

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

LUT Kone

BK10A0402 Kandidaatintyö

TEHTAAN KUORMITUS- JA KAPASITEETTISUUNNITTELUN DIGITALISOINTI

DIGITALIZATION OF LOAD AND CAPACITY PLANNING IN PLANT

Lappeenrannassa 23.5.2017

Tuomas Simula

Tarkastaja TkT Merja Peltokoski

Ohjaaja Juha Tolvanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Tuomas Simula

Tehtaan kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelun digitalisointi

Kandidaatintyö

2017

36 sivua, 7 kuvaa ja 1 taulukko

Tarkastaja: TkT Merja Peltokoski

Ohjaaja: Juha Tolvanen

Hakusanat: Karkeasuunnittelu, karkeakuormitus, kapasiteettisuunnittelu, tuotannonohjaus

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli rakentaa metallialan yritys Meconet Oy:lle digitaalinen työkalu tuotannon karkeasuunnittelun tueksi. Työkalun tuli sisältää visuaaliset kone- ja osastokohtaiset viikko- ja kuukausinäkymät kuormitukselle. Lisäksi työkalun vaadittuihin ominaisuuksiin kuuluivat kuormitusdatan reaaliaikaisuus sekä työkalun käytön automaattisuus.

Kuormitustyökalun tarpeeseen ja käyttötarkoitukseen perehdyttiin toimimalla yrityksen tuotannonohjauksen keskellä. Tutkimuksen perustana käytettiin kirjallisuuslähteitä sekä asiantuntijoiden haastatteluja. Työkalun rakentaminen tapahtui Excel-tilaukkelaskentaohjelmalla. Yrityksen käyttämästä ERP-järjestelmästä ohjelmaan tuotava data sisälsi henkilöstö- ja työvuorolistoja sekä yrityksen aiemmin tuottamia kapasiteettisuunnittelun raportteja.

Työn tuloksena saatiin rakennettua kohdeyrityksen haluama digitaalinen ja visuaalinen työkalu tuotantoon päätöksenteon tueksi. Työn jälkeen tehtaan tuotannonohjaajien toimintatavat karkeasuunnittelussa muuttuivat helpommiksi, selkeämmiksi ja nopeammiksi. Tehtaan tuottavuus saadaan nousemaan työkalun käyttöönoton myötä, ja lisäksi myös toimitusvarmuus paranee.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että työkalun rakentaminen yritykselle osoittautui tarpeelliseksi ja toivotuksi. Tutkimusta tehtäessä voitiin myös huomata, että muilla vastaavan alan yrityksillä on samankaltaisia kehityskohteita tuotannonohjauksessa. Työkalun käytölle löytyi myös muita käyttökohteita tehtaan johdolle, myynnille sekä varastolle. Tulevaisuudessa digitaalinen karkeakuormitustyökalu on osa suurempaa ja älykkäämpää kokonaisratkaisua, jossa yhdistyvät reaaliaikaisesti tuotannon työvaiheet, laadunvalvonta, tuotannonohjaus, varastot ja tuotekehitys.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Tuomas Simula

Digitalization of load and capacity planning in plant

Bachelor's thesis

2017

36 pages, 7 figures and 1 table

Examiner: D. Sc. (Tech.) Merja Peltokoski

Supervisor: Juha Tolvanen

Keywords: Rough-cut planning, rough-cut loading, capacity planning, production management, RCCP

This bachelor's thesis was made for metal industry company Meconet Oy. The aim of the thesis was to build a digital tool to support rough-cut capacity planning (RCCP) of production. The tool contained weekly and monthly visual machine and department-specific views. Other required features are real-time loading data and automatization for usage.

Acquainting with the needs for tool was accomplished by working in production management. Literature findings and interviews with experts were used as a basis of the research. The tool was built by using Excel-spreadsheet. Inputs of the tool were data from ERP-system, staff and shift reports and former reports of capacity planning.

As a result, digital and visual tool was built to support the decision-making process. Because of the research, production managers' work became easier, faster and more straightforward. As an indirect outcome, productivity of plant will improve and therefore reliability of delivery can be improved as well.

As a conclusion, the tool proved to be necessary and it was implemented according to company's wishes. Worth of observation is also a common need for this kind of tool in the other similar companies. The tool can also be used in sales, upper management and inventory. The tool is a part of bigger and more intelligent solution in the future. It connects production's operations, quality control, production planning, inventories and product development in real-time.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	6
2	TOIMINTAYMPÄRISTÖ	8
2.1	Yritys.....	8
2.2	Vantaan toimipiste	8
3	TUOTANNONSUUNNITTELU	10
3.1	Kapasiteetti	10
3.2	Tuotantotekijät	11
3.3	Kuormitusryhmät	12
3.4	Kokonaissuunnittelu	12
3.5	Karkeasuunnittelu	12
3.6	ERP - Enterprise Resource Planning	13
4	HAVAINNOT YRITYKSEN TUOTANNONSUUNNITTELUSTA	15
4.1	Käytettävät ohjelmat ja data.....	15
4.2	Tuotteiden jaottelu ohjautuvuuden mukaan.....	16
4.3	Kapasiteetin määrittäminen.....	16
4.4	Kapasiteetin säätely	17
4.5	Kuormituksen määrittäminen.....	17
4.6	Tilaukset.....	18
4.7	Käyttäjät ja niiden tarpeet	18
4.8	Muiden yritysten ratkaisuja karkeasuunnitteluun	18
4.8.1	ABB Porvoo.....	19
5	KARKEAKUORMITUSTYÖKALUN RAKENTAMINEN	20
5.1	Yhteydet.....	20
5.2	Näkymät ja suodatukset	20
5.3	Käytettävyys ja muutettavuus	21
5.4	Toteutus.....	21
5.5	Esimerkkejä käytetyistä kaavoista ja funktioista	24

5.6	Käyttöönotto, pilotti ja palaute	25
6	TULOKSET	26
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	30
7.1	Lisäkäytöt työkalulle.....	31
7.2	Tutkimuksen merkitys	32
7.3	Jatkokehitys.....	32
7.4	Tulevaisuus	33
LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelussa on tärkeää saada tuotannon kapasiteetti vastaamaan tarvittavaa kuormitustasoa (Vollman et al. 2005, s. 279). Kapasiteetti- ja kuormitussuunnittelua tarvitaan optimoimaan myynnin ja varaston puolelta tulleet tilaukset tuotantoon ja sen kapasiteettiin, tai sopeuttaa kapasiteettia tilauksia varten. Päämääränä tuotannolle on sen kapasiteetin korkea tuottavuus, kapasiteetin korkea käyttöaste sekä toimitusvarmuus (Haverila et al. 2005, s. 402). Kuormitussuunnittelua voidaan toteuttaa karkeasti viikko- tai kuukausitasolla eli karkeasuunnittelulla, tai pureutua tarkemmin tuotannontekijöihin ja niiden vaikutuksiin tarkemmalla hienosuunnittelun tasolla (Haverila et al. 2005, s. 415).

Tämä tutkimus on toteutettu metallialan yritykselle Meconet Oy. Yrityksellä on suuri tarve tuotannonsuunnittelun optimoinnille tuotannon viiveiden sekä toimitusten epävarmuuksien vuoksi. Yrityksen ongelmana kuormitussuunnittelussa on puute karkeakuormituksen näkyvyydessä nopeasti ja helposti viikkotasolla. Tämän puutteen seuraamuksia ovat haasteet kuormitusten ja töiden jakamisessa koneittain sekä tarvittavien henkilöresurssien jakautuminen viikko- ja kuukausitasolla. Aiemmin yritys on tehnyt karkeakuormitusta koskevia päätöksiä hienokuormituksen pohjalta. (Tolvanen 2017a.)

Tavoitteena tutkimuksessa on rakentaa yritykselle digitaalinen työkalu, jolla viikko- ja kuukausikohtainen tuotannon kuormitus on myynnin, varaston sekä tuotannonohjauksen tarkasteltavissa nopeasti sekä helposti. Työkalulla tulee pystyä suodattamaan kuormitusnäkyvä laite-, osasto-, asiakas-, aika- ja työntekijäkohtaisesti. Työkalu käyttää yrityksen tietokantoihin tuotettua dataa liittyen toiminnanohjausjärjestelmään, työvuoro- ja henkilöresurssilistoihin sekä muihin aiemmin tuotettuihin kapasiteettisuunnittelun raportteihin. Tutkimuksen tulee myös selvittää yritykselle uuden työkalun tuomia konkreettisia vaikutuksia kokemuksiin ja raportteihin perustuen. Lopputulemana tutkimukselle on kokonaiskuvassa tehtaan toimitusvarmuuden sekä tuottavuuden kehittyminen.

Tutkimuskysymyksiä ovat:

- Mihin rakennettavaa kuormitustyökalua tarvitaan?
- Miten työkalu rakennetaan?
- Miten työkalun rakentaminen vaikuttaa tehtaan toimintaan?

Rajauksena tutkimukselle toimii kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelun karkea taso eli yleiskuva tehtaan tuotannosta pitkällä aikavälillä. Työkalu tehdään yrityksen yhdelle toimipisteelle, joten tarkasteltavana on vain yhden tehtaan tuotannon toteutus.

Tutkimus toteutetaan tutustumalla omakohtaisesti yrityksen kuormitus- ja kapasiteettisuunnitteluun sekä tuotannon nykyiseen järjestelyyn. Tutkimusmetodeina käytetään perehtymistä tuotannosuunnittelun käytännön toteutukseen, kirjallisuuslähteiden tutkimista, tuotannon raporttien analysoimista sekä asiantuntijoiden haastattelemista. Tutkimuksen näkökulmia lisätään kartoittamalla jo olemassa olevia järjestelmiä karkeakuormituksen hallitsemiselle ja haastattelemalla vastaavien työkalujen tuottajia sekä käyttäjiä. Kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelusta löytyy teoretietoa tutkimus- ja kirjallisuustasolla. Perehtyminen tuotannosuunnitteluun käytännössä tapahtuu työskentelynä tuotannonohjaajan oikeana kätenä. Haastattelut tehdään mahdollisuuksien mukaan kasvotusten tai puhelinhaastatteluna. Tuotannon raportteja analysoidaan rakennettavan kuormitustyökalun näkökulmasta.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Tutkimus on toteutettu metallialan yrityksen Meconet Oy:n Vantaan toimipisteellä, jossa valmistus painottuu ohutlevytuotteisiin. Seuraavassa luvussa esitellään yritys, sekä toimipisteen tuotantoa.

