

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

2022

Riku Haapa-alho

# STANDARDIAIKALASKENNAN PÄIVITYS JA TUOTANTOPROSESSIN KEHITYS TYÖNTUTKIMUKSEN AVULLA



OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

2022 | 58 sivua

Riku Haapa-alho

# STANDARDIAIKALASKENNAN PÄIVITYS JA TUOTANTOPROSESSIN KEHITYS TYÖNTUTKIMUKSEN AVULLA

Opinnäytetyö on tehty BE Group Oy Ab:lle. Yritys toimii terästukkurina ja on yksi Suomen suurimmista toimijoista alallaan. Opinnäytetyön kohteena on yrityksen Turun teräspalvelukeskuksessa sijaitseva sinkous- ja maalaustuotantolinja.

Opinnäytetyössä kohdelinjalle tehdään työntutkimus. Työntutkimus on tarpeellinen, sillä kohdelinjan standardiajanlaskenta sekä tuotantoprosessin tehokkuus haluttiin tutkia.

Opinnäytetyössä esitellään työntutkimuksen tekemiseen vaadittava tietoperusta. Tietoperustaa käytetään työntutkimuksen suunnittelussa ja suorittamisessa sekä tulosten analysoinnissa.

Tutkimuksen kohteena oleva linja koostuu kahdesta työpisteestä sekä linjalla olevista tuotantolaitteista.

Työntutkimuksen menetelminä käytettiin havainnointitutkimusta sekä normaaliaikatutkimusta. Havainnointitutkimuksella selvitettiin tuotantolinjan käyttöasteita sekä henkilöstön vaikutuksia käyttöasteeseen. Havainnointitutkimuksessa tarkasteltiin samanaikaisesti linjan sinkousyksikköä sekä molempia työpisteitä. Havainnointitutkimukset suoritettiin kahdelle erilliselle vuorolle. Havainnointitutkimuksessa yksittäistä tai useita tarkastelukohteita seurataan määrätyin aikavälein. Havainnointitutkimus soveltuu hyvin tuotantolinjan tehokkuuden selvittämiseen. Normaaliaikatutkimuksella tutkittiin yksittäisten tuotantoerien läpimenoaikoja standardiaikalaskennan näkökulmasta. Normaaliaikatutkimuksessa yksittäisen tuotantoerän läpimenoaika mitataan kellottamalla.

Tutkimusten perusteella onnistuttiin luomaan ehdotus uudeksi standardiaikajärjestelmäksi. Laskenta ottaa huomioon tuotantoaikalaskennassa pelkästään varsinaisen tuotantoajan, jolloin laskenta on vanhaa laskentatapaa tarkempi. Lisäksi tuotantoprosessia onnistuttiin kehittämään henkilöstön, tuotantolinjan ja tuotannosuunnittelun näkökulmasta. Merkittävimmät kehityskohteet olivat henkilöstön ajankäytön ja ennakkoinnin parantaminen, linjan operointiin liittyvien apulaitteiden hankinta sekä työn sujuvuuden parantaminen tuotannosuunnittelua kehittämällä.

ASIASANAT:

[Avainsanat]

tuotantoprosessin kehittäminen, työntutkimus, standardiaikajärjestelmät

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2022 | 58 pages

Riku Haapa-alho

# UPDATE OF THE STANDARD TIME CALCULATION AND DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION PROCESS WITH A WORK ANALYSIS

This thesis was commissioned by BE Group Oy Ab. The company is a steel stockholder and is one of the largest companies in its field in Finland. The objective of this thesis was a blasting and painting production line which is located in the company's steel service center in Turku.

In this thesis, a work study for the production line was made. A work study is necessary for investigation of standard time calculation and efficiency of the production process.

Necessary information required for the work analysis is explained. The information is used to plan and conduct the work analysis and also in the analysis of the results.

The production line consists of two workstations and production equipment within the line.

The methods for the work analysis are observation study and normal time study. The observation study is used for analyzing utilization rates of the production line and the effects personnel have on the utilization rate. The study was made for two separate work shifts and the observations were made of the activity of the workstations and the line's blasting unit. In an observation study, observations are made based on a predefined schedule. Observation study suits well for process development purposes. The normal time study was used to determine accurate lead times for single production batches from standard time calculation's point of view. In normal time study a lead time of a single batch is measured by taking time with a stopwatch.

With the results of the work study, a proposal for a new standard time calculation was made. The calculation takes only the production run time to consideration and therefore is more accurate compared to the old calculation method. In addition, the production process was developed from personnel's, production line's and production planning's point of view. The most significant development was made by improving personnel's usage of time and capability to anticipate, by adding auxiliary devices for the line itself to aid operations and by developing production planning.

## KEYWORDS:

Development of production process, work analysis, standard time systems

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 BE GROUP OY AB</b>	<b>9</b>
2.1 Historia ja nykytilanne	9
2.2 Teräspalvelukeskukset ja tuotantopalvelut	9
2.2.1 Sinkopuhdistus ja suojamaalaus	9
2.2.2 Muut tuotantopalvelut	10
<b>3 TYÖNTUTKIMUS</b>	<b>12</b>
3.1 Johdanto	12
3.2 Työntutkimuksen rakenne	12
3.2.1 Menetelmätutkimus	12
3.2.2 Työn vakiinnuttaminen	13
3.2.3 Työnopastus	13
3.2.4 Työnmittaus	13
3.3 Työntutkimus tuotannossa	15
3.3.1 Jalostava työaika	15
3.3.2 Tuotantokapasiteetti	16
3.4 Työnmittauksen aikalajit	16
3.4.1 Tekemisaika	18
3.4.2 Apuaika	19
3.4.3 Häiriöaika	20
3.4.4 Ylimääräinen tauko aika	20
3.4.5 Konetyönaikalajit	20
3.5 Työnmittaustapahtuma	21
<b>4 TYÖNTUTKIMUS KOHDELINJALLA</b>	<b>23</b>
4.1 Johdanto	23
4.2 Tuotantoprosessi	23
4.2.1 Tuotantolinja	26
4.2.2 Tuotantolinjan työpisteet	29
4.2.3 Tuotannon rajoitteet, työnsuunnittelu ja käytössä olevat ohjelmistot	30
4.2.4 Tuotantolinjan standardiaikalaskenta ja tuotantokapasiteetti	31
4.2.5 Linjan tehokkuus ja seuranta	33

4.3 Työntutkimuksen suunnittelu	34
4.4 Työntutkimuksen suorittaminen	36
<b>5 TYÖNTUKIMUKSEN HAVAINNOT JA TULOKSET</b>	<b>38</b>
5.1 Havainnointitutkimukset	38
5.1.1 Tuotantolinjan havainnointitutkimukset	38
5.1.2 Työpisteiden havainnointitutkimukset	40
5.2 Normaaliaikatutkimus	42
5.3 Standardiaikajärjestelmä ja laskennallinen tuotantokapasiteetti	43
5.3.1 Ehdotus uudeksi standardiaikajärjestelmäksi	46
5.3.2 Laskennallinen tuotantokapasiteetti uudella standardiaikajärjestelmällä	47
5.4 Tuotantoprosessin analyysi ja kehityskohteet	47
5.4.1 Henkilöstön toiminta ja kehityskohteet	47
5.4.2 Tuotantolinjan kehityskohteet	50
5.4.3 Tuotantojärjestelmät ja tuotannosuunnittelu	53
<b>6 YHTEENVETO JA POHDINTA</b>	<b>55</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>58</b>

## KAAVAT

Kaava 1. Ensimmäisen standardilaskentamallin ajoajan laskentakaava.	32
Kaava 2. Toisen standardilaskentamallin asetusaajan laskentakaava.	33
Kaava 3. Toisen standardilaskentamallin ajoajan laskentakaava.	33

## KUVAT

Kuva 1. Esimerkki henkilötyön aikalajeista (Ahokas ym. 2011, 13).	17
Kuva 2. Esimerkki konetyönaikalajeista (Ahokas ym. 2011, 15).	17
Kuva 3. Yrityksen tilaus - toimitus prosessi.	24
Kuva 4. Tuotantolautta valmiina tuotantoajoon.	25
Kuva 5. Tuotantolinjan muokattu pohjapiirustus.	26
Kuva 6. Tuotantolautta etenemässä sinkouyksiikköön.	27
Kuva 7. Tuotantolautta etenemässä maalausyksikköön.	28
Kuva 8. Loppupään sivuttaissiirtimet.	51
Kuva 9. Linjan lauttasapluuna.	52

## KUVIOT

Kuvio 1. Tuotantolinjan käyttöasteet vuorokohtaisesti.	39
Kuvio 2. Tuotantolinjan valmiusajan jakaumat vuorokohtaisesti.	40
Kuvio 3. Ensimmäisen vuoron ajankäyttö työpisteillä.	41
Kuvio 4. Toisen vuoron ajankäyttö työpisteillä.	41

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CNC	Computerized Numerical Control tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta.
ERP	Enterprise Resource Planning tarkoittaa toiminnanohjausjärjestelmää.
Nestaus	Leikkausjärjestyksen ja kaavan laatimisprosessi termisessä leikkauksessa raaka-aine hävikin minimoimiseksi.
OEE	Overall Equipment Effectiveness tarkoittaa tuotantokoneen käyttötietojen seurantaa.
Tuotantomiksi	Tuotantomiksillä tarkoitetaan erityyppisistä tuotantotöistä koostuvaa kokonaistuotantoa.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa työntutkimus BE Group Oy Turun toimipisteen sinkouslinjalle. Työntutkimuksen tavoitteena on päivittää tuotantolinjalle sopiva standardiaikajärjestelmä. Lisäksi tulosten avulla kehitetään nykyistä prosessia.

Teräs on rakennusteollisuuden ja valmistavan teollisuuden käytetyin raaka-aine. Terästeollisuus kehittyi jatkuvasti materiaalien kustannuspaineen sekä niiltä vaadittavien ominaisuuksien vuoksi. Teräksen tuotannolla ja jakelulla riittää kysyntää ja alalla on useita toimijoita ja kilpailu asiakkaista on kovaa. Kovasta kilpailusta johtuen kustannustehokkuus ja tekemisen tehokkuuden ymmärtäminen ja kehittäminen on alalla elinehto.

Terästukkuri toimii teräksen tuottajan ja käyttäjän välissä teräksen jakelijana. Kohdeyrityksen palveluihin kuuluu varastotoimitukset, esikäsittelypalvelut sekä suorakauppapalvelut. Tutkimuksessa keskitytään esikäsittelypalveluun. Tärkeimmät yksittäiset asiat, jotka vaikuttavat menestykseen alalla, ovat tuotteen hinta, toimitusaika, toimitusvarmuus ja laatu. Tilanteesta riippuen mikä tahansa yksittäinen tai useampi edellä mainituista tekijöistä voi olla määrävä.

Standardiaikajärjestelmä pyrkii arvioimaan kuhunkin työvaiheeseen kuluvan ajan automaattisesti mahdollisimman tarkasti. Standardiajan ja konetuntikustannuksen tulona saadaan kunkin työvaiheen kustannusarvio, jota voidaan käyttää esimerkiksi tarjouslaskennassa. Lisäksi laskettua standardiaikaa voidaan käyttää tuotantokapasiteetin hallinnassa sekä tuotantoaikapoikkeamien analysoinnissa.

Standardiaikajärjestelmiä ylläpidetään ja hyödynnetään tyypillisesti yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä. Kohdeyrityksellä on käytössään toiminnanohjausjärjestelmänä Microsoft Ax Dynamics.

Standardiaikalaskennan tarkistus ja päivitys on ajankohtainen kohdeyrityksessä, koska standardiaikajärjestelmää ei ole ylläpidetty riittävällä tasolla. Tuotantomenetelmät ovat kehittyneet ja kehittyvät jatkuvasti, minkä takia standardiaikalaskentaa tulee tarkistaa ja tarpeen mukaan päivittää tasaisin väliajoin. Lisäksi tuotantoprosesseja pystytään aina kehittämään ja työntutkimus antaa hyvät valmiudet prosessin kehittämiseen.

Opinnäytetyö sisältää yritysesittelyn, tietoperustaosion, tutkimuksen toteutusosion, tulos-osion sekä yhteenveto- ja pohdintaosion.

Opinnäytetyön alussa esitellään kohdeyritys. Aluksi luodaan pintapuolinen katsaus yrityksen historiaan ja nykytilanteeseen, jonka jälkeen esitellään yrityksen tuotantopalvelut.

Tietoperustassa käsitellään työntutkimusta. Tietoperustaosio on jaettu viiteen osaan: johdanto, työntutkimuksen rakenne, työntutkimus tuotannossa, työnmittauksen aikalajit sekä työnmittaustapahtuma. Tietoperustaa käytettiin pohjana työntutkimukselle.

Työntutkimus kohdelinjalla -osiossa esitellään työntutkimuksen kohteena oleva tuotantoprosessi, jotta ymmärretään prosessin vaatimukset, rajoitteet sekä työntutkimuksen osalta olennaiset prosessiin vaikuttavat asiat. Luvussa perustellaan työntutkimuksen tarve, jonka perusteella valitaan sopivat tutkimusmenetelmät. Lisäksi luvussa esitellään työntutkimuksen suunnitteluvaiheet sekä työnmittaustapahtuma.

Työntutkimuksen tuloksissa esitellään ja tulkitaan työntutkimuksen havainnointi- ja normaaliaikatutkimusten tuloksia. Tutkimusten perusteella ehdotetaan ja perustellaan uuden standardiaikajärjestelmän käyttöönotto sekä esitellään havaintojen perusteella tehdyt tuotannon prosessin kehityskohteet.

Yhteenveto ja pohdinta -osiossa pohditaan työntutkimuksen onnistumista ja luotettavuuteen liittyviä tekijöitä. Lisäksi osiossa esitellään jatkokehityskohteita sekä arvioidaan opinnäytetyötä oppimisen näkökulmasta.



## 2 BE GROUP OY AB

### 2.1 Historia ja nykytilanne

BE Groupin historia ulottuu vuoteen 1868, jolloin Peter Starckjohann perusti Starckjohann & Co:n Viipuriin. Lähes kaksikymmentä vuotta myöhemmin vuonna 1885 Hans ja Jöns Estrand perustivat Bröderna Edstrandin Malmöhön. Vuonna 1999 Nordic Capitalista tuli molempien yritysten enemmistöomistaja, jonka seurauksena yritykset muodostivat konsernin yhdessä Itämeren alueen maiden tytäryhtiöiden kanssa. Vuonna 2006 konserni otti käyttöön yhteisen nimen BE Group AB.

BE Group Oy AB on osa BE Group konsernia. Konserni on terästehtaista riippumaton terästen, erikoisterästen, ruostumattomien terästen ja alumiinien toimittaja ja on alallaan yksi Euroopan suurimpia. BE Group toimii Ruotsissa, Suomessa, Puolassa, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Konsernissa työskentelee noin 670 henkilöä.

BE Group Oy Ab:n pääkonttori sijaitsee Lahdessa. BE Group Oy Ab:lla on Suomessa kolme teräspalvelukeskusta, jotka sijaitsevat Turussa, Lapualla ja Lahdessa. Jokaisen teräspalvelukeskuksen yhteydessä on lisäksi myyntiyksiköt. Yksittäisiä myyntiyksiköitä on lisäksi kuusi Suomessa eri paikkakunnilla.

### 2.2 Teräspalvelukeskukset ja tuotantopalvelut

Teräspalvelukeskukset vastaavat tuotteiden jakelusta ja tuotannosta. Tuotantopalveluihin kuuluvat nauha- ja arkkileikkaus, terminen leikkaus, särmäys, sinkopuhdistus ja suojavaalaus, sahaus, koneistus ja poraus. BE Groupin tavoitteena on olla pystyvä vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin kokonaisvaltaisesti, jolloin asiakas saa tarvitsemansa materiaalin ja palvelun yhdeltä toimittajalta.

#### 2.2.1 Sinkopuhdistus ja suojavaalaus

Sinkopuhdistuslinjastolla materiaaleista poistetaan mahdollinen korroosio ja epäpuhtaudet. Puhdistus suoritetaan suihkuttamalla pyöreää teräsraetta puhdistettavaan materiaaliin. Sinkopuhdistus soveltuu teräkselle. Sinkopuhdistuksen puhdistusaste on Sa 2 ½.

Suojamaalaukseen käytetään suihkupuhdistetun pinnan väliaikaiseen suojaamiseen esimerkiksi kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi. Maalauksessa käytössä oleva maali on tyyppiltään Korro SS ja maalikalvon paksuus tuotteissa on  $16 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ . Maalilla on hyvä korroosionestokyky, ja se kestää hyvin mekaanista rasitusta, lämpöä, öljyä ja liuottimia. Suojamaalattua materiaalia voi hitsata ongelmitta.

### 2.2.2 Muut tuotantopalvelut

Nauhaleikkauksessa rainoitetaan lähtökela halutun levyisiksi keloiksi. Leikkausvahvuus nauhaleikkauksessa on 0,4–4,0 mm. Nauhan pystytään leikkaamaan 26–1650 mm leveyteen. Minimileveys määrittyy leikattavan levyn paksuudesta ja vaihtelee välillä 26–32 mm.

Arkkileikkauksessa lähtökela leikataan haluttuun pituuteen saattoleikkurilla. Leikkausvahvuus arkkileikkauksessa on 0,5–3,0 mm. Käsiteltävien arkkien leveys on 300–1500 mm, ja arkki voidaan leikata pituuksiin 500–6000 mm.

