

Santeri Junnila

**MES-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteet
TUOTANTOKONEEN OPERAATTORIN
TOIMINTOJEN OSALTA**

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Yliopistotutkija Eeva Järvenpää
Joulukuu 2021

TIIVISTELMÄ

Santeri Junnila: MES-järjestelmän kehityskohteet tuotantokoneen operaattorin toimintojen osalta
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Konetekniikka
Joulukuu 2021

Tässä opinnäytetyössä tukitaan MES-järjestelmän (Tuotannonohjausjärjestelmä engl. Manufacturing Execution System) käytettävyyteen vaikuttavia asioita tuotantotyöntekijän näkökulmasta. MES on usein hyvin kokonaisvaltainen järjestelmä tuotannossa, ja siihen voidaan sisällyttää monia eri tuotannon toimintoja, kuten raaka-aineiden-, kunnossapidon- ja laadunhallintaa. Järjestelmä toimii siis monessa paikassa rajapintana ihmisen ja tehtaan järjestelmien välillä, joten sen käytettävyyden tulee olla hyvällä tasolla. Työ toteutettiin paperialan kohdeyritykselle.

Työn tarkoituksena oli selvittää, mikä nykyisellään vaikeuttaa järjestelmän käyttöä paperikoneiden operaattorien osalta. Tutkimus painottui siis käytettävyyteen ja toimintojen tarkoituksenmukaisuuteen. Työn teoriaosuudessa tehtiin kirjallisuuskatsaus MES-järjestelmistä. Tämän lisäksi esiteltiin lyhyesti käytettävyyden ja käyttöliittymäsuunnittelun periaatteita. Työn käytännönsuudessa järjestettiin haastatteluita, joissa kohdeyrityksen järjestelmää käyttäneiltä operaattoreilta kerättiin tietoa järjestelmän nykytilasta ja kehitystarpeista. Lisäksi hyödynsin yrityksessä operaattorina työskennellessäni saamaani kokemusta. Näiden haastattelujen, ja kokemukseni avulla selvitettiin käytössä olevan MES-järjestelmän kehityskohteita käytettävyyden ja toimintojen osalta. Työssä tuotiin ongelmia esille ja tarjottiin suurpiirteisiä kehitysehdotuksia teorian ja haastatteluissa esiin tulleiden kehitysehdotusten pohjalta.

Työn käytännönsuudessa havaittiin jonkin verran eriaisteisia puutteita käytettävyydessä sekä toimintoissa, jotka operaattoreilla on käytössä. Näihin lukeutui esimerkiksi järjestelmän yleinen hitaus ja joidenkin usein tarvittujen toimintojen monimutkaisuus. Lisäksi esiin nousi toimintoja, joita voisi automatisoida pidemmälle, kuten tuotantokoneen ohjausparametrien automaattinen siirto MES:stä valvomo-ohjelmistolle. Myös joitakin käyttöliittymän komponenttien aseteluun liittyviä ongelmia havaittiin. Työn tuloksia voidaan hyödyntää järjestelmän jatkekehityksessä tekemällä lisäselvitystä havaituista ongelmista, ja kehittämällä niitä annettujen ehdotusten suuntaan.

Tämän työn tulokset eivät kaikilta osin itsessään riitä muutosten tekemiseen. Tärkeimmiksi koettuja kehityskohteita käsiteltiin laajemmin, kuin muita. Haastatteluissa haastateltiin viittä paperikoneen operaattoria eri paperikoneilta. Haastattelujen otanta olisi voinut olla laajempi. Tutkimuksen tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavina, sillä subjektiiviset näkemykseni yhtenevät melko hyvin operaattorien kertoman ja kokeman kanssa. Kehitysehdotuksissa oli myös monilta osin samoja asioita.

Avainsanat: MES, Tuotannonohjaus, Tuotannonohjausjärjestelmä, Käytettävyys, Käyttöliittymä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	1
2.	MES-järjestelmän toiminnot ja rooli tuotannonohjauksessa	3
2.1	MES-järjestelmän piirteet	3
2.2	Laadunhallinta osana MES:ää	6
2.3	MES:n kehityssuunta tulevaisuudessa	7
2.4	Tuotantotyöntekijän rooli MES:n käytössä	8
3.	Ohjelmistojen käyttöliittymät ja käytettävyys	10
3.1	Käytettävyyden periaatteita	10
3.2	Käyttöliittymäsuunnittelu käytettävyyden kannalta	11
4.	Tutkimuksen kuvaus	14
5.	Kohdeyrityksen MES-järjestelmän kehityskohteet ja -ehdotukset	16
5.1	Kehityskohteet ja -ehdotukset käyttöliittymän ja käytettävyyden osalta	16
5.1.1	Katkojen ja hukka-aikojen käsittely	16
5.1.2	Rullan valmistumisen aiheuttamat toimenpiteet	19
5.1.3	Laadunhallinnan mittausnäkyvän asettelu	21
5.1.4	Rullan manuaalinen kirjaus järjestelmään	22
5.1.5	Tietojen esittäminen tuotannonseurannan käyttöliittymässä	23
5.1.6	Vuoropäiväkirjan kehityskohteet	24
5.2	Ehdotukset koskien toimintoja	26
5.2.1	Järjestelmän latausajat ja viiveet	26
5.2.2	Paperikoneen ajoparametrien automaattinen siirto	27
5.2.3	Pituusleikkurin tietojen tarkastelu	27
5.2.4	Laadunhallinnan mittauksen asetusten tallentaminen	28
5.2.5	Mitattavien arkkien määrän valinta	28
5.2.6	Tietonäkymien automaattinen päivittäminen ja asetusten säilyvyys	29
5.3	Kehitysehdotukset koottuna	30
6.	Johtopäätökset	31
	Lähteet	32

LYHENTEET JA MERKINNÄT

DCS	Hajautettu ohjausjärjestelmä (engl. Distributed Control System)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (engl. Enterprise Resource Planning)
FMEA	Vika- ja vaikutusanalyysi (engl. Failure Mode and Effects Analysis)
HMI	(Ihmisen ja koneen välinen) käyttöliittymä (engl. Human Machine Interface)
LIMS	Laboratorion tiedonhallintajärjestelmä (engl. Laboratory Information Management System)
MDC	Laitetietojen keruu (engl. Machine Data Collection)
MES	Tuotannonohjausjärjestelmä (engl. Manufacturing Execution System)
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
MOM	Valmistustoimintojen hallinta (engl. Manufacturing Operations Management)
OPC	Object linking and embedding for Process Control
PDA	Tuotantotietojen keruu (engl. Production Data Acquisition)
PLC	Ohjelmoitava logiikka (engl. Programmable Logic Controller)
PPS	Tuotannonsuunnittelujärjestelmä (engl. Production Planning System)
RFID	Radiotaajuinen etätunnistus (engl. Radio Frequency Identification)
SCADA	Valvomo-ohjelmisto (engl. Supervisory Control And Data Acquisition)

1. JOHDANTO

Tuotannonohjausjärjestelmien voidaan katsoa muodostuvan eri tasoista. Ylimpänä hierarkiassa on ERP-järjestelmä (toiminnanohjausjärjestelmä, engl. Enterprise Resource Planning), jolla suunnitellaan tuotantoa pitkällä aikavälillä. Alimmalla tasolla on tehdasautomaatio ja itse prosessi. Näiden välille sijoittuu MES eli tuotannonohjausjärjestelmä (engl. Manufacturing Execution System), jonka yksi päätoiminto on lähitulevaisuuden tuotannon suunnittelu. Sillä voidaan ohjata ja optimoida tuotantoa siitä kerättävän datan ja tuotantokoneiden todellisen tilan avulla. (Kletti 2007) Uuden tietojärjestelmän käyttöönotto sujuu harvoin ongelmitta ja usein järjestelmän puutteet tulevat ilmi vasta sen ollessa jo käytössä. Ilmiö näkyy myös MES-järjestelmien käyttöönotossa. MES:n käytön tulisi olla intuitiivista, eikä järjestelmäpäivityksen tulisi lisätä työntekijän kuormaa oleellisesti (Kletti 2007)[s. 97]. Järjestelmä kohtaa myös vähemmän muutosvastarintaa, kun työntekijäpuolen näkemyksiä otetaan huomioon sen suunnittelussa.

Tämä työ tehdään paperialan kohdeyritykselle. Kohdeyrityksen käyttöönottamassa MES-järjestelmässä on havaittu olevan kehityskohteita käytettävyyden ja operaattorin toimintojen osalta. MES:n tulee tarjota työntekijälle oleellista informaatiota sekä kerätä tuotannonohjauksen kannalta oleellista tietoa järjestelmän itsensä sekä ERP:n käyttöön. Toimiessaan operaattorin kannalta loogisesti ja tarkoituksenmukaisesti palvelee MES myös paremmin tuotannonohjausta. Käyttäjävirheen mahdollisuuden pienentyessä järjestelmä saa vähemmän virhesyötteitä ja -käskyjä.

Työssä on tarkoitus selvittää, kuinka paperialan kohdeyrityksen järjestelmän käytettävyyttä saataisiin intuitiivisemmaksi ja vastaamaan paperikoneiden operaattoreiden tarpeita kuitenkin siten, että järjestelmän keräämä informaatio ei vähene. Lisäksi selvitetään tarvetta uusille toiminnoille järjestelmässä operaattorien kokemuksen perusteella. Tutkimuskysymykset ovat siis seuraavat: Mitä kehitettävää kohdeyrityksen MES-järjestelmän käyttöliittymässä on? Miten sen käytettävyyttä voitaisiin parantaa?

Työn menetelminä oli kirjallisuuskatsaukset MES-järjestelmistä ja niiden toiminnoista operaattoreille sekä käyttöliittymistä ja käytettävyydestä. Tietoa kohdeyrityksen järjestelmästä hankittiin haastatteleamalla operaattoreita. Työssä hyödynnettiin myös tutkittavasta järjestelmästä hankkimaani henkilökohtaista kokemusta, jota sain työskenneltyäni kyseisessä yrityksessä operaattorina. Kehitysehdotuksia laadittiin niin työssä käsitellyn teorian ja

standardien, subjektiivisten näkemysten kuin haastatteluissa tulleiden ehdotusten perusteella.

Tässä työssä keskitytään MES-järjestelmien käytettävyyteen ja ominaisuuksiin tuotannossa työskentelevien operaattorien päätteissä. Työssä käsitellään niin käyttöliittymää kuin operaattorille olennaisimpia toimintoja. Näihin ei kuitenkaan lukeudu tässä työssä ajo-ohjelman aikataulutus eikä muut MES:n tekemät tuotannon optimoinnit.

Työn alussa on kirjallisuuskatsaus MES-järjestelmistä sekä sen toiminnoista tehtaan tuotannon operaattoreiden kannalta sekä siitä, mikä heidän roolinsa järjestelmän toiminnan kannalta on. Sen jälkeen on lyhyt katsaus käyttöliittymäsuunnitteluun ja käytettävyyteen. Tämän jälkeen käsitellään kohdeyrityksen kehityskohteita käytännön työskentelyn yhteydessä hankitun kokemuksen sekä työtä varten järjestettyjen haastattelujen pohjalta.

2. MES-JÄRJESTELMÄN TOIMINNOT JA ROOLI TUOTANNONOHJAUKSESSA

Nykyajan markkinoiden kasvaneiden vaatimusten takia yritysten täytyy keskittyä entistä tarkemmin tehostamaan ja optimoimaan tuotantoaan (Kucharska et al. 2015, s. 551). Tuotteiden toimittamisen lisäksi asiakas haluaa entistä lyhyempiä toimitusaikoja, pienempiä eräkokoja sekä nopeampia muutoksia tilauksiin (Kletti 2007, s. 1–3; Günther et al. 2008, s. 35). Klettin (2007) mukaan tämä trendin kehittyminen asettaa myös tuotannohjaukselle uudenlaisia vaatimuksia tuotannosuunnittelun reaaliaikaisuudesta, joihin erillään toteutetut aiemmat järjestelmät eivät pysty. Tuotantoa pitää saada ohjattua ja sopeutettua entistä ketterämmin. Tätä varten kehitettiin edeltäjiään laajempi ja ketterämpi järjestelmä: MES (engl. Manufacturing Execution System). (Kletti 2007, s. 11–16) Ensimmäisessä aliluvussa käsitellään MES:n piirteitä ja ominaisuuksia. Seuraavassa kerrotaan laadunhallinnasta osana MES:ää. Sen jälkeen käsitellään lyhyesti MES:n tulevaa kehitystä ja lopuksi tuotantotyöntekijän roolia MES:n käytössä.

2.1 MES-järjestelmän piirteet

Yhtenä lähtökohtana MES:n kehityksessä oli, että se kokoaa yhteen monia ennen erillään toteutettuja tuotannon tietojärjestelmiä, kuten tuotannon tietojenkeräyksen (PDA) ja laadunhallintajärjestelmän (Kletti 2007, s. 11–16). Kletti 2007 mukaan näiden järjestelmien mahdollisimman tehokkaan yhteen toimimisen varmistamiseksi kaikki MES:n järjestelmät käyttävät yhtä kaikenkattavaa tietokantaa. Näin tieto on jatkuvasti ajantasaista ja yhtenevää kaikkien järjestelmän osien välillä, mikä takaa viimeisimmän ja oikeellisimman tiedon käyttämisen optimoinnissa. (Kletti 2007, s. 86–87) MES on tyypillisesti vahvasti integroitu muihin yrityksen järjestelmiin. Tämä mahdollistaa tuotannon optimoinnin ja lyhyen aikavälin suunnittelun, ei pelkästään tilauskannan, vaan myös tuotantokoneilta kerätyn reaaliaikaisen datan perusteella (Günther et al. 2008, s. 43). ERP tai PPS (tuotannosuunnittelujärjestelmä engl. Production Planning System) eivät tyypillisesti kykene tähän (Meyer 2009, luku 3.4.2).

