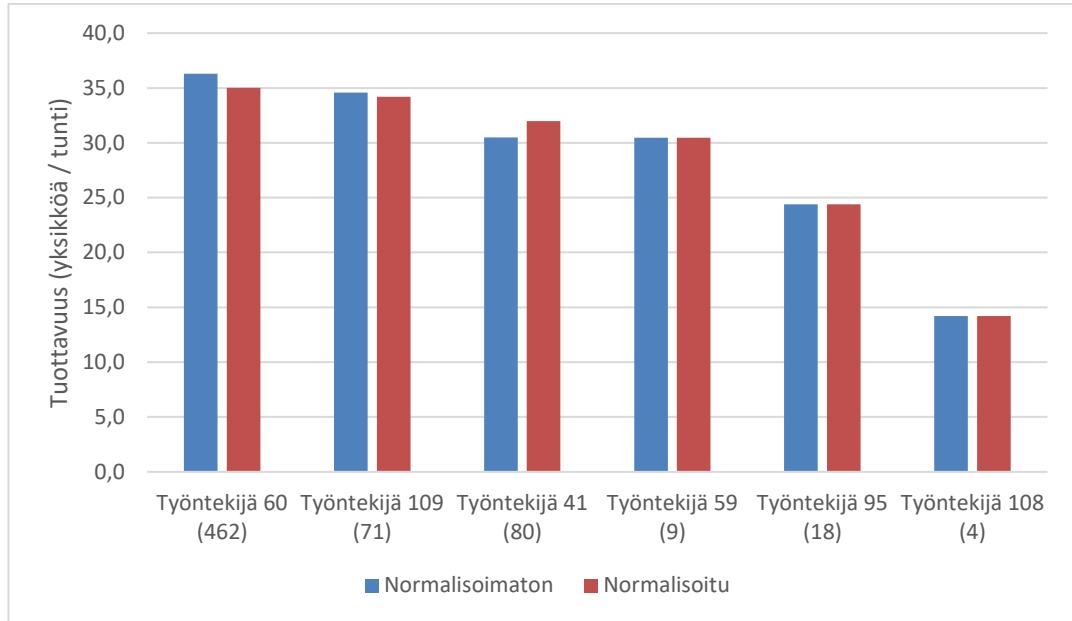
Hyllytys varastoautomaattiin

Työntekijä	Normali- soimaton tuottavuus (laatikkoa / tunti)	Normali- soitu tuot- tavuus (laatikkoa / tunti)	Tuotos- määrä yh- teensä (kpl)	Normali- soinnin vaikutus (laatikkoa / tunti)	Normali- soinnin vaikutus - %
Työntekijä 127	213,0	233,8	108	20,8	9,8 %
Työntekijä 109	198,7	194,0	1557	-4,7	-2,3 %
Työntekijä 5	139,7	190,5	44	50,8	36,4 %
Työntekijä 95	186,0	187,7	541	1,7	0,9 %
Työntekijä 99	178,2	183,9	180	5,7	3,2 %
Työntekijä 132	195,3	182,7	848	-12,6	-6,4 %
Työntekijä 108	180,0	181,7	983	1,8	1,0 %
Työntekijä 110	177,1	181,7	633	4,5	2,6 %
Työntekijä 100	178,0	180,9	720	3,0	1,7 %
Työntekijä 166	196,2	174,1	371	-22,1	-11,3 %
Työntekijä 41	172,2	170,9	488	-1,3	-0,8 %
Työntekijä 122	158,8	169,7	205	10,9	6,8 %
Työntekijä 151	160,8	167,9	569	7,1	4,4 %
Työntekijä 69	167,9	167,4	228	-0,6	-0,3 %
Työntekijä 173	164,7	165,8	1053	1,1	0,7 %
Työntekijä 90	160,6	159,9	450	-0,6	-0,4 %
Työntekijä 155	158,7	157,5	874	-1,2	-0,7 %
Työntekijä 182	102,8	130,2	51	27,4	26,7 %



Siirrot

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (yksikköä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (yksikköä / tunti)	Tuotomäärä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (yksikköä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 60	36,3	35,0	462	-1,3	-3,5 %
Työntekijä 109	34,6	34,2	71	-0,4	-1,1 %
Työntekijä 41	30,5	32,0	80	1,5	4,9 %
Työntekijä 59	30,5	30,5	9	0,0	0,0 %
Työntekijä 95	24,4	24,4	18	0,0	0,0 %
Työntekijä 108	14,2	14,2	4	0,0	0,0 %