Nauha- ja arkkileikkauksessa käsiteltäviä materiaaleja ovat kylmävalssatut, sinkityt, muut metallipinnoitetut, ruostumattomat, haponkestävät sekä alumiinit.

Termiseen leikkaukseen kuuluvat poltto-, plasma-, laser- ja vesisuihkuleikkaus. Kaikissa leikkaustavoissa noudatetaan leikkaustoleranssia ISO 9013-432.

Valtaosa sahauksista tehdään vannesahoilla. Vannesahoja on useita erilaisia ja käytettävä saha määräytyy sahauksen tyypin ja materiaalin perusteella. Osa sahoista on automaattisia ja osa puoliautomaattisia. Automaattisahat soveltuvat sarjaluonteisiin sahauksiin ja puoliautomaattisahat monimutkaisempiin sahauskokonaisuuksiin. Sahaukset voidaan tehdä maksimissaan  $60^\circ$  poistettavaan kulmaan. Sahauksessa pystytään käsittelemään maksimissaan 18 m aihioita. Sahattavan kappaleen maksimidimensiot määräytyvät sahatyypin mukaan ja riippuvat käytettävän sahan kidan koosta. Sahauksessa käsiteltävät materiaalit jaetaan teräksiin, ruostumattomiin teräksiin, alumiineihin ja huonekaluputkiin.

Särmäys ja lastuava työstö ovat lisäpalveluita, joita voidaan suorittaa irrottavien työvaiheiden jälkeen jatkojalostustoimenpiteinä. Lastuavaan työstöön käytetään CNC-ohjat-

tuja koneistuskeskuksia. Lastuavaa työstöä voidaan tehdä sekä termisesti että saamalla leikatuille kappaleille. Särmäystä tehdään termisesti leikatuille kappaleille aina 6000 mm pituuteen asti.

## 3 TYÖNTUTKIMUS

### 3.1 Johdanto

Työntutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa menetelmän tai työhön käytettävän ajan nykytila ja tulosten perusteella kehittää toimintaa. Kehittämisen jälkeen uudet toimintatavat vakiinnutetaan. Työntutkimuksen tuloksilla pyritään parantamaan asioita sekä työnantajan että työntekijän perspektiivistä. Tutkimuksen keskeisiä tavoitteita on parantaa tuottavuutta, työhyvinvointia ja kannattavuutta. (Ahokas ym. 2011, 4–6; Haverila ym. 2009, 490.)

Työntutkimuksessa työtä tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta. Taloudellisessa näkökulmassa keskitytään työn kustannusvaikutuksiin. Teknologisessa näkökulmassa yritetään selvittää teknisiä parannusmahdollisuuksia työhön. Työntekijän kannalta tutkitaan työn kuormitukseen ja työturvallisuuteen liittyviä asioita. (Ahokas ym. 2011, 6.)

Perinteisellä työntutkimuksella tarkoitettiin käytännössä työajan kellottamista, mutta tutkimus on kehittynyt monimutkaisemmaksi sekä kokonaisvaltaisemmaksi. Kellotusta käytetään edelleen, mutta tutkimuksella voidaan lisäksi etsiä kehittämiskohteita, kehittää ja vakiinnuttaa menetelmiä sekä parantaa henkilöstön yhteistoimintaa. (Tuure 2018, 4–5.)

### 3.2 Työntutkimuksen rakenne

Työntutkimus koostuu neljästä osa-alueesta: menetelmätutkimuksesta, työn vakiinnuttamisesta, työnopastuksesta ja työnmittauksesta. Yleisesti työntutkimus kuitenkin jaetaan menetelmätutkimukseen ja työnmittaukseen. (Ahokas ym. 2011, 6; Haverila ym. 2009, 490.)

#### 3.2.1 Menetelmätutkimus

Menetelmätutkimuksessa kehitetään työmenetelmää järjestelmällisesti. Menetelmätutkimus voidaan kohdistaa kaikkiin tuotantoon liittyviin tekijöihin kokonaisvaltaisesti tai tutkia

tiettyä tuotantoprosessin osa-aluetta, kuten työntekijän ajankäyttöä. Menetelmätutkimuksessa selvitetään ensin tutkittavan kohteen nykytila. Selvityksen jälkeen menetelmää pyritään kehittämään halutuilla osa-alueilla. Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena on parantaa tuottavuutta, ergonomiaa ja työturvallisuutta sekä alentaa kustannuksia. (Ahokas ym. 2011, 6; Haverila ym. 2009, 491–492.)

### 3.2.2 Työn vakiinnuttaminen

Työn vakiinnuttamisessa varmistetaan, että tehokkain työtapa tai -menetelmä on käytössä kaikilla työntekijöillä. Menetelmien kehityksestä ei ole hyötyä, jos niitä ei käytetä. Työn vakiinnuttamisen onnistuminen on sidoksissa itse prosessiin sekä työntekijöihin. Mitä monimutkaisempi prosessi on, sitä suurempi merkitys työntekijän työtavalla on. Työn vakiinnuttamisessa tavoitteena on prosessin tehokkuuden parantaminen, tehokkuusvaihteluiden poisto sekä laadun parantaminen. (Ahokas ym. 2011, 6.)

### 3.2.3 Työnopastus

Työnopastuksessa varmistetaan, että työntekijä hallitsee vakiinnutetun ja työturvallisen työtavan. Työnopastus sisältää perehdyttämistä, työn opastusta sekä ammattitaidon kehittämistä. (Ahokas ym. 2011, 7.)

### 3.2.4 Työnmittaus

Työnmittauksella selvitetään tiettyyn työtehtävään tarvittava aika. Aika voidaan selvittää kokemusperäisesti, toiminnanohjausjärjestelmän avulla tai työnmittauksen menetelmillä. Määritysmenetelmä valitaan tutkimuksen käyttötarkoituksen tarkkuusvaatimusten perusteella. (Ahokas ym. 2011, 21.)

Työnmittaustekniikka valitaan tapauskohtaisesti. Tekniikan valintaan vaikuttaa tutkimuksen käyttötarkoitus sekä mitattavan kohteen tyyppi. Tekniikoita ovat normaaliaika-, ajankäyttö-, havainnointi- ja liikeaikatutkimus sekä aikalaskelmat. Työnmittaus voidaan tehdä myös standardiaikajärjestelmien avulla. (Ahokas ym. 2011, 7.)

Työmittauksen tuloksia voidaan käyttää lukuisiin tarkoituksiin kuten tuotteiden hinnoitteluun, kuormitus suunnitteluun, työmenetelmien vertailuun, valmistusmenetelmien kehittämiseen, tuotantolinjan tasapainotukseen ja konetyön tutkimiseen. (Ahokas ym. 2011, 21; Haverila ym. 2009, 492.)

Normaaliaikatutkimus soveltuu kohteisiin, joissa samanlaiset suhteellisen vähän aikaa vievät työvaiheet ja työt toistuvat usein ja ne suoritetaan samoilla menetelmillä samoissa olosuhteissa. Tutkimus tehdään kellottamalla työvaiheeseen tai työhön tarvittava aika, jolla määritetään normaaliaika. (Ahokas ym. 2011, 24–25; Haverila ym. 2009, 436.)

Mittauksessa työ tai työtehtävä jaetaan työneriin, jotka mitataan. Tarvittavien mittaustapahtumien määrä riippuu kohteesta, työn tyypistä sekä halutusta mittatarkkuudesta. Mittauksen yhteydessä määritetään joutuisuus. (Ahokas ym. 2011, 24–25.)

Jatkuva ajankäyttötutkimus soveltuu kohteisiin, joissa työvaiheet ja työt kestävät pidempään. Kohteissa työvaiheet ja työt ovat joko harvoin tehtäviä tai työn osien järjestystä ei tiedetä ennalta. Tutkimusta voidaan hyödyntää myös kohteissa, joissa tuotanto suoritetaan asiakkaan tilauksen mukaan, jolloin lopullinen tuote vaihtelee tilauksen mukaan. Tutkimusta voidaan käyttää myös koneen toiminnan selvittämiseen. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Tutkimuksessa käytetään aikalajeja, jotka määritellään halutulla tarkkuudella riippuen tutkimuksen halutusta tarkkuudesta. Mikäli tutkimusta käytetään työnarvon laskemiseen tai standardiajan määrittämiseen, tulee tutkimuksen yhteydessä tehdä joutuisuuden määrittäminen. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Havainnointitutkimus soveltuu kohteisiin, joissa tutkittavia asioita on useita. Havainnointitutkimusta voidaan käyttää esimerkiksi kohteessa, jossa ihmiset ovat vuorovaikutuksessa koneen kanssa. Tutkimuksessa seurataan eri työvaiheita samanaikaisesti, jolloin voidaan muodostaa selkeä yleiskuva tutkittavan kohteen ajankäytöstä tai tehokkuudesta. Havainnointitutkimuksen etuja ovat monikäyttöisyys sekä tutkimuksen nopeus ja helppous. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Tutkimuksessa havainnoidaan tapahtumien ja aikalajien suhteellista esiintymistä. Aikalajit valitaan tutkittavan kohteen ja tutkimuksen halutun tarkkuuden perusteella. Havainnointitutkimuksessa tutkija seuraa kohdetta ja kirjaa määritellyin aikavälein havaittuja työtehtäviä ja tapahtumia ylös. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Standardiaikajärjestelmät luodaan aina työnmittauksen avulla. Standardiaikajärjestelmä sisältää yleensä kaikkien käytössä olevien työvaiheiden työaikatiedot ja näin sitä voidaan soveltaa pitkiinkin työvaiheketjuihin. Standardiaikojen avulla pystytään laskemaan työhön tarvittava aika. Luotettavan standardilaskennan edellytys on tarkasti tehty työntutkimus. (Ahokas ym. 2011, 24–25; Tuure 2018, 13.)

Standardiaikajärjestelmä on osa standardikustannuslaskentaa. Standardikustannuslaskenta on käytännöllinen väline tuotteen tai palvelun hinnoittelussa, eri työmenetelmien vertailussa sekä jälkilaskelma-analyseissä. Standardilaskelmaa ja jälkilaskelmaa vertailemalla voidaan arvioida työn onnistumista. Mikäli standardilaskelma eroaa jälkilaskelmasta, voidaan työnmittaus suorittaa uudelleen ja tarkentaa standardiaikajärjestelmää. (Haverila ym. 2009, 436.)

### 3.3 Työntutkimus tuotannossa

Työntutkimuksella voidaan selvittää ja kehittää useita asioita tuotannossa. Kehittämisen välineenä on usein erilaisten aikojen selvittäminen ja niiden pohjalta toiminnan kehittäminen. Tärkeimmät kohteet ovat toimitusajat, läpimenoajat ja työvaiheajat. (Ahokas ym. 2011, 7.)

Toimitusaika tarkoittaa aikaa, joka kuluu asiakkaan tilaushetkestä siihen, että tuote on asiakkaalla. Läpimenoajalla tarkoitetaan tuotannon sisäistä kokonaistoimitusaikaa, eli aikaa mikä kuluu tuotannon aloittamisesta siihen, että tuote odottaa toimitusta. Läpimenoajan puitteissa voidaan suorittaa useita eri työvaiheita eri tuotantopisteissä. Lisäksi läpimenoaikaan voidaan laskea myös suunnitteluun kuluva aika. Läpimenoaikaan liittyy olennaisena osana jalostava työaika. Työvaiheajalla mitataan tietyn työvaiheen suorittamiseen kuluva aika. Työvaiheaikaa voidaan mitata tuotteen, koneen tai työntekijän kannalta. Selvitetyjä aikatietoja voidaan käyttää esimerkiksi tuotannon menetelmien kehittämiseen, kapasiteetin hallintaan, tuotannon ohjaamiseen ja kustannusarvioiden laskentaan. (Haverila ym. 2009, 401; Ahokas ym. 2011, 7.)

#### 3.3.1 Jalostava työaika

Tuotteen jalostusarvo nousee, kun sitä työstetään, eli tuotteeseen lisätään arvoa. Asiakas maksaa tuotteen jalostamisesta. Tuotteen valmistamiseen kuuluu usein työvaiheita,

jotka eivät nosta tuotteen jalostusarvoa, mutta ovat kuitenkin välttämättömiä, kuten tuotteen siirtäminen työpisteeltä toiselle, laaduntarkastukset, tuotannon asetukset yms. Yleisesti suurin osa läpimenoajasta ei ole jalostavaa työaikaa, vaan tuotteen odotusaikaa. Tuotannon kehittämisessä olennaista on maksimoida tuotteen jalostusaika. (Haverila ym. 2009, 401; Ahokas ym. 2011, 7–9.)

### 3.3.2 Tuotantokapasiteetti

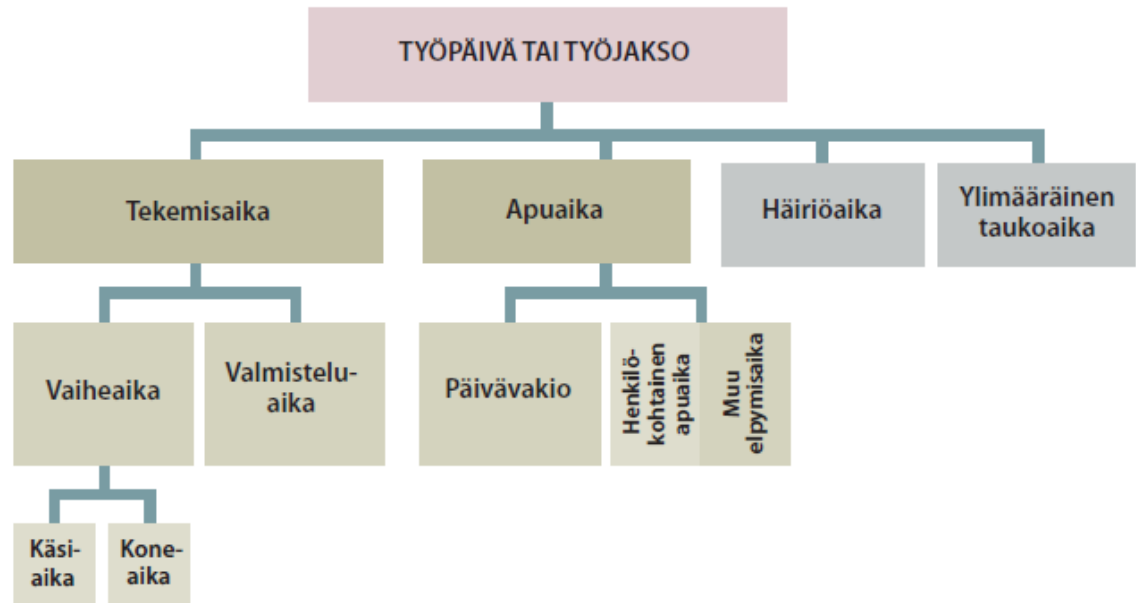
Kapasiteetti ilmaisee tietyn tuotantokohteen tuotantokykyä. Tarkasteltava kohde voi olla työntekijä, tuotantokone, tuotantolinja tai tuotantoryhmä. Kapasiteettimäärää kuvataan tarkoituksenmukaisella yksiköllä. Esimerkiksi tuotantolinjan yksikkönä voi olla standardiaikaa/päivä. (Haverila ym. 2009, 399.)

### 3.4 Työnmittauksen aikalajit

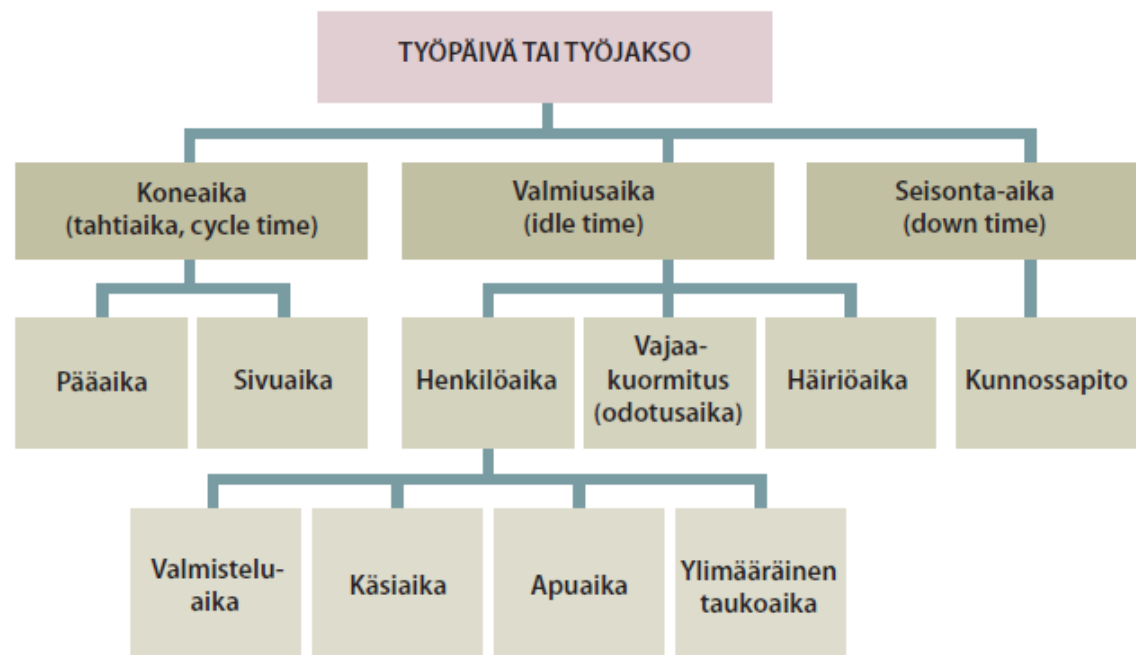
Aikalajien käyttö helpottaa mittaustulosten analysointia työnmittauksessa. Aikalajeja voidaan valita mittauskohteen ja halutun mittaustarkkuuden perusteella tarvittava määrä. Tyypillisesti jakso jaetaan henkilötyössä tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan, jotka voidaan edelleen jakaa tarkempiin aikalajeihin. (Ahokas ym. 2011, 11–13.)