MES-järjestelmällä voi olla yrityksessä monia eri tehtäviä, joita esitellään tässä kappaleessa. Siihen voidaan sisällyttää kaikki esiteltävät toiminnot, tai vain osan niistä (Kletti 2007, s. 18; Younus et al. 2010, luku 2). Tarvittaessa järjestelmään voidaan sisäl-

lyttää myös toimintoja, joita tässä ei esitellä (Younus et al. 2010, luku 2). Järjestelmää voidaan siis konfiguroida yrityksen tarpeiden mukaiseksi. MES-järjestelmän standardointia on tehnyt esimerkiksi MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association). MES-järjestelmälle on määritetty 11 eri päätoimintoa (MESA (1997), Younus et al. 2010, luku 2 mukaan):

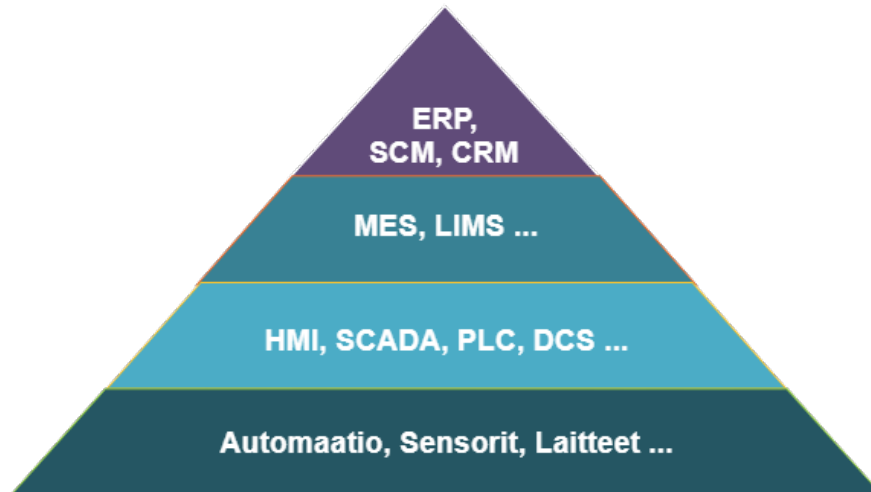
1. *Resurssien allokointi ja status*: Järjestelmällä voidaan hallita eri resursseja ja näiden historiatietoja. Näihin resursseihin lukeutuu esimerkiksi tuotantokoneet, raaka-aineet, työvoimataidot, työstökoneiden terät, tarvittavat dokumentit ja muut tuotannon tarvitsemat resurssit.
2. *Tuotettavien yksiköiden hallinta*: MES hallitsee koko tuotannon laajuudelta tuotettavien yksiköiden liikettä tehtaassa eri tuotanto- ja jalostussolujen sekä varastojen välillä. MES voi esimerkiksi muuttaa tuotettavien yksiköiden työjärjestystä reaaliaikaisesti tuotannon optimoimiseksi.
3. *Tiedonkeruu*: Tuotannosta voidaan MES:n avulla kerätä monenlaista tietoa niin manuaalisesti digitaalisten lomakkeiden avulla kuin automaattisesti. Tieto voi olla sekä prosessista mitattua dataa että prosessissa käytettyjä parametreja.
4. *Laadunhallinta*: MES:ää voidaan käyttää laadudatan keräämiseen sekä poikkeavista laatuarvoista varoittamiseen. MES toimii laatujärjestelmänä niin tuotannossa kuin laboratorioden laadunvarmistuksessa.
5. *Kunnossapidon hallinta*: Yhtenä toimintona on, että järjestelmää voidaan käyttää kunnossapitotöiden koordinointiin. MES seuraa esimerkiksi tuotantokoneiden ja työvälineiden toimintaa ja kuntoa. Näiden tietojen avulla voidaan järjestää ennakoivia huoltotoimenpiteitä sekä korjauksia. Järjestelmällä hallinnoidaan myös huolto- sekä vikahistoriaa.
6. *Suorituskykyanalyysi*: MES-järjestelmän keräämän datan avulla voidaan koostaa erilaisia raportteja ja tietonäkymiä tuotannon tehokkuudesta ja toiminnasta. Raportit voidaan muodostaa erikseen eri tuotannon osa-alueille tai ajanjaksoille. Raportteihin voidaan sisällyttää tietoja esimerkiksi tuotantoaikataulujen pitävyydestä, laadusta, jaksonajasta, käyttötehokkuudesta sekä prosessitiedoista.
7. *Toimintojen yksityiskohtainen ajoitus*: Tämä toiminto sisältää lyhyen aikavälin yksityiskohtaista suunnittelua esimerkiksi tuotantokoneen asetusajankohojen minimoimiseksi. Tämä tapahtuu ketjuttamalla eri sekvenssit ja toiminnot optimaaliseen järjestykseen sekä suorittamalla mahdolliset päällekkäiset operaatiot samanaikaisesti.
8. *Asiakirjojen hallinta*: Tällä toiminnolla voidaan hallita tuotannon tarvitsemia erilaisia dokumentteja. MES tarjoaa esimerkiksi tuotantohenkilöstölle näiden tarvitsemia tiedotteita, toiminta- ja työohjeita, reseptejä, työpiirustuksia ja työturvallisuusohjeistuksia.

9. *Työnjohto*: Tällä toiminnolla voidaan hallita ja tarkastella henkilöstöön liittyviä asioita, kuten työntekijöiden kapasiteettia ja taitoja, läsnäolon seuranta ja sertifiointeja. Sen avulla voidaan optimoida myös työntekijöiden sijoittelua parhaan mahdollisen tuottavuuden saavuttamiseksi.
10. *Tuotantoprosessin hallinta*: Tämän toiminnon avulla voidaan seurata tuotantoprosessia ja -koneita. MES-järjestelmä voi varoittaa poikkeavista prosessiarvoista. Sen avulla voidaan myös tehdä korjauksia prosessiin joko automaattisesti tai tuotantotyöntekijän ohjauksella.
11. *Tuotteen seuranta*: Tällä toiminnolla voidaan tarkastella yksittäisen tuotteen tietoja valmistusprosessin osalta. Yksittäiselle tuotteelle saadaan tarkka historiatieto koskien sen valmistukseen käytettyä materiaalia. Myös tuotteen valmistukseen osallistuneet työntekijät sekä tuotantovälineet voidaan tallentaa järjestelmään. Lisäksi tuotannossa tapahtuneet poikkeamat tallentuvat niitä koskeville tuotteille. Yksittäisen toimitetun tuotteen tuotantoprosessi pystytään siten tarkistamaan jälkikäteen yksityiskohtaisesti.

SFS-EN 62264 standardisarjassa on esitelty ISA S 95 -standardiin pohjautuen MOM (Valmistustoimintojen hallinta engl. Manufacturing Operations Management), joka kattaa yrityksen toiminnosta saman tason toimintoja kuin edellä esitelty MESA:n mallin mukainen MES. Nämä toiminnot ovat suurimmaksi osaksi samoja edeltävien kanssa vain hieman eri tavalla määriteltynä. (SFS-EN 62264-1:en 2016, s. 5, 12, 17–18, 20). Näitä MOM:n toimintoja voidaan toteuttaa myös MES:ää käyttäen (SFS-EN 62264-3:en 2017, s. 71). Standardi käsittelee esimerkiksi tuotannon ja liiketoiminnan järjestelmien välisten rajapintojen ja tiedonsiirron toteutuksia, joissa on myös kuvattu MES:n toimintoja. (SFS-EN 62264-5:2016:en 2016, s. 13, 29, 149).

MES voi siis toimia hyvin kokonaisvaltaisena tuotannonohjauksjärjestelmänä. MES sisältää laajalti tuotantoa koskevat tietotekniset toiminnot. Tämä sekä yhdistettävyyden saman tason muihin järjestelmiin eli horisontaalinen integraatio yhdessä vahvan vertikaalisen integraation kanssa tekevät järjestelmästä hyvin nopean reagoimaan muuttuviin tilanteisiin tuotannossa tai tilauksissa (Kletti 2007, s. 2, 32–33). Vertikaalisella integraatiolla tarkoitetaan kyvykkyyttä toimia ylemmän sekä alemman järjestelmän kanssa.

Järjestelmien hierarkia nähdään kuvasta 2.1. Kuvassa ylimpänä on yrityksen myynnin ja johdon käyttämät järjestelmät, kuten ERP. Seuraavalla tasolla LIMS (engl. Laboratory Information Management System) tarkoittaa laboratorion tiedonhallintajärjestelmää, joka voi tosin olla myös MES:n sisäinen, kuten aiemmin on osoitettu. Tätä seuraavalla tasolla on järjestelmät, joiden parissa tuotantotyöntekijät työskentelevät MES:n lisäksi. SCADA (engl. Supervisory Control And Data Acquisition) tarkoittaa tuotantotyöntekijän käytössä olevaa valvomo-ohjelmistoa eli esimerkiksi prosessinohjauksjärjestelmää, jolla valvotaan ja ohjataan tuotantoprosessia. Tätä kautta MES saa esimerkiksi käyttöönsä prosessiarvoja



Kuva 2.1. Tyypillinen tietojärjestelmähierarkia, mukailen lähteestä (Günther et al. 2008, s. 5)

ilman suoraa, erillistä mittausta tuotannosta. (Meyer 2009, luku 3.4.4) Lisäksi tasolla ovat PLC (engl. Programmable Logic Controller), DCS (engl. Distributed Control System) ja HMI (engl. Human Machine Interface), joiden kautta MES voi myös kerätä tietoa. Näiden alle sijoittuu tuotantokoneen suora ohjaus ja anturointi.

MES:stä on jatkokehitetty myös variantteja, kuten c-MES eli Collaborative MES. Se koostuu järjestelmän ydintoiminnoista ja sen ympärillä toimivista kahdeksasta moduulista. Se on suunniteltu toimimaan paremmin yhdessä yritysten muiden järjestelmien kanssa. Järjestelmää voidaan kutsua c-MES:ksi mikäli se käyttää jotakin näistä kahdeksasta moduulista. (Wang et al. 2016, s. 331–332) Pohjimmiltaan Pedone et al. (2021) mukaan nämä variaatiot kuitenkin perustuivat samoihin tässäkin työssä aiemmin esiteltyyn 11 perustoimintoon. Kletti (2007) kertoo, että c-MES:n roolia kuitenkin muutettu alkuperäisestä MES:stä toiminaan tiedonvälitysjärjestelmänä muiden yritysten toimintojen ja järjestelmien kanssa. MES ei ole c-MES mukaisessa mallissa siis pelkkä linkki ylä- ja alatasen järjestelmien välillä, vaan käsittää myös rajapintoja tuotannon ulkopuolisiin toimintoihin. (Kletti 2007, s. 18–19)

2.2 Laadunhallinta osana MES:ää

Yksi tärkeä komponentti MES-järjestelmässä on laadunhallintajärjestelmä. Tämä on monissa yrityksissä ollut irrallisena järjestelmänä tuotannonohjausjärjestelmästä. Laadunhallinnan integroiminen MES-järjestelmään poistaa päällekkäisyyksiä tietokannoista, järjestelmän lähettämistä viesteistä ja keskeneräiselle tuotannolle tehtävistä toiminnoista. Integraatio mahdollistaa myös paremman jäljitettävyyden eräkohtaisesti ja laajempien ja kokonaisvaltaisempien raporttien koostamisen laadun ja tuotannon välisistä yhteyksistä. Laatatutietojen sisällyttäminen MES-järjestelmään mahdollistaa myös paremman ja ko-

konaisvaltaisemman optimoinnin lisääntyneen tiedon ansiosta. (Kletti 2007, s. 169–170) Günther et al. (2008) kertovat, että laadunhallinnan eriyttäminen muusta tuotantojärjestelmästä on lähtökohtaisesti väärin, ja sen tulisi olla osa tuotannonohjausta. Laadun hallinta on historiallisesti ollut jopa eri tasolla tuotannonohjausjärjestelmän kanssa. Tämä tekee joissain prosessin vaiheissa tiettyjen laatu-tietojen kirjaamisen jopa mahdottomaksi. MES mahdollistaa järjestelmien integraation ja samalla tasolla toimimisen. (Günther et al. 2008, s. 42)

Laadun hallintaan liittyy oleellisesti tuotanto- ja prosessiarvojen mittaaminen. MES voi kerätä dataa sekä automaattisesti jatkuvilla mittauksilla tuotantoprosessista että erikseen suoritettavista tuotannosta otettavien näytteiden mittauksista. Näitä voidaan hyödyntää tilastollisessa prosessinohjauksessa (engl. SPC, Statistical Process Control) ja tilastollisessa laadunohjauksessa (engl. SQC, Statistical Quality Control). Sen avulla voidaan tarkkailla prosessin pysymistä hallinnassa. Mikäli arvojen jakauma alkaa muuttua tai se ylittää asetetut rajat, voidaan tähän reagoida ennen kuin laatu heikkenee liikaa. (Meyer 2009, luku 6.3.6)

MES:ssä voi olla myös laajat laadun suunnitteluun liittyvät toiminnot. Kirjassaan Kletti (2007) kuvaa esimerkein, kuinka laatu-järjestelmä voi sisältää tuotannon laatu-tarkasteluiden ja analyysien lisäksi monia muitakin toimintoja. Näitä ovat esimerkiksi FMEA (vika- ja vaikutusanalyysi, engl. Failure Mode and Effects Analysis) ja toimittajien arviointi. MES:n avulla voidaan seurata työnkulun (engl. workflow) vaikutusta laatuun. MES:n tietokantoihin on tallennettu tuotteen tiedot tuotannon eri vaiheista. Näin saadaan selvitettyä eri työvaiheiden vaikutus yksittäisen tuotteen laatuun. Tietoa eri työ-koneiden vaikutuksesta tuotantoon voidaan hyödyntää esimerkiksi tilausten kohdentamisessa tuotantokoneille. MES voi antaa esimerkiksi varoituksen, mikäli kyseisen tilauksen asiakkaalta on tullut reklamaatio. Näin kyseisen asiakkaan tilaus voidaan esimerkiksi kohdentaa toimintavarmemmalle tuotantokoneelle, mikäli esimerkiksi jokin muu tuotantokone ei tee yhtä tasais-ta laatua. (Kletti 2007, s. 173, 176–178)

2.3 MES:n kehityssuunta tulevaisuudessa

Pedone et al. (2021) kertovat artikkelissaan, että teollisuus 4.0 (engl. industry 4.0) eli neljäs teollinen vallankumous tulee vaatimaan MES-järjestelmältä uudenlaista roolia. Integraatio, digitalisaatio ja CPS (Cyber Physical Systems) ovat merkittäviä osia teollisuus 4.0:aa. CPS ja CPPS (engl. Cyber Physical Production System) tarkoittavat järjestelmiä, joissa tuotannon komponenteilla, kuten tuotantokoneilla, raaka-ainepaaleteilla ja kuljetusvälineistöillä on älykkäitä ominaisuuksia. Nämä voivat kommunikoida keskenään, ja suorittaa laskennallisia operaatioita. Tämä mahdollistaa esimerkiksi tarkan digitaalisen kak-sosen luomisen ja ylläpitämisen tuotannosta (Pedone et al. 2021, s. 1–2), tai reseptin välittämisen vaikka raaka-ainepaaletilta tuotantokoneelle (Almada-Lobo 2016, s. 19).