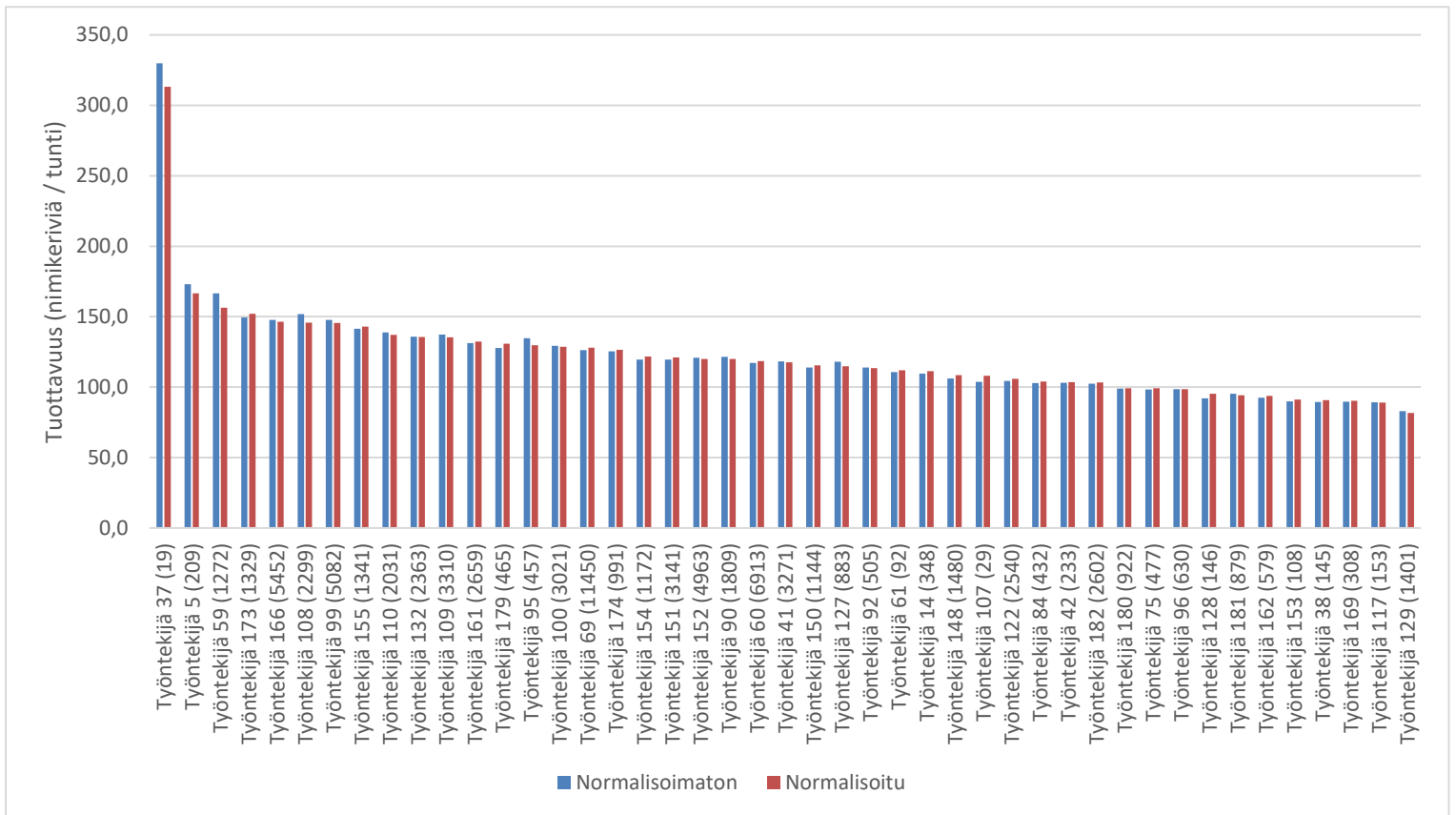


Keräys manuaalivarastosta

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotomäärä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 37	329,8	313,2	19	-16,6	-5,0 %
Työntekijä 5	173,0	166,6	209	-6,4	-3,7 %
Työntekijä 59	166,6	156,4	1272	-10,2	-6,1 %
Työntekijä 173	149,4	152,0	1329	2,5	1,7 %
Työntekijä 166	147,8	146,5	5452	-1,3	-0,9 %
Työntekijä 108	151,8	145,9	2299	-5,9	-3,9 %
Työntekijä 99	147,6	145,5	5082	-2,1	-1,4 %
Työntekijä 155	141,5	142,9	1341	1,3	0,9 %
Työntekijä 110	138,9	137,1	2031	-1,8	-1,3 %
Työntekijä 132	135,8	135,7	2363	-0,1	-0,1 %
Työntekijä 109	137,3	135,3	3310	-2,0	-1,5 %

Työntekijä 161	131,1	132,4	2659	1,3	1,0 %
Työntekijä 179	127,8	130,7	465	2,9	2,3 %
Työntekijä 95	134,7	129,7	457	-5,0	-3,7 %
Työntekijä 100	129,3	128,6	3021	-0,6	-0,5 %
Työntekijä 69	126,3	128,1	11450	1,8	1,4 %
Työntekijä 174	125,4	126,4	991	1,0	0,8 %
Työntekijä 154	119,5	121,8	1172	2,3	1,9 %
Työntekijä 151	119,5	121,1	3141	1,6	1,3 %
Työntekijä 152	120,9	120,1	4963	-0,9	-0,7 %
Työntekijä 90	121,5	120,0	1809	-1,5	-1,2 %
Työntekijä 60	117,2	118,6	6913	1,3	1,1 %
Työntekijä 41	118,3	117,6	3271	-0,8	-0,7 %
Työntekijä 150	113,9	115,5	1144	1,6	1,4 %
Työntekijä 127	118,0	114,8	883	-3,3	-2,8 %
Työntekijä 92	113,9	113,4	505	-0,5	-0,4 %
Työntekijä 61	110,6	112,0	92	1,3	1,2 %
Työntekijä 14	109,5	111,4	348	1,9	1,7 %
Työntekijä 148	106,1	108,4	1480	2,4	2,2 %
Työntekijä 107	103,8	108,1	29	4,3	4,1 %
Työntekijä 122	104,5	105,8	2540	1,3	1,3 %
Työntekijä 84	102,9	104,1	432	1,2	1,2 %
Työntekijä 42	103,2	103,4	233	0,3	0,3 %
Työntekijä 182	102,4	103,3	2602	0,9	0,9 %
Työntekijä 180	99,1	99,2	922	0,1	0,1 %
Työntekijä 75	98,3	99,2	477	0,9	0,9 %
Työntekijä 96	98,5	98,6	630	0,1	0,1 %

Työntekijä 128	92,0	95,3	146	3,3	3,6 %
Työntekijä 181	95,3	94,1	879	-1,1	-1,2 %
Työntekijä 162	92,5	93,8	579	1,4	1,5 %
Työntekijä 153	89,8	91,1	108	1,3	1,5 %
Työntekijä 38	89,4	90,8	145	1,4	1,5 %
Työntekijä 169	89,6	90,3	308	0,7	0,8 %
Työntekijä 117	89,3	89,1	153	-0,3	-0,3 %
Työntekijä 129	83,1	81,7	1401	-1,4	-1,7 %

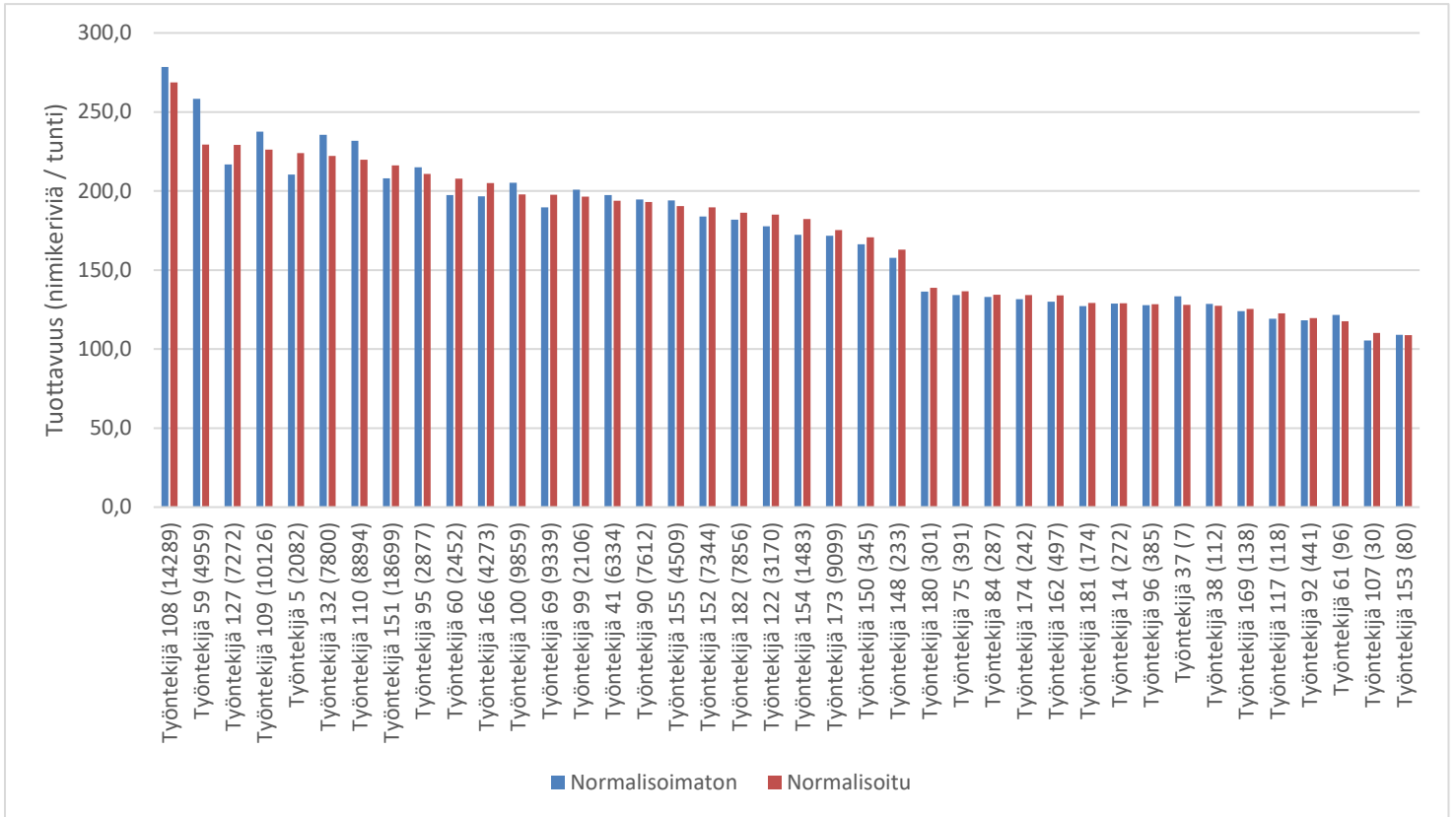


Keräys varastoautomaatista

Työntekijä	Normalisoimatonta tuottavuus	Normalisoitu tuotos	Tuotostensa yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus	Normalisoinnin vaikutus - %