Kuvan 1 ja kuvan 2 esimerkkitapauksissa mitattavina kohteina ovat henkilötyö ja konetyö. Molemmissa aikalajit on valittu kohteen tyyppin mukaisesti halutulla tarkkuudella. Konetyön aikalajikaaviosta voi huomata miten siihen on integroitu henkilötyön aikalajikaavio. Tässä tapauksessa konetyön ajankäyttöön vaikuttaa olennaisesti henkilötyö, mutta tutkimusfokus on konetyössä.





Kuva 1. Esimerkki henkilötyön aikalajeista (Ahokas ym. 2011, 13).



Kuva 2. Esimerkki konetyöaikalajeista (Ahokas ym. 2011, 15).

### 3.4.1 Tekemisaika

Tekemisaikaan kuuluu jalostusarvoa lisäävien ja työtehtävän valmistumista edistävien työtehtävien tekeminen. Tekemisajan sisältämät työt kohdistuvat suoraan tehtävälle tuotteelle tai sarjalle. Tekemisaika voidaan jakaa vaihe- ja valmistelu-aikaan. Valmistelu-aikaan sisältyvät työtehtävät esiintyvät kerran työtehtävää kohden, kuten koneen asetusten muuttaminen. Vaiheaikaan sisältyvät työtehtävät esiintyvät kappale- tai tuotekohteisesti. Vaiheaika on siis riippuvainen valmistettavien tuotteiden tai kappaleiden lukumäärästä. Vaiheaikaan kuuluvat esimerkiksi tuotteiden tarkastukset. Valmistelu- ja vaiheaika voi sisältää kone- ja käsiaikaa. Koneaika on koneen tekemää työtä, eli siihen ei vaikuta joutuisuus. Käsiaika on henkilön tekemään työtä. Työntekijä pystyy vaikuttamaan tyypillisesti käsiajan puitteissa tehtävän työtehtävän keston joutuisuudellaan. (Haverila ym. 2009, 491–492; Ahokas ym. 2011, 11.)

Joutuisuus tarkoittaa työn etenemisnopeutta, eli siellä kuvataan työntekijän suorittaman työtehtävän tuloksellisuutta. Joutuisuuteen vaikuttavat työntekijän ammattitaito ja työintensiiviteetti sekä työskentelyolosuhteet. Joutuisuuden tarkastelu edellyttää, että tutkittava työmenetelmä on tunnettu. Työntekijän joutuisuus tulee määritellä, jotta mitattu aika voidaan normalisoida. Normalisoitua työaikaa voidaan edellyttää kaikilta harjaantuneilta työntekijöiltä. (Ahokas ym. 2011, 16.)

Joutuisuuden merkitys työtehtävän tehokkuudessa on verrannollinen työtehtävän kone- ja käsiaikajakaumaan. Joutuisuus ei vaikuta merkittävästi työtehtävän keston, mikäli työtehtävä sisältää paljon koneaikaa, joka ei sisällä merkittävästi manuaalisia asetusaikoja. Joutuisuuden merkitys kasvaa käsin tehtävissä työtehtävissä, joiden menetelmiä ei ole vakiinnutettu. (Ahokas ym. 2011, 16.)

Joutuisuus määritellään aikahavaintojen yhteydessä. Työntutkija määrittää joutuisuuden havaintojensa perusteella. Määritelmän tarkkuus perustuu työntutkijan ammattitaitoon sekä tutkijan käsitykseen normaalisuoritustasosta. (Ahokas ym. 2011, 16.)

Työtehtävän tarvittavaa tavoiteaikaa kutsutaan työn normiajaksi. Työn normiaika määrittämisen edellytyksenä on, että työtä tehdään tehokkaimmalla tiedossa olevalla menetelmällä. (Ahokas ym. 2011, 18.)

Keskinkertaisella taidolla ja työvauhdilla normaaliolosuhteissa tehty työ kuvastaa normaalijoutuisuutta. Normaalijoutuisuudella tehty työtehtävä kuvastaa normaalisuoritustasoa, josta työn normiaika määräytyy. (Ahokas ym. 2011, 16.)

Normiaikaa ei milloinkaan sovita, vaan se tulee määrittää tai mitata. Normiaika määritetään tarvittavalla tarkkuudella käyttötarkoituksen perusteella. Määrittäminen voidaan tehdä samankaltaisia töitä vertaamalla, toiminnanohjausjärjestelmän tietojen perusteella, koneiden suoritusarvojen perusteella tai työnmittauksen menetelmillä. (Ahokas ym. 2011, 18.)

Harjaantumista esiintyy toistuvien työtehtävien yhteydessä. Harjaantuminen ilmenee työtehtävien nopeampana suorituksena. Työntekijä harjaantuu työtehtävässä toistokertojen johdosta. Esimerkiksi työohjeiden tulkinnan nopeutuminen on harjaantumista. (Ahokas ym. 2011, 15.)

Harjaantuminen vaikuttaa monissa työtehtävissä, mutta merkittävimmin vaikutukset voidaan nähdä toistuvissa rutiinitehtävissä. Standardisoinnin ja työn vakiinnuttamisen tehokkuus perustuu toistokertojen lisäämiseen ja harjaantumisen hyödyntämiseen. (Ahokas ym. 2011, 15.)

Työnmittauksessa ja normaalisuoritustason määrittämisessä tulee ottaa huomioon työntekijän harjaantuneisuus. Esimerkiksi työohjeiden tulkinta-aika voi vaihdella merkittävästi harjaantuneen ja harjaantumattoman työntekijän välillä. (Ahokas ym. 2011, 15.)

### 3.4.2 Apuaika

Apuaika sisältää työn kannalta välttämättömien aputehtävien suorittamisia sekä henkilökohtaisiin tarpeisiin ja muuhun elpymiseen kuluvaan aikaan. Apuajan aputehtävät eivät suoraan edistä työn valmistumista, mutta ovat välttämättömiä valmistumisen kannalta. Apuaika jaetaan kolmeen osaan: päivävakioon, henkilökohtaiseen apuaikaan ja muuhun elpymisaikaan. (Haverila ym. 2009, 491–492; Ahokas ym. 2011, 12.)

Päivävakioon sisältyvät työtehtävät ovat välttämättömiä ja toistuvia tapahtumia, jotka eivät kohdistu yksittäiseen tuotteeseen tai sarjaan. Esimerkiksi koneen määräaikaishuolto ja työpisteen siivous kuuluvat päivävakioon. Henkilökohtaiseen apuaikaan sisältyy henkilökohtaisia tarpeita varten varattu aika sekä ennalta sovittu elpymisaika. Esimerkiksi sovitut kahvitauot ovat henkilökohtaista apuaikaa. Muuhun elpymisaikaan sisältyy yli-

määräiset ennalta sovitut elpymistauot, joita voidaan tarvita esimerkiksi työn kuormittavuuden tai haasteellisten työolosuhteiden johdosta. (Haverila ym. 2009, 491–492; Ahokas ym. 2011, 12.)

Työntekijälle tulee järjestää elpymisaikaa työn kuormituksesta palautumiselle. Kokonaiselpymisaika määräytyy tapauskohtaisesti ja on sidonnainen työtehtävien sisältöön, työn järjestelyyn ja käytössä olevaan työmenetelmään. Mikäli työ on niin kuormittavaa, että henkilökohtainen apuaika riittää elpymiseen, voidaan työntekijän kanssa sopia erillisistä elpymistauoista. Työntutkimuksen osana voidaan tarkastella tutkimuksen kohteena olevaan työtehtävään tarvittavaa elpymisaikaa sekä kehittää menetelmää elpymisajan vähentämiseksi. (Ahokas ym. 2011, 17.)

### 3.4.3 Häiriöaika

Häiriöaikaan sisältyvät kaikki odottamattomat ja suunnittelemattomat työn keskeytykset sekä turha työ. Esimerkiksi laatuvirheiden korjaukset ja sähkökatkosta aiheutuvat työn seisahdukset ovat häiriöaikaa. (Haverila ym. 2009, 491–492; Ahokas ym. 2011, 12.)

### 3.4.4 Ylimääräinen tauko aika

Työntekijän käyttämä tauko aika, mikä ei kuulu henkilökohtaiseen apuaikaan tai muuhun elpymisaikaan on ylimääräistä tauko aikaa. Ylimääräinen tauko aika tulee erottaa häiriöajasta. Ylimääräinen tauko aika johtuu työntekijän omasta päätöksestä keskeyttää työ siinä missä häiriöajasta johtuva työn keskeytys on työntekijästä riippumaton tapahtuma. (Ahokas ym. 2011, 12.)

### 3.4.5 Konetyönaikalajit

Aikalajeja voidaan käyttää henkilötyön tutkimuksen lisäksi myös koneen, tuotantolinjan tai tuotteen valmistumisen analysointiin. Tutkimuksen kohteen tyyppi määrittää tarvittavat aikalajit prosessin kuvaamista varten. Konetyötä tutkittaessa voidaan henkilötyön aikalajeja soveltaa konetyölle sopiviksi. Konetyöjakso voidaan jakaa esimerkiksi koneaikaan, valmiusaikaan ja seisona-aikaan, jotka voidaan edelleen jakaa tarkempiin aikalajeihin. Koneajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin kone käy. Valmiusajalla tarkoitetaan aikaa,

jolloin kone on käyttövalmiudessa, mutta sitä ei käytetä. Valmiusaikaa voi olla vajaakuormituksesta johtuva odottelu, häiriöaika sekä henkilöaika. Valmiusajan häiriöaikaan luokituvat työn kulkuun liittyvät häiriöt, mutta eivät itse koneen häiriöt. Henkilöaikaan sisältyvät koneen käyttöön olennaisesti liittyvät henkilötyön aikalajit. Seisonta-aikaan sisältyvät ajat, jolloin kone ei ole käyttökunnossa. Seisonta-ajasta johtuvat seisahdukset voivat olla suunniteltuja tai suunnittelemattomia. (Ahokas ym. 2011, 14.)

Vajaakuormitusta saattaa ilmetä linjamaisessa tai automaattisessa tuotannossa. Vajaakuormitustilanteessa kone olisi käyttökunnossa, mutta tuotantoa ei kuitenkaan ole tehtäväksi tuotannon järjestelyjen takia. Huomioitavaa on, että odottamaton työn loppuminen koneelta ei ole vajaakuormitusta, vaan häiriöaikaa. Vajaakuormitustilanne on aina suunniteltu tilanne. Vajaakuormitus voi liittyä esimerkiksi tuotantoketjun tasapainottamiseen. (Ahokas ym. 2011, 14.)

### 3.5 Työnmittaustapahtuma

Työnmittaustapahtuma koostuu viidestä vaiheesta. Vaiheet ovat tiedottaminen työnmittauksesta, työmenetelmien määrittäminen, työn osittelu ja kuvaus, erien ajan mittaaminen sekä ajan laskeminen, tulosten esittäminen ja taltiointi. Vaiheet suoritetaan edellä mainitussa järjestyksessä. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Keskeinen osa työnmittausta on, että tutkimus tehdään luotettavilla menetelmillä ja avoimesti. Henkilöstön edustajalle selvennetään tutkimuksen tarkoitus ja käytettävä menetelmä. Ennen mittaustapahtuman alkua työntekijöille kerrotaan mittauksesta ja sen tarkoituksesta. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Työmenetelmien kuvaus tulee tehdä riittävällä tarkkuudella, jotta tutkimuksen jälkeen on mahdollista määrittellä mittaustilanne sekä analysoida muutoksia ja niiden vaikutusta tulosten käyttökelpoisuuteen. Tutkimuksen tarkoitus määrittää kuvaustarkkuuden. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Tutkimuksessa työt tulee ositella sopivan kokosiin osiin. Osien koko ja määrä riippuu tutkimuksen luonteesta, mittaustavasta sekä tutkimuksen käyttötarkoituksesta. Lisäksi kohteen työtä tulee analysoida ja ottaa huomioon työn sujuvuuteen vaikuttavat tekijät, kuten työstettävien kappaleiden eriävistä painoista johtuvat työtahdin muutokset tai käsi- ja koneajan jakaumat ja osittaa kyseiset työn osat tarvittaessa. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Erien ajan mittaamisessa tulee mittaustapahtumaksi valita normaali työskentelytapah-  
tuma tai vaihtoehtoisesti poikkeava tilanne, mikäli se on tutkimuksen kohteena. Mittaus  
tehdään työntekijää häiritsemättä. Ennen mittauksen aloittamista, tulee varmistaa, että  
tutkimuksen kannalta olennaisiin työnoisiin on riittävä näkyvyys havainnointia varten.  
(Ahokas ym. 2011, 25.)

Mittausten jälkeen lasketaan tulokset ja eritellään tutkimuksen laajuuden ja halutun tark-  
kuuden ehdoilla tarvittava määrä erilaisia erittelyjä ja muita selvityksiä. Mittauksessa luo-  
dut pöytäkirjat ja yhteenvedot säilytetään myöhempää käyttöä varten. (Ahokas ym. 2011,  
25.)

## 4 TYÖNTUTKIMUS KOHDELINJALLA

### 4.1 Johdanto

Työntutkimuksen suorittaminen halutussa kohteessa vaatii kattavan ymmärryksen kohteen toiminnasta sekä työntutkimuksen tekemisestä ja sen tarkoituksesta. Tässä tutkimuksessa ensisijaisena tarkoituksena oli tarkistaa ja päivittää standardiaikalaskentaa sekä kehittää nykyistä tuotantoprosessia. Jotta työntutkimus voitiin tehdä, tuli työntutkimuksen tekijän ensin omaksua riittävä tietopohja työntutkimuksen tekemisestä sekä tustua työntutkimuksen kohteeseen riittävän tarkasti.

Tässä luvussa esitellään kohdetuotantoprosessi yleisesti keskittyen työntutkimuksen kannalta olennaisiin asioihin. Lisäksi esitellään tuotantoprosessiin liittyviä tekijöitä kuten työkuorma, tuotantokapasiteetti ja työnsuunnittelu.

Luvussa esitellään lisäksi linjan standardiaikalaskennan määritelmät ennen työntutkimusta sekä esitellään tuotantolinjan operointiin ja seurantaan liittyvät käytössä olevat ohjelmistot.

Loppuosiossa perustellaan työntutkimuksen tarve ja valitut työntutkimusmenetelmät sekä esitellään tehdyn työntutkimuksen vaiheet.

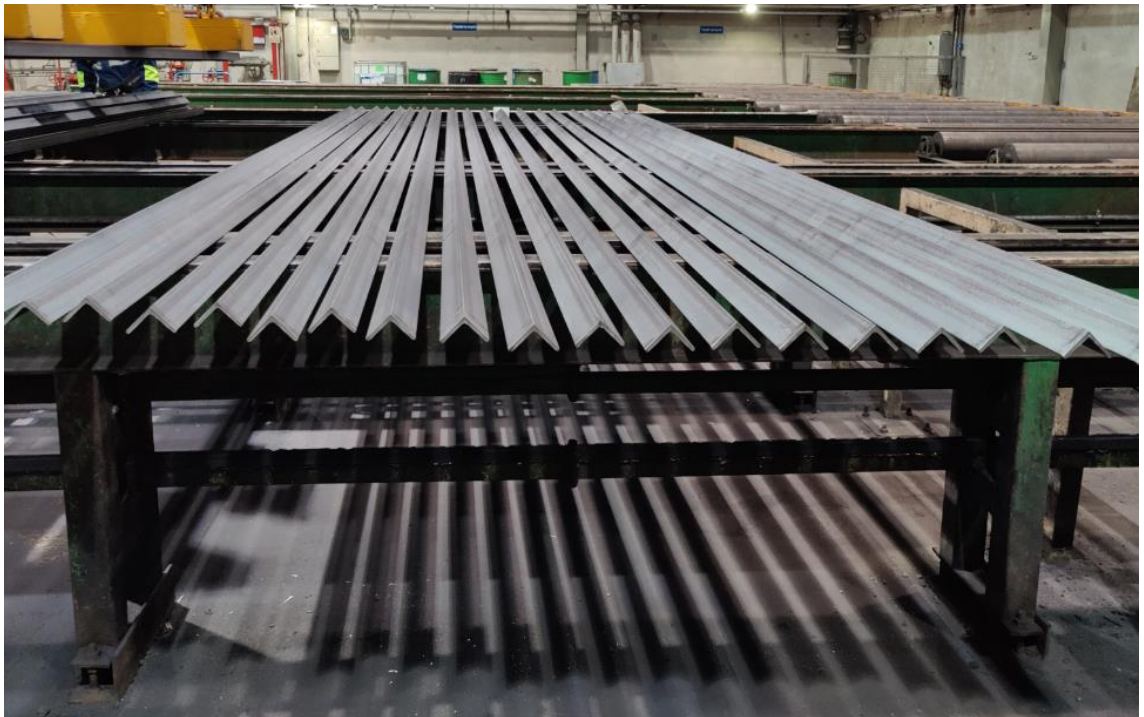
### 4.2 Tuotantoprosessi

Tutkimuksen kohteena oleva tuotantoprosessi on osa yrityksen tilaus – toimitus -prosessia. Jotta tuotantoa päästään tekemään, on tuotettavasta määrästä oltava olemassa tilaus. Kuvassa 3 on kuvattu yrityksen tilaus–toimitus-prosessi. Kuvassa on rajattu punaisella osa, jota tämä tutkimus koskee.