Perinteinen MES-järjestelmä sekä tämän variantit, kuten CMES, eivät tarjoa tarvittavaa modulaarisuutta ja hajautuneisuutta teollisuus 4.0:n tuomille vaatimuksille (Almada-Lobo 2016, s. 16; Pedone et al. 2021, s. 1). Tämän siirtymän toteutumiseen tulee kulumaan aikaa, mutta sekä Pedone et al. (2021) ja Almada-Lobo (2016) kertovat, että perinteisen MES:n kaltaisista keskitetyistä järjestelmistä tullaan luopumaan teollisuus 4.0:ssa.

2.4 Tuotantotyöntekijän rooli MES:n käytössä

Yksi MES-järjestelmän tärkeimmistä toiminnoista on sen tuotannolle näkyvä osa ja käyttöliittymä (Kletti 2007, s. 114). Tässä alaluvussa painotetaan nimenomaan niitä toimintoja, joiden kohdalla tuotantotyöntekijä on suoraan tekemisissä MES-järjestelmän kanssa. Näiden lisäksi järjestelmä vaikuttaa välillisesti monilla eri tavoilla työntekijän työhön. Esimerkkeinä näistä voidaan mainita aiemmin mainitut tuotanto-ohjelmien hienosäätö ja muutosten tekeminen tuotanto-ohjelmaan optimoinnin seurauksena.

MES-järjestelmän olennaisiin toimintoihin kuuluu tietojen kerääminen tuotannosta (Younus et al. 2010, luku 2). Klettin (2007) mukaan tietojen keräämisessä puhutaan tuotantotietojen keruusta (PDA, Production Data Acquisition) ja laitetietojen keruusta (MDC, Machine Data Collection). PDA käsittää esimerkiksi tilauskohtaisten tuotanto- ja hylkymäärien sekä hylkysyiden seurantaa ja raaka-ainekulutuksen keräämistä. MDC sisältää tuotantokonekohtaisen tilatiedon keruuta, kuten esimerkiksi konekohtaisia tuotantomääriä. Tietojen keruu voi tapahtua sekä automaattisesti että manuaalisesti. Manuaalinen datankeruu tapahtuu tuotannossa MES-järjestelmän tiedonkeruupäätteen kautta. (Kletti 2007, s. 24, 34) Tuotannon tiedonkeruu pyritään järjestämään mahdollisimman automaattisesti. Tämä vähentää luonnollisesti virheen mahdollisuutta datassa, kun ihmisen tekemä syöttövirheen tai datan manipuloinnin mahdollisuus vähenee (Kletti 2007, s. 63, 127).

Kerättyä tietoa tulee kuitenkin pystyä muuttamaan. Tämä koskee niin manuaalisesti syötettyä kuin järjestelmän automaattisesti keräämää. Tehdyistä muutoksista tulee kuitenkin jäädä merkintä järjestelmän lokeihin. (Kletti 2007, s. 134) MES-järjestelmä optimoi tuotantoa keräämänsä tiedon perusteella (Meyer 2009, luku 5.4.1, 5.4.4).

MES-järjestelmällä tulisi myös kyetä hallitsemaan konekohtaista dataa. Tämä sisältää esimerkiksi työstökoneiden teriä ja tuotantokoneiden asetuksia koskevia tietoja. Näiden kautta MES saa tietoa koneen toimintakelpoisuustilasta, jonka se huomioi taas tuotannon optimoinnissa. (Kletti 2007, s. 25, 161–162)

MES-päätelaitteilla voidaan myös päästä käsiksi erilaisiin dokumentteihin, kuten luvussa 2.1 kerrottiin. Järjestelmään voidaan käytännössä jakaa dokumentteja miltä vain yrityksen osastolta (Kletti 2007, s. 39). Meyer (2009, luku 4.3.5) kertoo MES:n kautta jaettavan pääasiassa prosessi- ja työohjeita, jotka voivat olla myös interaktiivisia. Klettin (2007) mukaan dokumenttien keskittäminen yhteen paikkaan yksinkertaistaa ja helpottaa niiden ha-

kemista. Lisäksi MES-järjestelmissä käytetty keskitetty tietovarasto helpottaa dokumenttien pitämistä ajan tasalla sekä niiden jakelua. MES-järjestelmän päätelaite voi toimia siis dokumenttitietopankkina tuotantotyöntekijälle. (Kletti 2007, s. 186)

MES-järjestelmä tarjoaa myös reaaliaikaisesti päivittyvää ja ajantasaista tietoa tuotantotyöntekijälle. Tiedon avulla pystytään reagoimaan tuotannon muuttuviin tilanteisiin nopeasti. (Kletti 2007, s. 130) Tarjottu tieto ei siis ole pelkästään kooste esimerkiksi edeltävästä päivästä, vaan se päivittyy jatkuvasti. MES-pääte voi antaa myös tuotantosuunnitelmaa tarkempaa tietoa tilauksen valmistumisesta. MES voi esimerkiksi toteutuneita ja suunniteltuja tuotantoaikoja vertaamalla ekstrapoloida tilauksen arvioidun valmistumisaajan ja päivittää sen automaattisesti tuotanto-ohjelmaan (Meyer 2009, luku 5.4.2). Tiedonkeruupäätteen kautta voidaan saada myös tulostettua tuotannossa tarvittavat etiketit ja dokumentit (Kletti 2007, s. 126).

MES-järjestelmän päätteet ja käytettävät tunnisteet voivat olla monenlaisia. Tuotannossa voidaan käyttää sekä kiinteitä tietokonepohjaisia että kannettavia langattomia päätteitä. Myös web-pohjaisia päätteitä voidaan käyttää. Tämä helpottaa eritoten ulkoisten palveluntarjoajien asiointia järjestelmään. Web-pohjainen järjestelmä sallii käytön periaatteessa miltä vain tietokoneelta, jolla on pääsy internetiin selaimen kautta. Tuotannossa käytettävien langattomien päätteiden avulla voidaan tarkastaa tietoa esimerkiksi materiaalien tai keskeneräisen tuotannon fyysisistä tunnisteista. Tunnisteina voidaan käyttää esimerkiksi matriisikoodeja, viivakoodeja tai RFID-tunnistimia (radiotaajuinen etätunnistus). Työntekijöiden tunnistamiseen voidaan niin ikään käyttää RFID-kortteja, viivakoodeja tai biometrisiä tunnistustapoja. MES-järjestelmä voi viestiä tuotantoon päätteiden lisäksi esimerkiksi hälytystilanteissa erilaisin valoin ja äänin. (Kletti 2007, s. 127–129)

Kletti (2007, s. 133–134) mukaan MES-järjestelmään voidaan sisällyttää OPC:n (engl. Object linking and embedding for Process Control) avulla prosessiarvojen lukemisen lisäksi arvojen asettamisen tuotantolaitteiston ohjaimeen. Tämä tarkoittaisi siis arvojen viemäistä suoraan MES-järjestelmästä tuotantokoneeseen. Näin arvoja ei tarvitse syöttää koneen käyttöliittymän kautta manuaalisesti, vaan MES voi tarjota tilaukseen liittyvät arvot automaattisesti (Meyer 2009, luku 4.3.5).

3. OHJELMISTOJEN KÄYTTÖLIITTYMÄT JA KÄYTETTÄVYYS

Käyttöliittymällä tarkoitetaan järjestelmän tai ohjelmiston osaa, jonka kautta käyttäjä toimii järjestelmän kanssa vuorovaikutuksessa. Tällä voidaan siis tarkoittaa järjestelmän ohjaamista tai sen tilan ja tietojen tarkastamista. Käyttöliittymä on myös yksi MES-järjestelmän tärkeimmistä rajapinnoista. (Kletti 2007, s. 114). Näin ollen sen käytettävyyden tulisi myös olla hyvällä tasolla.

3.1 Käytettävyyden periaatteita

Lynch et al. (2016) mukaan käytettävyydellä tarkoitetaan yleisesti sitä, kuinka hyödyllinen ja sopiva jokin väline on tehtävän suorittamiseen. Välineet, joiden käytettävyys on hyvä, ovat tehokkaita sekä helppokäyttöisiä. (Lynch et al. 2016, s. 11) Myös Meyer (2009, luku 2.4.1) painottaa MES-järjestelmien käytettävyyden tärkeyttä. Monet esiteltävistä periaatteista voivat vaikuttaa itsestään selviltä, mutta monimutkainen suunnitteluprosessi voi jättää joitakin näistäkin asioista liian vähälle huomiolle.

Käytettävyyteen liittyy oleellisesti myös järjestelmän toiminnot ja ominaisuudet, kuten tietoarkkitehtuuri (Allen 2012, luku 15). Käyttöliittymiä suunnitellaan ihmisiä varten. Usein tämä valitettavasti jää liian vähälle huomiolle, kun keskitytään liikaa teknisiin näkökulmiin, kuten sisällön hallintaan, "mobiili ensi" -suunnitteluun tai tiettyihin web-sovelluskehysiin. (Lynch et al. 2016, s. 7).

MES-järjestelmien käytettävyyttä on tutkittu akateemisesti melko vähän siitä huolimatta, että sen on tarkoitus tarjota hyvin kokonaisvaltainen rajapinta tuotantohenkilöstön ja tuotannon eri tietojärjestelmien välille (Mantravadi et al. 2020, luku 2.1). Tässä luvussa käsitellään siksi yleisiä käyttöliittymien teorioita sekä web-käyttöliittymiä.

Käyttöliittymäsuunnittelussa käytettävyydellä tarkoitetaan sitä kuinka helppokäyttöinen ja toimiva käyttöliittymä on sen käyttötarkoitukseen. Käyttöliittymäsuunnittelussa puhutaan tällöin käyttäjäkokemussuunnittelusta (engl. user experience design, UX). Käytettävyyttä voidaan arvioida monien eri ominaisuuksien avulla. Ensinnäkin siihen liittyy käyttöliittymän yleinen helppokäyttöisyys ja se, kuinka nopeasti sitä oppii käyttämään. Käytettävyydeltään hyvässä käyttöliittymässä on helppo navigoida eri näkymissä ja eri näkymien vä-

lisen yhteyden ymmärtäminen on vaivatonta. Käyttöliittymän käyttö on tehokasta ja miellyttävää käyttäjän kannalta. Käyttäjävirheiden mahdollisuus on myös minimoitu. (Lynch et al. 2016, s. 10) Tapahtuneet virheet pitäisi pystyä helposti korjaamaan, ja järjestelmän tulisi tukea käyttäjää korjaamisessa. (Lynch et al. 2016, s. 243)

Käyttöliittymäsuunnittelun käytettävyyšnäkökulmaan liittyy valtavasti peruseriaatteita ja hyväksi todettuja käytäntöjä. Esimerkiksi Suomen standardisoimisliitto SFS on koonnut käyttöliittymäsuunnittelun standardeja ISO 9241 -standardisarjaan. Tämän sarjan standardeissa on määritelty monia eri peruseriaatteita käyttäjäystävällisten käyttöliittymien suunnitteluun. Tässä luvussa käydään läpi muutamia käyttöliittymäsuunnittelun perusasioita, sekä tarkemmin tähän tutkimukseen liittyviä käyttöliittymien suunnitteluperiaatteita.

3.2 Käyttöliittymäsuunnittelu käytettävyyden kannalta

Yksi lähtökohta käytettävyydelle on käyttöliittymänäkymien tai sivuston rakenne. Käsitellään tässä yhteydessä nyt sivustoa, sillä esimerkki tulee verkkokäyttöliittymistä. Vastavaa rakennetta voidaan käyttää myös muunlaisissa käyttöliittymissä. Lynch et al. (2016) mukaan yleisesti verkkosivustoilla noudatetaan hierarkkista rakennetta. Yleisempi tieto sijaitsee etusivulla eli päänäkymässä, josta päästään erilaisten hakutoimintojen tai navigointipainikkeiden ja valikoiden avulla hierarkian alempiin sivuihin. Alempana olevat sivut sisältävät usein yksityiskohtaisempaa sisältöä kuin etusivu. (Lynch et al. 2016, s. 108) Sivustorakenne voi olla myös lineaarinen tai verkottunut. Lineaarinen rakenne sopii esimerkiksi tilanteisiin, joissa toiminnot suoritetaan aina samassa järjestyksessä. Sivusto voi olla myös yhdistelmä edellä mainittuja rakenteita (SFS-EN ISO 9241-151 2010, s. 44). Käyttöliittymän rakenteen valinta määrittää pitkälle siinä navigoinnin helppoutta. Käyttäjän tulee ymmärtää helposti missä kohtaa rakennetta hän kullakin hetkellä sijaitsee ja mitä hän voi rakenteen kyseisessä osassa tehdä (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 15). Mikäli rakenne on laaja, tulisi käyttää ensisijaisesti leveää rakennetta (SFS-EN ISO 9241-151 2010, s. 44). Syvän rakenteen käyttö voi viedä tietoa liian kauas etusivusta ja vaikeuttaa näin navigointia (Lynch et al. 2016, s. 119).