2.1 Yritys

Meconet Oy on suomalainen metallialan yritys, joka valmistaa jousi-, lanka-, meisto- ja syvävetotuotteita asiakaslähtöisesti. Yritys suunnittelee, valmistaa sekä kokoonpanee tuotteet asiakkaiden tarpeen mukaan. Toimipisteitä yrityksellä on kuusi kappaletta neljässä eri maassa. Tytäryhtiöt ovat Tallinnassa toimiva Meconet AS, Pietarissa Meconet OOO sekä Ruotsissa Tukholman läheisyydessä Exaktafjädrrar AB. Suomessa tehtaot sijaitsevat Vantaalla, Pihtiputaalla ja Äänekoskella. (Meconet 2017a.) Yritys työllistää yli 200 työntekijää (Suomen Asiakastieto Oy 2016). Yrityksen historia ulottuu kolmelle eri vuosisadalle, toiminnan alkaessa jo vuonna 1896. Arvoiltaan konserni painottaa osaamista, vastuullisuutta sekä jatkuvaa kehitystä. Asiakkainaan yrityksellä on sekä pieniä että suuria toimijoita elektroniikka-, sähkötuote-, tietoliikenne-, rakennus-, kulkuväline- ja lääketieteellisyydessä. (Meconet Oy 2017b.)

2.2 Vantaan toimipiste

Tuotteita valmistetaan tilaus-, varasto- sekä asiakasohjautuvasti riippuen valmistettavasta tuotteesta, asiakassuhteista ja sopimuksista (Sundberg 2017a). Ohutlevytuotteet valmistetaan pääosin meistotekniikoita käyttäen muun muassa puristin- ja moniluistilaitteilla. Meistotekniikalla tarkoitetaan ohutlevytuotteiden työstöä, jossa valmistettavan tuotteen haluttu muoto saadaan leikkaamalla ja puristamalla työstettävää materiaalia. Tuotantolinjat ovat suurelta osin automatisoituja, ja osassa niissä voidaan toteuttaa myös tuotteen kokoonpaneminen. Tuotantolinjojen kokoonpanon tekniikoita ovat muun muassa niittaus, ruuvaus ja hitsaus. Ohutlevytuotteet voidaan valmistaa niin pienerä- kuin suurerätuotantonakin. Ohutlevytuotteita myydään pääkaupunkiseudun toimipisteeltä pääosin elektroniikka-, sähkötuote- ja tietoliikenneteollisuuteen. Moniluistikoneilla valmistetaan muun muassa erilaisia muotojousia, kiinnittimiä ja liittimiä. Puristimilla valmistetaan esimerkiksi koteloita sekä sähkötekniikan ohutlevyosia. (Meconet Oy 2017c.)

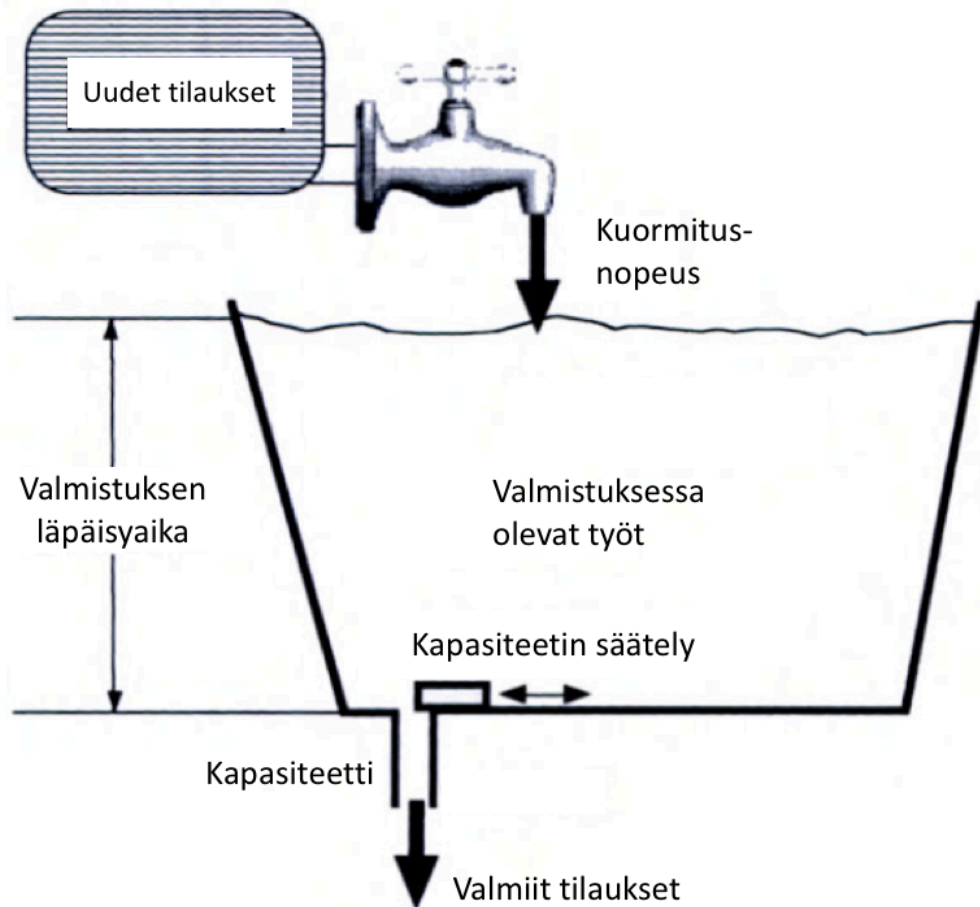
Tehtaassa hyödynnetään 5S- ja Lean- työkaluja, joilla painotetaan muun muassa jatkuvaa parantamista, tuotantoaikojen optimoimista, tuotannon virheiden minimoimista sekä laadunvalvontaa. Myös ympäristöarvot ovat huomioitu laajasti tuotteiden myynnissä, suunnittelussa ja valmistuksessa. (Meconet Oy 2017d.)

3 TUOTANNONSUUNNITTELU

Tuotannonsuunnittelulla pyritään vaikuttamaan tuottavuuteen, toimitusvarmuuteen, tuotannon tehokkuuteen sekä läpäisyajan minimointiin. Näiden tekijöiden suuremmat vaikutukset yrityksen kokonaiskuvassa ovat alhaiset tuotantokustannukset, hyvä tuotteiden laatu, asiakkaiden tyytyväisyys sekä oman vaihto-omaisuuteen sidotun pääoman pienentyminen. Tuotantoa voidaan suunnitella karkealla tai hienosuunnittelun tasolla. (Haverila et al. 2005, s. 402–408). Tuotannonsuunnittelun teoria on tärkeä ymmärtää tutkimuksessa tuotettavan kuormitustyökalun kannalta.

3.1 Kapasiteetti

Tuotantokapasiteetti kertoo maksimimäärän, jonka tuotanto pystyy tuottamaan tiettyyn aikaan suhteutettuna. Kapasiteettia voidaan tarkastella eri ajanjaksoina; vuodesta tunteihin. Kapasiteetti on tuotannonsuunnittelussa tärkeä elementti, koska tilaukset ja tuotannon kuormitus voidaan ajoittaa sekä priorisoida sen mukaan. Kapasiteetin tarkastelu voidaan toteuttaa karkeasti nimellistä eli teoreettista kapasiteettia hyväksikäyttäen tai tarkemmin tutkimalla käytettävissä olevaa todellista nettokapasiteettia. Nettokapasiteetissa voidaan ottaa huomioon valmistuksen häiriötekijät, laadun puutteet, henkilöresurssit sekä muut tuotantoa viivyttävät tekijät. Kapasiteettia voidaan tarkastella tehtaassa esimerkiksi työtunteina tai tuotantomäärinä. Joustavuutta saadaan kapasiteetille esimerkiksi tekemällä tuotteita valmiiksi sekä kasvattamalla materiaalivarastoa, lisäämällä henkilöstöä ja työvuoroja tai siirtämällä toimitusaikoja. (Haverila et al. 2005, s. 399–400; Tolvanen 2017a.) Kuvassa 1 on havainnollistettu kapasiteetin toimintaa ja käyttäytymistä. Uudet tilaukset kuvataan valuvalla hanalla, jonka virtausnopeus kuvastaa kuormitusten nopeutta. Kylpyammeessa olevan veden määrä kertoo valmistuksessa olevien tilausten määrän, ja veden pinnankorkeus kertoo puolestaan valmistuksen läpäisyajan. Kylpyammeen pohjalla olevasta reiästä saadaan valmiit tilaukset ulos, ja reiän koko kuvaa kapasiteetin suuruutta. Reiän kokoa eli kapasiteettia voidaan säädellä tulpalla.



Kuva 1. Kapasiteetin havainnollistaminen kylpyammeen avulla (mukailtu Cimorelli 1996, s. 540).

Kapasiteetin tarpeen laskeminen voidaan suorittaa muun muassa resurssiprofiileilla. Resurssiprofiileissa määritetään kone- ja tuotekohtaisista läpimenoajoista kapasiteetin suuruus. Profiilit ovat perusta karkeasuunnittelulle. (Vollman et al. 2005, s. 286.)

3.2 Tuotantotekijät

Tuotannon tehokkuuteen vaikuttaa monia rajoittavia tekijöitä, joita käsitellään tuotannonsuunnittelussa. Näitä tekijöitä on listattu seuraavaksi (Haverila et al. 2005, s. 406):

- Läpäisy aika eli toimintaketjun vaatima kokonaisaika
- Materiaalivirrat
- Valmistuksen eräkoot eli valmistettavan tilauksen kappalemäärä
- Tuotantotapa

- Tuotantolinjojen kapasiteetit eli kuinka paljon tuotantolinja pystyy tuottamaan
- Työntekijöiden osaaminen
- Tuotannon laatu eli miten paljon tuotannossa tulee virheitä
- Kapasiteetin muutoskyky eli kuinka paljon kapasiteettia pystyy sopeuttamaan
- Tilaus-/ostomäärät
- Työvaiheiden määrä eli tuotteen valmistukseen tarvittavien menetelmien määrä
- Asiakkaan vaativuus

Mainitut tekijät optimoivat tuotannon tehokkuutta, ja antavat tuotannosuunnittelijoille mittareita suunnittelua varten.