	(nimikeri- viä / tunti)	tavoitus (ni- mikeriviä / tunti)		(nimikeri- viä / tunti)	
Työntekijä 108	278,5	268,7	14289	-9,8	-3,5 %
Työntekijä 59	258,3	229,4	4959	-28,9	-11,2 %
Työntekijä 127	216,9	229,2	7272	12,3	5,7 %
Työntekijä 109	237,5	226,2	10126	-11,3	-4,7 %
Työntekijä 5	210,3	224,1	2082	13,7	6,5 %
Työntekijä 132	235,6	222,1	7800	-13,5	-5,7 %
Työntekijä 110	231,7	219,9	8894	-11,9	-5,1 %
Työntekijä 151	208,1	216,1	18699	8,0	3,9 %
Työntekijä 95	215,0	210,8	2877	-4,2	-2,0 %
Työntekijä 60	197,5	207,8	2452	10,4	5,3 %
Työntekijä 166	196,6	204,9	4273	8,3	4,2 %
Työntekijä 100	205,3	197,9	9859	-7,4	-3,6 %
Työntekijä 69	189,6	197,6	9339	8,0	4,2 %
Työntekijä 99	200,8	196,5	2106	-4,3	-2,1 %
Työntekijä 41	197,3	193,9	6334	-3,5	-1,8 %
Työntekijä 90	194,6	193,1	7612	-1,5	-0,8 %
Työntekijä 155	194,0	190,5	4509	-3,5	-1,8 %
Työntekijä 152	183,9	189,7	7344	5,7	3,1 %
Työntekijä 182	181,9	186,2	7856	4,3	2,4 %
Työntekijä 122	177,6	185,1	3170	7,5	4,2 %
Työntekijä 154	172,3	182,2	1483	10,0	5,8 %
Työntekijä 173	171,7	175,2	9099	3,5	2,1 %
Työntekijä 150	166,3	170,6	345	4,3	2,6 %
Työntekijä 148	157,7	162,8	233	5,1	3,3 %

Työntekijä 180	136,4	138,7	301	2,3	1,7 %
Työntekijä 75	134,1	136,6	391	2,4	1,8 %
Työntekijä 84	132,9	134,3	287	1,4	1,1 %
Työntekijä 174	131,5	134,1	242	2,5	1,9 %
Työntekijä 162	129,9	134,0	497	4,2	3,2 %
Työntekijä 181	127,2	129,2	174	2,0	1,5 %
Työntekijä 14	128,8	129,0	272	0,2	0,2 %
Työntekijä 96	127,7	128,4	385	0,7	0,6 %
Työntekijä 37	133,3	128,0	7	-5,3	-4,0 %
Työntekijä 38	128,5	127,4	112	-1,0	-0,8 %
Työntekijä 169	123,9	125,3	138	1,4	1,1 %
Työntekijä 117	119,1	122,6	118	3,4	2,9 %
Työntekijä 92	118,2	119,5	441	1,3	1,1 %
Työntekijä 61	121,5	117,5	96	-4,0	-3,3 %
Työntekijä 107	105,4	110,2	30	4,8	4,6 %
Työntekijä 153	108,9	108,8	80	-0,1	-0,1 %

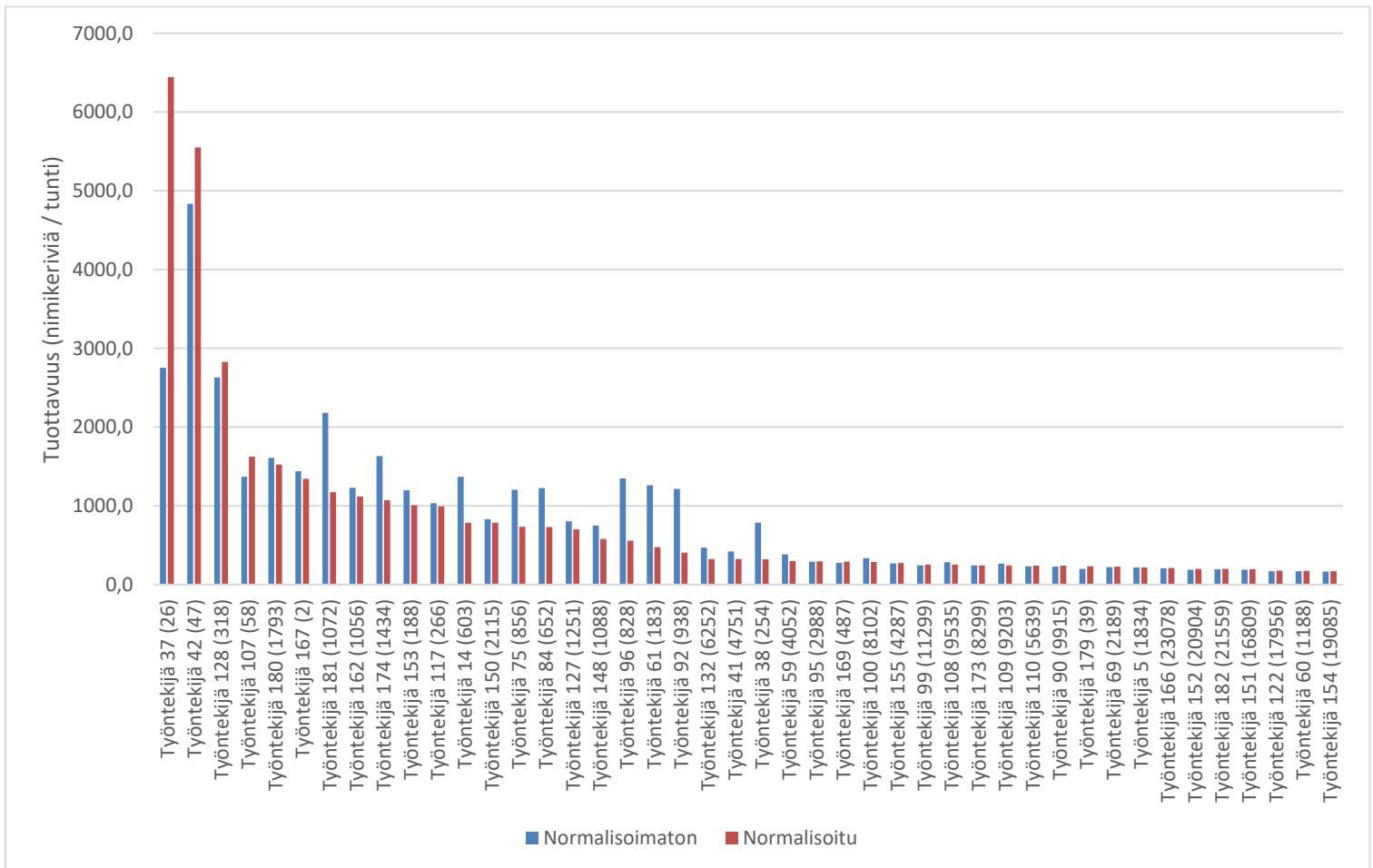


Pakkaus

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotostensa määrä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 37	2752,9	6443,1	26	3690,1	134,0 %
Työntekijä 42	4834,3	5551,9	47	717,6	14,8 %
Työntekijä 128	2630,8	2828,5	318	197,7	7,5 %
Työntekijä 107	1368,0	1623,6	58	255,6	18,7 %
Työntekijä 180	1609,1	1522,9	1793	-86,2	-5,4 %
Työntekijä 167	1440,0	1341,7	2	-98,3	-6,8 %
Työntekijä 181	2182,1	1173,9	1072	-1008,3	-46,2 %
Työntekijä 162	1229,8	1119,1	1056	-110,8	-9,0 %