Hyvän käyttöliittymän näkymien tulisi olla itsensä selittäviä. Näkymästä pitäisi siis käydä pääosin ilman erillistä ohjetta ilmi, miten se toimii ja mistä eri toiminnot löytyvät. (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 15) Näkymien tulisi olla myös asettelultaan yhteneviä toisiaan vastaavissa eri käyttöliittymän osissa. Näin käyttäjä tietää näkymän vaihtuessaakin, mistä tietty toiminto näkymästä löytyy. (SFS-EN ISO 9241-151 2010, s. 62)

Navigointiin vaikuttaa myös käytetyt hakutoiminnot ja navigointivalikot. Käyttöliittymässä voidaan käyttää erilaisia hierarkkisia navigointivalikoita, jotka näyttävät rakenteen eri tasot esimerkiksi sisennyksien avulla. Näiden valikoiden kautta voi liikkua useamman eri sivuston tason ja rakenteen eri osien välillä vaivattomasti. Myös käyttäjän nykyinen si-

jainti rakenteessa pitäisi käydä senhetkisestä näkymästä selväksi. Tämä voidaan esittää myös navigointivalikon avulla. Navigointia voidaan helpottaa myös pikanäppäimillä yleisiin ja usein toistuviin toimintoihin ja näkymiin. Myös usein peräkkäin tehtävissä operaatioissa tai näytettävissä sivuissa tulisi olla painike seuraavaan sekä edelliseen vaiheeseen. (SFS-EN ISO 9241-151 2010, s. 42, 46, 48)

Järjestelmän tulisi myös olla sellainen, että käyttäjävirheen mahdollisuus olisi mahdollisimman pieni. Mikäli jokin virhe kuitenkin tapahtuu, pitää käyttöliittymän mahdollistaa virheen korjaaminen ja mahdollisesti auttaa siinä. Virheestä toipumisen tulisi olla kohtuullisen helppoa. (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 9, 24–25) Käyttäjän pitäisi pystyä myös perumaan viimeisin suorittamansa toiminto, mikäli se on vain toiminnon luonteen puolesta mahdollista. Esimerkiksi sähköpostiviestin lähettämisen peruminen järjestelmän kautta voisi olla toiminto, jota ei voisi perua. (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 22) Järjestelmän käyttäjävirheiden sietoon vaikuttaa esimerkiksi pyydettävät käyttäjän syötteet. Järjestelmän ei tulisi esimerkiksi pyytää tietoa, joka sillä jo on. Tiedon uudesta syöttäminen käsin aiheuttaa riskin, että ihminen kirjoittaa pyydettävän olemassa olevan tiedon väärin. Myöskään mahdottomia toimintoja ei tulisi pystyä suorittamaan. Esimerkkinä voidaan mainita aikataulusovellus. Sovelluksen kalenterinäkymässä tulee pystyä valitsemaan vain tulevia päivämääriä, sillä menneiden valitseminen ei olisi loogista tai tarkoituksenmukaista. (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 23)

Tiedon esittämistapa käyttöliittymässä vaikuttaa myös oleellisesti käytettävyyteen. Tieto täytyy esittää siten, että erilliset tietoalkiot eivät sekoitu näkymässä keskenään. Erilliset tietoalkiot täytyy olla siis selkeästi erotettavissa. Vastaavasti toisiinsa liittyvät tiedot pitäisi kyetä visuaalisesti yhdistämään toisiinsa. (SFS-EN ISO 9241-112:2017:en 2017, s. 16–17) Tieto pitäisi lisäksi esittää johdonmukaisesti siten, että esitystapa tukee tiedon käyttöä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi tiedon järjestämistä luontiajan tai jonkin muun oleellisen ominaisuuden, kuten käyttöiheyden perusteella. (SFS-EN ISO 9241-112:2017:en 2017, s. 16) Mikäli tietoalkioita on paljon esillä samanaikaisesti, pitäisi erityyppiset tiedot ryhmitellä erilleen toisistaan eroteltavuuden parantamiseksi. Myös tiedon muotoilulla voidaan auttaa eroteltavuudessa. (SFS-EN ISO 9241-112:2017:en 2017, s. 17) Lisäksi ylimääräisen tiedon esittämistä tulisi välttää. Ylimääräinen tieto vie huomiota oleelliselta tiedolta sekä vaikeuttaa sen havaitsemista. Yleisesti ottaen siis vain oleellisen ja tarvittavan tiedon tulisi olla esillä. Yksinkertaisempaa näkymää on miellyttävämpi sekä tehokkaampi käyttää. (SFS-EN ISO 9241-112:2017:en 2017, s. 21–22) Tämä ei tarkoita, etteikö tuohon tietoon pääsisi halutessaan käsiksi, mutta oletusarvoisesti ei tulisi näyttää tilanteessa tarpeetonta tietoa. Lisäksi samankaltaisten toimintojen suorittaminen pitäisi olla yhdenmukaista järjestelmän eri osissa ja toiminnoissa (SFS-EN ISO 9241-110:2020:en 2020, s. 18).

Kuten aiemmin todettiin, ohjelman käytettävyyden ei riipu vain käyttöliittymästä, vaan myös sen takana olevista toiminnoista. Järjestelmää suunniteltaessa tai valittaessa tulisi ottaa

sen käyttäjien tarpeet huomioon, ja osallistaa näitä myös sen suunnitteluprosessiin. Tämä pätee Klettin (2008) ja Meyerin (2009) mukaan myös MES järjestelmiin ja näiden tuotantotyöntekijälle näkyviin osiin. Tuotantotyöntekijöiden näkemyksiä kuulemalla saadaan tietoa juuri niiltä, jotka kyseisen järjestelmän parissa tulevat työskentelemään. Suunnitteluun ja projektiin osallistuttaminen lisää myös yleistä tyytyväisyyttä uutta järjestelmää kohtaan. (Kletti 2007, s. 73; Meyer 2009, luku 9.6.3)

4. TUTKIMUKSEN KUVAUS

Työ tehtiin paperialan yritykselle, jonka MES-järjestelmästä selvitettiin käytettävyyden kannalta ongelmallisia kohtia ja toimintoja. Tutkimusta varten käytettävää aineistoa kerättiin sekä itse työsuhteen aikana suorittamani järjestelmän käytön että työtä varten järjestettyjen puolistrukturoitujen haastattelujen avulla. Haastatteluja järjestettiin järjestelmää käyttäville paperikoneiden operaattoreille.

Tiedon keräämiseen käytetty empiirinen havainnointi suoritettiin vuonna 2021, viiden kuukauden mittaisen työsuhteen aikana järjestelmää itse käyttämällä tuotantotyöntekijän tehtävissä pituusleikkurilla. Pituusleikkureilla käytetään näkymältään ja toiminnoiltaan melko samanlaista järjestelmää paperikoneiden kanssa. Käytin myös paperikoneen järjestelmää jonkin verran tiettyjen toimintojen osalta.

Toiseksi tiedonkeruumenetelmäksi valikoitui puolistrukturoidut haastattelut. Nämä sopivat luonteensa puolesta kokemukseräisen tiedon keräämiseen esimerkiksi juuri käyttäjäkokemuksia kerätessä. Valmiit kysymykset eivät sido liikaa haastattelun kulkua, jolloin kaikki olennainen esiin tuleva tieto saadaan talteen. (Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka 2006) Kehityskohteiden kartoituksessa painotettiin haastattelujen tuloksia.

Työtä varten haastateltiin viittä paperikoneen operaattoria. Kukin heistä oli käyttänyt järjestelmää noin 10 kuukauden ajan päivittäisessä työssä. Operaattoreita oli eri paperikoneilta sekä eri työvuoroista. Haastattelut järjestettiin etäyhteydellä videohaastatteluina.

Alustuksena kerrottiin selvennys mitä asioita tutkimus koskee, eli MES:n sisältäen tuotannon ja laadunseurantajärjestelmän sekä näiden toiminnot operaattorin kannalta. Haastattelussa käytettiin seuraavia kysymyksiä:

1. Onko järjestelmissä joitain toimintoja, joiden suorittamiseen menee paljon aikaa tai runsasasti "klikkauksia"?
2. Tarvitseeko joihinkin toimintoihin useampaa eri järjestelmää MES:n ja prosessinohjausohjelmiston lisäksi?
3. Tarvitseeko joissain kohdin kopioida tai siirtää käsin syöttämällä arvoja tai parametreja laitteesta tai järjestelmästä toiseen?
4. Onko järjestelmän toiminta loogista kaikkialla? Onko painikkeista tapahtuvat toiminnot odotettavia?

5. Onko virheellisen toiminnon peruminen/väärän tiedon korjaus mahdollista ja helppoa kaikkialla?
6. Ovatko tietonäkymät tarpeenmukaisia? Saatko järjestelmästä tarvitsemasi tiedon?
7. Oletko havainnut kehityskohteita tuotannonseurantajärjestelmässä?
8. Oletko havainnut kehityskohteita laadunhallintajärjestelmässä?
9. Oletko havainnut kehityskohteita vuoropäiväkirjassa?
10. Oletko havainnut järjestelmään liittyen yleisesti joitakin kehityskohteita?
11. Puuttuuko järjestelmästä mielestäsi jokin olennainen toiminto?

Kysymysrunko ei ollut täysin sitova, vaan lähinnä herättämässä keskustelua ja palauttamassa mieleen ajatuksia erilaisista käyttötilanteista, sekä aiemmin tehdyistä havainnoista. Keskustelua käytiin myös näiden kysymysten ulkopuolelta, eikä myöskään kysymysjärjestys ollut lukittu. Loppupään laajemmat kysymykset olivat tarkoitettu lähinnä aiheisiin palaamiseksi, mikäli haastateltavalla oli herännyt ajatuksia jostakin uudesta, muihin keskusteltuihin aihepiireihin liittymättömästä. Näitäkin aihepiirejä käsiteltiin mahdollisesti ennen kysymykseen pääsemistä, mikäli ne tulivat esille.

Haastattelutilanteessa haastateltavalla operaattorilla oli käytössään järjestelmän testiversio, jonka avulla voitiin tutkia käsiteltäviä järjestelmän kohtia ja näkymiä. Näin haastattelussa välittyi selkeästi mitä haastateltava tarkoitti kertomallaan. Tämä helpotti olennaisesti käyttöliittymänäkymien tarkastelua. Kaikkia ominaisuuksia ja näkymiä testijärjestelmällä ei tosin pystynyt käsittelemään.

5. KOHDEYRITYKSEN MES-JÄRJESTELMÄN KEHITYSKOhteET JA -EHDOTUKSET

Tässä luvussa pyritään tutkimuksen haastattelujen ja työsuhteen aikana suorittamani järjestelmän käytön avulla osoittamaan järjestelmästä kohtia, jotka tarvitsevat jatkokehitystä. Kehityskohteet ja -ideat perustuvat sekä työn kirjallisuusselvitysosuudessa esiteltyyn kirjallisuuteen ja standardeihin että keskusteluissa ilmi tulleisiin ehdotuksiin. Kehitysehdotukset ovat melko jalostamattomia, eikä niissä oteta kantaa muutoksen tekniseen toteutukseen. Työssä esiteltyt käyttöliittymien kuvat ovat kaikki käytössä olevasta järjestelmästä.

Haastatteluissa huomasin, että eri koneilla työskentelevillä henkilöillä oli paperikoneiden ominaisuuksista johtuen erilaisia toiveita järjestelmän toiminnan suhteen. Paperikoneiden erityispiirteet saattavat operaattoreita erilaisiin käyttötilanteisiin, jotka eivät tule välttämättä muilla paperikoneilla esille. Järjestelmästä tuli haastatteluissa esille hyviäkin asioita, mutta tämän työn rajauksesta johtuen käsitellään vain kehityskohteita. Haastateltaviin viitataan termein operaattori1, operaattori2, ... ja niin edespäin.

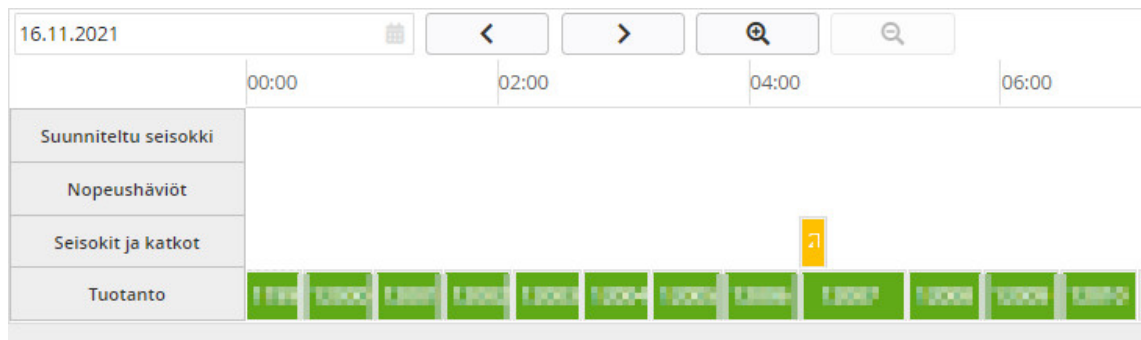
5.1 Kehityskohteet ja -ehdotukset käyttöliittymän ja käytettävyyden osalta

5.1.1 Katkojen ja hukka-aikojen käsittely

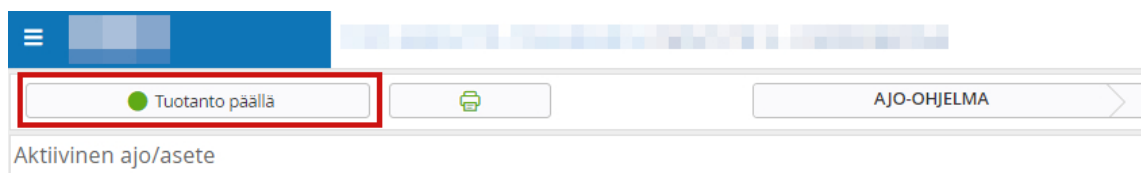
Jokaisessa haastattelussa tuli esille katkotilanteiden käsittelyn vaikeus eri tilanteissa. Kuten kuvasta 5.1 nähdään, ei aikajanallinen näkymä palvele operaattoria lyhyiden katkojen kohdalla. Kun katkon kesto on lyhyt, ei aikajanalle tuleva merkintä ole luettavissa kunnolla ilman erillistä klikkaamista. Tämä näkymä sopii tiedon esittämiseen esimerkiksi "Ajo-ohjelma" -välilehdellä, mutta se aukeaa myös koneen sen hetkistä "tilaa" klikattaessa perusnäkyvien vasemmasta yläreunasta (kuva 5.2). Kuvassa 5.3 näkyvässä "Toiminnot" -valikon kautta aukeavassa näkymässä tiedot on operaattorien kertoman mukaan esitetty halutulla tavalla. Siinä ei tosin pysty suorittamaan kaikkia tarvittavia toimintoja, joihin palataan myöhemmin tässä alaluvussa.