3.3 Kuormitusryhmät

Tuotannon kuormitusta voidaan tarkastella myös ryhmittelemällä haluttuja resursseja pienempiin kokonaisuuksiin. Tyypillisesti käytettyjä kuormitusryhmiä ovat tehtaan eri osastot, konetyypit, tuotantoprosessityypit, tuotetyypit, saman asiakkaan eri tuotteet, pullonkaulat sekä työntekijät. Näiden ryhmien käsittely ja sen tarkkuus määräytyvät tuotannosuunnittelun aikavälin ja tyypin perusteella. (Tolvanen 2017a.)

3.4 Kokonaissuunnittelu

Tuotannosuunnittelun ylin osa-alue on kokonaissuunnittelu. Haverilan et al. (2017, s. 412) mukaan kokonaissuunnittelun tehtäviä ovat muun muassa ”Toiminnan volyyymien määrittely, varastotasojen suunnittelu sekä eri resurssien ja kapasiteetin kokonaistarpeen määrittely.” Tilauskanta, ennusteet ja varasto määrittävät kuormituksen sekä tarvittavan kapasiteetin kokonaissuunnittelussa. Ennusteilla pyritään ennakoimaan menekin vaihteluita, jolloin kapasiteetin muunteluun jää enemmän aikaa ja resursseja. Ennusteita voidaan tehdä esimerkiksi toteutuneiden tilausten historian, toteutuneiden uusien asiakassuhteiden tai kausivaihteluiden perusteella. Menekinvaihteluja voidaan hallita muun muassa varastoilla, kapasiteetin säätelyllä ja toimitusaikojen muuttamisella. (Haverila et al. 2005, s. 413 – 414.)

3.5 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelussa tuotannon kuormitus suunnitellaan karkealla aikavälillä. Aikaväli voi olla viikkoja tai kuukausia. Karkeasuunnittelussa tulevaa tuotantoa tarkastellaan suurilla linjoilla esimerkiksi tehdas-, tuotantolinja- tai tilaajakohtaisesti. Suunnittelun pohjana

käytetään tilauskantaa, varastoa ja valmistusbudjettia (Haverila et al. 2005, s. 415). Haverila et al. (2005, s. 415–416) kuvaavat karkeasuunnittelun tehtäviä seuraavasti:

- 1) ”Resurssien käytön yleissuunnittelu. Karkeasuunnittelussa määritellään tuotannon vaatimat resurssit sekä tehdään yleissuunnitelma resurssien käytöstä. Henkilö-, kone- ja laitekapasiteetti määritellään yleisellä tasolla. Tarvittaessa tehdään päätöksiä kapasiteetin lisäämisestä tai vähentämisestä. Karkeasuunnittelun perusteella ei tavallisesti ohjata valmistusta, päähuomio on valmistuksen resurssien sopeuttamisessa menekkiä vastaavalle tasolle.”
- 2) ”Toimituskyvyn määrittely. Keskeisimpiä karkeasuunnittelun tehtäviä on yrityksen toimintakyvyn hallinta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa asiakkaalle luvattavat toimitusajat perustuvat usein tuotannon karkeasuunnitteluun.”

Kuormitus karkeasuunnittelussa eli karkeakuormitus pitää sisällään tietoa tuotannossa tarvittavasta kapasiteetista tietyllä aikavälillä esimerkiksi viikko- tai kuukausitasolla. Karkeakuormituksen avulla määritetään toimitusajat, eräkoot ja priorisoinnit valmistukselle. Tärkein tarkasteltava kohde kuormitussuunnittelussa ovat pullonkaulat sekä avaintuotteet. (Haverila et al. 2005, s. 416–417.) Kuormituspiirroksat pitävät sisällään tilauksista, varastosta ja ennusteista koostuvan kuormitustason sekä kapasiteetin. Ideaalitulanteessa kuormitusta kuvaavat tolpat eivät ylitä kapasiteettia kuvaavaa viivaa, ja pysyvät mahdollisimman lähellä sitä. Hetkelliset kapasiteetin ylittävät piikit eivät kuitenkaan karkealla tasolla muodostu ongelmaksi, koska siinä tarkastellaan vain yleistä riittävyttä.

3.6 ERP - Enterprise Resource Planning

ERP-järjestelmät ovat tietojärjestelmiä ja ohjelmia, joita käytetään toiminnanohjauksen apuna. Järjestelmiin kerätään tietoa tuotannon kehittymisestä valmistuspuolella ja hallitaan muun muassa tilauksia, tarjouksia, ostoja, materiaaleja, lähetyksiä, tuotesuunnittelua sekä tuotannon suunnittelua. Järjestelmät voivat pitää sisällään koko yrityksen tietokannat riippumatta yrityksen koosta. (Haverila et al. 2005, s. 432; Leon 2008, s. 14–15.) ERP-järjestelmän suurimmat hyödyt ja ominaisuudet yritykselle ovat parannettu tuotannon tehokkuus sekä apu tuotannon päätöksentekoon. ERP-järjestelmien käytön on myös havaittu tuovan yritykselle paremmat asiakassuhteet sekä paremman yrityskuvan. (Leon 2008, s. 52–54.)

Valmiit ERP-järjestelmät ovat laajoja kokonaisuuksia kohdistettuna suurelle joukolle erilaisia yrityksiä. Järjestelmät voivat olla hyvin monimutkaisia ja hitaita etenkin nopean tiedon hakemiseen. Tämä aiheuttaa sen, että järjestelmä ei välttämättä täysin sovellu tietyn yrityksen tarpeeseen. Siksi yritykselle on hyvä saada oma räätälöity ohjelma karkeakuormituksen hallinnoimiselle. Järjestelmän käyttöönotto vaatii myös paljon aikaa ja rahaa muun muassa käyttökoulutuksista ja järjestelmien kalliista hinnoista johtuen. (Leon 2008, s. 44–49.)

ERP-järjestelmällä tehdään tarvelaskentaa kapasiteetin tarpeen määrittämiseksi. Tarvelaskennan avulla voidaan myös ajoittaa tuotanto työvaiheineen. Kuormitus määritetään tarvelaskennan perusteella. Valmistuksen puolelta kirjataan työn tilanne, jolloin tapahtuma päivittyy järjestelmään ja kuormitus purkautuu. (Haverila et al. 2005, s. 433-434.)

4 HAVAINNOT YRITYKSEN TUOTANNONSUUNNITTELUSTA

Tuotannon suunnitteluun perehdytään seuraamalla tuotannonohjausta käytännössä, jotta saadaan kerättyä tarvittavaa tietoa rakennettavan työkalun luomiselle. Lisää tietoa tuotannonohjauksesta ja sen periaatteista saadaan myös haastatteleamalla yrityksessä toimivia asiantuntijoita. Ulkopuolisilta yrityksiltä saadaan tarvittaessa opastusta karkeakuormitusmallin rakentamiseen heidän omien käyttökokemuksiensa sekä työkalujensa pohjalta. Tuotannonohjauksessa tehtävät havainnot ovat kohdistettu pääpainopisteeltään kapasiteetin sekä kuormituksen suunnitteluun. Havaintoja tehdään erityisesti seuraavista asioista:

- Valmistusmääräimet ja tuotannonohjautuminen nimikeryhmittäin
- Yrityksen käyttämät datalähteet sekä ohjelmat
- Eri tuoteryhmien toimitusvarmuus ja tilausten viivästymiset
- Kapasiteetin määrittäminen, säätely ja keinot
- Kuormituksen ajoittaminen ja kasautuminen
- Tilausten priorisointi
- Myynnin näkyminen tehdastasolla ja tilausten vastaanotto sekä käsittely

Tuotannonsuunnitteluun perehtymisen tavoitteena on saada tarvittavat lähtötiedot karkeakuormituksen visualisoimiseen käytettävästä datasta. Tässä kappaleessa selvitetään myös käyttäjät ja heidän tarpeensa työkalulle.

4.1 Käytettävät ohjelmat ja data

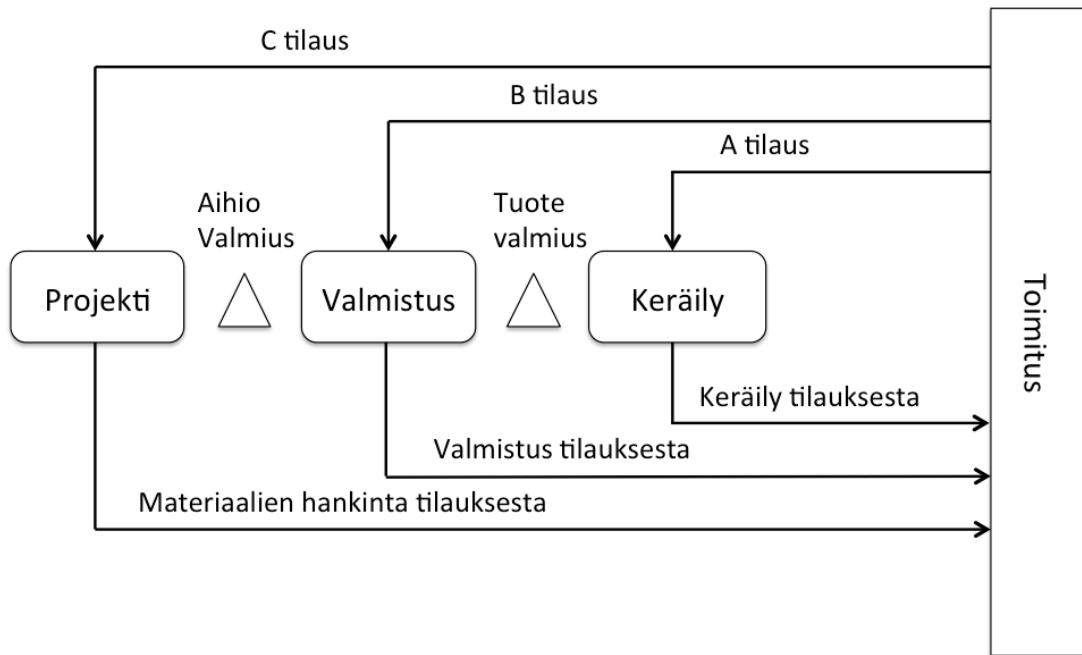
Tutkimusta varten tutustutaan yrityksen tuotannonohjauksen käyttämiin ohjelmiin, tiedostoihin ja raporteihin. Seuraavassa listassa on lueteltu tarvittavat ohjelmat ja datalähteet tuotannonohjaukseen:

- Visma L7, ERP-järjestelmä (Tarvelaskenta ja tuotannon suunnittelu)
- Visma Mobile
- Tuotannon automaattiraportit ja avoimet työt
- Työvuorolistat ja osaamismatriisit
- Koneiden kapasiteetit OEE (Overall Equipment Effectiveness)
- Tehtaan käyttämät listaukset eri kuormitusryhmistä

Näitä lähteitä käytetään yrityksen tuotannonohjausperiaatteiden yksityiskohtaiseen kartoittamiseen sekä pohjana karkeakuormitustyökalulle.