Työntekijä 174	1630,3	1071,7	1434	-558,6	-34,3 %
Työntekijä 153	1200,0	1007,3	188	-192,7	-16,1 %
Työntekijä 117	1032,0	993,9	266	-38,1	-3,7 %
Työntekijä 14	1369,4	785,5	603	-583,9	-42,6 %
Työntekijä 150	830,3	784,7	2115	-45,6	-5,5 %
Työntekijä 75	1204,3	735,3	856	-469,0	-38,9 %
Työntekijä 84	1224,1	732,3	652	-491,8	-40,2 %
Työntekijä 127	803,7	701,6	1251	-102,2	-12,7 %
Työntekijä 148	749,9	579,0	1088	-171,0	-22,8 %
Työntekijä 96	1347,3	555,9	828	-791,4	-58,7 %
Työntekijä 61	1260,7	477,5	183	-783,2	-62,1 %
Työntekijä 92	1214,1	404,5	938	-809,6	-66,7 %
Työntekijä 132	467,4	325,9	6252	-141,5	-30,3 %
Työntekijä 41	419,2	322,9	4751	-96,2	-23,0 %
Työntekijä 38	787,6	322,0	254	-465,6	-59,1 %
Työntekijä 59	382,3	299,8	4052	-82,5	-21,6 %
Työntekijä 95	292,9	294,3	2988	1,3	0,4 %
Työntekijä 169	278,0	291,0	487	13,1	4,7 %
Työntekijä 100	336,7	287,7	8102	-49,1	-14,6 %
Työntekijä 155	267,6	271,1	4287	3,5	1,3 %
Työntekijä 99	244,0	253,4	11299	9,4	3,8 %
Työntekijä 108	285,6	253,1	9535	-32,5	-11,4 %
Työntekijä 173	242,0	243,0	8299	1,0	0,4 %
Työntekijä 109	267,2	242,8	9203	-24,4	-9,1 %
Työntekijä 110	232,6	240,8	5639	8,2	3,5 %
Työntekijä 90	227,8	238,1	9915	10,3	4,5 %

Työntekijä 179	197,9	232,1	39	34,3	17,3 %
Työntekijä 69	220,8	228,1	2189	7,4	3,3 %
Työntekijä 5	217,3	219,0	1834	1,7	0,8 %
Työntekijä 166	205,0	211,8	23078	6,8	3,3 %
Työntekijä 152	188,4	199,7	20904	11,3	6,0 %
Työntekijä 182	194,3	198,7	21559	4,4	2,3 %
Työntekijä 151	187,3	196,9	16809	9,6	5,1 %
Työntekijä 122	167,8	175,7	17956	7,8	4,7 %
Työntekijä 60	169,0	172,7	1188	3,7	2,2 %
Työntekijä 154	164,4	168,4	19085	4,0	2,5 %



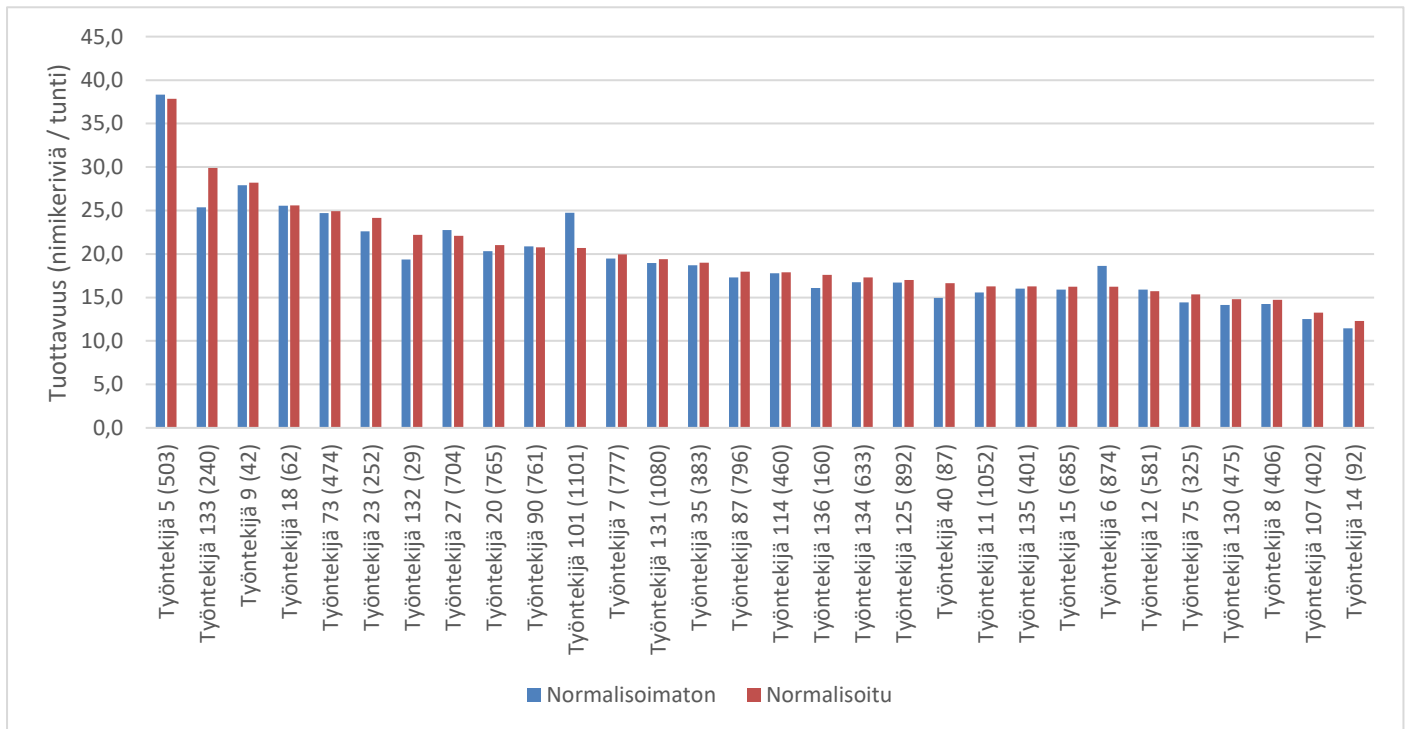
LIITE C: YRITYS 2:N TYÖNTEKIJÖIDEN TUOTTAVUUS TYÖTEHTÄVITTÄIN

Yritys 1:n työntekijöiden tuottavuudet työtehtävittäin normalisoidun tuottavuuden mukaan laskevassa järjestyksessä. Tuottavuudet on laskettu suoritemittausjärjestelmän prototyypillä aikavälin 7.10.2020 – 4.2.2021 suoritiedatalla.