Kuten aiemmin mainittiin, tiedon esittämistä ja suuremman kuvan tarkastelua varten ai-

kajananäkymä on hyvä. Käsittelyä varten katko- ja hukka-ajat voisi esittää mieluummin esimerkiksi kronologisena listauksena. Tämä olisi katkojen käsittelyn kannalta selkeämpää. Kuvan 5.3 näkymä vastaa tyyliltään käsittelyn kannalta optimaalisempaa näkymää ja jokaisen katkotilanteen käsittelyn tulisi onnistua tämän tyyppisestä näkymästä. Kuten teoriassa esiteltiin, tiedon selkeä esittäminen ja tietoalkioiden erottaminen toisistaan on käytettävyyden kannalta tärkeää. Seuraavassa kappaleessa käydään läpi tilanteet, joissa joudutaan listauksen sijaan käyttämään aikajana-muotoista näkymää.



Kuva 5.1. MES:n aikajana-muotoinen katkonäkymä, rajattu ja muokattu



Kuva 5.2. MES:n “koneen tila” -painike, painike ympäröity punaisella, rajattu ja muokattu

Toinen oleellinen asia katkotilanteita käsiteltäessä on katkoajan kirjaus. Mikäli katkoajaksi ei ole kirjautunut automaattisesti, ei operaattorien mukaan katkoa pysty kuittaamaan “Toiminnot” -valikon kautta. Sen sijaan kuittaus tulee tehdä luvun alussa esiteltyä “koneen tila” -painiketta (kuva 5.2) klikkaamalla aukeavassa ponnahdusikkunassa. Tämä on epäintuitiivista, sillä muuten operaattorit käyttävät “Toiminnot” -valikon kautta aukeavaa, kuvan 5.3 mukaista katkonkuittausnäkyä. Sillä voi suorittaa kaikki muut tarvittavat katkoon liittyvät toiminnot. Operaattorien kertoman perusteella järjestelmä ei myöskään anna laitaa kellonaikaa, joka osuu päällekkäin sen kanssa, kun paperikone oli vielä normaalilla tuotannolla. Tällä hetkellä järjestelmä ei tässä tilanteessa tarjoa oletuksena mitään aikaa. Alkuajaa pitää siten iteroida sekunnin tarkkuudella kenttään kokeilemalla sopivaa aikaa.

Alkuajan asettaminen pitäisi mahdollistaa operaattorien tavallisesti käyttämästä katkonäkymästä. Järjestelmän tulisi lisäksi tarjota ensimmäistä mahdollista aikaa oletuksena katkon alkuajankohdaksi. MES voisi ehdottaa ensimmäistä kelpaavaa aikaa alkuajan sisältävään tekstikenttään. Operaattori voisi sitten tarkistaa vaikuttaako ajankohta oikeelliselta. Tämän työn kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin periaate, jonka mukaan epäkelvoja arvoja ei tulisi pystyä syöttämään järjestelmälle. Järjestelmä ei epäkelpoa aikaa tällä hetkellä

Kuva 5.3. MES:n listamuotoinen katkonäkymä, rajattu ja muokattu

hyväksy, mutta se voisi lisäksi tarjota lähintä kelpollista aikaa. MES tunnistaa kuitenkin epäkelvon ajan ja tietää, koska normaalin tuotannon status on päätynyt.

Keskusteluissa tuli myös ilmi katkotilanteissa tapahtuvat moninkertaiset katkojen automaattiset kirjaukset. Järjestelmä kirjaa siis useita perättäisiä lyhyitä katkoja näkymään. Näissä tilanteissa operaattorien kertoman perusteella kaikkia katkoja ei saa jostain syystä edes hyväksytyä. Nämä kirjaukset johtuvat kokemukseni mukaan lähes aina koneella tapahtuvista pesuista ja pölyjen puhdistuksista, tai epäonnistuneesta paperiradan päänviennistä.

Järjestelmä voisi olla kirjaamatta ensimmäisen tapahtuneen katkon jälkeen esimerkiksi seuraavan 15 minuutin aikana havaitut katkot. Todellisuudessa siis sama katko on ollut koko ajan käynnissä, mutta antureille puhdistusveden ja paineilman mukana menevät paperin kappaleet saavat järjestelmän kirjaamaan uuden katkon. Toinen vaihtoehto on, että järjestelmä tarkistaisi, että tuotanto on ollut normaalitilassa tietyn ajan, esimerkiksi 2 minuuttia, ennen kuin se kirjaisi uutta erillistä katkoa järjestelmään sellaisen tapahtuessa.

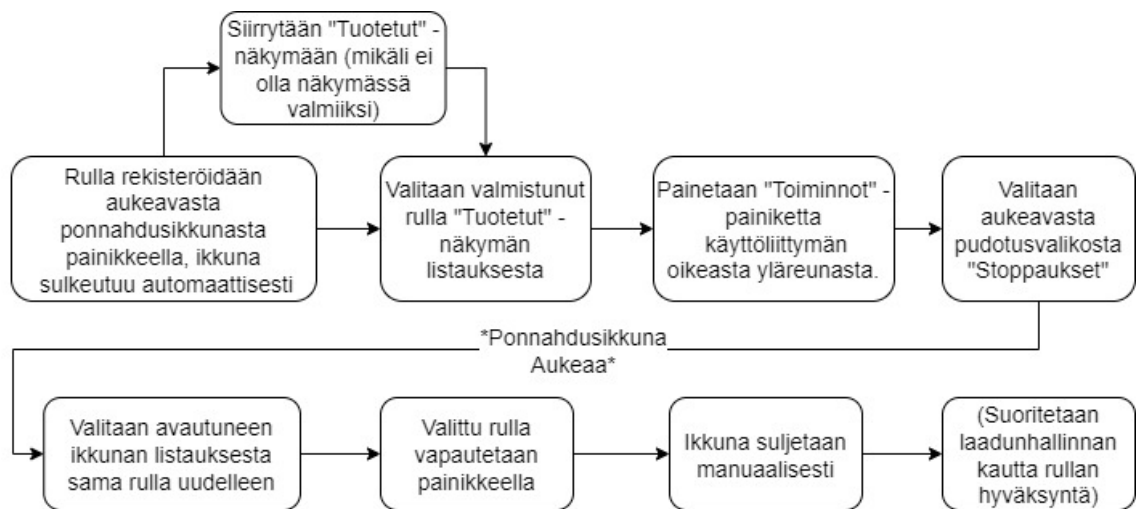
Lisäksi katkojen kuittaamiseen käytettävä ponnahdusikkuna ei päivity eikä sulkeudu automaattisesti, kun katko on kuitattu. Tämä aiheuttaa välillä hämmennystä, mikäli ikkuna unohtuu auki kuittaamisen jälkeen. Katko näkyy edelleen siis järjestelmässä, vaikka se olisi kuitattu, mikäli ikkunaa ei päivitä manuaalisesti. Ikkuna voisi päivittyä kuittaamisen jälkeen automaattisesti. Mikäli järjestelmässä ei ole yhtäkään hyväksymätöntä katkoa jäljellä, voisi ikkuna sulkeutua automaattisesti, kuten esimerkiksi muuttoa rekisteröitäessä. Ikkunassa ei operaattorien kertoman mukaan tehdä viimeisen katkon kuittauksen jälkeen enää mitään.

Lisäksi nopeushäviöitä kirjatessa kirjausta ei voi operaattorin 3 mukaan tehdä usealle tilaukselle samanaikaisesti. Nopeushäviö ei lähtökohtaisesti ole tilauskohtainen, vaan johdetaan jostakin muusta asiasta ja ulottuu siten yli tilauksen rajojen. Näin ollen sama nopeus-

häviö vaikuttaa usein todellisuudessa useampaan tilaukseen. Nopeushäviö tulee kuitenkin kirjata erillisinä jaettuna eri tilauksille. MES ei myöskään tarjoa nopeushäviötä kirjattaessa sille kelpavaa alku- tai loppuaikaa. Mikäli kirjaukset täytyy jatkossakin tehdä tilauskohtaisesti, tulisi MES:n tarjota lähintä kelvollista aikaa annetun ajankohdan ylittävissä tilauksen alku- tai loppuajan. Tämä tarkoittaa tässä tapauksessa siis tilauksen alku- tai loppuaikaa.

5.1.2 Rullan valmistumisen aiheuttamat toimenpiteet

Tuotannonseurantajärjestelmään liittyen operaattorit 1,2,3 ja 4 mainitsivat paperikoneelta valmistuvan rullan jälkeen tulevan valintasekvenssin monimutkaisuuden MES:n käyttöliittymässä. Jokaisen valmistuneen rullan jälkeen suoritetaan kuvan 5.4 sekvenssi. Kaaviossa yksi laatikko kuvastaa yhtä klikkausta. Viimeinen laatikko on sulussa, sillä sen voi myös suorittaa myöhemmin useammalle rullalle kerrallaan eikä se koostu vain yhdestä klikkauksesta. Tämä sekvenssi toistetaan kokemukseni ja operaattorien mukaan miltei poikkeuksetta samalla tavalla jokaiselle rullalle. Tämän lisäksi rulla pitää hyväksyä erikseen MES:n laadunhallinnan kautta.



Kuva 5.4. Rullan valmistumisen aiheuttamat toimenpiteet paperikoneella

Rullan valmistuessa tapahtuvaa toimintojen suorittamista ja eri asioiden kuittaamista pitäisi helpottaa. Rullan rekisteröinnille aukeavan ponnahdusikkunan tarpeellisuutta pitäisi lisäksi selvittää. Kokemani sekä haastatteluista saamani kuvan perusteella sellaisia tilanteita ei ole, ettei valmistuvaa rullaa rekisteröitäisi. Mikäli sellainen jostain syystä kuitenkin tulisi, voisi rekisteröidyn rullan poistamisen tehdä erikseen. Lisäksi yhden operaattorin kertoman mukaan hänen käyttämällään koneella tulee toisinaan tilanteita, joissa joudutaan luovuttamaan koneessa oleva rulla hyvin matalana. Näitä tilanteita voi ongelmatilanteessa tapahtua useampi peräkkäin, jolloin MES avaa jokaisesta oman ponnahdusikkunan aina suljetun jälkeen. Tässä tilanteessa ei aina ole selvää, mitä rullaa mikäkin ponnahdusikkuna vastaa. Hylättävätkin rullat tosin rekisteröidään, jotta hylkisyys saadaan

kirjattua. Tämän ponnahdusikkunan poistaminen vähentäisi muuton vaihdossa tarvittavia klikkauksia yhdellä sekä selkiyttäisi matalien rullien tilanteissa rullien hylkäämistä.

Rullan rekisteröinnin jälkeen valmistunut rulla täytyy vapauttaa järjestelmän käyttöön, kun sen laatu on varmistettu. Vapautettava rulla täytyy klikata valituksi, ja navigoida rullan vapauttavaan toimintoon. Tämän jälkeen aukeaa listaus vapauttamatta olevista rullista, joista edellä valittu rulla pitää valita uudelleen aktiiviseksi ennen toiminnon loppuun viemistä. Listauksessa on kokemani perusteella lähes poikkeuksetta vain juuri valmistunut rulla eikä muita, joista tulisi valita. Rullaa ei siis pitäisi joutua valitsemaan kahteen otteeseen vapautusta tehdessä. Lähtönäkymässä olevasta pudotusvalikosta valittavaa "Stoppaukset"-ikkunaa ei pysty avaamaan, mikäli yhtäkään rullaa ei ole valittu aktiiviseksi. Tämä valinta ei kuitenkaan vaikuta ponnahdusikkunan näkymään mitenkään ja on siten tarpeeton. "Vapauta" -painike voisi lisäksi sulkea ponnahdusikkunan, sillä ikkunassa ei kokemukseni ja haastatteluissa ilmi tulleen perusteella tehdä enää mitään tuon painikkeen painamisen jälkeen. Kun rulla on vapautettu, se pystytään asettamaan aktiiviseksi esimerkiksi pituusleikkurilla.

Hyvä tapa rullan vapauttamisen järjestämiseksi olisi rullakohtainen painike päänäkymän "Tuotetut" -näkyvässä. Myös operaattori 3 ehdotti vastaavaa tapaa. Toiminto on niin usein käytössä, että sitä ei tulisi kätkeä monen eri valikon taakse. Painike voisi olla saman kaltainen kuin laboratorion näkyvässä oleva "Allokoi" -painike, joka nähdään kuvassa 5.5 korostetun rivin oikeassa reunassa. Tämä poistaisi tarpeen valita rullaa erikseen ja avata valikon kautta uusi ponnahdusikkuna. 6 klikkausta vaativa operaatio saataisiin suoritettua 1 klikkauksella. Mikäli myös rullan rekisteröinnin ponnahdusikkunasta luovuttaisiin, vähenisi toiminnon vaatimien klikkausten määrä 7:sta 1:een.