4.2 Tuotteiden jaottelu ohjautuvuuden mukaan

Yrityksen tuotteet on jaettu A-, B- ja C-tuotteisiin, joilla määräytyy materiaalihankinnat ja valmisteveraston koko. A-tuotteita valmistetaan varastoon, ja materiaalia valmistukseen on koko ajan saatavilla. B-tuotteissa materiaalia on valmiiksi varastossa, mutta tuotetta aletaan valmistaa tilausohjautuvasti. C-tuotteilla puolestaan materiaalihankinnat tehdään vasta tilauksen tullessa. Yritys toimii siis tilaus- sekä varasto-ohjautuvasti riippuen tuotenimikkeestä. Kuvassa 2 on havainnollistettu tuotteiden jaottelua ja ohjautumista.



Kuva 2. Meconetin tuotelinjojen kuvaus A-, B- ja C-nimikkeille.

4.3 Kapasiteetin määrittäminen

Kapasiteetin määrittämiseen selvitetään konekohtaiset Overall Equipment Effectiveness eli OEE-tiedot. Nämä tiedot kertovat koneen tehokkuuden työvuoroittain eli ajan, jonka kone on toiminnassa yhden työvuoron aikana. Yksinkertaisimmillaan konekohtainen OEE lasketaan todellinen käyttöaika jaettuna kokonaisajalla, jossa todelliseen aikaan otetaan huomioon asetusajat, suunnitellut seisokit sekä mahdolliset konehäiriöt (Ljungberg 1998, s. 496, 502). Kohdeyrityksen kone- ja osastokohtaiset kapasiteetit lasketaan käyttämällä

OEE-lukuja yhdessä henkilöresurssien kanssa. Henkilöresursseista huomioon otetaan sovitut työvuorot viikoittain sekä yksittäisten työvuorojen pituudet. Taulukossa 1 on esitetty yrityksen lähtö- ja loppuarvot konekohtaisten viikkokapasiteettien sekä osastokohtaisten vuorokapasiteettien laskemiselle karkeakuormitusnäkömää varten.

Taulukko 1. Kapasiteettien laskemiselle tarvittavat havainnollistavat lähtö- ja loppuarvot.

Konenimi	Osasto	Vuorot /viikko	Vuoron pituus (h)	Konekohtainen OEE	Kapasiteetti/viikko (h)	Vuorokapasiteetti /Osasto (vuoroa/vko)
Kone 1	Osasto 1	10	8	1	80	20
Kone 2	Osasto 1	10	8	1	80	20
Kone 3	Osasto 2	5	8	0,75	30	10
Kone 4	Osasto 2	5	8	0,75	30	10
Kone 5	Osasto 3	5	8	0,7	28	5

4.4 Kapasiteetin säätely

Kapasiteettia kohdeyritys säätelee lisäämällä tai vähentämällä henkilöstön työvuoroja. Joitakin tuotteita voidaan myös jakaa koneelta toiselle, jolloin kuormitusta voidaan hajauttaa. Suurimmalla osalla tuotteista ei voida kuitenkaan näin toimia, koska useimmilla koneilla on jatkuvaa kuormitusta ja monet tuotantolinjat ovat asetettu vakituiseksi yhtä tai muutamaa tuotenimikettä varten. Karkeakuormitusta seuraamalla voidaan havaita sopeutettavat resurssit, ja jakaa ylimääräistä kapasiteettia, joko koneiden tai henkilöstön osalta.

4.5 Kuormituksen määrittäminen

Kone- ja osastokohtaisia karkeakuormituksia määriteltäessä tarkastellaan koneiden tilauskohtaista kokonaisajoaika. Kokonaisajoaikaan sisältyy tuotelinjan asetusajaksi sekä tarvittava tehokas ajoaika. Kokonaisajoajan jakamisessa tarvittavalle aikavälille käytetään hyväksi ERP-järjestelmistä tullutta laskentamallia, jonka perustana on tuotannon operaattoreilta kirjatut historiatiedot vuorokohtaisiin tuotantomääriin liittyen. Järjestelmä antaa ulos valmiiksi lasketun suunnitellun ajoon kuluvaan ajan. Viikkokohtaiseen kuormitusnäkömään saadaan tilauskohtaiset kuormitukset jakamalla kuormitus raa'asti suunnitelluille viikoille. Näin saadaan ylläpidettyä kuormitussuunnittelun karkea taso. Kuormitusnäkömään on myös siirrettävä kerääntyneet viivästyneet työt ajankohtaisille viikoille. Näin ollen kuormitusnäkömää näyttää realistisemmän karkeakuorman.

4.6 Tilaukset

Yrityksen myynti kohdistuu pääosin vakioasiakkaille, jolloin tilaukset käsitellään tuotannonohjauksen puolelta, eikä tältä osin tilausmääriin voida vaikuttaa. Tätä varten tehtaan tuotannonohjaajat pyrkivät sopeuttamaan tehtaan kapasiteettia sekä lykkäämään toimitusaikoja asiakkaiden vaatimusten puitteissa. Toimitusvarmuutta pyritään pitämään yllä puskurivarastoilla tiettyjen nimikkeiden kohdalla. Tilausten ja valmistuksen priorisointi tapahtuu asiakkaan tärkeyden, toimituksen myöhästymisten tai toimituksen kiireellisyyden perusteella. Yrityksen kuormitus on jälkipainoista eli tulevien viikkojen tuotantoa kuormittaa suurelta osin rästissä olevat työt.

4.7 Käyttäjät ja niiden tarpeet

Työkalu rakennetaan ensisijaisesti tuotannonohjauksen tarpeisiin. Mahdollisia käyttäjiä voivat myös olla ylempi johto, myynti sekä varasto. Kuormitustyökalun tarpeet vaihtelevat käyttäjäryhmien mukaan.

Kuormitussuunnittelu on päivittäistä, jolloin tarve karkeakuormitustyökalun käyttämiselle on suurta. Kuormituskuvaajien tulee olla mahdollisimman helppolukuista ja ymmärrettävää sen pääkäyttäjien kannalta. Tuotannonohjaajat tekevät työkalun pohjalta viikoittaiset suunnitelmat kapasiteetin joustolle sekä kuormituksen siirtämiselle. Työkalua rakentaessa ollaan tiiviissä yhteistyössä tuotannonohjaajien kanssa, jotta voidaan vastata parhaiten näiden tarpeisiin.

4.8 Muiden yritysten ratkaisuja karkeasuunnitteluun

Karkeasuunnittelun avuksi on kehitetty kaupallisia ratkaisuja integroituna ERP-järjestelmiin. Useat teollisuuden yritykset käyttävät valmiita kaupallisia ratkaisuja omiin tarpeisiinsa tuotannonsuunnittelussa. Teollisuuden yrityksissä on myös toimijoita, jotka käyttävät itse tekemiä järjestelmiään. Lisää näkökulmia tutkimukseen on saatu kartoittamalla toisen kohdeyritystä vastaavan toimijan karkeasuunnittelutyökalujen käyttöä ja toimintaa. Toisen yrityksen käyttämän mallin kartoitus on toteutettu puhelinhaastattelulla.

4.8.1 ABB Porvoo

Ruiskuvalutuotteita kymmenillä eri raaka-aineella valmistava Porvoolla sijaitseva ABB Oy:n Wiring Accessories -osasto käyttää hyvin samankaltaista järjestelmää karkeasuunnittelulle, kuin kohdeyritys Meconet Oy. Toiminnanohjausjärjestelmänä toimii SAP eli kaupallinen toiminnanohjausjärjestelmä, josta tuotavasta datasta on muodostettu Excel-pohja karkeasuunnitteluun. Tilaukset ja tulevat kuormitukset on esitetty lukuina, eikä visuaalista käyttöliittymää ole. Tulevaisuuden suunnitelmissa yrityksellä on kuitenkin hankkia paremmin visualisoidun sekä realistisemmän kuormituksen karkealla aikavälillä näyttävän työkalun. Tutkimuksessa rakennettavasta työkalusta ABB Porvoon suunnittelema työkalu eroaa visuaalisuudeltaan siten, että kuormitusryhmät näkyvät väreinä tilausten ja lukujen seassa. Yritys näkee nykyisessä toimintamallissaan haasteina realistisuuden kuormituksen sijoittumisesta suunnitellulle aikavälille. Etenkin pitkään kestävien, viikkojen, tilauksien toteutumisen suunnitellussa aikataulussa on haasteellista arvioida karkealla tasolla. Kehitysehdotuksena onkin karkea- ja hienosuunnittelun välinen yhteys, jossa hienosuunnittelun jälkeen tuotaisi kuormitukset takaisin karkealle näkymälle. Näin saataisi karkeakuormituksesta ainakin lähiviikoille realistisempi. Erityisesti tuotannon raaka-ainevaihdossa uusittu karkeakuormitusjärjestelmä optimoisi paremmin varaston raaka-ainetilauksia. (Roppola 2017.)