Vastaanotto

Työntekijä	Normali- soimaton tuottavuus (nimikeri- viä / tunti)	Normali- soitu tuot- tavuus (ni- mikeriviä / tunti)	Tuotos- määrä yh- teensä (kpl)	Normali- soinnin vaikutus (nimikeri- viä / tunti)	Normali- soinnin vaikutus - %
Työntekijä 5	38,3	37,9	503	-0,5	-1,2 %
Työntekijä 133	25,4	29,9	240	4,5	17,9 %
Työntekijä 9	27,9	28,2	42	0,3	1,1 %
Työntekijä 18	25,6	25,6	62	0,0	0,1 %
Työntekijä 73	24,7	24,9	474	0,2	0,9 %
Työntekijä 23	22,6	24,2	252	1,5	6,8 %
Työntekijä 132	19,4	22,2	29	2,8	14,7 %
Työntekijä 27	22,7	22,1	704	-0,7	-2,9 %
Työntekijä 20	20,3	21,0	765	0,7	3,5 %
Työntekijä 90	20,9	20,8	761	-0,1	-0,4 %
Työntekijä 101	24,7	20,7	1101	-4,0	-16,3 %
Työntekijä 7	19,5	20,0	777	0,5	2,5 %
Työntekijä 131	19,0	19,4	1080	0,4	2,3 %
Työntekijä 35	18,7	19,0	383	0,3	1,6 %
Työntekijä 87	17,3	18,0	796	0,7	3,9 %
Työntekijä 114	17,8	17,9	460	0,1	0,5 %

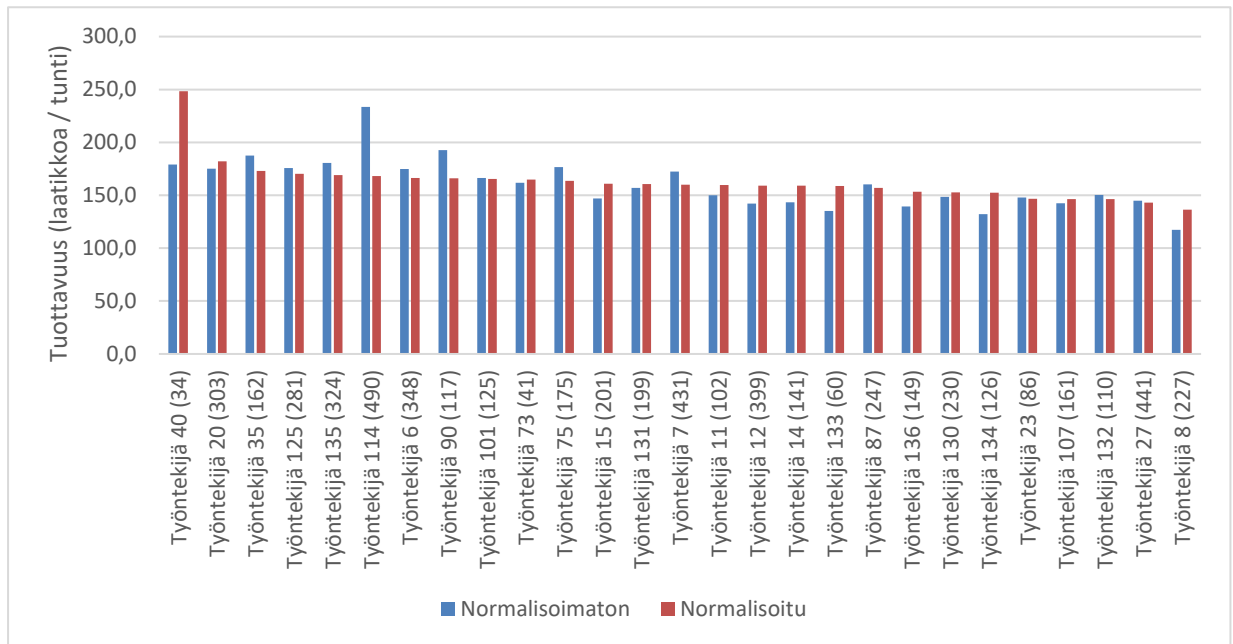
Työntekijä 136	16,1	17,6	160	1,5	9,4 %
Työntekijä 134	16,8	17,3	633	0,5	3,2 %
Työntekijä 125	16,7	17,0	892	0,3	1,7 %
Työntekijä 40	14,9	16,6	87	1,7	11,4 %
Työntekijä 11	15,6	16,3	1052	0,7	4,5 %
Työntekijä 135	16,0	16,3	401	0,3	1,6 %
Työntekijä 15	15,9	16,2	685	0,3	2,2 %
Työntekijä 6	18,6	16,2	874	-2,4	-12,9 %
Työntekijä 12	15,9	15,7	581	-0,2	-1,3 %
Työntekijä 75	14,4	15,4	325	0,9	6,4 %
Työntekijä 130	14,2	14,8	475	0,6	4,5 %
Työntekijä 8	14,3	14,7	406	0,5	3,3 %
Työntekijä 107	12,5	13,3	402	0,7	5,9 %
Työntekijä 14	11,5	12,3	92	0,8	7,4 %



Hyllytys varastoautomaattiin

Työntekijä	Normali- soimaton tuottavuus (laatikkoa / tunti)	Normali- soitu tuot- tavuus (laatikkoa / tunti)	Tuotos- määrä yh- teensä (kpl)	Normali- soinnin vaikutus (laatikkoa / tunti)	Normali- soinnin vaikutus - %
Työntekijä 40	179,1	248,3	34	69,2	38,6 %
Työntekijä 20	175,3	182,2	303	6,9	3,9 %
Työntekijä 35	187,7	173,0	162	-14,6	-7,8 %
Työntekijä 125	175,6	170,2	281	-5,4	-3,1 %
Työntekijä 135	180,7	169,1	324	-11,7	-6,4 %
Työntekijä 114	233,4	168,2	490	-65,1	-27,9 %
Työntekijä 6	174,8	166,2	348	-8,6	-4,9 %
Työntekijä 90	192,6	166,1	117	-26,5	-13,8 %
Työntekijä 101	166,4	165,5	125	-0,9	-0,6 %
Työntekijä 73	161,9	164,7	41	2,8	1,7 %
Työntekijä 75	176,7	163,6	175	-13,1	-7,4 %
Työntekijä 15	147,1	160,8	201	13,7	9,3 %
Työntekijä 131	156,9	160,6	199	3,7	2,4 %
Työntekijä 7	172,5	160,0	431	-12,5	-7,3 %
Työntekijä 11	150,1	159,6	102	9,5	6,3 %
Työntekijä 12	142,2	159,2	399	17,0	11,9 %
Työntekijä 14	143,4	159,1	141	15,6	10,9 %
Työntekijä 133	135,1	158,7	60	23,6	17,5 %
Työntekijä 87	160,3	157,0	247	-3,2	-2,0 %
Työntekijä 136	139,3	153,4	149	14,0	10,1 %
Työntekijä 130	148,6	152,8	230	4,2	2,8 %