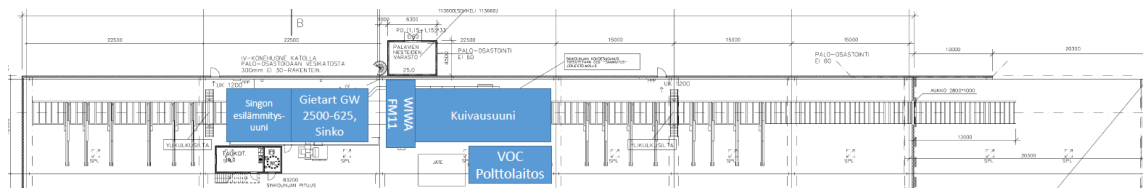
estää liian isojen lauttojen etenemisen linjaan. Alle 400 millimetriä korkeat lautat voidaan luoda 2450 millimetrin levyisiksi ja yli 400 millimetriä korkeat lautat 1400 millimetriä leveiksi. Lautat voivat sisältää useita kappaleita eri materiaaleista ja tilauksista. Linjalle asetetaan tuotantolauttoja mahdollisimman paljon määritellyin lauttavälein. Sinkouksessa voidaan rakentaa lauttoja ilman korkeusrajoituksia, mutta maalatessa lautan korkeuserot saavat olla maksimissaan kymmenen millimetriä, jotta voidaan taata laadukas maalausjälki. Korkeuserorajoite perustuu maalausyksikön maalaustraverssin rajoitteisiin. Yleisesti kappaleiden väliin tulee jättää korkeamman kappaleen korkeuden verran väliä, jotta sinkous ja maalaus onnistuvat kauttaaltaan. Kuvassa 3 tuotantolautta sisältää ainoastaan yhtä materiaalia ja valmiina tuotantoajoon.



Kuva 4. Tuotantolautta valmiina tuotantoajoon.

#### 4.2.1 Tuotantolinja

Tuotantolinja koostuu sivuttaissiirtopedeistä, rullastoista, esilämmitysuunista, sinkousyksiköstä, harjausyksiköstä, kuivausuunista ja maalausyksiköstä. Kaikkia linjan tuotantolaitteita operoidaan manuaalisesti päälle – pois periaatteella. Lisäksi linjaan kuuluu polttolaitos, jossa maalaushöyryt poltetaan. Kuvassa 4 nähdään tuotantolinjan muokattu pohjapiirustus, josta selviää tuotantolinjan koko, rakenne ja yksittäisten linjan tuotantoyksiköiden sijainti sekä koko.



Kuva 5. Tuotantolinjan muokattu pohjapiirustus.

Tuotantoerän läpimenoaikaan ei vaikuta eri tuotantopalveluiden määrä, sillä kaikki linjan tuotantopalvelut lisätään tuotteisiin ennen ensimmäistä materiaalin poistoon tarkoitettua sivussiirtopetiä. Tuotteiden kulku linjan alkupäästä loppupäähän kestää siis saman ajan riippumatta lisäystä tuotantopalvelusta. Yleisesti materiaali etenee linjalla 2,5 metriä minuutissa, jota pidetään normaalinopeutena. Maalattessa normaalinopeus on korkein mahdollinen, jotta materiaalit saadaan luotettavasti maalattua. Singotessa normaalinopeus voidaan tietyissä tilanteissa ylittää, mutta riskinä on laadun heikkeneminen.

Käytössä olevat sivuttaissiirtopedit ovat käyttötarkoitukseltaan ja toiminnoiltaan samantyyppiset linjan alku- ja loppupäässä. Materiaalia kerätään pedeille tai sitä poistetaan pedeilta siltanosturin tai trukin avulla. Linjalla on käytössä nostoapuvälineinä ketjuja, liinoja, koukkuja, magneetteja ja rakseja. Linjan alkupäässä materiaaleista tehdään tuotantolauttoja, jotka siirretään nostosiirtimellä rullastolle. Tuotantolauttojen luomiseen on apuvälineenä sapluuna, joka estää väärin luotujen lauttojen etenemisen linjalle.

Rullasto kuljettaa materiaalin ensimmäisenä esilämmitysuunin lävitse. Esilämmitysuuni pidetään normaalisti 200 °C lämpötilassa ja uuni on kolme metriä pitkä. Esilämmitysuunia käytetään pääsääntöisesti kylminä ja kosteina aikoina, jotta materiaalit saadaan

tarvittaessa kuivatettua nopeasti. Kaikki linjalla ajettavat materiaalit tulee olla puhtaita, kuivia ja öljyttömiä ennen varsinaisen tuotannon aloittamista.

Esilämmitysuunin jälkeen linjalla sijaitsee sinkouksyksikkö. Sinko on merkiltään Gietart GW 2500–625. Sinkouksessa linjalla olevaa materiaalia suihkutetaan metallirakeella, jolloin materiaalista puhdistuvat slagi, pintaruoste sekä epäpuhtaudet. Sinkouksyksikössä on kuusi sinkopyörää, jotka linkoavat metallirakeita materiaaliin eri kohdista ja suunnista, jolloin materiaali saadaan käsiteltyä kauttaaltaan. Erityyppisille materiaaleille on olemassa sinkousreseptit, joissa määritellään sinkousnopeus, raeannostus sekä harjauskorkeus. Tehoa säädetään singottavan materiaalin lähtökunnon sekä materiaalin tyypin perusteella. Sinkouksen jälkeen tuotteille tehdään harjaus, jossa materiaalista poistetaan pinnalle jäänyt sinkorae. Käytännössä kaikkiin linjalla työstettäviin materiaaleihin suoritetaan sinkoustyövaihe. Kuvassa 5 tuotantolautta on tuotantolinjan rullastolla etenemässä sinkouksyksikköön.



Kuva 6. Tuotantolautta etenemässä sinkouksyksikköön.

Sinkouksessa käytettävä rae valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Linjalla on käytössä ainoastaan yhtä raetyyppiä. Rae on matalahiilistä ja pyöreää ja sopii halutun Sa 2 1/2 puhdistusasteen saavuttamiseen. Rakeet kiertävät koneessa, kunnes ne eivät enää sovellu kulumisen takia tuotantokäyttöön. Rae koostuu kuorista, jotka kuluvat singottaessa.

Kun yksittäinen rae on kiertänyt koneessa tarpeeksi kauan se menettää painoaan ja lopuksi se seulotaan imujärjestelmän avulla pois kierrosta. Rakeesta tarkistetaan kerran viikossa öljypitoisuus, jotta voidaan olla varmoja tuotantolaadusta. Varsinkin maalausvaiheessa öljyä ei saa olla materiaalin pinnalla lainkaan. Raetta lisätään sinkousyksikköön, kun yksikössä ei ole enää tarpeeksi raetta sinkouksen suorittamiseen. Yksikkö ilmoittaa operaattoreille, kun raetta tulee lisätä ja lopettaa sinkouksen samanaikaisesti. Ainut tapa selvittää rakeen määrä yksikössä on tarkistaa määrä silmämääräisesti. Raetta lisätään yksikön sivussa olevasta luukusta koneeseen.

Sinkouksen ja harjauksen jälkeen materiaali kulkee maalausyksikön lävitse. Maalausyksikkö on merkittävä Wiwa FM11. Maalausyksikössä on traverssi, jolla kaksi maalausruiskua maalaa halutun materiaalin poikittaisliikkeellä ylhäältä ja alhaalta. Näin voidaan varmistua, että työstettävä materiaali maalautuu kauttaaltaan. Linjalla käsiteltävät materiaalit maalataan käytännössä aina samaan kalvonpaksuuteen, joka on määritelty 16 mikrometriin. Kalvon paksuutta mitataan viikoittain, jolla todetaan, että kalvonpaksuus on toleranssien sisällä. Toleranssi kalvonpaksuudelle on  $\pm 5$  mikrometriä. Mittaus tehdään erillisellä testauskappaleella, joka käsittelyn jälkeen mitataan viidestä eri kohdasta kappaleen eri sivuilta. Kuvassa 6 tuotantolautta on tuotantolinjan rullastolla etenemässä maalausyksikköön.



Kuva 7. Tuotantolautta etenemässä maalausyksikköön.

Linjalla on käytössä Korro SS -maali, joka on väriltään harmaa. Maali on kaksikomponenttimaali, jossa sinkkipasta yhdistetään kovetteeseen. Maalin etuja ovat hyvät hitsausominaisuudet ja alhaiset kalvonpaksuusvaatimukset.

Lopuksi materiaali etenee kuivausuunin läpi. Kuivausuunissa maalauspinna kuivuu ja materiaalia voidaan tällöin käsitellä heti linjan loppupäässä. Uuni on n. 16 metriä pitkä ja uunia pidetään 60–70 °C:n lämpötilassa. Uunissa ei ole omia lämmitysvastuksia ja se lämpenee linjan muilta tuotantokoneilta siirretyllä lämmöllä.

Linjalla on lisäksi polttolaitos, jossa poltetaan maalauksessa syntyvä liuotinhöyry. Maalausyksikössä maalaushöyry imuroidaan talteen, josta poltettava liuotinhöyry suodataan erilleen. Liuottimen poltossa syntyvää lämpöä käytetään linjalla hyödyksi. Poltto suoritetaan kerran päivässä, ja polton kesto on suoraan verrannollinen päivän aikana tehdyn maalauksen määrään.

#### 4.2.2 Tuotantolinjan työpisteet

Linjalle on määritetty kaksi työpistettä, jotka molemmat sisältävät useita työtehtäviä. Työpisteet ovat ennemminkin työsijainteja ensimmäisen ollessa linjan alkupäässä ja toisen ollessa linjan loppupäässä.

Linjan alkupäässä ensisijaisiin työtehtäviin kuuluvat materiaalin siirtäminen linjalle, tuotantolautojen teko sekä niiden täyttöasteista vastaaminen, työjonon tulkinta sekä työjärjestyksestä vastaaminen, tuotantolinjan operointi ja käynnissä pitäminen sekä ohjelmistoihin tarvittavien tietojen raportointi. Lisäksi työtehtäviin kuuluu maalauslinjan pesu työpäivän päätyttyä.

Työntekijöillä on käytössä rajallisesti tietoa päivän työkuormasta. Lautta- ja työjärjestysuunnittelu tehdään käytännössä tuotannon ohessa henkilöstön parhaan näkemyksen mukaan.

Linjan loppupäässä oleviin työtehtäviin kuuluvat materiaalin siirtäminen pois linjalta, tuotteiden pakkaaminen ja edelleen siirtäminen sekä ohjelmistoihin tarvittavien tietojen raportointi.

Linjan liike voidaan pysäyttää tarvittaessa molemmista työpisteistä. Yleisin syy linjan pysäyttämiseen on loppupään ruuhkautuminen, koska linjalla ajettavia tuotteita ei ole saatu purettua pois linjalta tarpeeksi nopeasti.

Kaikille linjalla työskenteleville yhteisiä työtehtäviä ovat satunnaiset lastaustyöt, jatkuvat sekä viikoittaiset siivoustyöt sekä linjan kuntotarkastusten tekeminen ja niiden raportointi.

Linjaa voidaan operoida eri henkilömäärillä riippuen tuotantomiksistä. Normaalimiehitys linjalla on neljä henkilöä, joista kaksi työskentelee linjan alkupäässä ja kaksi loppupäässä. Tyypillisesti linjaa operoidaan kahdessa vuorossa. Linjan kapasiteettia voidaan kasvattaa tarvittaessa suhteellisen lyhyellä aikavälillä kolmannella vuorolla. Linjan kapasiteetin nopea säädettävyys tekee prosessista joustavan ja näin ollen aika ajoitin ilmentyviin suuriin tuotantomääriin pystytään reagoimaan nopeasti, jotta työvaiheesta ei tule pullonkaulaa.

#### 4.2.3 Tuotannon rajoitteet, työnsuunnittelu ja käytössä olevat ohjelmistot

Suurin osa tuotannosta tehdään suoraan asiakkaan tilauksen perusteella ja vain vähäinen osa tuotannosta tehdään suoraan omaan varastoon, josta tuotteita myydään varastokauppana asiakkaalle myöhemmin. Tyypillisesti työkuorman pituus linjalla on vain muutamia päiviä. Työkuorma halutaan pitää mahdollisimman pienenä linjalla, sillä tyypillisesti asiakkaat odottavat nopeaa toimitusaikaa tilauksiin, joissa on pelkästään sinkousta tai maalausta. Sinkouksen nopeat toimitusajat vaikuttavat myös positiivisesti yrityksen muiden tuotantotyövaiheiden toimitusaikaan, sillä levytuotteet singotaan aina ennen termistä leikkausta ja sahaustilauksiin voidaan lisätä sinkous tai maalaus tuotantopalveluna. Edellä mainituista sekoista johtuen, tuotantoa ei voida jaksottaa ja suunnitella linjalle pitkällä aikavälillä ja suunnittelutyö tehdäänkin reaktiivisesti ja päiväkohtaisesti. Lisäksi henkilömääriä optimaaliseen miehitykseen on hankala suunnitella samasta syystä ja tämän takia linjalle suunnitellaan vallitsevan kysyntätilanteen mukaan vuorojen sekä tuotantohenkilöiden määrät keskipitkälle aikavälille.

Linjan työnsuunnittelusta vastaa yksi työnsuunnittelija, jonka tehtävänä on varmistaa, että linjalla on riittävä määrä työtä tulevalle vuorokaudelle. Työnsuunnittelussa otetaan huomioon linjan suorituskyky, vapaana oleva välivarastointitila linjalle menevälle materiaalille, mahdolliset erikoisvaatimukset sekä työjonon järjestäminen. Suunnittelu ja työnojohto tarkistavat mahdolliset tuotantopoikkeamat sekä laskevat manuaalisesti työajat suurille tai epätyypillisille tuotantoerille tarvittaessa.

Yrityksen tuotantopalveluiden pääjärjestelmänä käytössä on Nestix- ohjelmisto. Ohjelmisto sisältää useita tuotantoon olennaisesti liittyviä moduuleita ja ohjelmisto on käytössä lähes kaikissa yrityksen tuotantoprosesseissa. Sinkouksen ja suojamaalauksen osalta sekä työsuunnittelu että tuotannon raportointi suoritetaan Nestix -järjestelmällä. Ohjelmistolla voidaan lisäksi analysoida muun muassa päivän työkuorman laajuutta sekä yksittäisen tilauksen tai tilausrivin tietoja. Ohjelmistoon tallentuvat tilauskohtaisesti tuotannon raportointitiedot, joita voidaan tarvittaessa käyttää jälkilaskelmissa tuotannon arviointiin. Järjestelmää käytetään lisäksi tiedon jakamiseen ja kommunikointiin tuotannon, suunnittelun ja työnjohdon välillä.

Linjalla on käytössä OEE-järjestelmänä Axxos-ohjelmisto. Ohjelmaa käytetään linjan käyttöasteen ja häiriöaikojen analysointiin. Ohjelmisto seuraa koneen rullastojen liikettä ja vaatii käyttäjältä raportointia syykoodeineen, mikäli linjasto on ollut pysähdyksissä määritettyä aikaa pidemmän ajan.

Lisäksi linjan käyttäjät raportoivat yrityksen ERP-järjestelmään tuotantoon kerättyjen materiaalien tiedot. Tiedot, jotka toiminnanohjausjärjestelmään raportoidaan, ovat kerätty materiaalmäärä ja sulatusnumero. Tiedot ovat tärkeitä saldojen paikkansapitävyyden, materiaaliseurattavuuden sekä lopullisten tuotantokustannusten kannalta.

#### 4.2.4 Tuotantolinjan standardiaikalaskenta ja tuotantokapasiteetti

Standardiaikajärjestelmä ja laskennallinen tuotantokapasiteetti liittyvät suoraan toisiinsa. Standardiaikajärjestelmän laskemat tuotantoon tulevat standarditunnit kuormittavat tuotannon laskennallista kapasiteettia, jonka mukaan varsinainen tuotanto suoritetaan. Lisäksi tarjouslaskenta käyttää laskennallista tuotantokapasiteettia toimitusaikojen ja tuotantokustannusten määrittämiseen. Tarjouslaskennassa standardilaskenta tehdään aina tilauskohtaisesti, eli olemassa olevaa työkuormaa ja sen tuomaa lauttojen yhdistelymahdollisuutta ei huomioida suoraan standardilaskennassa.

Standardiaika lasketaan jokaiselle tuotantoriville erikseen. Tuotantorivi voi sisältää mitä tahansa materiaalia ja työvaiheita riippuen asiakkaan tarpeesta. Tuotantorivillä voi olla rajaton määrä tuotantokappaleita. Tuotantorivi voi koostua vain samanlaisista tuotteista. Laskenta suoritetaan määritellyin parametrein yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä. Jokaiselle työvaiheelle suoritetaan oma standardiaikalaskelma, joista lopullinen laskennallinen tuotantoaika muodostuu.

Singottavan tai singottavan ja maalattavan tuotteen standardiaika lasketaan samalla periaatteella, sillä tuotantoaikaan ei vaikuta linjalla ajettavien tuotantopalveluiden määrä. Lopullinen tuotantokustannus muodostuu työajasta ja mahdollisesta maalauslisästä, joka lasketaan erikseen. Maalauslisä ei vaikuta tuotannon kapasiteettiin tai kuormitukseen, joten maalauslaskentaa ei tässä työssä käsitellä.