5 KARKEAKUORMITUSTYÖKALUN RAKENTAMINEN

Tarvittavien lähtötietojen keräämisen ja määrittelyjen jälkeen rakennetaan kuormitussuunnittelua helpottava työkalu. Työkalun halutaan käyttävän elävää päivitettyä dataa, ja työkalun kuormitusnäkyvän tulee olla reaaliaikainen. Työkalu rakennetaan ensisijaisesti tuotannonohjauksen käyttöön, mutta huomioitavia käytettävyyden näkökulmia tulee ottaa myös ylemmän johdon, myynnin sekä varaston kannalta, kuten neljännen kappaleen kolmannessa luvussa on esitelty. Käytettävyyden kannalta karkeakuormitusnäkyvän tulee olla mahdollisimman automaattinen ja nopeasti saatavilla.

5.1 Yhteydet

Näkyvän yhteyksillä tuotetaan merkittävä osa sen sisällöstä. Työkaluun rakennetaan yhteydet tuotannon tukijärjestelmiin, tässä tapauksessa linkittämällä Exceltaulukkolaskentaohjelma Visma Solutions Oy:n tuottamaan L7-tietojärjestelmään. Koneluettelot, osastoluettelot, koneiden käyttöasteet, työvuorolistat sekä tilauskanta on tuotava kuvaajaohjelmaan ulkoisista lähteistä käyttämällä yhteyksiä yrityksen tietokantaan. Näiden avulla voidaan laskea reaaliaikainen kuormitus, kone- ja työvuorokapasiteetit.

5.2 Näkymät ja suodattukset

Helppolukuisuus ja -käyttöisyys karkeakuormitustyökalulle on erittäin tärkeää sen pääkäyttäjille eli tuotannonohjaajille. Tehtaan tuotanto on suurta ja nopeaa, joten sitä koskevat kuormitus- ja kapasiteettipäätökset on tapahduttava mahdollisimman sujuvasti. Karkeakuormasta tehdään kolme erilaista näkymää. Näkymät ovat valittu siten, että viikko- ja kuukausitasolla voidaan säädellä konekuormaa, konekapasiteettia sekä työvuoroja tarpeen mukaan. Näkymät ovat seuraavanlaiset:

- 1) Konekuorma ja kapasiteetti viikkotasolla konekohtaisesti
- 2) Tarvittavat työvuorot ja työvuorokapasiteetit viikkotasolla osastokohtaisesti
- 3) Tarvittavat työvuorot ja työvuorokapasiteetit kuukausitasolla osastokohtaisesti

Näkymät ovat valikoitu kohdeyrityksen tehtaiden tarpeen mukaan. Kyseiset näkymät ovat parhaiten havainnollistavia kohdeyrityksen Vantaan tehtaan kuormitussuunnitteluun. Näkymät voidaan myös suodattaa asiakaskohtaisesti, jolloin saadaan näkyviin tietyn asiakkaan aiheuttama kuormitus koneelle. (Sundberg 2017a.)

5.3 Käytettävyys ja muutettavuus

Käytettävyiden osalta työkalun tulee olla helppolukuinen sekä helposti muutettavissa kone- ja työvuorokapasiteettilistojen osalta. Muutettavuutta tarvitaan uusien koneostojen ja -poistojen sekä henkilöstön vaihtumisten vuoksi. Työkalun visuaalisesta ulkomuodosta on tultava nopeasti havainnollistava näkymä, jossa ylimääräinen ja turha tieto karkeakuormitus suunnitteluun on karsittu pois. Näkymien selkeys on toteutettu käyttämällä palkkeja ja viivoja sekä esittämällä mahdollisimman vähän lukuja. Työkalun nopea käytettävyys toteutetaan rakentamalla kuormitusnäkyman avaaminen mahdollisimman pienellä määrällä toimenpiteitä eli tässä tapauksessa tietokoneen hiiren painalluksia. Työkalutiedoston tulee siis olla mahdollisimman automaattinen. Työkalu tulee käyttöön mahdollisesti myös muille yrityksen toimipisteille (Aatola, Sundberg & Tolvanen 2017). Tämän vuoksi myös työkaluun asetettavien parametrien, kuten kone- ja työvuorokapasiteettien sekä konelistojen, tulee olla helposti muutettavissa ja lisättävissä. Muilla toimipisteillä koneet sekä niiden kapasiteetit vaihtelevat (Aatola et al. 2017). Mahdollisesti myös työvuorojen toteutus toimii eritavoin. Muutettavuus avoimien töiden eli kuormitusten osalta tulee olla täysin automatisoitu, sillä työkaluun liitettävä kuormitusdata on muuttuvaa ja elävää. Näin ollen ei tarvitse käyttää aikaa ja vaivaa vaikealukuisen kuormitusdatan sovittamiseen työkalulle.

5.4 Toteutus

Työkalu rakennetaan kohdeyrityksen paljon käyttämällä Microsoftin Excel-ohjelmalla. Excel-tiedoston tekemiseen vaaditaan hieman osaamista, koska käytettävät laskukaavat voivat olla vaikeita ja käsiteltävä muuttuva data tuodaan yhteyksinä muista ohjelmista. Kun haluttu työkalun näkymä ja sen tarjoama tieto on kartoitettu, voidaan tiedostoa alkaa työstää päämäärää kohti.

Tiedostoa aletaan rakentaa muodostamalla Excelin ja L7 välille yhteys, joka tuo tulevat kuormitukset työkalulle. Tuotava data on oltava muodossa, jota Excel osaa lukea. Työkalun selkeyttämiseksi karsitaan Excelillä myös ylimääräinen informaatio pois tuotavan datan joukosta. Tuotava data sisältää tulevien tilausten seuraavat tiedot:

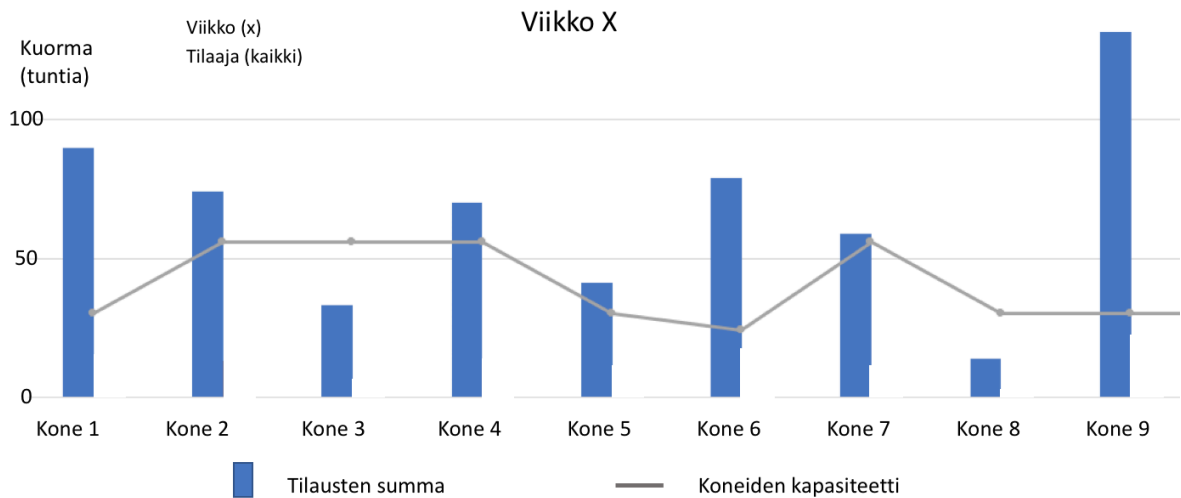
- Koneen nimi/numero
- Tilatun tuotteen nimi
- Tilaajan nimi

- Arvioitu ajoaika tuotteen valmistamiseen
- Arvioitu asetus aika tuotteen valmistamiseen
- Tuotteen valmistuksen tila (Ei-aloitettu, aloitettu, keskeytetty, valmis)
- Tuotteen valmistuksen alustava aloituspäivä
- Tuotteen haluttu toimituspäivä
- Koneiden jaot osastoittain
- Konekohtaiset käyttöasteet
- Osastokohtaiset työvuorojen määrät viikossa
- Osastokohtaisten työvuorojen pituudet

Näiden tuotujen tietojen avulla johdetaan Excelin funktioilla ja kaavoilla seuraavat solut kuvaajaa varten:

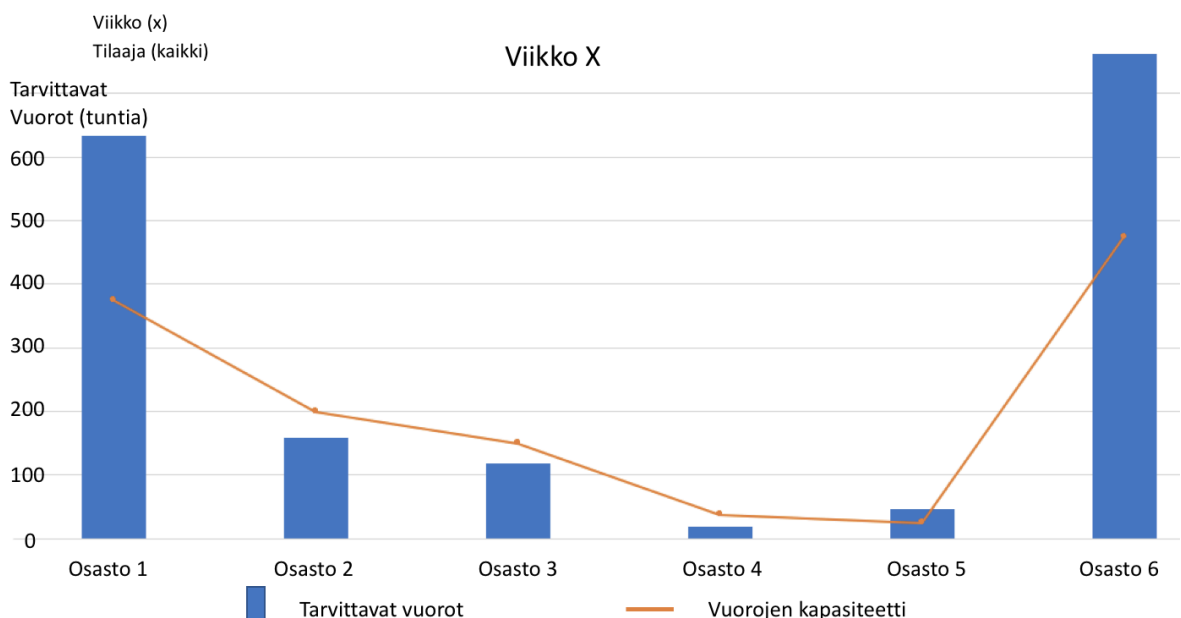
- Tilauksen jäljellä oleva ajoaika tarkasteltavana hetkenä
- Päivämäärät muunnettuna viikoille ja kuukausille
- Kuormitus jaettuna viikoittain
- Koneen kapasiteetti perustuen koneiden käyttöasteisiin ja työvuoroihin
- Työvuorojen kapasiteetti osastoittain viikko- ja kuukausikohtaisesti
- Avustavat solut, jotka liittyvät Excelin toimivuuteen sekä rästitöiden nykyhetkeen tuomiseen