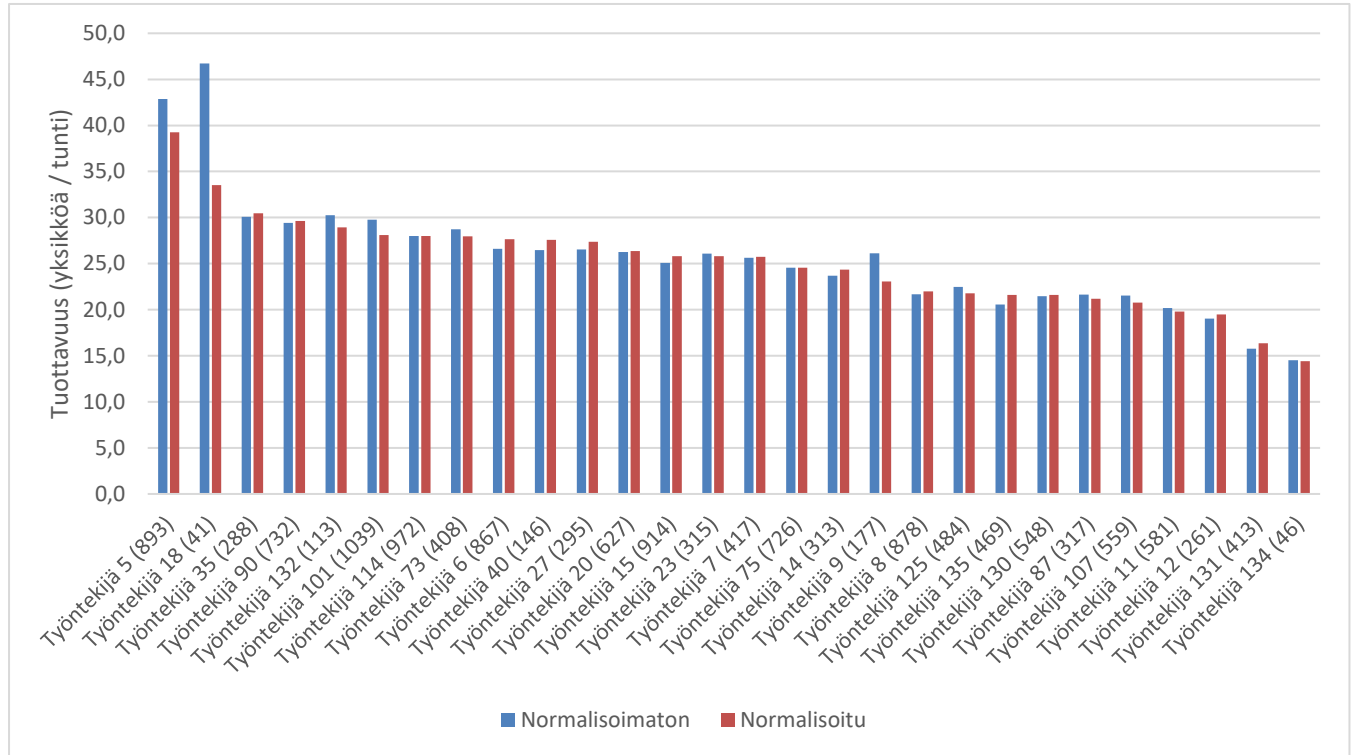
Työntekijä 134	132,3	152,3	126	20,0	15,1 %
Työntekijä 23	147,8	146,7	86	-1,1	-0,7 %
Työntekijä 107	142,4	146,4	161	4,0	2,8 %
Työntekijä 132	150,4	146,4	110	-4,0	-2,7 %
Työntekijä 27	144,8	143,0	441	-1,7	-1,2 %
Työntekijä 8	117,4	136,3	227	18,9	16,1 %



Siirrot

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (yksikköä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (yksikköä / tunti)	Tuotostensa määrä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (yksikköä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 5	42,9	39,3	893	-3,6	-8,4 %
Työntekijä 18	46,7	33,5	41	-13,2	-28,2 %
Työntekijä 35	30,1	30,5	288	0,4	1,3 %
Työntekijä 90	29,4	29,6	732	0,2	0,7 %

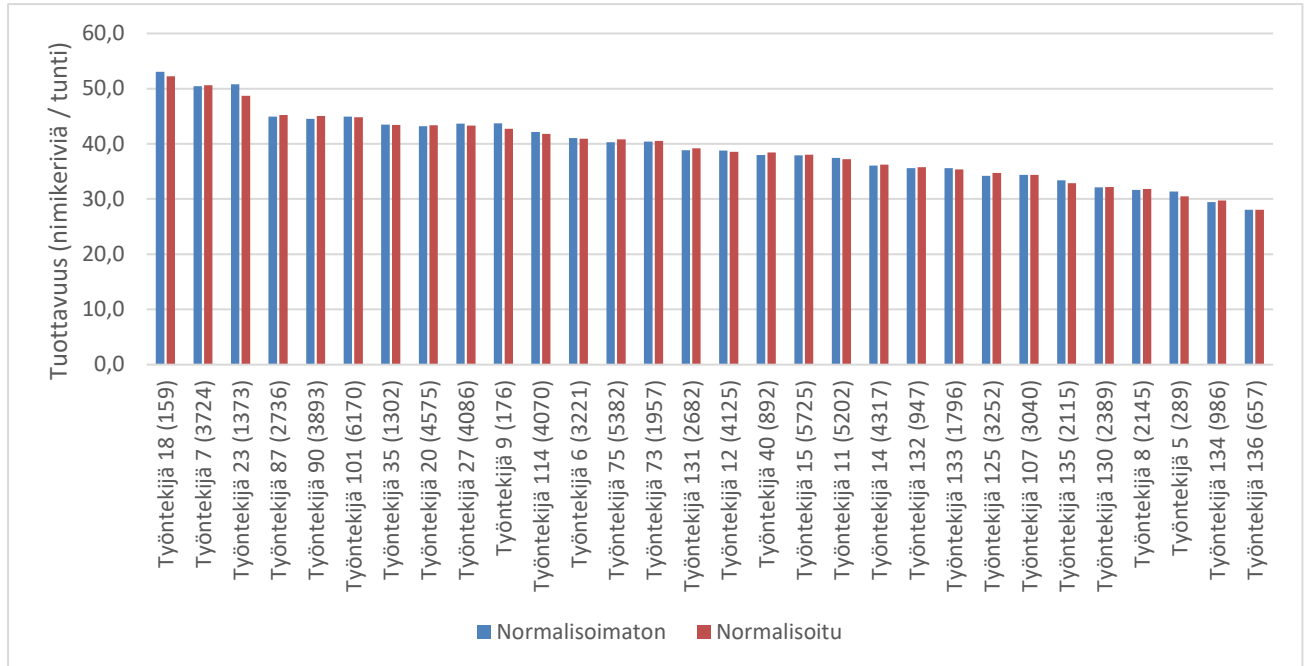
Työntekijä 132	30,3	28,9	113	-1,3	-4,4 %
Työntekijä 101	29,8	28,1	1039	-1,7	-5,6 %
Työntekijä 114	28,0	28,0	972	0,0	0,0 %
Työntekijä 73	28,7	28,0	408	-0,8	-2,6 %
Työntekijä 6	26,6	27,6	867	1,0	3,8 %
Työntekijä 40	26,5	27,6	146	1,1	4,2 %
Työntekijä 27	26,5	27,4	295	0,8	3,1 %
Työntekijä 20	26,2	26,4	627	0,1	0,5 %
Työntekijä 15	25,1	25,8	914	0,7	2,8 %
Työntekijä 23	26,1	25,8	315	-0,3	-1,1 %
Työntekijä 7	25,6	25,7	417	0,1	0,5 %
Työntekijä 75	24,6	24,6	726	0,0	0,0 %
Työntekijä 14	23,7	24,3	313	0,7	2,8 %
Työntekijä 9	26,1	23,1	177	-3,0	-11,6 %
Työntekijä 8	21,7	22,0	878	0,3	1,5 %
Työntekijä 125	22,5	21,8	484	-0,7	-3,2 %
Työntekijä 135	20,6	21,6	469	1,1	5,2 %
Työntekijä 130	21,5	21,6	548	0,2	0,7 %
Työntekijä 87	21,6	21,2	317	-0,5	-2,1 %
Työntekijä 107	21,5	20,8	559	-0,8	-3,6 %
Työntekijä 11	20,2	19,8	581	-0,4	-1,9 %
Työntekijä 12	19,0	19,5	261	0,5	2,4 %
Työntekijä 131	15,8	16,4	413	0,6	3,7 %
Työntekijä 134	14,5	14,4	46	-0,1	-0,7 %



Keräys manuaalivarastosta

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotostensa määrä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 18	53,1	52,2	159	-0,8	-1,6 %
Työntekijä 7	50,4	50,6	3724	0,2	0,5 %
Työntekijä 23	50,8	48,7	1373	-2,1	-4,1 %
Työntekijä 87	44,9	45,2	2736	0,3	0,7 %
Työntekijä 90	44,5	45,1	3893	0,5	1,2 %
Työntekijä 101	45,0	44,8	6170	-0,1	-0,3 %
Työntekijä 35	43,5	43,4	1302	0,0	-0,1 %
Työntekijä 20	43,2	43,4	4575	0,2	0,5 %
Työntekijä 27	43,6	43,3	4086	-0,3	-0,8 %