Standardiajan laskenta tehdään singottaville tai singottaville ja maalattaville tuotteille työvaiheiden mukaan aina tietyllä tavalla. Yrityksessä on käytössä kaksi erilaista standardiaikalaskentatapaa. Ensimmäistä laskentatapaa sovelletaan kaikissa tapauksissa, joissa tuotantorivillä ei ole työvaiheketjussa termistä leikkausta. Toista laskentatapaa käytetään ainoastaan tapauksissa, joissa tuotantorivillä on termistä leikkausta sekä etu -tai jälkisin-koustyövaihe.

Standardiaika molemmissa laskentatavoissa sisältää asetusajan sekä ajoajan, jotka yhdessä muodostavat kokonaistuotantoajan.

Ensimmäisessä standardilaskentamallissa asetus aika on määritelty vakio, joka lisätään jokaiselle tuotantoriville riippumatta materiaalista tai tuotantomäärästä. Asetus aikaan lisätään puoli minuuttia lisää aikaa jokaista yksittäisen tarjouksen tai tilauksen tuotantoriviä kohden. Ajoaikaan vaikuttavat järjestelmässä ylläpidettävät parametrit sekä tuotantorivin sisältö. Ajonopeus on määritetty laskennoissa vakioksi: 2,5 metriä minuutissa. Lauttojen lukumäärä lasketaan tuotantorivin kappalemäärän perusteella. Lauttojen lukumäärään vaikuttaa ajettavan materiaalin leveys, jonka perusteella järjestelmässä lasketaan yhteen lauttaan mahtuva tuotantokappalemäärä. Lautan pituus määräytyy tuotteen perusteella. Lauttaväli määräytyy materiaalin tuoteryhmän perusteella. Ajoajan laskentakaava on esitelty kaavassa 1.

$$ajoaika = ajonopeus * lauttalukumäärä * (lauttapituus + lauttaväli)$$

Kaava 1. Ensimmäisen standardilaskentamallin ajoajan laskentakaava.

Toisessa standardiaikalaskentamallissa asetus aika lasketaan kaavalla, johon vaikuttaa materiaalin paksuuden mukaan määritelty lisääjan vakio, tilaus- tai tarjousrivin nettopaino ja tuotantokappalemäärä sekä tilauksen tai tarjouksen saman paksuisten materi-



aalien kokonaisnettopaino. Kaavassa 2 on esitelty asetusajan laskentakaava. Laskentamallin ajoaika lasketaan tuotantokappaleen nettopainon ja varastolevyn nettopainon suhteella. Ajoaikaan vaikuttaa myös määritelty ajoaikavakio. Ajoajan laskentakaava on esitelty kaavassa 3. Laskentamallissa pyritään ottamaan huomioon termisen leikkauksen nestaus, jossa kappaleita pyritään sijoittelemaan mahdollisimman paljon yhdelle teräslevylle leikkausta varten. Tyypillisesti yhdelle levylle sijoitellaan useiden tilausten kappaleita. Suhteuttamalla tuotantokappaleen nettopaino varastolevyn nettopainoon sinkouksen tai sinkouksen ja maalauksen standardiajanlaskennassa, päästään tarkempaan lopputulokseen kuin ensimmäisessä standardiaikalaskentamallissa.

$$\text{asetusaika} = \frac{\text{lisäaikavakio} * \text{rivinnettopaino}}{\frac{\text{kokonaisnettopaino}}{\text{tuotantokappalemäärä}}}$$

Kaava 2. Toisen standardilaskentamallin asetusajan laskentakaava.

$$\text{ajoaika} = \frac{\text{kappalenettopaino}}{\text{levynettopaino}} * \text{ajoaikavakio}$$

Kaava 3. Toisen standardilaskentamallin ajoajan laskentakaava.

Linjan laskennallinen tuotantokapasiteetin koko on muodostettu kokemuksen perusteella ja sitä säädetään linjan henkilömäärän perusteella. Laskennallista tuotantokapasiteettia ylläpidetään toiminnanohjausjärjestelmässä ja linjan tuotteiden toimitusajat lasketaan perustuen laskennalliseen tuotantokapasiteettiin. Toiminnanohjausjärjestelmässä tuotantokapasiteetti sisältää ainoastaan standardiaikaa. Tyypillinen laskennallinen tuotantokapasiteetti kahden vuoron ajossa on noin kymmenen standardituntia vuorokaudessa.

#### 4.2.5 Linjan tehokkuus ja seuranta

Tuotantolinjan tehoon vaikuttavia tekijöitä on useita. Työn tutkimuksen kannalta oli järkevä keskittyä tekijöihin, joilla on suurin vaikutus tehoon ja joihin voidaan parhaiten vaikuttaa tuotantoprosessia kehittämällä. Tällaisia tekijöitä ovat linjan nopeus, lauttojen

täyttöaste sekä lauttojen välinen etäisyys, jotka linjan ollessa tuotantokunnossa määrittävät suoraan linjan tuotantomäärät.

Linjan suoritusta seurataan Axxos -järjestelmällä sekä jälkilaskentaraporteilla. Keskeisimmät mittarit tehokkuuden seurantaan ovat käyttöaste, toimitusvarmuus sekä standardiaikakertymät. Lisäksi linjan suoritusta arvioidaan laatutason seurannalla, siisteysasteen arvioinnilla sekä varsinaisen tuotantoajan raportoinnin ja standardiaikakertymän erojen analysoinnilla.

Käyttöasteen seurantajärjestelmä Axxos on kytketty sinkouyksiikköön. Sensori lähettää signaalia järjestelmään aina kun sinkoustyötä suoritetaan. Järjestelmä toimii automaattisesti, jolloin mahdolliset ihmisen tekemät kuittausvirheet eivät vaikuta raportoituun sinkoustyön määrään. Mikäli sinkoustyötä ei järjestelmässä määritellyn ajan puitteissa tehdä, vaatii järjestelmä käyttäjältä kuittauksia ja syytä työn seisahtukselle. Järjestelmällä voidaan analysoida myös syitä käyttöasteelle.

Jälkilaskentaraportit käyttävät toiminnanohjausjärjestelmän ja tuotannonohjausjärjestelmän dataa sekä yhdistelevät niitä käyttötarkoituksen mukaan.

#### 4.3 Työntutkimuksen suunnittelu

Ennen opinnäytetyön aloittamista kävimme keskustelua kohdeyrityksessä erilaisista vaihtoehdoista ja yrityksen tarpeista opinnäytetyön tasoiselle työlle. Sinkous ja maalauslinjan standardiajanlaskennan parametrien sekä standardiaikajärjestelmän päivitys oli ajankohtainen ja aihe valikoitui opinnäytetyöksi. Yrityksessä haluttiin varmistua, että laskenta on ajan tasalla, jotta järjestelmää voidaan luotettavasti käyttää kapasiteetin hallintaan, tarjouslaskentaan ja tuotannon tehokkuuden analysointiin. Työntutkimus on ainoa keino määrittää luotettavasti standardiaikajärjestelmä, joten se valikoitui opinnäytetyön kohteeksi. Työntutkimuksen avulla voidaan myös kehittää tuotantoprosessia, jota sovitettiin kehitettävän työn tiimoilta.

Työntutkimuksen tekijän tulee omata riittävä tietoperusta, jotta tutkimus voidaan tehdä luotettavasti. Työntutkimuksen ensimmäisenä vaiheena opinnäytetyöntekijä omaksui riittävän määrän tietoa tutkimuksen teosta, jotta varsinaisen työn suunnittelu voitiin aloittaa.

Standardiaikajärjestelmän päivityksen päätavoitteena oli tarjouslaskennan tarkentaminen, kapasiteetin hallinta sekä jälkilaskelmien tarkentaminen. Osa tavoitteista kohdistuu

suoraan yksittäisiin tuotantoerien läpimenoaikoihin ja osa tuotantolinjan toimintaan ja kuorman yleiseen hallintaan, joten yhtä sopivaa tutkimusmenetelmää ei kyetty määrittämään. Työntutkimusmenetelmiksi valittiin havainnointitutkimus sekä normaaliaikatutkimus.

Havainnointitutkimuksella tutkittiin linjan ja työntekijöiden toimintaa työvuoron ajan. Havainnointitutkimuksen tavoitteena oli selvittää linjan tuotantoprosessin tehokkuus nykyprosessilla sekä selvittää mahdollisia prosessin tehostamiskohteita. Linjalla tehdään useita työajaltaan ja materiaaleiltaan erilaisia tuotantotilauksia päivittäin, joiden varsinaisen tuotantoaika on pieni, minkä takia havainnointitutkimus ei sovellu hyvin yksittäisen tilauksen tutkimiseen standardiaikojen määrittelyn näkökulmasta. Havainnointitutkimuksen tarkastelutaajuudeksi määritettiin viisi minuuttia ja tarkastelukohteiksi valittiin linjan sinkousyksikkö sekä molemmat työpisteet. Valittu tarkastelutaajuus on riittävä antamaan hyvän kuvan linjan toiminnasta sekä se mahdollistaa kaikkien tutkimuskohteiden tarkastelun hyvin jaksotettuna. Havainnointitutkimus tehtiin kahteen kertaan eri vuorojen ollessa töissä, jotta voitiin seurata eri vuorojen toimintaa mahdollisten toimintapa erojen havaitsemiseksi. Kahden päivän aikana myös tuotantomiksin vaikutukset käyttöasteeseen ja linjan toimintaan tulivat esiin.

Sinkousyksikön aikalajikaavio ottaa huomioon työntekijöiden vaikutuksen koneen toimintaan tarkasti ja on yhdistelmä koneen ja henkilön aikalajikaaviota. Sinkousyksikön aikalajeiksi valittiin koneaika, valmiusaika sekä seisona-aika. Koneaika tarkoittaa aikaa, jolloin sinkousyksikkö sinkopuhaltaa materiaalia. Sinkousyksikkö voi olla joko päällä tai pois päällä, minkä takia koneajalle ei tarvita erillisiä aikalajeja. Valmiusaika tarkoittaa aikaa, jolloin sinkousyksikkö voisi työstää materiaalia, mutta sinkousta ei tapahdu. Valmiusaika jaettiin kahteen aikalajiin, henkilöaikaan ja häiriöaikaan. Henkilöaika tarkoittaa sinkoamisen seisahdusta henkilöstön toimien johdosta ja häiriöaika tarkoittaa sinkoustyön seisahdusta koneesta johtuvista syistä. Henkilöaika jaettiin valmistelu-aikaan, käsi-aikaan, apuaikaan ja ylimääräiseen tauko-aikaan. Valmistelu-aika tarkoittaa aikaa, jolloin sinkousta ei tapahdu, koska koneen asetuksia säädetään. Käsi-aika tarkoittaa aikaa, jolloin sinkousta ei tapahdu, koska linja on pysähdyksissä käsin tehtävän työtehtävän johdosta. Apuaika tarkoittaa aikaa, jolloin sinkousta ei tapahdu, koska henkilöstö suorittaa suunniteltua työtehtävää, joka ei mahdollista sinkoustyön jatkumista tai henkilöstö on suunnitellulla tauolla. Apuaika jaettiin päivävakiioon ja henkilökohtaiseen apuaikaan.

Työpisteiden havainnointiin luotiin henkilötölle sopiva aikalajikaavio. Työpisteiden aikalajikaavion aikalajeiksi valittiin tekemisaika, apuaika, häiriöaika ja ylimääräinen tauko-aika. Tekemisaika tarkoittaa aikaa, jolloin linjalla työskennellään. Tekemisaika jaettiin vaihe aikaan ja valmistelu aikaan. Vaihe aika tarkoittaa aikaa, jolloin tuotantomateriaalia työtetään tuotanto varten ja valmistelu aika tarkoittaa linjan koneiden asetusten muuttamista. Apuaika aikalaji johdettiin suoraan sinkousyksikön aikalajikaaviosta. Häiriöaika sisältää kaikki odottamattomat työnkeskeytykset sekä turhat työt. Ylimääräinen tauko aika sisältää henkilöstön ylimääräiset tauot sekä venyneet taukoajat.

Normaaliaikatutkimuksella seurattiin yksittäisten tilausten läpimenoaikoja standardiaikojen tarkastamista ja mahdollista päivittämistä varten. Menetelmä sopii hyvin linjalla tehtävien tilausten läpimenon tutkimiseen ja standardiaikojen määrittämiseen, koska yksittäisistä tuotantoeristä saadaan tarkkaa tietoa ja standardiaikalaskennan tarkistamista varten voidaan tarkasti tutkia eri työn erien vaikutusta yksittäiseen tuotantoeraan. Normaaliaikatutkimus tehtiin yksittäisenä erillisenä tutkimuksena. Normaaliaikatutkimuksen tekemishetkellä huomioitiin henkilöstön joutuisuus.

Tutkimusmenetelmien valinnan jälkeen tutkimuksille valittiin ajankohdat ja sovittiin linjan esimiehen kanssa henkilöstölle ilmoittamisesta. Tutkimusten tarkoitukset käytiin läpi henkilöstön kanssa ja painotettiin, että kyseessä ei ole yksittäisten henkilöiden tarkkailua tavoitteleva tutkimus. Lisäksi painotettiin, että työtä tulee tehdä normaalisti välittämättä tutkijan läsnäolosta.

#### 4.4 Työntutkimuksen suorittaminen

Työntutkimuksen edellytyksenä on, että tutkittava kohde tunnetaan riittävän tarkasti ennen tutkimuksen aloittamista. Linjan toimintaan tutustuttiin haastattelemalla henkilöstöä, työnjohtoa ja tuotantopäällikköä ennen tutkimuksen aloittamista. Lisäksi tutkijalla on kokemusta linjan toiminnasta, mitä hyödynnettiin tutkimuksen teossa. Haastattelut ja työntutkimukset tehtiin erillisinä aikoina, jotta voitiin varmistaa henkilöstön työrauha mittauspahtumissa.

Työntutkimus aloitettiin suorittamalla havainnointitutkimukset. Molemmat tutkimustapahtumat ajoitettiin alkamaan samaan aikaan kun aamuvuoro aloittaa työskentelyn. Tutkimus lopetettiin vuoronvaihteeseen. Otannan pituus molemmilla kerroilla oli kahdeksan tuntia.

Havainnointihetki kaikille havainnointikohdille määriteltiin samaksi, jotta henkilötyön vaikutusta voitaisiin verrata sinkouyksen toimintaan. Kaikkia kolmea havainnointikohdetta ei voitu tarkastella samasta havainnointipisteestä näköesteiden takia, joten havainnoissa on noin kymmenen sekunnin viive. Viive vaikuttaa ainoastaan linjan loppupään työpisteen havaintoihin, sillä alkupään työpistettä ja sinkouyksiä pystyttiin havainnoimaan samanaikaisesti. Viive on pienehkö ja se ei vaikuta tutkimuksen tuloksiin.

Tutkimusten aikana linjalla ajettiin monia erilaisia tuotantotilauksia, jotka ovat toiminnalle tyypillisiä. Tutkimuksen kannalta on olennaista, että työpäivät sisältävät mahdollisimman normaalia työtä ja näin kuvastavat mahdollisimman hyvin linjan normaalia toimintaa. Asia vahvistettiin kysymällä henkilöstön mielipidettä tutkimuksen jälkeen.

Havainnot dokumentoitiin suunnitelman mukaisesti käyttämällä suunnitteluvaiheessa luotuja seurantalomakkeita sekä sinkouyksikölle että työpisteille. Lomakkeisiin merkittiin aikalaji sekä kommentti tarkempaa analyysia varten. Merkinnot tehtiin suunnitelman mukaisesti viiden minuutin välein.

Havainnointitutkimusten yhteydessä seurattiin linjan toimintaa yleisesti ja pyrittiin löytämään prosessin kehityskohteita. Lisäksi henkilöstä haastateltiin tutkimusten jälkeen prosessin kehittämisen näkökulmasta.

Normaaliaikatutkimus tehtiin havainnointitutkimusten jälkeen valikoiduille tuotantotöille, jotta voitiin varmistua otannan riittävästä monimuotoisuudesta. Tutkimuksessa otettiin sekuntimittarilla aikaa eri tuotantoerien läpimenoajoista sekä konetta kuormittavista ajoista. Tutkimuksessa kelloitettiin asetusajat, linjan läpäisyajat sekä ajoajat. Aetusajat sisältävät materiaalin haun, lautan teon, lautan siirron linjalle, lautan poiston linjalta sekä pakkauksen. Linjan läpäisy aika tarkoittaa aikaa, mikä kuluu materiaalin ollessa linjalla. Ajo aika tarkoittaa aikaa, minkä aikana materiaali etenee linjalla riittävästi, jotta linjalle voidaan asettaa ajoon uusi lautta.

## 5 TYÖNTUKIMUKSEN HAVAINNOT JA TULOKSET

Työntutkimuksen tulokset antoivat hyvän kuvan tuotantolinjan toimintakyvystä. Lisäksi yksittäisten tuotantoerin läpimenoajoista saatiin tarkkaa tietoa. Tulosten perusteella perehdyttiin työntutkimuksen tavoitteisiin ja esiteltiin standardiaikalaskentaan, laskennalliseen tuotantokapasiteettiin ja prosessin kehitykseen liittyvät kehitysehdotukset.