Näkymät toteutetaan kuvaajina Exceliin, johon yllämainitut tiedot tuodaan. Kuvaajasta näkyy vaaka-akselilla koneen nimi ja pystyakselilla kuormituksen määrä palkkeina. Palkit pitävät sisällään kuormituksen, joka koostuu konekohtaisten tilauksien summasta. Kapasiteetti kuvataan viivana, koska näin voidaan havaita selkeästi kuormitusta kuvaavan palkin ja kapasiteettia kuvaavan viivan kohtaamisen. Kuvaajaan liitetään suodatusominaisuus, jolla kuormitus voidaan näyttää haluttuna ajankohtana tai valittujen tilaajien osalta. Kuvassa 3 esitellään lopullinen kuvaaja jossa kuormittavat tunnit näkyvät palkkeina ja kapasiteetit viivana koneittain. Kuva esittää realistista näkymää kohdeyrityksen tehtaalta. Kuvasta voidaan havaita, että konekohtainen kuormitus ylittää kapasiteetin useassa tapauksessa.



Kuva 3. Kuormitustyökalun konekohtainen kuormitusnäköymä.

Kuvassa 4 voidaan nähdä osastokohtainen näköymä työvuoroille viikkotasolla. Kuvassa palkit esittävät tarvittavien työvuorojen määrää tunneissa ja viiva esittää työvuorojen kapasiteettia osastoittain. Pystyakselilla on asteikko tarvittavien vuorojen tuntimäärälle ja vaak-akselilla on osastot.



Kuva 4. Kuormitustyökalun osastokohtainen kuormitusnäköymä.

Saaduilla kuvaajilla voidaan tarkastella karkeakuormaa nopeasti ja selkeästi, jolloin kapasiteetti- ja kuormitussuunnitteluun liittyvään päätöksentekoon ei kulu turhaa aikaa. Työkalun visuaalisuuden vuoksi myös tuotannosuunnittelun optimoiminen on helpompaa.

5.5 Esimerkkejä käytetyistä kaavoista ja funktioista

Kuormituskuvaajaa varten käytettiin Excelin funktioita, joista johdettiin kaavoja tiedoston soluihin. Näitä soluja käytettiin parametreina kuvaajan tuloksien muodostuksessa. Tässä luvussa esitellään muutama esimerkki kaavoista ja funktioista, joita kuormitustyökalun rakentamisessa käytettiin.

Yhden tilauksen vaatimat ajotunnit saadaan seuraavalla yhteenlaskulla:

$$\textit{Tilauksen ajotunnit} = \textit{Asetusaika} + \textit{Ajoaika} \quad (1)$$

Kaavassa 1 tilauksen vaatimat ajotunnit lasketaan yhteenlaskulla varsinaisesta ajoajasta sekä tuotteen valmistukseen vaadittavasta asetusajasta, mikäli sellainen on.

Yhden tilauksen viikoittainen kuormitus lasketaan seuraavasti:

$$\textit{Kuormitus viikossa} = \frac{\textit{Tilauksen vaatimat ajotunnit}}{\textit{Suunnitellut valmistusviikot}} \quad (2)$$

Kaavassa 2 tilauksen vaatimat ajotunnit saadaan ERP-järjestelmästä tulevan datan kautta. Suunnitellut valmistusviikot saadaan muunnettua viikkonumeroiksi aloitus- ja valmistuspäivämääristä Excelin WEEKNUM-funktiolla, joka siirtää halutun päivämäärän kalenteriviikolle (Microsoft 2017a). Suunnitellut aloitus- ja valmistuspäivämäärät tilaukselle saadaan ERP-järjestelmästä saatavasta datasta. Kuormitus viikossa saadaan jakamalla tilauksen vaatimat ajotunnit suunnitelluilla valmistusviikoilla.

Koneen viikkokohtainen nettokapasiteetti ajotunneille lasketaan seuraavasti:

$$\textit{Kapasiteetti} = \textit{vuorot} * \textit{vuoron pituus} (h) * \textit{käyttöaste} \quad (3)$$

Kaavassa 3 on laskettu koneen viikkokohtainen nettokapasiteetti ajotunneille kertomalla koneen äärellä tehtävien työvuorojen määrä viikossa, yhden työvuoron pituus tunneissa sekä koneen laskettu käyttöaste. Käyttöaste saadaan OEE-raporteista. Työvuorojen pituudet ja viikkomäärät saadaan työvuorolistoista.

Jokaiseen tehtyyn Excel-kaavaan on lisätty virheenpoisto eli laskuvirheiden eliminointi, jotta Excel-tiedosto toimisi halutulla tavalla. Virheenpoistoja voidaan toteuttaa muun muassa Excel-funktiolla IF ja IFERROR (Microsoft 2017b).

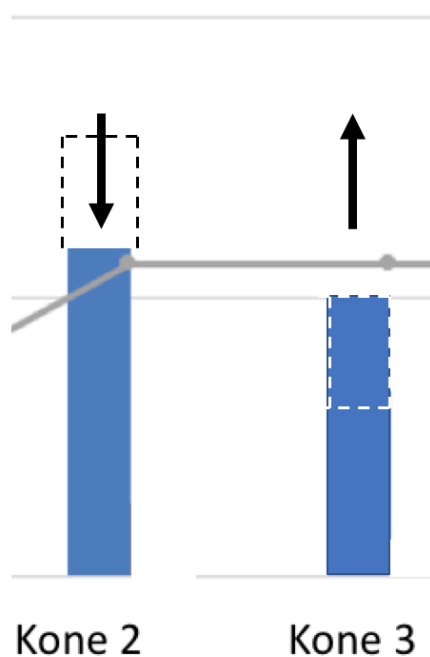
5.6 Käyttöönotto, pilotti ja palaute

Työkalun valmistumisen jälkeen esitellään työkalu yritykselle. Samalla tapahtuu myös opastaminen työkalun käyttöön. Työkalun käyttöä opastetaan työkalun tuleville pääkäyttäjille eli tuotannonohjaajille sekä tehdaspäällikölle. Opastettaviin asioihin kuuluvat työkalutiedoston avaaminen, kuormitusnäkyvien päivittäminen, aika- ja tilaajasuodattimien valitseminen, kone- ja kapasiteettitietojen muuttaminen sekä kuormitusnäkyvien lukeminen. Seuraavaksi työkalu on valmis pilottia eli testausjaksoa varten, jonka jälkeen ryhdytään mahdollisiin jatkokehityksiin. Testausjakso suoritetaan yrityksen Vantaan toimipisteellä, jonka jälkeen työkalun käyttöönotto on mahdollista myös yrityksen muilla toimipisteillä. Tarkoituksena on, että tulevaisuudessa koko Meconet Oy konserni käyttäisi kuormitustyökalua tuotannossaan. Tämä on huomioitu työkalun rakentamisessa siten, että työkalutiedostoon tuotava datamalli sopeutuu helposti työkalun pohjaan. Suurin osa yrityksen toimipisteiden toiminnanohjausjärjestelmistä tuottaa ulos samanlaista dataa, jonka ansiosta työkalun mukauttaminen toiseen tehtaaseen on vaivatonta. Tehtaiden käyttämät koneet ja kapasiteetit on kuitenkin asetettava tiedostoon tehdaskohtaisesti.

6 TULOKSET

Tutkimuksen tuloksena syntyy työkalu kuormitussuunnittelulle. Työkalun käyttöönotto vaikuttaa tuotannonohjauksen ja työntekijöiden toimintatapoihin, tehtaan tuottavuuteen ja sitä kautta sen toimitusvarmuuteen.

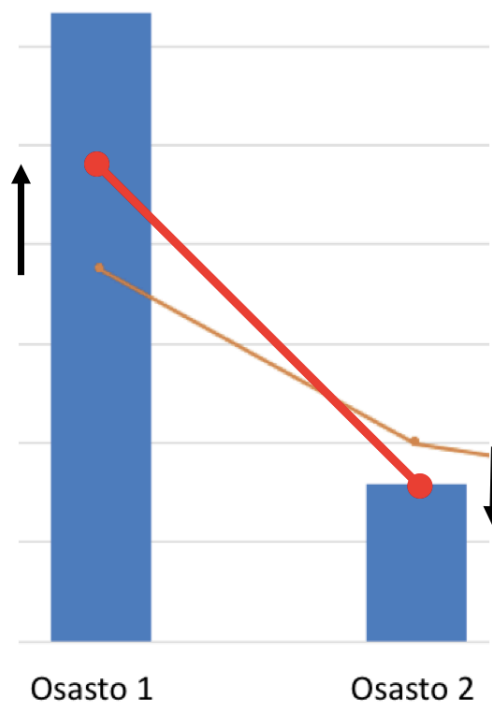
Työkalun valmistumisen jälkeen tuotannonohjaajat pystyvät tekemään kuormitusten jaottelua koskevia päätöksiä helpommin, nopeammin ja vaivattomammin. Kuormitukset pystytään jakamaan koneiden välillä helposti käyttäen visuaalista kuormitusnäkyä. Tilauksilla, jotka voidaan valmistaa monilla eri koneilla, pystytään kuormitusta siirtämään sinne missä on kapasiteettia vapaana. Kuten kuvassa 5 nähdään, voidaan esimerkiksi koneelta 2 siirtää kuormitusta koneelle 3. Tämän mahdollistaa molempien koneiden kyky valmistaa samaa tilausta. Koneella 2 kapasiteetti ylittyi aiemmin, kun taas koneella 3 kapasiteetti oli vapaana riittävästi. Kuormitusta siirretään koneelta toiselle, jolloin kapasiteetti riittää molempien koneiden osalta. Kuvassa 5 pystypalkit kuvaavat kuormitusta, viiva kapasiteettia, katkoviivat aiempaa kuormitustilannetta ja nuolet kuormitusten muutosten suuntaa.