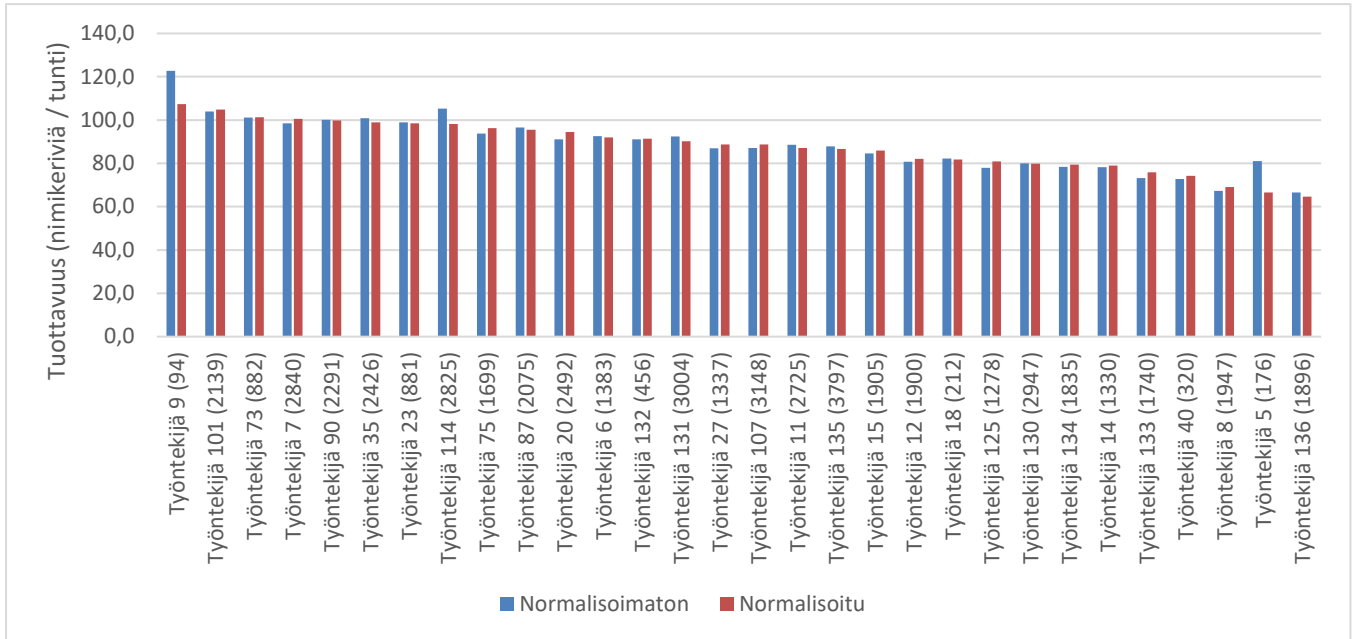
Työntekijä 9	43,7	42,7	176	-1,0	-2,3 %
Työntekijä 114	42,2	41,8	4070	-0,3	-0,8 %
Työntekijä 6	41,1	40,9	3221	-0,2	-0,4 %
Työntekijä 75	40,3	40,8	5382	0,5	1,3 %
Työntekijä 73	40,4	40,5	1957	0,1	0,3 %
Työntekijä 131	38,9	39,2	2682	0,3	0,8 %
Työntekijä 12	38,8	38,6	4125	-0,2	-0,6 %
Työntekijä 40	38,0	38,4	892	0,5	1,2 %
Työntekijä 15	37,9	38,0	5725	0,1	0,3 %
Työntekijä 11	37,4	37,2	5202	-0,2	-0,6 %
Työntekijä 14	36,1	36,2	4317	0,2	0,4 %
Työntekijä 132	35,6	35,7	947	0,1	0,4 %
Työntekijä 133	35,6	35,4	1796	-0,2	-0,6 %
Työntekijä 125	34,2	34,7	3252	0,5	1,4 %
Työntekijä 107	34,4	34,4	3040	0,0	-0,1 %
Työntekijä 135	33,4	32,9	2115	-0,5	-1,6 %
Työntekijä 130	32,1	32,2	2389	0,1	0,3 %
Työntekijä 8	31,7	31,8	2145	0,2	0,5 %
Työntekijä 5	31,4	30,5	289	-0,9	-2,9 %
Työntekijä 134	29,4	29,7	986	0,3	0,9 %
Työntekijä 136	28,0	28,0	657	0,0	0,0 %



Keräys varastoautomaatista

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotomäärä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 9	122,7	107,4	94	-15,3	-12,5 %
Työntekijä 101	104,0	104,9	2139	0,9	0,8 %
Työntekijä 73	101,1	101,3	882	0,2	0,2 %
Työntekijä 7	98,5	100,6	2840	2,1	2,1 %
Työntekijä 90	100,1	99,9	2291	-0,2	-0,2 %
Työntekijä 35	100,8	98,9	2426	-1,9	-1,9 %
Työntekijä 23	98,9	98,5	881	-0,4	-0,4 %
Työntekijä 114	105,3	98,2	2825	-7,0	-6,7 %
Työntekijä 75	93,8	96,3	1699	2,5	2,6 %
Työntekijä 87	96,5	95,5	2075	-1,0	-1,0 %

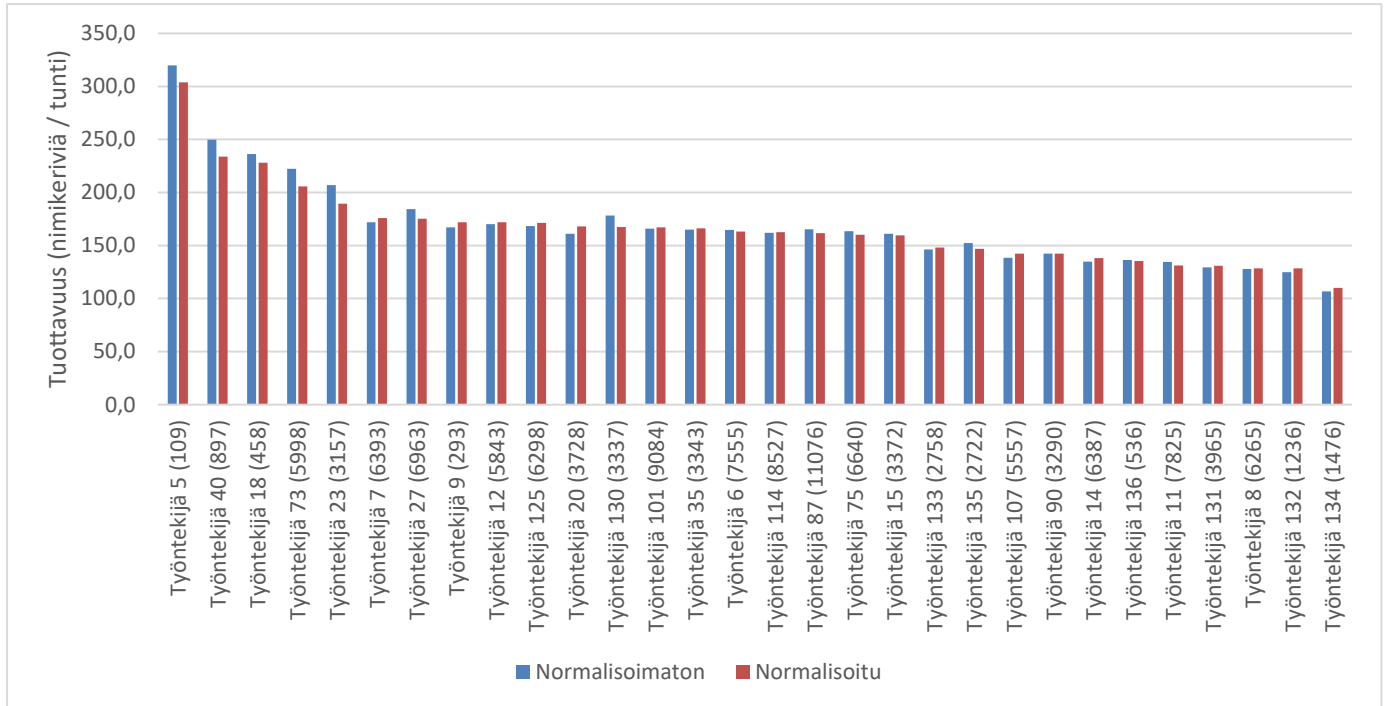
Työntekijä 20	91,0	94,5	2492	3,5	3,8 %
Työntekijä 6	92,5	92,0	1383	-0,6	-0,6 %
Työntekijä 132	91,0	91,3	456	0,3	0,3 %
Työntekijä 131	92,4	90,3	3004	-2,2	-2,3 %
Työntekijä 27	86,9	88,7	1337	1,8	2,1 %
Työntekijä 107	87,1	88,7	3148	1,5	1,8 %
Työntekijä 11	88,6	87,1	2725	-1,5	-1,7 %
Työntekijä 135	87,9	86,6	3797	-1,3	-1,4 %
Työntekijä 15	84,6	85,9	1905	1,3	1,5 %
Työntekijä 12	80,8	82,2	1900	1,4	1,7 %
Työntekijä 18	82,3	81,8	212	-0,5	-0,6 %
Työntekijä 125	78,0	81,0	1278	3,0	3,8 %
Työntekijä 130	80,0	79,9	2947	-0,1	-0,1 %
Työntekijä 134	78,4	79,4	1835	1,0	1,2 %
Työntekijä 14	78,2	78,9	1330	0,7	0,9 %
Työntekijä 133	73,2	75,9	1740	2,7	3,6 %
Työntekijä 40	72,8	74,2	320	1,4	2,0 %
Työntekijä 8	67,2	69,0	1947	1,8	2,7 %
Työntekijä 5	81,1	66,5	176	-14,5	-17,9 %
Työntekijä 136	66,6	64,6	1896	-2,0	-3,0 %