Vapauttamisen lisäksi rulla pitää hyväksyä kelvolliseksi erikseen laadunhallinnan kautta. Tämä vaatii navigoinnin täysin eri näkymään ja sieltä jälleen rullan valitsemisen ja hyväksymisen. Tämän navigoinnin vaatimia klikkauksia ei ole työtä varten selvitetty, mutta vaikka se olisi avattuna valmiiksi erilliseen välilehteen, vaatisi toiminto vähintään 5 klikkausta: vaihto välilehteen, näkymän päivitys, rullan valinta, rullan hyväksyntä ja vaihto takaisin aiemmalle välilehdelle. Nämä hyväksynnät voi kokemani mukaan tehdä myös kootusti useammalle rullalle, eikä kaikkia ole käsitykseni mukaan tarpeellista hyväksyä välittömästi rekisteröinnin jälkeen.

Rullan hyväksyntä erikseen laadunhallinnan osalta vaikuttaa epäloogiselta. Mikäli rulla ei olisi laadullisesti vaatimusten mukainen, ei sitä myöskään vapautettaisi tuotannon käytettäväksi muuton rekisteröinnin yhteydessä. Nämä toiminnot vaikuttavat siis olevan päällekkäisiä. Yksi MES-järjestelmän perusideoista on päästä eroon eri järjestelmien päällekkäisistä toiminnoista. Laadunhallinnan hyväksynnän tulisi tapahtua siis samasta painikkeesta, josta rulla vapautetaan sen rekisteröinnin jälkeen. Mikäli myös laadunhallinnan hyväksyntä tapahtuisi samasta painikkeesta, vähenisi vaadittavien klikkausten määrä yli

10:stä yhteen.

5.1.3 Laadunhallinnan mittausnäkömään asettelu

Laadunhallintajärjestelmän mittausnäkömään liittyen ilmeni muutamia käytettävyyteen negatiivisesti vaikuttavia ominaisuuksia. Operaattorit 1, 2 ja 4 toivat esille mittausnäkömään tietojen asettelun ongelmallisuuden. Kuvassa 5.5 esitetyssä näkömässä tiedot on esitetty riveittäin taulukkomuodossa. Rivin päässä on sininen painike, jossa lukee "Allokoi" kyseisen rivin valitsemiseksi. Kohteen tunniste on kuitenkin rivin vastakkaisessa päässä, mikä tekee operaattorien mukaan oikean rivin painikkeen painamisesta vaikeaa. Havaitsin tämän myös itse työjaksoni aikana. Tämä on aiheuttanut myös virheellisiä painalluksia, jolloin mittaus tulos menee väärälle kohteelle. Tulosten siirtäminen jälkikäteen täytyy tehdä yksitellen kullekin arvolle ja vie aikaa. Operaattori 1 mainitsi taulukossa olevan myös melko paljon tilanteissa tarpeetonta tietoa. Nämä tiedot pidentävät rivejä entisestään, mikä tekee rivin hahmottamisesta vaikeampaa.

Operaattorien 1 ja 2 mukaan oikean tietoalkion valitsemista vaikeuttaa myös usean eri tuotantokoneen tietojen sekoittuminen samassa taulukossa. Näin esimerkiksi viimeisintä mitattavaa rullaa etsittäessä pitää tiedon ajankohdan lisäksi tarkistaa tuotantokone kyseiselle tietoalkiolle. Tämän ongelman johdosta korjasin itsekkin useaan otteeseen tuotantokoneeni mittauksia jonkun toisen kohdennettua mittauksensa virheellisesti pituusleikkurille, jolla työskentelin.

koodi	Yksikkötyyppi	Lajikoodi	Yksikkökoodi	Kone	Kone	Aikaleima	Työasema
	Muutto					01.12.2021 19:18	
	Muutto					01.12.2021 19:18	
	Muutto					01.12.2021 18:34	
	Muutto					01.12.2021 16:58	
	Muutto					01.12.2021 16:17	
	Muutto					01.12.2021 15:30	
	Muutto					01.12.2021 14:13	
	Muutto					01.12.2021 13:26	
	Muutto					01.12.2021 12:27	

Kuva 5.5. Laadunhallinnan mittausnäkömään, muokattu ja rajattu

Operaattorit 1 ja 4 mainitsivat myös, että listauksessa näkyi rullia, jotka ovat vasta paperikoneella tuotettavana. Tämän havaitsin myös itse. Kyseiset tiedot sijaitsevat yleensä listauksen alussa, ja niiden tunniste poikkeaa muiden tunnisteista, mikä nähdään kuvassa 5.5 toisella rivillä ylhäältä luettuna. Silti ne voidaan valita rivillä olevalla painikkeella aktiiviseksi, mikä voi johtaa tietojen menetykseen kyseisen mittauksen osalta.

Ratkaisuna oikean rivin hahmottamiseen painikkeen voisi siirtää lähemmäs rivillä olevaa tunnistetta. Lähtökohtaisesti kutienkin erilliset tietoalkiot pitäisi pystyä erottamaan toisistaan helposti. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi asettamalla joka toiselle riville tummempi tausta. Eri tuotantokoneita koskevat rullien tiedot voisivat myös olla eri taulukoissa. Se olisi loogisempaa ja helpottaisi niiden erottamista. Taulukossa olevien sarakkeiden määrää voisi vähentää, sillä ainoat tiedot, joita tietoalkion valinnassa tarvitaan, ovat kokemani ja operaattorin 1 mukaan tunniste ja kellonaika. Näin eri tuotantokoneille mahtuisi samaan näkymään omat taulukot, joissa on kutakin koskevat tietoalkiot listattuna. Myös oikean rivin valitseminen olisi helpompaa rivin ollessa lyhyempi. Vaikka päädyttäisiin edelleen pitäytymään yhdessä taulukossa, helpottaisi taulukon pienentäminen oikean rullan valintaa järjestelmässä.

Taulukossa ei pitäisi myöskään olla rullia, jotka eivät ole vielä mitattavissa. Nämä pitäisi piilottaa taulukosta. Mittausta on mahdotonta tehdä kohteelle, ja kohteen näkyminen taulukossa vain altistaa virheelliselle kohdentamiselle. Seuraavaksi valmistuvan rullan näkyminen taulukossa ei kokemani mukaan muutenkaan ole millään tavalla tarpeellista.

5.1.4 Rullan manuaalinen kirjaus järjestelmään

Operaattorit 3 ja 5 toivat esille rullan manuaalisen luonnin ongelmia. Joissakin tilanteissa paperikoneen rullan valmistuminen ei kirjaudu automaattisesti järjestelmään. Tällöin luontiajan asettaminen on edellä esitellyn katkoajan kirjaamisen tapaan ongelmallista, eikä järjestelmä tarjoa sopivaa aikaa. Järjestelmä ei myöskään ilmeisesti tarjoa luotavalle rullalle automaattisesti tunnistetta. Tämän syöttäminen käsin aiheuttaa virheen mahdollisuuden ja tunnisteiden korjaaminen ei ole operaattorin 3 kertoman mukaan yksinkertainen tehtävä. Tästä syystä rullan tunnisteiden oikeellisuus pitäisi jotenkin varmistaa sitä luotaessa.

Myös rullalla olevan paperin pituuden muuttaminen on vaikeaa. Tuotannossa voi tulla tilanteita, joissa ei olla varmoja rullalla olevan paperin pituudesta. Tämä aiheuttaa työssä saamani kokemuksen perusteella ongelman pituusleikkurilla. Mikäli esimerkiksi rullaa manuaalisesti luotaessa on asetettu rullalle liian lyhyt pituus, ei pituusleikkurin MES-näkymässä saada kirjattua viimeistä valmistuvaa rullaa järjestelmään, koska paperikoneelta tullessa rullassa ei ole järjestelmän mukaan tarpeeksi paperia. Rullalla olevan paperin pituutta pitäisi tällöin muuttaa manuaalisesti. Tämä on työssä kokemani, sekä operaattorin 3 mukaan melko vaikea toimenpide.

Operaattorin 5 kertoman, ja tekemieni havaintojen mukaan myös tilauksen vaihtamisen unohtuminen lajinvaihtotilanteessa aiheuttaa toisinaan ongelmia. Lajinvaihtotilanteessa on melko paljon häiriötekijöitä, mikä edesauttaa unohtumista. Tällöin tilauksen ensimmäinen valmistuva rulla kirjataan väärälle tilaukselle. Myös rullan leveys ja lajitiedot saattavat olla väärä kyseiselle tilaukselle. Näiden korjaaminen jälkikäteen on vaikeaa. Tämä koros-

tuu etenkin, mikäli paperikoneelta valmistuu useampi rulla kerralla. Tällöin toinen rullista jää kokonaan kirjaamatta, mikäli edeltävässä tilauksessa on tuotettu täysleiveitä rullia. Näiden tietojen korjaaminen manuaalisesti jälkikäteen on työlästä.

Näitä ongelmia voisi helpottaa mahdollistamalla muokkaus esimerkiksi paperikoneen rullan tunnistetta klikkaamalla aukeavassa näkymässä. Näkymä on tälläkin hetkellä olemassa, mutta muokkaus pitäisi sallia sen kautta. Muokkausta tehdessä pitäisi aueta myös dialogi, jossa varmistetaan muokkauksen olevan tarkoituksellista. Manuaalisesti tehtävistä muokkauksista tulisi myös jäädä merkintä järjestelmän lokeihin toiminnon seurattavuuden varmistamiseksi. Lajinvaihtotilanteessa tapahtuvan tilauksen vaihtamisen unohtumista voisi esimerkiksi helpottaa antamalla jonkinlainen muistutus esimerkiksi edeltävän tilauksen täytyessä järjestelmässä. MES voisi tarjota esimerkiksi tilauksen täytyessä rullan rekisteröinnin jälkeen ponnahdusikkunan, joka muistuttaa tilauksen täyttymisestä ja tarjoaa tilauksen vaihtoa seuraavaan. MES voisi avata ikkunan esimerkiksi, kun tilaus on tietyn prosenttimäärän päässä täydestä, jolloin lajinvaihto todennäköisesti tehtäisiin.

5.1.5 Tietojen esittäminen tuotannoseurannan käyttöliittymässä

MES:ssä on taulukoita, joissa rullan tai ajon eri tiedot on esitetty sarakkeissa, joita on monta. Tällainen taulukko tarvitsee leveydestä johtuen vaakavierityspalkin, jonka käyttö on operaattorien 2 ja 3 kertoman mukaan turhauttavaa. Taulukko hidastelee välillä, ja vaakavierityspalkki tökkii vaikeuttaen lukemista ja oikean sarakkeen löytämistä. Yleisesti vaakavierityspalkin käyttöä tulisi välttää, vaikkakin juuri ikkunaa leveämmät taulukot voivat aiheuttaa sille tarpeen (SFS-EN ISO 9241-151 2010, s. 65). Operaattorin 3 mukaan tietoa pitäisi olla vähemmän oletuksena esillä, mutta tiettyä rullaa klikkaamalla saisi kyseisen rullan tarkemman tietonäkymän auki. Näin vaakavieritystä ei tarvitsisi. Muistan itse myös työskennellessäni kohdanneeni kuvatus kaltaisia taulukoita. Nämä sijaitsivat lähinnä syvemmällä järjestelmässä, ei PTS:n päänäkymissä ("Ajo-ohjelma", "Raaka-aineet", ...). Näihin ei kuitenkaan haastattelutilanteissa päästy testijärjestelmällä käsiksi. Operaattori 2 pohti myös taulukon pystyvierityksen tarpeellisuutta. Tällä hetkellä sekä sivulla, johon taulukko on upotettu että itse taulukolla on pystyvierityspalkit. Sivun voisi olla taulukon pituinen, jolloin vain pääikkuna tarvitsisi vierityspalkin.

Operaattorin 4 mukaan koneen ajoparametrit ja -tiedot pitäisi esittää paremmin. Laatuarvojen muokkaus ei onnistu "Tuotanto" -välilehden vaakamuotoisessa taulukossa operaattorin 5 mukaan. Ominaisuutta tarvitaan tiettyjen laatuarvojen kirjaamiseen. Hänen mukaansa lisäksi samannäköisiä tietonäkymiä on miltei samoilla tiedoilla useita. Tiedoissa kuitenkin oleellisia eroja siten että oikean löytäminen on vaikeaa ja epäintuitiivista ilman tallennettuja välilehtiä. Operaattorien 3 ja 5 mukaan järjestelmässä navigointi on myös yleisesti vaikeaa ilman tallennettuja välilehtiä. Mikäli joku sulkee sovelluksen, voi jonkin tietyn näkymän löytäminen olla usean minuutin työn takana.

Lisäksi operaattorien 1 ja 2 mukaan laaturaja-arvojen tarkastelu "Tuotanto" -näkyvästä on vaikeaa. Arvot voisivat olla kootusti jossakin esillä. Tällä hetkellä jokaiselle suurelle pitää katsoa raja-arvo erikseen viemällä hiiri halutun suureen päälle. Eri laadunmääritysarvoja on useita, jolloin niiden kaikkien tarkistamiseen kuluu aikaa tarpeettoman paljon.

Lajinvaihtotilanteita varten pitäisi olla operaattorien 3 ja 5 mukaan tietonäkymä, josta saisi kaiken siihen tarvittavan tiedon ilman sivuilla siirtymistä. Operaattori 3 mainitsi eri sivujen välillä siirtymiseen menevän turhaan aikaa, sillä lajinvaihdossa tarvittavat arvot eivät ole samalla sivulla. Tällä hetkellä esimerkiksi pituusleikkurin paperikoneen tarvitsemat parametrit eivät ole samassa näkymässä. Operaattorit 1 ja 5 toivoivat näkymää, jossa näkyisi koneen parametrit, tavoitearvot ja reseptit valittujen ajojen historiatietojen kanssa samassa taulukossa.

"Koneasetukset" -näkyvä kuvassa 5.6 sai kehuja sen tarjoaman tietonäkymän ja esitysmuodon perusteella kolmelta haastateltavalta. Tästä ei kysytty haastateltavilta erikseen. Edellä esitettyjä lajinvaihtoon liittyviä toiveita ominaisuuksista voisikin toteuttaa sen yhteyteen. Näin operaattorien ei tarvitsisi etsiä eri ajojen tietoja usealta eri MES:n sivulta. Tällä hetkellä kaikkea tarvittavaa tietoa ei ainakaan sen kautta operaattorien mukaan saa. Kuten kuvasta 5.6 nähdään, "Koneasetukset" -näkyvä sisältää jo suunnilleen operaattorien kaipaamat tietolajit.