Kuva 5. Kuormitusten jakaminen koneelta toiselle.

Kuormitustyökalua käyttäessä voidaan havaita nopeasti ja selkeästi kuormitusten ylitykset ja alitukset kapasiteettiin nähden. Aiemmin sama asia tehtiin tuijottamalla numeroita ja päättämällä siitä, mihin miten kuormitusta tulisi jakaa.

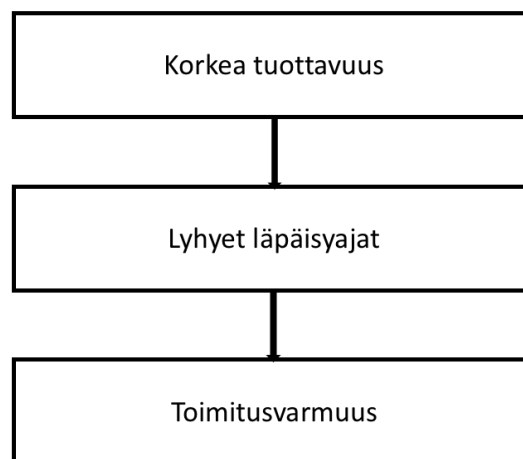
Kuormitusnäkyvässä tuotannonohjaajissa voidaan myös tehdä kapasiteetin muuttamista koskevia päätöksiä. Huomaamalla osastokohtaisesta kuvaajasta, että kapasiteetti ylittyy viikko- tai kuukausitasolla, voidaan sopeuttaa kapasiteettia kuormitusta vastaavalle tasolle. Tuotannonohjaajat pystyvät sopeuttamaan kapasiteettia esimerkiksi lisäämällä osaston työvuoroja. Tarvittaessa työvuoroja voidaan myös vähentää suunnitellusta, mikäli havaitaan ylimääräistä kapasiteettia kuormitukseen nähden. Kuvassa 6 nähdään, kuinka kapasiteettia on sopeutettu aiemmasta kuormitustilanteesta. Kuvaajasta on huomattu kuormituksen ylittävän kapasiteetin reilusti, joten kapasiteettia on lisätty siirtämällä työntekijöitä osastojen välillä. Vastaavasti osastolla 2 kapasiteettia on pienennetty kuormituksen ollessa vähäistä. Kuvassa on esitetty tarvittavat viikoittaiset työvuorot pystypalkeilla, sopeutettu kapasiteetti paksulla viivalla, aiempi kapasiteetti ohuella viivalla ja kapasiteetin muutossuunta nuolilla.



Kuva 6. Kapasiteetin sopeuttaminen osastolta toiselle.

Tuotannonohjaajien toimintatavat muuttuvat kuormitustyökalun käyttöönoton jälkeen. Työkalu antaa heille enemmän aikaa sekä resursseja tehdä kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelua koskevia päätöksiä. Työkalun aikasuodattimella saadaan myös kuukausittaisella aikavälillä hieman tuntumaa tulevaisuuden näkymästä työntekijäresurssien tarpeesta.

Ylimääräisen kapasiteetin optimointi kuormitukselle sekä kuormituksen jakaminen lisäävät tehtaan tuottavuutta. Kuten kolmannen kappaleen kolmannessa luvussa on kerrottu, kapasiteetin muutoskyky ja tuotantolinjojen kapasiteetit vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen. Myös tehtaan toimitusvarmuus parantuu tuottavuuden myötä, koska kapasiteetin ja konekuormituksen muutoskyvyn vuoksi rästiin kerääntyvät työt vähentyvät. Kuvassa 7 on havainnollistettu korkean tuottavuuden ja toimitusvarmuuden yhteyttä.



Kuva 7. Korkean tuottavuuden yhteys toimitusvarmuuteen (mukailtu Haverila et al. 2005, s. 403).

Karkeakuormitustyökalun lopputulemana on nopeampi päätöksenteon tukijärjestelmä kuin kohdeyrityksellä on ollut aiemmin käytössä. Työkalun visuaalisen näkymän vuoksi kuormituksia on helpompi hallita arvioimalla kapasiteetin tarvetta koneittain sekä osastoittain. Yrityksen käyttämässä ERP-järjestelmässä on mahdollisuus lisätä myös karkeakuormituksen hallintaan liittyvä samankaltainen moduuli kuin rakennettu työkalu on. Tämä kuitenkin olisi huomattavasti hitaampi ja epävarmempi työkalu johtuen käytetyn ERP-järjestelmän monimutkaisuudesta sekä raskaudesta. Itse rakennetulla työkalulla yksi tärkeimmistä ominaisuuksista oli automaattisuus ja käyttäjän mahdollisimman pieni tarve

tehdä toimenpiteitä käyttöä varten. Työkalun visuaalisuus mahdollistaa myös kuvaajan asettamisen vapaasti katseltavaksi erilaisilla näytöillä tehtaan käytävillä. Näin tehdään kuormitukset ja kapasiteetit ovat kaikkien halukkaiden saatavilla ja nähtävillä nopeasti. Kuormitus- ja kapasiteettikuvaajaa on tarkoituksena käyttää myös tukena tuotannonohjausta koskevissa palavereissa. Työkalun käytön helppous ja selkeä visuaalisuus noudattaa myös kohdeyritys Meconet Oy:n käyttämää Lean-filosofiaa, jossa yksiä tärkeimmistä periaatteista ovat toimintojen yksinkertaisuus sekä toimintoihin käytettävän ajan minimointi (Black 2008, s. 8 & 15).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Työkaluun saatiin rakennettua vaaditut näkymät ja suodattimet. Kuormitustyökalu toteutti yrityksen tuotannonohjaukselle vaaditut ominaisuudet, ja kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelu helpottui ja selkeytyi. Työkalulle luotiin vahva pohja jatkokehittämistä varten, ja työkalulle on varattu tulevaisuudessa merkittävä osa koko konsernin tuotannonohjaukseen. Myöhemmin kuormituskuvaajien on tarkoitus tulla tehtaan tuotannonohjaajien työtilaan suurelle kuvaruudulle reaaliaikaista tarkastelua varten. Näin kuvaajat toimivat parhaiten kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelun päätöksen tukena. Tarvittaessa työkalua voi käyttää myös ylemmän johdon, myynnin ja varaston tukena päätöksenteossa.

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä päämääränä oli selvittää mihin kuormitustyökalua tarvitaan. Kuormitustyökalua tarvitaan kuormitus- ja kapasiteettisuunnittelussa viikoittaisella sekä kuukausittaisella aikajänteellä. Tuotannonohjaajien aiemmat tavat toteuttaa suunnittelua olivat hankalia ja aikaa vieviä. Lisäksi ilman visuaalista työkalua kuormitusten siirtomahdollisuudet koneelta tai osastolta toiselle saattoi jäädä huomaamatta. Kuormitustyökalu mahdollistaa visuaalisen ja digitalisoidun vastineen aiemmalle toteutustavalle.

Lisäksi oli saatava vastaus toiseen tutkimuskysymykseen, miten työkalu rakennetaan. Työkalun rakentamiseen vaadittiin lähtötietoja yrityksen tuotannon periaatteista, kuten tuotteiden ohjautuvuuksista, tehtaan kuormitusryhmistä sekä kapasiteetin- ja kuormitusten hallinnasta. Työkalu tuli myös rakentaa mahdollisimman käyttäjäystävälliseksi tuotannonohjaajia varten. Tuotannonohjaajilta ja muilta työkalun käyttäjiltä saatiin selville halutut näkymät kuvaajalle sekä vaaditut muuttamismahdollisuudet työkalun sisään tuotavalle datalle, kuten konelistoille. Kysymystä varten selvitettiin myös tarvittavat lähtödatat ja niiden tuonti työkalutiedostoon.

Kolmannessa kysymyksessä selvitettiin työkalun vaikutusta tehtaan toimintaan. Konkreettisia vaikutuksia olivat tuotannonohjaajien työskentely- ja toimintatavat karkeasuunnittelussa sekä tehtaan parempi tuottavuus. Työkalun vaikutuksia pitkällä

aikavälillä ei vielä saatu selville, mutta työkalun pitkän käytön jälkeen voidaan tehdä uusia pohdintoja sen vaikutuksista tehtaalle.

7.1 Lisäkäytöt työkalulle

Tehtaan johto ja sitä ylempi johto voi tarvittaessa käyttää työkalua tehtaan kuormituksen tarkkailuun. Toistuvasti ylittyvän kapasiteetin perusteella johto voi tehdä kokonaissuunnittelua koskevia päätöksiä esimerkiksi uusista koneinvestoinneista tai henkilöstön palkkaamisesta. Tarvittaessa karkeakuormituksen tarkastelulla voidaan tukea päätöksiä varastotasojen ja tehtaan kokonaisvolyymien suunnittelussa (Haverila et al. 2005, s. 412.)

Myös myynti pystyy tarvittaessa säätämään tilauskantaa kuormituskuvaajaa apuna käyttäen. On siis tärkeää, että myös myynti osaa tarkastella kuvaajaa. Pääpainoarvo kuvaajassa ei ole kuitenkaan myynnillä, sillä tutkittavan yrityksen myynnin ja tuotannonohjauksen kommunikointi on vähäistä. Kohdeyrityksessä tuotanto pyritään usein sopeuttamaan myynnin tasolle, eikä toisinpäin.