### 5.1 Havainnointitutkimukset

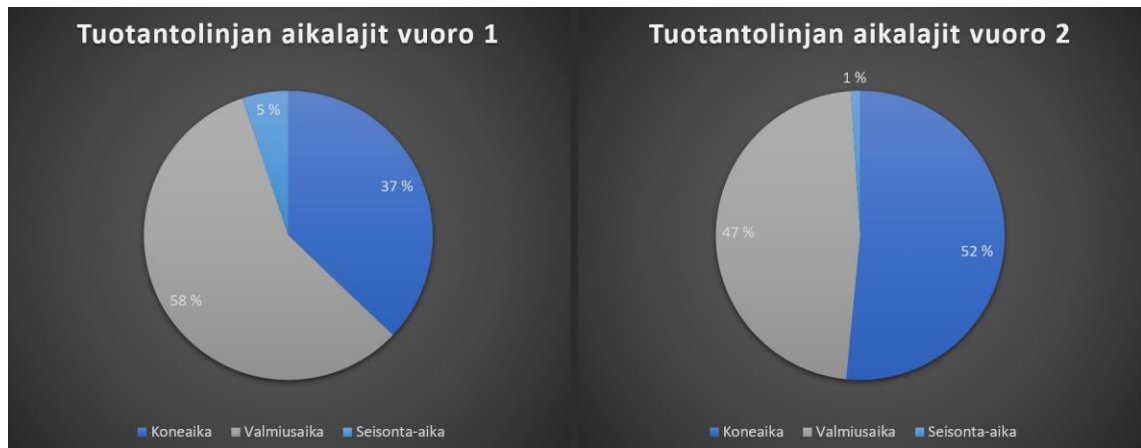
Havainnointitutkimuksen tulokset visualisoitiin ympyrädiagrammeilla, jotta tuloksia olisi helpompi tulkita. Havaintojen muokkauksen jälkeen varsinaisia tuloksia tulkittiin ja analysoitiin. Havainnointitutkimuksen avulla löydettiin useita kehityskohteita prosessin tehostamiseksi. Lisäksi henkilöstön toiminnan vaikutukset koneen käyttöasteeseen tulivat hyvin esille tutkimuksessa.

#### 5.1.1 Tuotantolinjan havainnointitutkimukset

Tuotantolinjan havainnointitutkimuksessa selvitettiin linjan käyttöastetta ja tutkittiin henkilöstön vaikutusta linjan käyttöasteeseen. Tutkimuksissa selvisi, että valtaosa linjan tuotantoseisahduksista johtuu henkilöstön toiminnasta. Osaa tuotantoseisahduksista ei voida välttää, sillä ne liittyvät hidastempoisiin työtehtäviin, jotka tietyissä tuotantoajoissa ovat välttämättömiä. Tutkimuksissa selvisi, että joihinkin seisahduksiin voidaan vaikuttaa.

Havainnointitutkimusten tulkinnassa on otettava huomioon vuorojen miehitys. Ensimmäisessä vuorossa oli tyypillinen miehitys, eli kaksi työntekijää alkupään työpisteellä ja kaksi työntekijää loppupään työpisteellä. Toisessa vuorossa oli alkupään työpisteellä kaksi työntekijää ja loppupään työpisteellä vain yksi työntekijä.

Kuviossa 1 esitellään havainnointitutkimuksen tulokset tuotantolinjan käyttöasteen osalta. Vuorojen välillä on jonkin verran eroja linjan käyttöasteen kannalta. Tuotantomiksellä on vaikutusta tehokkuuseroihin, mutta ajan käytön erot eivät havaintojen perusteella selity pelkästään sillä. Lisäksi havainnointipäivinä tehtiin useita erilaisia tuotantotilauksia ja havainnoinnin perusteella erot vuorojen töiden välillä eivät olleet merkittäviä.



Kuvio 1. Tuotantolinjan käyttöasteet vuorokohtaisesti.

Vuorojen keskiarvo käyttöasteelle oli 44,5 %. Tuotantolinjalla ei ollut seisonta-aikaa juurikaan kummankaan vuoron aikana. Vuoron 1 aikana seisahdus johtui sinkorakeen loppumisesta koneesta. Vuoron 2 aikana seisonta johtui tukkoon menneestä maalisuuttimesta, joka vaihdettiin nopeasti uuteen.

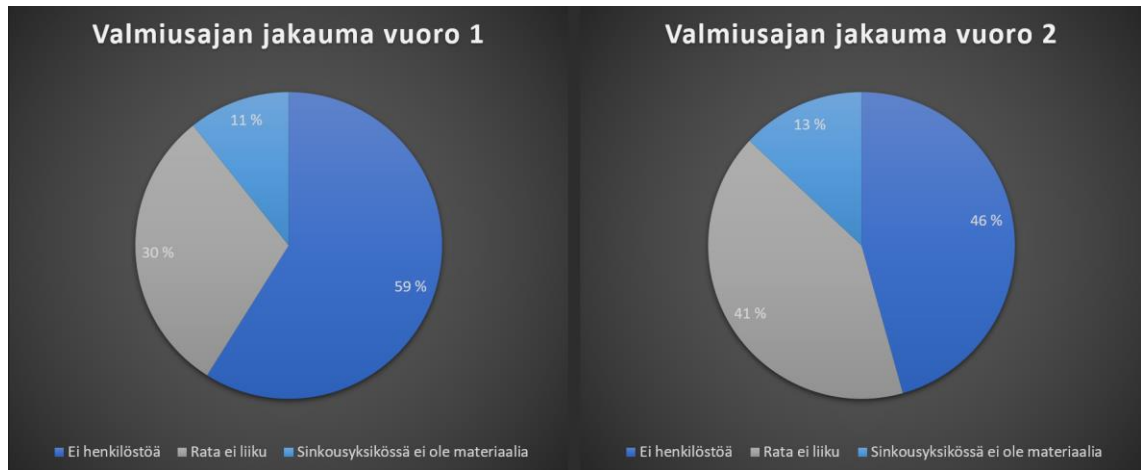
Käyttöasteen parantaminen tarkoittaa koneajan prosentuaalista kasvattamista tuotantolinjan aikalajeissa. Tämän takia on tutkimuksen kannalta oleellista keskittyä valmiusajan syiden analysointiin. Kuviossa 2 esitetään valmiusajan sisältämät syyt tuotantolinjan seisahduksille.

Suurin osa tuotantolinjan seisahduksista johtui henkilöstön puuttumisesta tuotantolinjalta. Osa henkilöstön puuttumisesta oli suunniteltua ja osa suunnittelematonta. Asiaa tarkastellaan tarkemmin työpisteiden havainnointitutkimuksessa.

Radan pysähdyksissä oleminen aiheutti myös merkittävän osan tuotantolinjan valmiusajasta. Suurin osa radan pysähtymisestä johtui loppupään työpisteen toiminnasta. Radan pysähdysten aiheutti loppupään ruuhkautuminen, eli henkilöstö ei ehtinyt purkaa tuotantolauttoja samaa vauhtia kuin alkupää syötti lauttoja tuotantolinjalle.

Materiaalin loppuminen sinkousyksiköltä vaikutti vähiten valmiusajan määrään. Materiaalin loppuminen johtuu alkupään työpisteen toiminnasta, jolloin radalle ei ole laitettu

tuotantolauttoja riittävän tiheästi. Mikäli lauttavälit ovat liian pitkät, lopettaa sinkousyksikkö toimintansa. Pitkän lauttavälin syy voi olla suunniteltu tai suunnittelematon.



Kuvio 2. Tuotantolinjan valmiusajan jakaumat vuorokohtaisesti.

Vuorojen välinen ero käyttöasteen määrässä on huomattava, ottaen huomioon vuoron 2 pienemmän henkilömäärän.

Jotta valmiusajan syitä voidaan tulkita, tulee analysoida työpisteiden havainnointitutkimusten tuloksia.

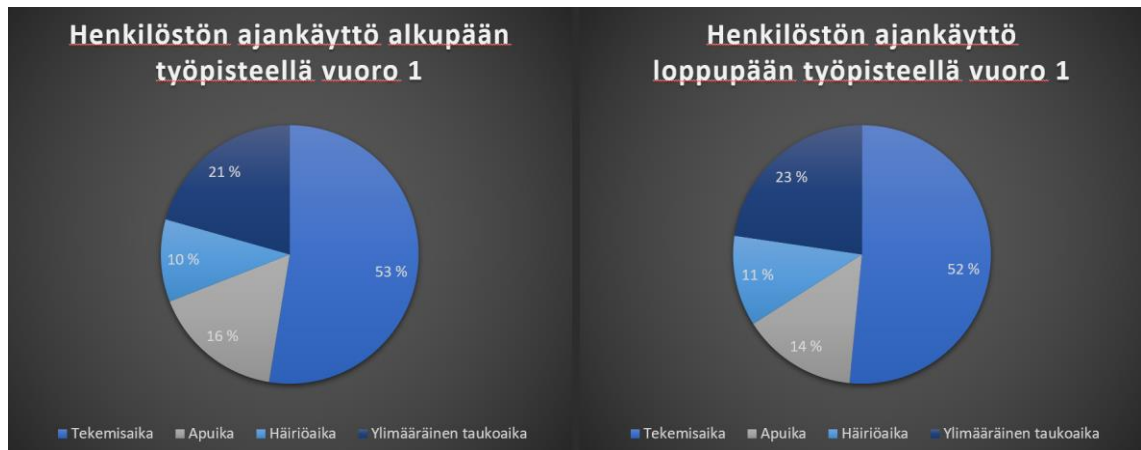
### 5.1.2 Työpisteiden havainnointitutkimukset

Työpisteiden havainnointitutkimuksessa selvitettiin työntekijöiden ajankäyttöä kahdessa eri työpisteessä. Työpisteet ovat luonteeltaan erilaisia ja se tulee ottaa huomioon tuloksien tulkinnassa.

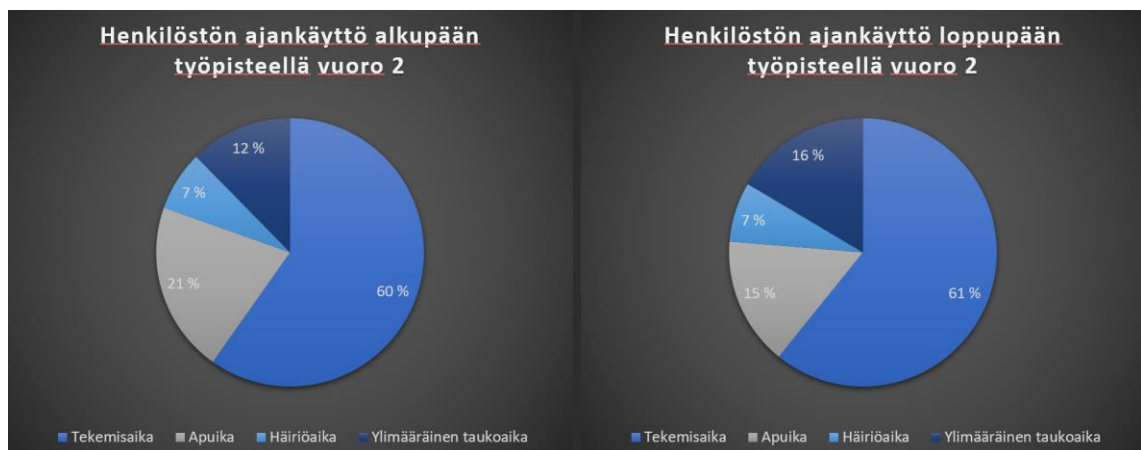
Tutkimuksissa saatiin hyvä kuva työvuoron toiminnasta. Kuviossa 3 esitetään ensimmäisen vuoron ajankäytön tulokset ja kuviossa 4 vastaavasti toisen vuoron tulokset. Tulokset tukevat tuotantolinjan havainnointitutkimuksen tuloksia ja henkilötyön vaikutukset koneen käyttöasteeseen tulevat hyvin esiin.



Havainnointitutkimuksissa huomattiin, että useimpia työtehtäviä voidaan tehdä työpisteellä rinnakkain. Esimerkiksi pakkausmateriaalia voidaan noutaa samanaikaisesti lautanpurun kanssa, mikäli työpisteen henkilöstö toimii ennakoivasti. Tällaisissa tapauksissa aikalajiksi merkittiin tekemisaika, sillä työpisteen toiminta mahdollistaa aputoimien tekemisen tekemisajan puitteissa.



Kuvio 3. Ensimmäisen vuoron ajankäyttö työpisteillä.



Kuvio 4. Toisen vuoron ajankäyttö työpisteillä.

Tekemisaikaan kuuluvat kaikki työtehtävät, jotka suoraan edistävät tuotantoerän tuotantoajoa. Tuotantolinjan alkupäässä tähän lukeutuvat materiaalin nouto sivuttaissiirtopöydille, tuotantolautan teko ja tuotantolautan siirtäminen tuotantolinjalle. Loppupään työtehtävistä lautan purku ja tuotteiden pakkaaminen lasketaan tekemisaikaan.

Apuaikaan kuuluvat kaikki työtehtävät, jotka tukevat tuotantoa, mutta eivät kohdistu suoraan tuotantoerän tuotantoajoon. Lisäksi suunnitellut tauot ja huollot kuuluvat apuaikaan. Suurin osa havaintotutkimusten apuajasta oli henkilöstön taukoa. Muut apuajaksi laskettavat työtehtävät liittyivät pakkausmateriaalin noutoon, nostoapuvälineiden vaihtamiseen ja työjärjestyksen analysointiin.

Häiriöaika sisältää suunnittelemattomia tekemisen seisahduksia. Molemmilla vuoroilla odottelu oli ainoa häiriöajan aiheuttaja. Suurin osa odottelusta johtuu toisen työpisteen toiminnasta, kuten radan pysäyttämisestä. Lisäksi muiden osastojen toiminta saattaa aiheuttaa odottelua, mutta tutkimusten perusteella tätä ei esiintynyt juurikaan. Ennakoidulla ja suunnitelmalla voidaan vaikuttaa työpisteistä johtuvaan odotteluun.

Molemmilla vuoroilla esiintyi ylimääräistä taukoaikaa. Ylimääräiset taukoajat johtuivat sovittujen taukojen venymisestä sekä vuoron alkuun ja loppuun liittyvistä tauoista.

Työpisteiden havainnointitutkimus tuo hyvin esiin henkilöstön merkityksen tuotantolinjan käyttöasteeseen. Tuotantolinjan tehokkuuteen liittyvät työtehtävät ovat tyypiltään manuaalisia ja välittömästi tuotantoon vaikuttavia. Tästä johtuen jatkuva ennakointi ja työtehtävien suorittaminen vaikuttavat välittömästi tuotantolinjan käyttöasteeseen. Työn puskurointi mahdollisuuksia ei linjalla työskentelyssä juurikaan ole rajallisen työtilan takia.

## 5.2 Normaaliaikatutkimus

Normaaliaikatutkimuksessa tuotantoeriä eri materiaaleista kelloitettiin standardiaikalaskennan näkökulmasta. Tutkimukseen valittiin tarkoituksella erityyppisiä töitä, jotta standardilaskennan tarkastamiseen saatiin mahdollisimman kattava otanta.

Normaaliaikatutkimuksessa selvisi, että tuotteiden tuotantolinjalla ajossa oloaika on lähes aina sama riippumatta materiaalista tai tuotteesta ja näin ollen itse linjaa kuormittava aika voidaan määritellä ja laskea melko tarkasti. Tutkimuksessa selvisi myös, että asetus aika, johon lasketaan kaikki materiaalin siirtämiseen ja pakkaamiseen liittyvät työteh-

tävät, vaihtelee huomattavasti erilaisten tuotantoajojen välillä. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin tyyppi, tuotantomäärä, materiaalin sijainti sekä materiaalin esivalmistelut. Asetusajat vaihtelivat otannassa merkittävästi. Lisäksi huomattiin, että hyvin samankaltaisilla tuotantomateriaaleilla ja -määrillä asetusajaksi saattaa vaihdella huomattavasti. Samankaltaisten töiden asetusajavaihtelu johtui lähes aina joko tuotantoon menevän materiaalin sijainnista tai pakkaustavasta. Mikäli materiaali pitää noutaa linjalle viereisen ajo-kaistan takaa, saattaa hakuun mennä useita minuutteja enemmän kuin materiaalin noutoon välittömästi linjan sisään tulevan materiaalin välivarastopaikalta. Lisäksi materiaalin pakkaustavalla oli huomattava merkitys asetusajan pituuteen. Samankaltaisissa töissä materiaalin etsiminen ja nostaminen toisen nipun alta vaikuttivat asetusajaksi. Termisestä leikkausta sinkoukseen tuotavissa materiaaleissa, materiaalin pakkauksella oli suurin merkitys. Osa tilauksista oli valmiiksi kerättyä tuotantoritolalle, jolla tyypillisesti jälkisingottavat kappaleet ajetaan linjalla ja tällöin lautat voitiin suoraan nostaa rullastolle tuotantolinjalle lavoilla, jossa tuotantokappaleet olivat yhdessä kasassa toistensa päällä. Kappaleet tuli nostaa nostomagneetilla yksi kerrallaan tuotantoritolalle. Tuotantolauttojen luonti jälkisingottavien kappaleiden osalta vie runsaasti asetusajaksi.

Normaaliaikatutkimuksessa työntekijän joutuisuus otettiin huomioon. Joutuisuus vaikuttaa ainoastaan tuotantoerän asetusajaksi, jolloin materiaalia käsitellään manuaalisesti. Asetusajojen vaihteluiden perusteella on hankala tehdä päätelmiä joutuisuuden vaikutuksesta asetusajan määrään.