Haastattelujen perusteella samaan näkymään haluttaisiin useamman eri ajon tiedot samanaikaisesti näkyviin. Sivulla pitäisi näkyä myös kunkin ajon mitatut laatutiedot ja tavoitearvot sekä laadun raja-arvot. Paras esitysmuoto olisi todennäköisesti nytkin käytössä oleva pystysuuntainen taulukko. Näin näytölle mahtuisi useamman eri ajon tiedot ilman tarvetta vaakasuuntaiselle vierityspalkille. Vaakasuuntaista vieritystä tulisi yleisesti välttää kuten teoriassa on esitelty. Myös haastatteluissa vaakasuuntainen vieritys joissakin muissa taulukoissa koettiin toimintaa vaikeuttavaksi.

5.1.6 Vuoropäiväkirjan kehityskohteet

Työn ohessa kokemani mukaan vuoropäiväkirjassa kirjaukset ovat listana kronologisessa järjestyksessä. Näitä kirjauksia ennen listauksessa on kiinnitettyjä tiedotteita ja ilmoituksia. Operaattorien 3 mukaan päiväkirjajärjestelmässä on liikaa kiinnitettyjä kirjauksia itse päiväkirjan alussa. Tämä tekee näkymästä epäselvän. Lisäksi ajankohtaiset tiedotteet hukuvat vanhojen ilmoitusten sekaan. Näitä pitäisi järjestää jotenkin tai siirtää toiseen näkymään vuoropäiväkirjan alusta.

Operaattorien 1 ja 4 mukaan vuoropäiväkirjaan kirjataan tietoa, joka järjestelmällä on jo käytössä, kuten päivämäärä ja vuorossa koneella työskentelevät henkilöt. Operaattori 1 ehdotti esimerkiksi vuorokohtaisia "kirjautumispainikkeita", jotka lisäävät kyseisen vuoron henkilöt kerralla päiväkirjakirjaukseen. Koneella työskentelevät henkilöt ovat kuitenkin

	Yksikkö	Alahylkäysraja	Alavaroitusraja	Tavoite	Ylävaroitusraja	Ylähylkäysraja	12.11.2021 18.40	12.11.2021 18.40	12.11.2021 18.40
Laatu									
...			
Kone									
...			
Massan valmistelu									
...			

Kuva 5.6. MES:n "koneasetukset" -näkyvä, rajattu ja muokattu

vuorokohtaisesti yleensä samoja.

Vuoropäiväkirjan alkuun kiinnitettyjen ilmoitusten ja tiedotteiden määrä tulisi pitää kohtuullisen alhaisena. Päiväkirjaan oli kokemuksenikin mukaan kiinnitettynä myös vanhoja tiedotteita, jotka olisi voinut ainakin siirtää johonkin muualle päiväkirjan alusta. Liian pitkä listaus saa olennaisimmat ja uudet viestit hukkumaan muiden sekaan. Uusinta tiedotetta voisi jotenkin korostaa, jotta se tulisi tiedotteiden seasta varmemmin luettua. Tämä voisi olla myös kunkin tiedotteen kohdalla valinnainen ominaisuus, jonka voisi asettaa tiedotetta kiinnittäessä. Vaihtoehtoisesti tiedotteille voisi olla jokin muu paikka, siten että vain ajankohtaisimmat olisivat vuoropäiväkirjan alussa, jotta listaus ei kasvaisi liian pitkäksi.

Kunkin kirjauksen otsikko koostuu vuoron ajankohdasta (aamu, ilta, yö) ja päivämäärästä. Nämä kirjoitetaan otsikkokenttään käsin. Operaattorit 1 ja 4 pohtivat, että järjestelmän luulisi pystyvän täyttämään tämän kaltaiset tiedot kirjaushetken perusteella automaattisesti. Lisäksi kunkin koneella työskentelevän henkilön kirjaamista vuoroon erikseen herätti ihmetystä. Tuotannossa noudatetaan säännöllistä vuorokalendaria, ja vuorojen henkilöstöt pysyvät pääosin samoina. Siten järjestelmä voisi ainakin ehdottaa tiettyjä henkilöitä tietyn vuoron kohdalla järjestelmään kirjattaviksi. Näitä voisi sitten tarvittaessa muuttaa.

5.2 Ehdotukset koskien toimintoja

5.2.1 Järjestelmän latausajat ja viiveet

Yksi merkittävästi käytettävyyteen vaikuttava asia on haastatteluissa ja kokemani perusteella esiin tulleet järjestelmän ajoittainen hitaus. Järjestelmässä on operaattorien 2 ja 3 mukaan toisinaan jopa 30 sekunnin odotusaikoja eri toimintojen jälkeen sekä näkymästä toiseen siirryttäessä. Myös operaattori 4 mainitsi merkittävimmäksi ongelmaksi ajoittaisen hitauden. Tämä vaikeuttaa toimintaa toisinaan huomattavasti. Lisäksi näytteen mitaustulosten tiedonsiirrossa voi operaattorin 2 kertoman mukaan kestää pahimmillaan 10 minuuttia.

Tällä hetkellä joihinkin näkymiin pitää työskennellessä saamani kokemuksen ja operaattorien kertoman perusteella navigoida usean eri vaiheen kautta. Jokainen navigoinnin askel kestää sivun latautumisesta johtuen toisinaan useita sekunteja ja pidentää siten navigointiin kuluva kokonaisaikaa. Mikäli navigointia voisi vähentää, ei aikaa kuluisi tietyissä toiminnoissa tarpeettomien näkymien lataamiseen vain sivuilla siirtymisen takia. Joissakin tapauksissa joudutaan siis odottamaan sivun latautumista jopa kymmeniä sekunteja todennäköisesti ajantasaisen tietonäkymän päivittämisen takia, vaikka ainoa käyttäjän tarve kyseisellä sivulla on vain siirtyä jollekin toiselle sivulle sen kautta. Operaattorit kertoivat esimerkiksi pituusleikkurin tietojen tarkastamiseen kuluvan aikaa latausajoista johtuen toisinaan jopa useita minuutteja.

Kokemani perusteella järjestelmän hitaus pituusleikkurilla hidasti tietyillä lajeilla pahimmillaan leikkurin tuotantoa. Tämä johtui siitä, että valmistuneiden rullien kirjaus ja etikettien tulostus kestivät toisinaan minuutteja, eikä valmistuneita rullia saanut lähetettyä uusien edestä pois. Tämän tasoisia tilanteita ei monesti tapahtunut, mutta tässä tilanteessa viive vaikutti käytettävyyden lisäksi tuotantoon. Järjestelmä toimi yleensä ilman merkittävää hidastelua odotusaikojen ollessa kuitenkin useita sekunteja. Toisinaan aikaa saattoi mennä minuuttikin yhdestä toiminnosta suoriutumiseen.

Käytettävyyteen liittyy oleellisesti tehokkuus, eikä kymmenien sekuntien odotusajat näkymästä toiseen ole tällöin hyväksyttäviä. Mikäli näkymien päivittämisen hitautta ei voida jostain syystä merkittävästi parantaa, tulisi näkymien välillä siirtymisen tarvetta vähentää. Tällöin järjestelmä ei tule ladanneeksi vain välietappeina tarvittujen sivujen sisältöjä. Tämä nopeuttaisi järjestelmän käyttöä. Tarkoituksen mukaiset tietonäkymät helpottavat tätä ongelmaa. Mikäli suurin osa oleellisesta ja usein tarvittusta tiedosta löytyy samasta näkymästä, vähenee järjestelmässä navigoinnin tarve. Esimerkkinä voidaan mainita luvussa 5.1.2 esitelty rullan hyväksymisen yksinkertaistaminen siten, että kaikki toiminnot tapahtuisivat yhdestä painikkeesta ilman tarvetta navigoinnille.

5.2.2 Paperikoneen ajoparametrien automaattinen siirto

Haastattelujen, sekä kokemukseni perusteella yleisenä käytäntönä on, että paperikoneelle syötettävät ohjausparametrit tulostetaan ensin yhdestä järjestelmästä paperille ja syötetään sitten valvomo-ohjelmistolle käsin. Tämä altistaa virheille ja kuluttaa aikaa. Haastattelujen perusteella yleinen käytäntö lajinvaihdossa on asettaa koneeseen samat parametrit, joilla kyseistä paperilajia on ajettu viime kerralla ja tehdä tarvittavat muutokset näihin arvoihin. Tämä johtuu siitä, että lähtökohtaisesti arvot eivät ole täysin vakioita kuten ohjereseptissä. Arvoihin vaikuttavat operaattorien 1 ja 4 mukaan paperikoneessa muuttuvat tekijät, kuten viirojen ja huopien iät.

Operaattori 4 ehdotti, että MES:stä saisi vietyä viime saman lajin ajossa käytetyt ohjausparametrit prosessinohjauksen asetuskäyttöön. Valvomo-ohjelmistolla operaattori voisi tarkastaa ja muokata arvoja ja vaihtaa ne koneen käyttämiksi arvoiksi hyväksymällä ne painikkeella. Nykyään arvot syötetään kyseisiin kenttiin käsin yksitellen ja sitten hyväksytään käytettäväksi arvoiksi. Nämä arvot tulisi saada siirrettyä suoraan MES:stä valvomo-ohjelmistoon. Arvot ovat jo valmiiksi MES:n tiedossa. Teoriassa käsitellyn standardinkin mukaan järjestelmään ei tulisi syöttää tietoa, joka sillä jo on oikeellisena digitaalisessa muodossa. Käsin syötettävästä tiedosta tulisi päästä eroon. Tämä vaarantaa tiedon oikeellisuuden, ja tuottaa tarpeetonta työtä. Lisäksi tuotantokoneiden parametrien siirtämisen voidaan yleisesti katsoa kuuluvan MES:n yleisiin toimintoihin.

Operaattori 1 ehdotti myös tietojen siirtoa jotakin muuta tapaa käyttäen kuin paperilta kopioiden, kuten tällä hetkellä kyseisellä koneella toimitaan. Mainittuani tiedonsiirtomahdollisuudesta, pohti hän, että MES voisi tarjota näkymässä 5 viime kyseisen paperilajin tuotantokerran arvoja. Tämän lisäksi voitaisiin tarjota ohjeenmukaista reseptiä ja näistä operaattori voisi valita valvomo-ohjelmiston valmistelunäkymään siirrettävän arvokokonaisuuden. Valvomo-ohjelmistossa on eräässä näkymässä kaksi rinnakkaista aluetta, joista toisessa on käytössä olevat arvot ja toisessa arvot, jotka otetaan käyttöön seuraavaksi. Operaattori voisi harkintansa mukaan valita jotkin siirrettäväksi valvomo-ohjelmiston valmistelunäkymään. Siinä operaattori voisi vielä muuttaa yksittäisiä arvoja halutessaan.

MES:n "Koneasetukset" -näkyvä vastaa haastattelujen perusteella tällä hetkellä melko hyvin sitä, mitä operaattorit haluavat. Tämä näkyvä olisi muutenkin loogisin valvomo-ohjelmistolle siirrettävien arvojen valitsemiseen. Luvun 5.1.5 viimeisissä kappaleissa on esitelty haastattelujen perusteella muodostettu rakenne "koneasetukset" -näkyville.

5.2.3 Pituusleikkurin tietojen tarkastelu

Operaattorien 2,3 ja 4 mukaan paperikoneella tapahtuva pituusleikkurin tietojen tarkastaminen ei onnistu MES:n kautta tarpeeksi vaivattomasti. Tarkastuksen voi tehdä toisen järjestelmän kautta merkittävästi helpommin. MES:n toiminto on operaattorien kertoman

perusteella sijoitettu liian syvälle järjestelmään. Tarvittavien tietojen tarkastamisen pitäisi onnistua nopeammin. Tällä hetkellä MES:n ajo-ohjelman kautta avataan trimmilista, joka avautuu uudelle sivulle. Tälle sivulle pitää kirjautua ja sitten vielä navigoida oikealle sivulle, jolta saadaan tarvittavat lukuarvot tarkistettua. Tämä toiminto täytyy toistaa käytännössä jokaisessa tilauksen vaihdossa.

Nämä arvot voisivat olla esillä paperikoneella samassa yleisnäkyvässä, jossa esitetään paperikoneen ajokohtaiset tiedot, kuten paperiradan leveys ja neliöpaino. Myös operaattorit 3 ja 4 ehdottivat samaa haastatteluissa. Pituusleikkurilta tarvitaan kokemani perusteella vain kolmea eri tietoa. Nämä todennäköisesti sopivat nykyiseen käyttöliittymään tilankäytön puolesta. Toinen vaihtoehto olisi painike, josta aukeaa "tooltip" -tyyppinen pieni tietoruutu, jossa tarvittavat arvot on esitetty. Näin arvon tarkastaminen ei vaatisi navigointia toiseen järjestelmän osaan. Tämäkin toiminto on kohtalaisen usein käytetty, joten sen tulisi olla melko yksinkertainen ja vähäisen navigoinnin takana.

5.2.4 Laadunhallinnan mittausten asetusten tallentaminen

Operaattorien 1, 2, 3 ja kokemani mukaan laboratoriossa kohteen valinnan jälkeen tapahtuvien asetusten asettaminen tapahtuu joka kerta samalla tavalla, ja tuo samojen painikkeiden "klikkailu" turhautti heitä. Näiden asetusten valinnassa ei heidän kertomansa mukaan tapahtunut koskaan poikkeuksia, vaan ne valittiin aina samalla tavalla. Operaattori 3 mainitsi että asetukset voisivat olla työpistekohtaisesti tallennettuna ja asetettuna valmiiksi. Tälläkin hetkellä järjestelmä osaa kuitenkin tarjota työpistekohtaiset asetukset, jotka pitää manuaalisesti ottaa käyttöön.