Kuormitustyökalun käyttö on tarpeellista myös varaston puolella. Materiaali- ja raaka-aineostot määritellään tarpeen mukaan. A-nimikkeille, joilla materiaalia täytyy jatkuvasti olla tuotannon saatavilla, kuormituskuvaaja kertoo tulevien viikkojen tarpeet varastoitavalle materiaalille. Nimikkeillä B ja C, joilla materiaaliostot tehdään tuotetilausten aloitteesta, kuormituskuvaaja antaa myös ennustetietoa tarvittavasta tilausajankohdasta sekä määristä. Näitä tietoja ja rakennettua kuormituskuvaajaa hyväksikäyttämällä voidaan suunnitella varaston työvuoroja ja mahdollisesti varastointikapasiteettia.

Työkalulle on myös muita mahdollisia lisäkäyttöjä tuotannosuunnittelussa. Tuotannosuunnittelu voisi esimerkiksi käyttää karkeakuormituskuvaajaa sopeuttaakseen kapasiteettia olemassa olevien käyttämättömien koneiden käyttöön otolla. Yrityksessä ei useinkaan ole näin tehty. Tämä ratkaisu kuitenkin tarvitsisi muitakin investointeja liittyen uusien tuotantolinjojen asennukseen ja työvuorojen kasvattamiseen.

7.2 Tutkimuksen merkitys

Vaikka konkreettiset tulokset ja lopputulemat kuormitustyökalun käyttöönotosta näkyvät vasta pitkän ajan jälkeen, voidaan jo pilotin jälkeen todeta muutamien asioiden kehittyneen tuotannossa.

Tehdastasolla kuormitustyökalusta saatiin viikoittainen työkalu lisätyövuorojen kartoittamiseen. Näin saatiin suunniteltua lisäkapasiteettia ja parannettua tehtaan tuottavuutta. (Tolvanen 2017b.) Tuotannonohjaukseen päivittäistä rutiinia työkalun käyttöön ei toistaiseksi syntynyt, mutta pohja tälle on luotu. Viikoittaisella tasolla tuotannonohjaus käyttää kuormituskuvaajaa kartoittaakseen tulevien viikkojen työkuormaa. Tutkimuksen merkitys tuotannonohjaukselle on suuri, sillä jatkokehityksen myötä työkalulla saadaan helpotettua ja nopeutettua kuormitusten aikatauluttamista hienokuormituksessa. Myös tällaisenaan kuormituskuvaaja auttaa tuotannonohjausta karkealla aikavälillä. (Sundberg 2017b.)

Tutkimuksessa myös havaittiin muiden yritysten mahdollisista kiinnostuksesta kehitettyä kuormitustyökalua kohtaan. Haastatellun yrityksen edustaja ilmaisi samankaltaisen tarpeen työkalulle kuin mitä tutkimuksen kohdeyrityksellä oli (Roppola 2017). Vaikka tutkimuksessa haastateltujen toimijoiden lukumäärä on vähäinen, voidaan päätellä, että tarvetta kuormitustyökalulle löytyy myös muista yrityksistä. Täten tutkimuksella voi olla myös merkitystä tulevaisuudessa tuotannonohjaukselle maanlaajuisesti.

7.3 Jatkokehitys

Tutkimuksen tavoitteet täyttyivät ja yrityksen pyytämä työkalu kuormitussuunnitteluun saatiin rakennettua vaadituilla suodattimilla ja datalla. Työkalu tarjoaa lisäksi mahdollisuuden jatkokehitykselle, johon työn edetessä saatiin uusia ideoita.

Saatujen palautteiden perusteella tuotannonohjauksella on yhä haasteita käyttää työkalua tilausten aikataulutuksen apuna. Muun muassa rästiin jääneiden tilausten aiheuttamassa kuormituksessa on kehitettävää. Eräs jatkokehitysidea on kuormitusten jaottelu rästeihin ja ajallaan aloitettaviin töihin. Tuotannonohjauksen tulisi nähdä helposti, kuinka suuri osa kuormituskuvaajan kuormituspalkista koostuu rästiin jääneistä tilauksista. Rästien näkyvyys voitaisiin toteuttaa esimerkiksi eri väreinä kuin ajallaan olevat tilaukset.

Ehdotuksena oli myös kone- ja osastokohtaisten kuormitusten sisällön avaaminen painamalla kuvaajan kuormituspalkista. Näin saataisiin haluttaessa nähtyä kuormituksen koostumus tilauksittain. Toinen jatkokehityskohde on vuorokapasiteetin näkymä, jossa tarvittavat vuorot näkyvät palkkeina. Ehdotuksena oli tarvittavien vuorojen näkymä esimerkiksi väreinä, jolloin nähdään vieläkin nopeammin viikko- ja kuukausikohtaisten vuorojen tarve. (Sundberg 2017b.)

7.4 Tulevaisuus

Tulevaisuudessa tuotannonohjauksen tukena voidaan mahdollisesti käyttää reaaliaikaisia laadunvalvontajärjestelmiä kytkettynä ERP-järjestelmään. Kuormituksia ja nettokapasiteettia voidaan näin visualisoida paljon paremmin ja realistisemmin. Tuotannon mahdollisiin häiriöihin ja keskeytyksiin voidaan reagoida aiemmin kuin ennen ja tarpeeksi nopeasti. Suoraan koneisiin kytketyt järjestelmät mahdollistavat visuaalisilla mittareilla tuotannon tarkan sen hetkisen seuraamisen. Myös digitalisoitu laadunvalvonta takaa hukkaan menevien tuotteiden vähenemisen. Mahdollisesti tuotantolinjasta voidaan myös paikallistaa prosessi, jossa laatu vaihtelee eniten. Näin voidaan minimoida niin sanotut pullonkaulat ja hidasteet tuotantoprosessissa. Järjestelmissä tarkoituksena on myös ottaa edellä mainituista asioista talteen historiadataa entistä tarkemmin, joiden perusteella voidaan tekoälyn avulla tehdä kapasiteetista ja valmistusnopeudesta ennusteita tulevaa tuotannonsuunnittelua ajatellen. (Fujitsu Finland Oy 2017.) Karkeakuormituksen hallintaan tämä avaa uusia mahdollisuuksia. Tämän teknologisen kehityksen avulla voidaan suunnitella kapasiteetin ja kuormitusten hallintaa viikkojen tai kuukausien päähän. Jatkotutkimukselle kohdeyrityksessä hyvä suunta olisi tuotannon ja laadunvalvonnan, tuotannonsuunnittelun, materiaalivarastojen sekä tuotekehityksen yhteistyön parantaminen. Tätä voisi toteuttaa esimerkiksi yhteisellä järjestelmällä ja tilannenäkymien digitalisoinnilla eri osa-alueilla. Tavoitteena olisi samankaltainen tilanne kuin edellä kerrotussa Fujitsun kuvaamassa tuotannonohjauksen tulevaisuuden näkymässä.

LÄHTEET

Aatola, T., Sundberg, M. & Tolvanen, J. 2017. Toimitusjohtaja, tuotannonohjaaja, tehdaspäällikkö, Meconet Oy. Vantaa. Välipalaveri 3.3.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Black, J. 2008. Lean Production: Implementing a World-class System. New York: Industrial Press Inc. 191 s.

Cimorelli, S. C. & Chandler, G. 1996. Control of Production and Materials. Handbook of Manufacturing Engineering, 4: 11. S. 507–572.

Fujitsu Finland Oy. 2017. Industry 4.0 voi palauttaa valmistuksen perinteisiin teollisuusmaihin. Uutiskirje, huhtikuu 2007. Net – Fujitsun asiakaslehti. [Viitattu 29.4.2017]. Saatavissa: [http://www.net.fujitsu.fi/fi-FI/2017/Industry_40_voi_palauttaa_valmistuksen_p\(9772](http://www.net.fujitsu.fi/fi-FI/2017/Industry_40_voi_palauttaa_valmistuksen_p(9772)

Haverila, M. J., Kouri, I., Miettinen, A. & Uusi-Rauva, E. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy. 510 s.

Leon, A. 2008. Enterprise Resource Planning. 2. painos. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education. 370 s.

Ljungberg, O. 1998. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. International Journal of Operations & Production Management, 18: 5. S. 495–507.

Meconet Oy. 2017a. Yritys. [Meconet Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://www.meconet.net/fi/yritys/>

Meconet Oy. 2017b. Asiakkaat. [Meconet Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://www.meconet.net/fi/asiakkaat/>

Meconet Oy. 2017c. Tuotteet ja palvelut. Meistotuotteet. [Meconet Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://www.meconet.net/fi/tuotteet-ja-palvelut/meistotuotteet/>

Meconet Oy. 2017d. Laatu ja ympäristö. Meistotuotteet. [Meconet Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://www.meconet.net/fi/yritys/laatu-ja-ymparisto/>

Microsoft. 2017a. Office. Support. WEEKNUM function. [Support office:n www-sivuilla]. [Viitattu 29.4.2017]. Saatavissa: <https://support.office.com/en-us/article/WEEKNUM-function-e5c43a03-b4ab-426c-b411-b18c13c75340>

Microsoft. 2017b. Office. Support. Hide error values and error indicators in cells. [Support office:n www-sivuilla]. [Viitattu 29.4.2017]. Saatavissa: <https://support.office.com/en-gb/article/Hide-error-values-and-error-indicators-in-cells-d171b96e-8fb4-4863-a1ba-b64557474439>

Roppola, J.-P. 2017. Tuotantopäällikkö, ABB Oy. Puhelinhaastattelu 5.5.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Suomen Asiakastieto Oy. 2016. Meconet Oy. [Suomen Asiakastieto Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/meconet-oy/01150035/taloustiedot>

Sundberg, M. 2017a. Tuotannonohjaaja, Meconet Oy. Vantaa. Haastattelu 14.2.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Sundberg, M. 2017b. Tuotannonohjaaja, Meconet Oy. Vantaa. Haastattelu 11.5.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Tolvanen, J. 2017a. Tehdaspäällikkö, Meconet Oy. Vantaa. Aloituspalaveri 21.1.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Tolvanen, J. 2017b. Tehdaspäällikkö, Meconet Oy. Vantaa. Palautekeskustelu 8.5.2017. Haastattelijana Tuomas Simula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Vollman, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Jacobs, F. R. 2005. Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management. 5. Edition. New York: McGraw-Hill. 598 s.