### 5.3 Standardiaikajärjestelmä ja laskennallinen tuotantokapasiteetti

Standardiaika voidaan määrittellä yrityksessä parhaan näkemyksen mukaisesti, eikä laskennassa välttämättä edes yritä laskea kokonaistuotantoajan tarkkaa arvoa. Standardiaikalaskennaksi kannattaakin valita laskenta, joka kuvaa mahdollisimman tarkasti haluttua aikaa. Pääasia on, että laskenta toimii, se on luotettava ja kaikki standardiajan kanssa tekemisissä olevat henkilöt ymmärtävät mitä standardiaika sisältää.

Tuotantolinjalla ajettaviin tuotantoeriin sovelletaan kahta erilaista standardilaskentamallia riippuen tuotantoerän sisällöstä. Molemmat standardiaikalaskentamallit pyrkivät kuvaamaan varsinaista kokonaistuotantoaikaa mahdollisimman tarkasti. Kahden standardiaikalaskentamallin käyttö on järkevää, sillä tuotantoerät voivat olla tuotantotyyppiltään

hyvin erilaisia ja täten yhdellä laskentamallilla ei pystyttäisi kuvaamaan haluttua standardiaikaa riittävän tarkasti.

Standardiaikalaskennassa kokonaisstandardiaika muodostuu asetusajan ja ajoajan summana. Standardiaikalaskenta suoritetaan tarjouslaskennan yhteydessä. Standardiaikalaskenta huomioi ainoastaan yksittäisen tarjouksen sisältämät tuotteet, eli tarjousten tai tilausten yhdistämistä ei standardilaskennassa tehdä.

Normaaliaikatutkimuksessa selvisi, että eniten vaihtelua tuotteiden tuotantoaikaan aiheuttivat tuotteiden asettelu lautoiksi sekä lauttojen purku koneesta. Molemmat edellä mainitut tekijät lasketaan molemmissa nykyisissä standardilaskennoissa asetusajaan.

Ensimmäisessä standardiaikalaskentamallissa asetus aika on määritelty tuotantorivikohtaiseksi vakioksi, joka ei huomioi materiaalin tyyppiä eikä tuotantokappalemäärää. Lisäksi asetusajaan lisätään puoli minuuttia tuotantorivikohtaista asetusajaa jokaista yksittäisen tilauksen tuotantoriviä kohden. Sekä normaaliaikatutkimuksen että havainnointitutkimusten perusteella asetus aika ei ole rivikohtainen vakio, vaan siihen vaikuttavat eniten materiaalin tyyppi ja tuotantokappalemäärät. Nykyinen asetusajan määrä ensimmäisessä standardilaskentamallissa ei siis kuvaa tuotannon asetusajoja.

Toinen standardiaikalaskenta ottaa asetusajan huomioon tarkemmin. Laskennassa asetus aika lasketaan perustuen arvioon asetusajasta. Laskentamallissa pyritään ottamaan huomioon tilausten yhdistämismahdollisuudet tuotannonsuunnittelussa. Laskentamalli on ensimmäistä laskentamallia parempi kuvaamaan asetusajaa termisen leikkauksen ollessa hyvässä työkuormassa ja toimii hyvin sinkouksen tai sinkouksen ja maalauksen ollessa työvaiheketjussa ennen termistä leikkausta. Jälkisingottavien kappaleiden vaihtelevia asetusajoja laskenta ei kuvaa hyvin johtuen työajan vaihteluista tuotantolinjalla. Laskentamallin ongelmana on laskennan lähtökohta, joka perustuu termisen leikkauksen työkuormaan. Mikäli työtä on verraten vähän termisessä leikkauksessa, ovat standardilaskennan arvot liian pieniä.

Ensimmäisen standardiaikamallin ajoajan laskenta on suoraviivainen. Ajoaikaan vaikuttavat ajonopeuden parametrit, tuotantolauttojen määrä, lautan pituus sekä lauttaväli. Ajonopeus on määritelty laskennassa yhdellä parametrillä ja on kaikille tuotteille sama. Ajonopeuden laskenta vastaa hyvin todellisuutta. Tuotantolauttojen määrä lasketaan materiaalien leveyden ja korkeuden perusteella. Korkeus määrittää välin, joka tulee jättää kappaleiden väliin ja leveys määrittää tilan, jonka yksittäinen kappale lautasta itselleen varaa. Lautan leveysparametreistä löytyi yksittäisiä virheitä yksittäisten materiaalien

osalta, mitkä korjattiin normaaliaikatutkimuksen jälkeen. Lauttamäärän laskenta toimii pääasiassa hyvin. Lautan pituus määräytyy suoraan lautan pisimmän tuotantokappaleen mukaan. Laskenta toimii lautan pituuden määrittelyn osalta hyvin. Lauttojen välinen etäisyys määräytyy laskennassa materiaaliryhmän mukaan. Esimerkiksi levytuotteille on määritetty pidempi lauttaväli kuin putkipalkeille. Tuotantolinja ei vaadi lauttojen väliin käytännössä lainkaan etäisyyttä. Lauttavälin ainoa tarkoitus on jättää loppupään työpisteen henkilöstölle aikaa lautan poistoon rullastolta. Tietyissä materiaaleissa pidemmän lauttavälin aiheuttama lisäaika lautan purkuun oli perusteltu, mutta ennakoimalla ja säätämällä henkilöstön määrää voidaan pitkän lauttavälin tuottamasta lisäpurkuajasta luopua. Standardilaskennan näkökulmasta erilaiset lauttavälit eivät ole perusteltuja lukuun ottamatta pitkiä ja painavia levyjä. Pitkien levyjen käsittelyyn ei voida hyödyntää sivuttaissiirtopeitejä, vaan levyt tulee nostaa suoraan linjalta pois. Tämä vaatii tarkkuutta ja sen takia lisäaika on perusteltu. Tuotantolinjaan ei voida laittaa peräkkäin painavia levyjä linjan kantavuuden takia. Tällöin pidempi lautta väli on pakollinen tuotantolinjan toimintakyvyn kannalta.

Toisen standardiaikamallin ajoajan laskenta pyrkii asetusajan laskennan tavoin ottamaan huomioon mahdolliset tilausten yhdistelymahdollisuudet tuotannosuunnittelussa. Laskennassa kappaleen nettopainon suhde keskimääräiseen levykokoon kerrotaan ajoaikavakiolla. Ajoaikavakio määräytyy levyn paksuuden mukaan ja kuvaa yhden tyypillisen kokoisen varastolevyn ajonopeuteen perustuvaa ajoaikaa. Myös ajoajan laskennan oletuksena on termisen leikkauksen hyvä kuormitustilanne.

Molemmat standardiaikamallit kerryttävät tuotantoon työtunteja samaan laskennalliseen tuotantokapasiteettiin.

Nykyinen standardiaikalaskenta antaa virheellisen kuvan tuotantoa kuormittavasta työn määrästä. Suurin syy virheelliseen kokonaisstandardiaikaan on asetusajojen vakiointi laskennassa ja todellisuudessa esiintyvät asetusajan vaihtelut. Yksittäisen työpäivän työkuormasta on vaikea tehdä johtopäätöksiä, koska kuormaa analysoidessa asetusajan määrä ei selviä. Näin ollen ajoajan määrää ei pystytä erittelemään, minkä takia varsinainen tuotantolinjaa rasittava työmäärä ei ole tiedossa.

### 5.3.1 Ehdotus uudeksi standardiaikalajärjestelmäksi

Standardiaikalaskennassa työhön kuluva aika määritellään mahdollisimman normaaliksi. Tämä tarkoittaa, että mahdollisia tuotannon häiriöaikoja tai ylimääräisiä taukoajoja ei yksittäisen tuotantoerän laskennassa oteta huomioon. Standardiaikalaskentaan on vaikeaa, ellei mahdotonta määrittää esimerkiksi työmotivaation tai työvirheiden vaikutukset ennakoivasti tarjous- ja kapasiteetilaskennan näkökulmasta.

Standardilaskentakaavoihin ei ole mahdollista tehdä muutoksia nykyiseen järjestelmään. Mahdollisen järjestelmäpäivityksen yhteydessä tulee standardiaikalaskenta käsitellä uudestaan ja pyrkiä vaikuttamaan asetusajanlaskentatapaan, mikäli standardiajan halutaan kuvaavan varsinaista tuotantoaikaa.

Nykyisen standardilaskennan epätarkkuudet liittyvät molemmissa standardilaskennassa pääosin asetusajan laskentaan.

Molempien standardilaskentamallin osalta asetusajasta tulee luopua kokonaan, vaikka termisen leikkauksen yhteydessä tehtävä standardilaskenta onkin tietyissä olosuhteissa tarkka. Tällöin tuotantokuormassa olevat standardiajat kuvaavat ainoastaan tuotantolinjaa kuormittavaa aikaa. Tällöin päiväkohtaista tuotantokuormaa pystytään analysoimaan paremmin. Lisäksi yksittäisen tilauksen standardiajat ovat suhteessa enemmän oikein ilman asetusajaa, jolloin myös tarjouslaskenta on tarkempi. Luopumalla asetusajan laskennasta, yksittäisen työntekijän joutuisuus ei vaikuta standardiajan määrään.

Ensimmäisessä laskentamallissa lauttavälien etäisyydet tulee muuttaa kaikille materiaalityyppiryhmille samaksi. Kahden metrin lauttaväli tuottaa 48 sekunnin välin lautoille, mikä riittää tyyppillisesti lauttojen poistamiseen linjalta. Levyjen osalta järjestelmässä ei ole mahdollista eritellä pitkille ja lyhyille levyille erillisiä lauttavälejä. Tuotantolinjalla ajetaan veraten harvoin pitkiä levyjä, joihin ei liity termistä leikkausta, joten lauttavälin asettaminen tarkoittaa laskentaa.

Huomioitavaa on, että asetusajaa on todellisuudessa olemassa tuotannossa. Ilman standardiasetusajoja, tuotannon prosessin tehokkuuden parannukset näkyvät suoraan laskennallisen tuotantokapasiteetin kasvuna. Tämän takia uusi laskentamalli kannustaa minimoimaan todellisten asetusajojen määrää. Asetusajojen määrän vähentämiseen perehdytään tuotantoprosessin analyysissä ja kehityskohteissa tarkemmin.

Standardilaskennan ajoajan laskenta ei vaadi muutoksia kummassakaan laskentamallissa.

Muutos vaikuttaa standardiaikakertymään negatiivisesti, mikä tulee huomioida laskennallisen kapasiteetin määrässä, konetuntihinnassa sekä tuotannon kannustelaskelmissa.

### 5.3.2 Laskennallinen tuotantokapasiteetti uudella standardiaikajärjestelmällä

Laskennallinen tuotantokapasiteetti uudella standardiaikajärjestelmällä perustuu suoraan tuotantolinjan käyttöasteeseen. Tällöin tuotantokapasiteetti voidaan määrittellä tehokkuudenseurantajärjestelmän avulla melko tarkkaan, kunhan tuotantolautat luodaan työhjeiden mukaisesti.

## 5.4 Tuotantoprosessin analyysi ja kehityskohteet

Yksi työntutkimuksen tavoitteista oli parantaa tuotantoprosessia. Tuotantoprosesseja parannetaan yleisesti jatkuvasti ja siihen kohdelinjallakin tulisi pyrkiä. Niin pienet kuin isotkin muutokset vievät tuotantoprosessia eteenpäin ja näin ollen kaikki tehtävissä olevat prosessia kehittävät muutokset kannattaa tehdä.

Tuotantoprosessia analysoidessa työntutkimuksen havaintojen perusteella löytyi useita kehityskohteita. Osa kehityskohteista on helppo ja nopea toteuttaa ja osa vaatii enemmän resursseja toteutuakseen. Kehityskohteet kategorisoitiin henkilöstön toimintaan, tuotantolinjan parannuksiin sekä tuotantojärjestelmiin ja tuotannonsuunnitteluun.

### 5.4.1 Henkilöstön toiminta ja kehityskohteet

Yleisesti henkilöstön toimintaa havainnoimalla todettiin, että suurin osa tuotantolinjan työntekijöistä on harjaantunut työtehtäviinsä hyvin. Harjaantuminen näkyy yksittäisten työtehtävien vaivattomana suorittamisena. Lisäksi harjaantuneet työntekijät kommunikoivat melko sujuvasti työpisteiden välillä ja onnistuivat työjärjestyksen määrittämisessä hyvin. Toiminta todettiin olevan hyvällä tasolla nykyisellä tuotantoprosessilla.

Työpisteet ovat luonteeltaan erilaisia alkupään ollessa proaktiivisempi ja loppupään reaktiivisempi. Alkupään työpiste on vastuussa tuotantolinjan rytmityksestä ja järkevistä ajojärjestyksestä mikä vaikuttaa suoraan loppupään työpisteen työn sujuvuuteen. Voidaan todeta, että alkupään henkilöstön toimet luovat edellytykset tuotannon onnistumiselle. Toisaalta loppupään työpisteen henkilöstön tulee pysyä alkupään vauhdissa, jotta tuotantolinja ei ruuhkaudu ja on täten myös tärkeä osa tuotannon onnistumista. Toisessa vuorossa etupään työpisteen henkilöstö siirtyi oma-aloitteisesti linjan loppupäähän avustamaan hankalan lautanpurkutyötehtävän suorittamisessa. Havaintojen perusteella parhaaseen lopputulokseen päästiinkin toimimalla yhtenä ryhmänä ja kommunikoimalla työpisteiden välillä riittävästi.

Nykyinen tuotantoprosessi perustuu tuotantolinjan henkilöstön määrittämään työjärjestykseen. Vaikka työjärjestys tehdäänkin parhaan näkemyksen mukaan, ei se aina ole tuotantolinjan tehokkuuden kannalta ihanteellinen. Ihanteelliseen työjärjestykseen vaikuttavat olennaisesti lauttojen täyttöasteet ja useiden tilausten ajaminen samoilla tuotantolautoilla. Lauttojen täyttöasteissa on parantamisen varaa ja tilausten yhdistämistä ei linjalla juurikaan tehdä. Usein syynä lauttojen täyttöasteongelmiin on puutteelliset tiedot tuotannon kuormituksesta sekä kommunikointihankaluudet loppupään työpisteen kanssa. Havaintojen perusteella työjärjestys- ja lauttasuunnittelu tulisi uudistaa ja tehdä työnsuunnittelussa.

Tuotantolinjan käyttöasteen kannalta asetusaikojen vähentäminen on oleellista. Asetusaikat ovat aina olemassa, mutta sujuvalla työskentelyllä valtaosa tuotannon asetusaikojen alaisista työtehtävistä voidaan suorittaa niin, etteivät ne heikennä tuotantolinjan käyttöastetta. Asetusaikojen vaikutusten vähentäminen vaatii tuotantohenkilöstöltä suunnitelmallisuutta. On suositeltavaa, että henkilöstön kanssa käydään läpi tuotannon käyttöasteen merkitys yritykselle ja henkilöstölle.

Haastatteluiden perusteella henkilöstö ei täysin tiennyt mitkä kriteerit vaikuttavat tuotannon kannustelaskentaan. Lisäksi oman työpanoksen ei koettu vaikuttavan kannusteen määrään. Tuotantohenkilöstön motivoimiseksi suositellaan käytössä olevan tuotannon kannustejärjestelmän uudistamista niin, että laskenta kattaisi ainoastaan tuotantolinjalla työskentelevien henkilöiden työpanoksen.

Molemmilla vuoroilla oli jonkin verran ylimääräistä taukoaikaa työvuorojen aikana. Haastattelujen ja havaintojen perusteella vuorojen vaihtoon liittyvät ylimääräiset taukoajat joh-



tuivat siitä, että linjalla pyritään välttämään keskeneräistä tuotantoa vuoron vaihdon aikaan. Henkilöstö kokee, että niin sanotusti puhtaalta pöydältä aloittaminen toimii paremmin kuin kommunikointi seuraavan vuoron kanssa. Järjestelmät ovat singon työjonon ymmärtämisen kannalta puutteelliset, joten kommunikointia vuorojen kesken tarvitaan, mikäli ylimääräisistä taukoajoista vuoron vaiheessa halutaan eroon. Havaintojen perusteella suositellaan, että työvuorojen työajat ovat viisi minuuttia päällekkäin, jotta seuraava vuoro ehtii keskustella edeltävän vuoron kanssa tuotantotilanteesta. Näin toimittaessa voidaan tuotantolinjaa ajaa keskeytyksittä vuoron vaihteessa. Muihin ylimääräisiin taukoaikoihin tulee reagoida normaaleilla työnjohdollisilla toimilla.

Havainnointitutkimuksissa havaittiin, että henkilöstömäärällä ei ole suoraa vaikutusta tuotannon käyttöasteeseen. Vuoro, jossa työskenteli kolme henkilöä, onnistui saavuttamaan paremman käyttöasteen linjalle kuin vuoro, jossa työskenteli neljä henkilöä. Suunniteltujen taukojen kannalta voidaan todeta, että tuotantolinjaa voidaan operoida riittäväällä tasolla vajaalla miehityksellä hetkellisesti. Taukojen porrastaminen niin, että kaksi henkilöä on tauolla kerrallaan, mahdollistaisi tuotantolinjan katkoksettoman ajon. Vaikka hetkellisesti miehitys on vajaa, voidaan käyttöastetta parantaa suunnittelemalla taukoajoina mahdollisimman vähän käsityövaiheita vaativaa tuotantoajoa.