Laboratoriomittauksen esiasetukset asetetaan työpistekohtaisesti aina samalla tavalla. Asetuksissa valitaan käytettävät mittalaitteet, ja lähtökohtaisesti jokaisessa mittauksessa käytetään kaikkia laitteita. Vaikka kaikkia ei käytettäisi, ylimääräisten valitseminen ei vaikuta mittaukseen. Asetukset tulisi olla tallennettuna MES:ään työpistekohtaisesti. Mikäli asetukset olisivat tallennettuna, ainoa toimenpide järjestelmässä olisi valita tietoalkio, jolle mittaukset kohdennetaan.

5.2.5 Mitattavien arkkien määrän valinta

Operaattori 1 kertoi, että tietyillä lajeilla oletuksena käytettävä mitattavien arkkien määrä saattaa aiheuttaa mittauksen epäonnistumisen. Havaitsin tämän myös itse toisinaan työjaksoni aikana. Mittaukseen pitäisi saada valittua tietyissä tilanteissa oletusta enemmän, sekä toisinaan oletusta vähemmän arkkeja. Muuten arvoja joutuu laskemaan laskimella, ja sitten syöttämään ne käsin järjestelmään. Tämä altistaa turhaan virheille.

Mittauksen epäonnistuessa se täytyy toistaa poikkeavalla määrällä arkkeja. Tällöin tiedonsiirto MES-järjestelmään pitäisi keskeyttää. Mittaustuloksista lasketaan sen jälkeen

laskimella yhtä arkkia vastaava arvo, ja syötetään se käsin mittaustuloksiin, mitä varten täytyy avata uusi sivu ja etsiä sieltä oikea näkymä. Tämä altistaa turhaan virheellisille syönteille ja laskutoimituksille. MES:ssä voisi olla toiminto, jolla mitattavien arkkien määrä tätä tiettyä koetta varten voitaisiin vaihtaa esimerkiksi 2 arkkia suuremmaksi tai pienemmäksi. Tämä valinta voitaisiin tarvittaessa tehdä mittausta aloitettaessa. Mikäli valintaa ei erikseen tehdä, käytettäisiin oletusmäärää arkkeja. Tämä helpottaisi operaattorien työtä ja vähentäisi virheellisiä syönteitä. Edeltävässä järjestelmässä vastaava ominaisuus oli.

5.2.6 Tietonäkymien automaattinen päivittäminen ja asetusten säilyvyys

Operaattorit 1, 2, 3 ja 4 kertoivat sivujen manuaalisen päivittämisen olevan epäintuitiivista ja rasittavaa. Sivua vaihdettaessa käyttöliittymän navigointipainikkeita käytettäessä näkymä täytyy manuaalisesti päivittää painikkeesta, vaikka sivu juuri aukesi. Eri sisällöt samalla sivulla saattaa lisäksi joutua päivittämään eri painikkeista. Operaattori 4:n mukaan joillekin sivuille saa asetettua automaattisen päivityksen valitulla aikavälillä, mutta tämäkään valinta ei säily, mikäli vaihtaa näkymää ja palaa takaisin. Mikäli esimerkiksi "Tuotanto" -välilehdelle asetti automaattisen päivityksen ja vaihtoi vaikkapa "Raaka-aineet" -välilehdelle ja takaisin, poistuu asetettu automaattipäivitys käytöstä. Operaattori 3 kertoi, että häntä oli kehoitettu olemaan käyttämättä automaattista päivitystä, jotta paikallinen sovellus ei kaatuisi.

Myös jotkin sovelluksen tietonäkymät muodostuvat esiasetettujen kyselyiden perusteella. Operaattori 3 mukaan myös nämä kyselyt ovat toisinaan nollautuneet, tai niissä on joidakin vääriä asetuksia siten, että listauksessa näkyy väärän tuotantokoneen rullia. Tarve ei ole millekään muulle, kuin oman koneen rullien tarkastelulle. Tallennetut esiasetukset ovat myös hävinneet toisinaan. Tämä näkymä oli erillinen MES:n perusnäkökuvasta, eikä siihen ei päästy asioimaan testijärjestelmällä, joten sen tarkka nimi jäi puuttumaan. Taulukko sisälsi kuitenkin ajojen historiatietoja.

Sivujen manuaalinen päivittäminen ei ole käytettävyyden kannalta ihanteellista. Automaattinen päivittäminen toisaalta hidastaisi järjestelmää entisestään. Manuaalisen päivittämisen olisi kuitenkin hyvä tapahtua yhdestä painikkeesta kullakin sivulla. Näin koko sivun saisi ajan tasalle kerralla, eikä tarvitsisi aina klikata useampaa päivitysnappia. Sivun tulisi myös tallettaa käyttäjän tekemät asetukset. Operaattori 3 mukaan kysely oli välillä tallessa ja välillä sen joutui tekemään uudestaan. Myös automaattiset päivitykset pitäisi säilyä voimassa. Melko usein on tarve vaihtaa näkymää "Tuotanto" -välilehdeltä, jolloin automaattipäivitys täytyy asettaa uudelleen. Tämä tekee sen käytöstä turhauttavaa.

5.3 Kehitysehdotukset koottuna

Seuraavassa listauksessa on tiivistettynä edellä esiteltyt kehityskohteet katsomassani tärkeysjärjestyksessä.

1. Järjestelmän hitaudesta ja viiveistä tulisi päästä eroon.
2. Rullan valmistumista seuraavia toimenpiteitä tulisi yksinkertaistaa ja mahdollistaa rullan vapauttaminen suoraan taulukosta.
3. Ratakatkojen käsittelyä pitäisi helpottaa etenkin pidempien katkojen kohdalla.
4. Paperikoneen ohjausparametrit tulisi saada siirrettyä MES:stä valvomo-ohjelmistolle.
5. Lajinvaihtoa varten pitäisi olla yksi näkymä, josta saa kaiken lajinvaihtoon tarvittavan tiedon ilman navigointia.
6. Laadunhallinnan mittausnäkyvän taulukoiden asettelua ja rullan valintaa tulisi parantaa.
7. Laadunhallinnan mittausnäkyvän tulisi tallentaa työpistekohtaisesti käytettävät asetukset ja mittalaitteet.
8. Eri tietonäkymien tarkoituksenmukaisuutta ja toimivuutta tulisi arvioida tarkemmin ja muuttaa niitä tarvittavilta osin.
9. Rullan tietojen manuaalista kirjausta ja muokkausta tulisi yksinkertaistaa.
10. Pituusleikkurin tietojen tarkastelua pitäisi helpottaa paperikoneen operaattorille.
11. Näkymien tulisi päivittyä automaattisesti ilman manuaalisia päivityspainikkeita.
12. Käyttäjien tekemien valintojen ja kyselyjen pitäisi tallentua järjestelmään eri sivujen välillä siirryttäessä.
13. Hukka-aikojen kirjausta tulisi helpottaa tapauksissa, joissa aika ulottuu usealle eri tilaukselle.
14. Mittauksessa mitattavien arkkien määrää tulisi pystyä muuttamaan järjestelmässä.
15. Vuoropäiväkirjan tulisi täyttää toistuvat ja päiväkohtaiset tiedot automaattisesti.
16. Vuoropäiväkirjassa oleville kiinnitetyille ilmoituksille pitäisi varata tilaa jostain muualta, tai niitä tulisi vähentää.

Järjestyksessä on painotettu niitä asioita, joita haastateltavat toivat eniten esille. Tässä työssä ei työn laajuuden rajoissa voitu käsitellä kaikkia esille tulleita ehdotuksia yhtä laajasti. Kaikkia haastatteluissa ja kokemani perusteella ilmi tulleita asioita ei tuotu työssä esille. Painotus myös esille tuotavien kohteiden valinnassa oli haastattelijan perusteella esiin tulleissa. Nämä tosin olivat pääosin samoja, joita itse havaitsin työjaksoni aikana.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää kehityskohteita kohdeyrityksen MES-järjestelmän operaattorin käytössä oleviin toimintoihin ja käytettävyyteen liittyen. Työn alkupuolella tehtiin kirjallisuusselvitys MES:n toiminnoista ja roolista yrityksessä. Tämän lisäksi tehtiin lyhyt katsaus käyttöliittymäsuunnitteluun ja käytettävyyteen. Työtä varten järjestettiin myös puolistrukturoituja haastatteluja, joissa järjestelmää käyttäviltä operaattoreilta kerättiin kokemuksia ja ehdotuksia järjestelmää koskien. Aineistona hyödynnettiin myös henkilökohtaista kokemustani järjestelmän käytöstä työsuhteen aikana. Näiden haastattelujen tuloksia analysoitiin ja hyödynnettiin työn käytännön osassa.

Tutkimuksessa tuli ilmi selkeitä ongelmia käytettävyyden ja toimintojen osalta. Merkittävimpinä ongelmina voidaan mainita järjestelmän hitaus ja joidenkin usein tarvittujen toimintojen monimutkaisuus. Näitä oli esimerkiksi valmistuneen rullan ja katkotilanteiden käsittelyssä. Myös joitakin tietonäkymiä ja näkymien asetteluja pitäisi parantaa. Lisäksi esiin nousi toimintoja, joita voisi automatisoida pidemmälle, kuten tuotantokoneen ohjausparametrien automaattinen siirto MES:stä valvomo-ohjelmistolle, joka tällä hetkellä suoritetaan paperilapulta käsin kopioiden. Tutkimuskysymyksiin saatiin siis laajalti vastauksia.

Tulosten laatua ja toistettavuutta voitaisiin parantaa, mikäli haastateltavien otanta olisi laajempi sekä eri paperikoneiden että vuorojen osalta. Tätä rajoittaa työn laajuus. Pystyin toisaalta arvioimaan myös haastatteluissa vähemmän ilmi tulleiden asioiden esille tuonnin tarpeellisuutta suorittamani järjestelmän käytön tuoman kokemuksen avulla. Työn laajuus ei myöskään sallinut tarkempaa analyysia kehityskohteiden ja -ehdotusten osalta. Ensimmäisissä haastatteluissa esiin tulleiden asioiden pohjalta olisi voinut muodostaa tarkennettuja kysymyksiä tärkeimmiksi koetuista kehityskohteista ja järjestää näillä kysymyksillä uudet haastattelut.

Työssä havaittuja kehityskohteita kannattaa lähteä jatkokehittämään. Tämä koskee etenkin niitä kohteita, jotka tulivat esille monen operaattorin kanssa. Tämän kaltaisia kohteita oli useampia. Järjestelmän ollessa käytössä mahdollisesti pidemmänkin aikaa, pienikin parannus usein toistuvien toimintojen käytettävyydessä on merkittävä.

LÄHTEET

- Allen, J. (2012). *Smashing UX design : foundations for designing online user experiences*. eng. Chichester, England.
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). eng. *Journal of Innovation Management* 3.4, s. 16–21. ISSN: 2183-0606.
- Günther, O. P., Kletti, W. ja Kubach, U. (2008). The Role of Manufacturing Execution Systems. *RFID in Manufacturing*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, s. 35–59. DOI: 10.1007/978-3-540-76454-0_3.
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution Systems - MES*. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN: 9783540497431.
- Kucharska, E., Grobler-Dębska, K., Gracel, J. ja Jagodziński, M. (2015). Idea of Impact of ERP-APS-MES Systems Integration on the Effectiveness of Decision Making Process in Manufacturing Companies. *Beyond Databases, Architectures and Structures*. Toim. S. Kozielski, D. Mrozek, P. Kasprowski, B. Małysiak-Mrozek ja D. Kostrzewa. Cham: Springer International Publishing, s. 551–564. ISBN: 978-3-319-18422-7.
- Lynch, P. J., Horton, S. ja Marcotte, E. (2016). *Web Style Guide, 4th Edition : Foundations of User Experience Design*. Yale University Press. ISBN: 9780300211658.
- Mantravadi, S., Jansson, A. D. ja Møller, C. (2020). User-Friendly MES Interfaces: Recommendations for an AI-Based Chatbot Assistance in Industry 4.0 Shop Floors. eng. *Intelligent Information and Database Systems*. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, s. 189–201. ISBN: 9783030420574.
- Meyer, H. (2009). *Manufacturing execution systems optimal design, planning, and deployment*. eng. 1st edition. New York: McGraw-Hill. ISBN: 1-282-09205-7.
- Pedone, G., Háý, B. ja Váncza, J. (2021). Manufacturing Execution System Integration through the Standardization of a Common Service Model for Cyber-Physical Production Systems. English. *Applied Sciences* 11.16, s. 7581.
- Saaranen-Kauppinen, A. ja Puusniikka, A. (2006). 6.3.3 Strukturoitu ja puolistrukturoitu haastattelu. *KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkköjulkaisu]*. URL: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html (viitattu 01.11.2021).
- SFS-EN 62264-1:en (2016). *Enterprise-control system integration - Part 1: Models and terminology*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN 62264-3:en (2017). *Enterprise-control system integration - Part 3: Activity models of manufacturing operations management*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.

- SFS-EN 62264-5:2016:en (2016). *Enterprise-control system integration - Part 5: Business to manufacturing transactions*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 9241-110:2020:en (2020). *Ergonomics of human-system interaction. Part 110: Interaction principles (ISO 9241-110:2020)*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 9241-112:2017:en (2017). *Ergonomics of human-system interaction. Part 112: Principles for the presentation of information (ISO 9241-112:2017)*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.
- SFS-EN ISO 9241-151 (2010). *Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia. Osa 151: Opastusta WWW-käyttöliittymiä varten*. Suomen Standardisoimisliitto, Helsinki.
- Wang, H., Liu, L., Fei, Y. ja Liu, T. (2016). A collaborative manufacturing execution system oriented to discrete manufacturing enterprises. *Concurrent Engineering* 24.4, s. 330–343. DOI: 10.1177/1063293X16640591.
- Younus, M., Peiyong, C., Hu, L. ja Yuqing, F. (2010). MES development and significant applications in manufacturing -A review. *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer*. Vol. 5, s. V5-97-V5–101. DOI: 10.1109/ICETC.2010.5530040.