Pakkaus

Työntekijä	Normalisoimaton tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoitu tuottavuus (nimikeriviä / tunti)	Tuotost määrä yhteensä (kpl)	Normalisoinnin vaikutus (nimikeriviä / tunti)	Normalisoinnin vaikutus - %
Työntekijä 5	319,8	304,0	109	-15,9	-5,0 %
Työntekijä 40	249,8	233,8	897	-16,0	-6,4 %
Työntekijä 18	236,3	228,0	458	-8,3	-3,5 %
Työntekijä 73	222,5	205,9	5998	-16,6	-7,5 %
Työntekijä 23	206,9	189,6	3157	-17,3	-8,4 %
Työntekijä 7	171,8	176,0	6393	4,1	2,4 %
Työntekijä 27	184,3	175,2	6963	-9,1	-4,9 %
Työntekijä 9	167,2	171,9	293	4,7	2,8 %
Työntekijä 12	170,1	171,9	5843	1,8	1,1 %
Työntekijä 125	168,3	171,2	6298	2,9	1,7 %
Työntekijä 20	161,1	167,9	3728	6,8	4,2 %

Työntekijä 130	178,3	167,6	3337	-10,7	-6,0 %
Työntekijä 101	165,8	167,2	9084	1,4	0,8 %
Työntekijä 35	165,1	166,3	3343	1,2	0,7 %
Työntekijä 6	164,7	163,2	7555	-1,5	-0,9 %
Työntekijä 114	162,0	162,6	8527	0,6	0,4 %
Työntekijä 87	165,5	161,7	11076	-3,8	-2,3 %
Työntekijä 75	163,4	160,2	6640	-3,2	-1,9 %
Työntekijä 15	161,1	159,5	3372	-1,6	-1,0 %
Työntekijä 133	146,2	148,0	2758	1,8	1,3 %
Työntekijä 135	152,3	146,9	2722	-5,4	-3,5 %
Työntekijä 107	138,6	142,5	5557	3,9	2,8 %
Työntekijä 90	142,5	142,5	3290	-0,1	0,0 %
Työntekijä 14	134,8	138,1	6387	3,4	2,5 %
Työntekijä 136	136,3	135,5	536	-0,8	-0,6 %
Työntekijä 11	134,6	131,2	7825	-3,5	-2,6 %
Työntekijä 131	129,5	131,0	3965	1,6	1,2 %
Työntekijä 8	127,9	128,6	6265	0,6	0,5 %
Työntekijä 132	125,0	128,4	1236	3,5	2,8 %
Työntekijä 134	106,9	110,1	1476	3,2	3,0 %



LIITE D: HAASTATTELUPOHJA

1. Haastateltavan nimi
2. Haastateltavan työnimike ja työtehtävien kuvaus
3. Haastattelija kertoo diplomityön taustoista liittyen suoritusmittausjärjestelmän kehittämiseen ja sen mahdollisiin käyttökohteisiin. Mitä ajatuksia tämä herättää?
4. Haastattelija kertoo suoritemittausjärjestelmän tekemästä laskennasta ja tuottavuuden normalisoinnista suoritusajan perusteella. Mitä ajatuksia tämä herättää?
5. Käydään läpi eri työntekijöiden normalisoimattomat ja normalisoidut tuottavuudet jokaisessa mitatussa työtehtävässä. Näkyvillä ovat myös työntekijän suorittamat tuotsmäärät mittaushistorian aikana.

5.1. Vastaanotto

- 5.1.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?
- 5.1.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?
- 5.1.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?
- 5.1.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?
- 5.1.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?
- 5.1.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.2. Hyllytys manuaalivarastoon

- 5.2.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.2.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.2.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.2.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.2.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.2.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.3. Hyllytys varastoautomaattiin

5.3.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.3.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.3.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.3.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.3.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.3.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.4. Siirto

5.4.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.4.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.4.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.4.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.4.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.4.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.5. Keräys manuaalivarastosta

5.5.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.5.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.5.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.5.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.5.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.5.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.6. Keräys varastoautomaatista

5.6.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.6.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.6.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.6.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.6.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.6.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

5.7. Pakkaus

5.7.1. Tehdäänkö työtehtävää sarjassa niin, että sama työntekijä toistaa työtehtävää monta kertaa peräkkäin ilman, että muita työtehtäviä tehdään välissä tai työ muuten keskeytetään? Kuinka paljon tätä tehdään normaalissa tapauksessa kerralla?

5.7.2. Onko työntekijöiden tuottavuudet oikeaa suuruusluokkaa?

5.7.3. Vaikuttaako eri työntekijöiden väliset erot tuottavuudessa totuudenmukaisilta?

5.7.4. Mistä poikkeuksellisen korkeat tai matalat tuottavuudet voivat johtua?

5.7.5. Mistä poikkeuksellisen suuret normalisoinnin aiheuttamat muutokset voivat johtua? Tekeekö työntekijä työtehtävää esimerkiksi tiettyinä ajankohtina työvuorojen seurauksena?

5.7.6. Onko työntekijöiden tuottamassa laadussa eroja ja millainen merkitys laadulla on tässä työtehtävässä? Kuinka laatua voitaisiin mitata tässä tehtävässä?

6. Onko jotain muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa työn tuottavuuteen, kuin työn ajankohta?

7. Mitataanko tai arvioidaanko työntekijöiden suorituskykyä jo nyt? Miten ja mihin tarkoitukseen?

8. Onko työntekijöiden suorituskyvyn mittaamiselle eri työtehtävissä tarvetta? Mihin käyttötarkoitukseen tietoa voitaisiin hyödyntää?

9. Onko jotain muuta kerrottavaa aiheeseen liittyen?