Luvussa 5.3 standardiaikajärjestelmä ja laskennallinen tuotantokapasiteetti todettiin asetusaikojen vaihtelevan merkittävästi ja yhtenä vaikuttavana tekijänä vaiheluihin oli tuotantoajoon tarkoitettujen materiaalin sijainti ja pakkaustapa. Havaintojen perusteella henkilöstön toiminnalla voidaan vaikuttaa asetusaikojen vähentämiseen. Normaalisissa varastokeräilyssä on materiaali tuotava tuotantolinjan välivarastolle asti. Tuotantolinjan seisottaminen materiaalin etsimisen ja hakemisen takia ei ole järkevää. Mikäli välivarasto on täynnä, tulee materiaalsiirtoja tehdä tarvittaessa myöhemmin ja selvitettävä tuotantolinjan henkilökunnalta materiaalien kiireellisyysjärjestys. Lisäksi keskeneräisiä keräilyjä ei tule toimittaa tuotantolinjalle, sillä järjestelmistä johtuen niiden tuotantotiedot eivät ole tuotannon henkilöstön käytettävissä ja näin ollen vain vievät välivarastosta tilaa. Termisen leikkauksen jälkeen tuotantolinjalle tulevat kappaleet tulee asettaa suoraan ritilöille termisen leikkauksen pakkauspaikalla. Asettelu tehdään joka tapauksessa leikkauksen jälkeen, joten toimenpide ei vie termisen leikkauksen henkilöstöltä paljon ylimääräistä aikaa. Useamman täyden tuotantoritilän siirtämiseen termisestä leikkauksesta sinkouslinjalle suunnitellaan siirtokehys, jotta siirto voidaan tehdä tehokkaasti ja turvallisesti. Valmiiksi aseteltujen tuotantoritilöiden siirtäminen tuotantolinjalle säättää merkittävästi aikaa ja näin ollen vähentää asetusaikaa.

Ensimmäisen havainnointitutkimuksen aikana sinkousyksiköltä loppui sinkousrae. Suunnittelemaan rakeen lisääminen kesken muiden työtehtävien aiheutti 20 minuutin seisahduksen tuotantoajoon. Ehdotetaan, että sinkousrakeen määrän tarkistus ja lisäys otetaan viikoittaiseen tuotantolinjan huolto-ohjelmaan mukaan. Tällöin vältetään yllättäviä tuotantoseisahduksilta.

#### 5.4.2 Tuotantolinjan kehityskohteet

Tuotantolinja on melko iäkäs ja käytettävyydeltään melko manuaalinen. Hyvin operoituna tuotantolinja on tuottava ja tuotteet pystytään tekemään kustannustehokkaasti. Tuotantolinjaan ei kannata tehdä isoja muutostöitä, kuten automaation lisäämistä tuotantolinjan iän takia, vaikkakin muutoksista voitaisiin saada tuotantohyötyjä. Tuotantolinjan kehityskohteissa keskitytään suhteellisen helposti tehtävissä oleviin muutoksiin, joista on suoraa hyötyä tuotannon henkilöstön toiminnalle ja täten välillisesti parantavat tuotantolinjan käyttöastetta.

Havainnointitutkimusten perusteella suurin yksittäinen syy radan pysäyttämiseksi oli tuotantolinjan loppupään ruuhkautuminen. Tuotantolinjan molemmissa päissä lauttoja sekä siirretään linjalle että linjalta pois sivuttaissiirtimien avulla. Kuvassa 7 esitellään sivuttaissiirrin. Siirtimien liikkumisnopeus on melko hidas ja varsinkin linjan loppupäässä siirtonepeuden kasvattaminen tehostaisi toimintaa. On suositeltavaa, että sivuttaissiirtimien liikkumisnopeutta kasvatetaan linjan kestävyysrajoihin. Alkuperäinen sivuttaissiirrin on ollut pitkään epäkunnossa, mikä estää kahden kuuden metrin tuotantolautan tekemisen rinnakkain. On suositeltavaa, että sivuttaissiirrin korjataan. Lisäksi yksi alkuperäinen sivuttaissiirtimistö ei pysy muiden kanssa linjassa, sillä siirrintä kuljettava ketju pomppaa aika ajoin ulos hammasrattaasta. Siirtimien linjassa pysyminen helpottaa tuotantolauttojen tasaamista, joihin siirtimiä käytetään kevyissä materiaaleissa. On suositeltavaa, että sivuttaissiirtimien osat huolletaan ja korjataan.



Kuva 8. Loppupään sivuttaissiirtimet.

Loppupään ruuhkautumiseen voidaan vaikuttaa myös nopeuttamalla materiaalin niputusta. Nykyisessä prosessia materiaalit nostetaan siltanosturilla toistensa päälle materiaalista riippuen joko yksi kerrallaan tai kerros kerrallaan. Nostaminen vaatii käytännössä tehokkaasti tehtynä kaksi työntekijää ja on silti toimenpiteenä hidas. Toimenpidettä voitaisiin nopeuttaa rakentamalla loppupään sivuttaissiirtopedin päähän petiä alempana olevan niputustason. Tällöin materiaalit voitaisiin tiputtaa niputustasolle, mikä verrattuna nosturilla nostamiseen on huomattavasti nopeampaa. Niputustason korkeutta sekä leveyttä pitää voida säätää niputuksen nopeuttamiseksi.

Pitkien levyjen ajossa materiaali nostetaan suoraan rullastolle, sillä sivuttaissiirtimet eivät riitä materiaalin siirtoon. Levyt ovat usein leveydeltään rullaston maksileveyden mukaisia, jolloin levyjen tähtäämisen kuluu operaattoreilta aikaa. Linjan alkupäähän on suositeltavaa kiinnittää ohjaustappeja, joihin levy voidaan törmäyttää ja näin ollen linjata tuotantolinjalle nopeammin.

Loppupäässä kuluu jonkin verran aikaa materiaalien imuroimiseen sinkoursakeesta silloin kun ajetaan onttoa materiaalia, jolla on pieni sisähalkaisija. Materiaalit, joilla on tarpeeksi iso sisähalkaisija, voidaan tulpata alkupäässä vaahtomuovilla, jolloin sinkous-

raetta ei pääse materiaalin sisään. Imuroitaville materiaaleille kannattaa hankkia manuaalisesti toimiva kippipöytä, johon materiaalit voidaan asettaa ja puhdistaa rakeesta. Kippipöydän raeastiasta voidaan rae siirtää suoraan takaisin sinkousyksikköön kiertoon.

Pitkien levyjen nostaminen tuotantolinjalle linjan alkupäässä tehdään nostoraksien avulla. Toimenpide on hidas ja työläs. On suositeltavaa hankkia nostoapuvälineeksi teleskooppimagneetti, jolloin levyjen siirtäminen nopeutuu. Linjan loppupäässä on käytössä teleskooppimagneetti, joka on todettu hyväksi nostoapuvälineeksi.

Tuotantolinjalla oleva sapluuna esitellään kuvassa 8. Sapluuna on hyvä apuväline estämään liian isojen lauttojen etenemisen linjaan. Harjaantunut työntekijä pystyy melko tarkasti hahmottamaan lautan leveyden, mutta uudempi työntekijä ei todennäköisesti pysty samaan ennen riittävän kokemuksen omaamista. Etupään sivuttaissiirtopedille suositellaan tehtäväksi merkintöjä lautan ihanteellisesta leveydestä, jolloin voidaan varmistua lauttojen parhaasta täyttöasteesta.



Kuva 9. Linjan lauttasapluuna.

### 5.4.3 Tuotantojärjestelmät ja tuotannosuunnittelu

Tuotannonohjaukseen, -suunnitteluun ja -raportointiin on käytössä tuotannonohjausjärjestelmä Nestix. Järjestelmällä ohjataan lähes kaikkia yrityksen tuotanto-osastoja. Järjestelmää ei ole suunniteltu sinkouslinjan toimintaa varten eikä se tue hyvin tuotantolinjan toimintaa.

Tuotannosuunnittelijalla on käytössään ainoastaan materiaalin varaamiseen tarkoitettu suunnittelumoduuli. Ohjelmassa varataan tarvittava määrä materiaalia yksittäisen tuotantorivin tarpeisiin. Tuotantolinjan ohjaamisen kannalta olennaisimmat asiat suunnitteluun liittyen ovat lauttasuunnittelu sekä työjärjestys. Lauttasuunnittelu on tärkeää lauttojen käyttöasteiden kannalta ja työjärjestys tuotannon sujuvuuden kannalta. Järjestelmässä ei ole minkäänlaista lautan suunnittelutyökalua. Työjärjestykseen voidaan ohjelmistolla vaikuttaa. Lauttasuunnitteluun ei voida siis vaikuttaa, mutta työjärjestyksen määrittely suositellaan siirrettäväksi työnsuunnittelun vastuulle. Tällöin voidaan varmistua, että linjalla tehdään töitä oikeassa järjestyksessä sekä vältetään töiden valitsemiselta tuotannossa.

Tuotannon raportointi suoritetaan manuaalisesti operaattorien toimesta järjestelmässä. Operaattorit kuittaavat työn alkaneeksi, kun materiaalia lähdetään keräämään välivarastosta ja kuittaavat työn valmiiksi, kun materiaali on pakattuna tuotantolinjan loppupään varastopaikalla. Kuittaushetket ovat ristiriidassa nykyisen standardiaikajärjestelmän ajanlaskennan kanssa ja siksi työaikojen vertailua ei voida jälkilaskelmissa tehdä luotettavasti. Suositellaan, että henkilöstön kanssa käydään läpi työn raportoinnin periaatteet, jotta jälkilaskelmia voidaan luotettavasti suorittaa. Työn raportoinnin periaatteet tulee selvittää, huolimatta kummalla standardiaikajärjestelmällä tuotantoa tulevaisuudessa kuormitetaan.

Tuotannon raportointi on luotettavampaa, mikäli se tehdään käyttäjästä riippumatta, eli automaattisesti. Automaattinen raportointi on mahdollista sopivan järjestelmän avulla. Tuotantolinjaan on integroituna käyttöasteen seurantasensori, joka voi lähettää signaalia järjestelmään, kun tietty työ aloitetaan ja kun se on tehty. Automaattinen raportointi olisi suoraan verrattavissa uuteen standardiaikalaskentaan ja tällöin tuotantolinjalta saataisiin luotettavaa dataa jälkilaskentoja varten. Nykyinen tuotannonohjausjärjestelmä ei mahdollista automaattista raportointia.

Ilman kunnollista tuotannonohjausjärjestelmän tukea tuotantolinjaa ei voida ajaa ihanteellisesti, koska lauttojen käyttöaste vaihtelee huomattavasti. Lisäksi järjestelmän tulee vähentää kommunikaation tarvetta tai siirtää kommunikaatio järjestelmään, jolloin molemmissa työpisteissä tiedetään mitä linjalla tapahtuu. On suositeltavaa alkaa kartoittamaan tuotantolinjalle sopivaa tuotannonohjausjärjestelmää läpimenon kasvattamiseksi.

## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkistaa ja tarpeen vaatiessa päivittää tuotannon standardiaikalaskentaa. Lisäksi tavoitteena oli kehittää tuotannon prosessia. Työntutkimus sopi hyvin työkaluksi edellä mainittuihin tavoitteisiin ja valikoitui täten opinnäytetyön menetelmäksi.

Toimeksiantajan toiveesta opinnäytetyössä ei esitellä yrityksen sisäiseen käyttöön tarkoitettuja tietoja tuotantoprosessista tai käytössä olevista järjestelmistä. Opinnäytetyön tekijällä on tiedossa työntutkimuksen suorittamisen aikana saadut tarkat prosessiin liittyvät lukuarvot.

Työntutkimuksella saadaan hyvin esiin tutkittavan kohteen ajankäyttöä, ja se soveltuu minkä tahansa prosessin tutkimiseen. Lisäksi työntutkimuksen suorittaminen ei vaadi merkittäviä resursseja, joten menetelmää kannattaakin käyttää matalalla kynnyksellä.

Tutkimusta tehdessä työntutkimuksen tekoon vaadittavan pohjatiedon sekä tutkittavan kohteen ymmärtämisen tärkeys konkretisoitui. Työntutkimuksella voidaan saada monenlaisia tuloksia. Esimerkiksi 50 % prosenttien käyttöaste voi olla yhdessä prosessissa huipulukema siinä missä toisessa prosessissa lukema voi olla heikko. Tuloksien tulkinta onkin avainasemassa työntutkimuksen hyötyjen kannalta. Ilman riittävää ymmärrystä prosessin toiminnasta, saatetaan työntutkimuksen pohjalta tehdä vääriä johtopäätöksiä. Toisaalta liiallinen kokemus prosessin toiminnasta saattaa aiheuttaa tulosten tulkinnassa myös virheitä, koska tutkija saattaa pitää joitain työtehtäviä välttämättöminä ja vakiintuneina. Työntutkimuksen tekijällä onkin tärkeä rooli tutkimuksen onnistumisen kannalta. Tutkijan tulee olla objektiivinen, innovatiivinen ja aidosti kiinnostunut prosessin kehittämisestä. Tutkijan tulee lisäksi haastaa vakiintuneita työmenetelmiä ja pyrkiä ajattelemaan asioita niin sanotusti laatikon ulkopuolelta.

Työntutkimus onnistui tavoitteen asettelun kannalta hyvin. Standardiaikajärjestelmään saatiin hyvin perusteltu parannusehdotus, järjestelmäparametreissa olleet virheet korjattiin sekä tuotantoprosessin kehittämiseksi onnistuttiin löytämään konkreettisia kehitysehdotuksia. Työntutkimuksen menetelmien valinta onnistui hyvin ja tavoitteiden kannalta kahden menetelmän valitseminen oli oikea päätös.

Työntutkimuksen luotettavuutta voidaan kyseenalaistaa tutkimuksen tekijään, tutkimustapaan ja henkilöstöön liittyen.

Työntutkimuksen tekeminen ei ole yksinkertainen toimenpide tulosten analysoinnin kannalta. Työntutkimuksia voidaan tilata ulkoisena palveluna ammattilaisten tekemänä. Ammattitutkija pystyy varmasti tekemään havaintoja tuotantoprosessista, joita tämän tutkimuksen osalta ei onnistuttu tekemään. Tämän tutkimuksen luotettavuuden kannalta voidaan pitää mahdollisena, että uusilla tai toisen tutkijan tekemillä tutkimuksilla voidaan löytää lisää tuotantoprosessin kehityskohteita.

Havainnointitutkimusten lukumäärän valinta perustui tässä opinnäytetyössä arvioon riittävästä otannasta. Lisäksi haluttiin nähdä eri vuorojen toiminnan eroavaisuuksia. Otanta on melko luotettava, mutta tuotantomiksin takia useampi havainnointitapahtuma tekisi tutkimuksesta luotettavamman.

Tutkijan läsnäolo tutkittavan kohteen läheisyydessä saattaa vaikuttaa tuotannon työntekijöiden työtahtiin. Onkin mahdollista, että vuorojen väliset ajankäytön erot johtuvat osittain tutkijan läsnäolosta. Lisäksi läsnäolo saattaa aiheuttaa poikkeuksellisen korkean käyttöasteen tuotantolinjalla, jota toisaalta voidaan tutkimuksen perusteella nyt olettaa.

Vaikka tutkimuksen luotettavuuteen liittyy epävarmuustekijöitä, voidaan todeta tutkimuksen onnistuneen. Työntutkimuksen lopputuloksena tuotantoprosessista saadaan tehokkaampi ja standardiajanlaskennasta tarkempi ja ymmärrettävämpi.

On suositeltavaa, että työntutkimus suoritetaan yrityksessä kaikille tuotantoprosesseille. Opinnäytetyön perusteella on odotettavaa, että prosesseja pystytään kehittämään ja standardilaskentoja tarkentamaan.

Standardiajan määrän tarkentaminen on yksi vaikuttava tekijä lopulliseen tuotantokustannukseen. Toinen vaikuttava tekijä on konetuntikustannus. Tässä opinnäytetyössä ei konetuntikustannusta käsitelty, mutta lopullisen tuotantokustannuksen kannalta on välttämätöntä päivittää myös konetuntikustannukset aina kun standardiaikalaskentaa muutetaan.

Työntutkimus haluttiin tehdä perusteellisesti. Tutkimuksen tekijän henkilökohtaisena tavoitteena oli oppia sekä työntutkimuksen tekemisestä että tuotantoprosessista kaikki mahdollinen. Lisäksi opinnäytetyön perusteellisuudella halutaan antaa kattava käsitys tuotantoprosessista ja perustella työntutkimuksen tuloksia lukijalle.

Työntutkimuksen tekeminen oli mielenkiintoista. Opin työntutkimuksen avulla itse työntutkimuksesta sekä kohdetuotantoprosessista paljon. Tutkimuksen avulla onnistuin tu-



tusta tuotantoprosessista löytämään useita toimintaan vaikuttavia seikkoja, joista ei ennen tutkimusta ollut tietoa. Lisäksi itse tutkimuksen tekemisestä opin analyyttisyyden ja objektiivisuuden merkityksen tuotantoprosessin analysoinnissa. Loppujen lopuksi yhdenkään tuotantoprosessin tehokkuus ei voi olla kenenkään mielipiteestä riippuva asia, vaan tehokkuus pitää todeta ja todistaa. Lisäksi tehokkuutta tulee aina pyrkiä parantamaan. Näihin tarkoituksiin työntutkimus on oiva työväline.

## LÄHTEET

Ahokas, P.; Tiihonen, J.; Neuvonen J. & Suikki M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. EK-SAK tuottavuusryhmä. Teknologiateollisuus ry. Viitattu 16.7.2019. Saatavana: [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kanustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kanustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf)

Haverila, M.; Uusi-Rouva, E.; Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacts Oy.

Tuure, V-M. 2018. Työnmittaus työaikasunnittelun välineenä. Viitattu 5.2.2020. Saatavana: <http://docplayer.fi/107493280-Tyonmittaus-tyoaikasuunnittelun-valineena.html>