

TUOTANNON DIGITALISOINTI

Case: Raute Oyj

Tiivistelmä

Tekijä(t) Vähä-Antila, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Number of pages 55	Valmistumisaika Syksy 2019
Työn nimi Tuotannon digitalisointi Case: Raute Oyj		
Tutkinto Tradenomi, Liiketalous & Logistiikka		
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena on luoda suunnitelma toimeksiantaja Raute Oyj Nastolan tuotannon digitalisoimiseksi. Opinnäyte on luonteeltaan toiminnallinen ja sen tavoitteena on asettaa askelmerkit kehitysprojektille. Tarve edellä mainitulle tehtävälle juontaa juurensa teollisuuden neljänteen vallankumoukseen, kilpailukyvyyn ja joustavuuden kehittämisen mahdollisuuksiin sekä sen edellytyksiin.</p> <p>Työssä käsitellään digitalisaatiota käsitteenä, sen moninaista muotoa ja miten se muokkaa ihmisten, sekä yritysten tapaa kuluttaa ja tuottaa tuotteita ja palveluita. Lisäksi tarkastellaan miten digitalisaatio näkyy toimitusketjussa sekä tuotannossa ja millaisia trendejä siitä tällä hetkellä on nähtävissä. Teoriaosuudessa perehdytään tuotannon digitalisoinnin syihin ja hyötyihin. Osuudessa käydään läpi käytännön odotuksia ja investoinnin takaisinmaksua.</p> <p>Tulevaisuuden digitaaliset tuotannon keskittyvät Eurooppaan. Näitä digitalisaatiohankkeita ja niiden tuloksia on myös raportoitu julkisuuteen niin yritysten itsensä, kun tietislehtiä julkaisemina artikkeleina. Teorian ja lopputuotoksen tueksi olen raporttiin nostanut tiivistettynä Euroopan ja Suomen alueella toimivien yhtiöiden julkistuksia aiheesta.</p> <p>Matka kohti Teollisuus 4.0: aa on erilainen jokaiselle yritykselle. Tämän takia on työ välttämättömyyden aloittaa analysoimalla yrityksen nykytilannetta ja tavoitteita. Tässä kehitystyössä hyödynnetään Acatech maturity index -menetelmää rajatusti. Yksityiskohtaisten kysymysten ja niiden pisteyttämisen sijaan pysytään menetelmän määrittämisessä ylemmällä tasolla.</p> <p>Kypsyysindeksin lopputuloksena muodostuu niin sanottu ”roadmap”, jonka tarkoituksena on ohjata asteittain yritys kohti tavoitetta saavuttaen edut priorisoidussa järjestyksessä.</p>		
Asiasanat Digitalisaatio, teollisuus 4.0, toimitusketju		

Abstract

Author(s) Vähä-Antila, Joonas	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 55	
Title of publication Digitalizing Production Case: Raute Corporation		
Name of Degree Bachelor of Business Administration		
Abstract <p>The goal of this thesis is to create a plan to digitalize the production of Raute Oyj's plant in Nastola, Finland. This thesis is functional in nature and its target is to set a path for a real development project.</p> <p>The need for this thesis is based on the fourth industrial revolution (Industry 4.0) and the possibilities and requirements to develop cost efficiency and flexibility within the company.</p> <p>In this thesis we discuss the concept of digitalization, its diversity and how it shapes the way people and companies consume and produce goods and services. How digitalization plays its part in the supply chain and production, and what kind of trends can be seen at the moment.</p> <p>In the theoretical section we familiarize ourselves with digitalization's pros and cons in production. This part includes discussion about practical expectations and the return of investment.</p> <p>Future digital manufacturing plants will be centered in Europe. These digitalization investments and their results have been reported to the public by companies themselves as well as business & technology magazines. To verify the theory and outcome of this thesis, I have summarized some publications by companies operating in Europe and Finland.</p> <p>The journey towards Industry 4.0 is different for each company. Because of this it is necessary to begin by analyzing the current state and targets of the company. In this thesis we utilize the Acatech maturity Index -method in a somewhat limited way. Instead of asking detailed questions and mapping the index with given points, we will stay on the higher level.</p> <p>The result of this method is a so called "roadmap" which steers the company towards set goals gradually, reaching the desired benefits in a prioritized order.</p>		
Keywords Digitalization, industry 4.0, supply chain		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	RAUTE OYJ	2
2.1	Raute.....	2
2.2	Rauten liiketoiminta	2
2.3	Raute Oyj Nastolan tuotanto.....	3
3	DIGITALISAATIO.....	4
3.1	Digitalisaation muutosvoima	4
3.2	Teollisuus 4.0	5
3.3	Digitalisaation trendit	7
3.4	Tekoäly ja robotiikan vaikutus työllisyyteen.....	9
4	TUOTANNON DIGITALISOINTI	10
4.1	Digitalisaatio tuotannossa.....	10
4.2	Tuottavuus.....	10
4.3	Digitalisoinnin mahdollisuudet.....	11
4.4	Tuotannon tehostaminen	12
4.5	Digitalisaatio investointina.....	15
5	TULEVAISUUDEN DIGITAALISET TEHTAAT	17
5.1	Digitaalisten tuotantojen keskittyminen	17
5.2	Case: Bridgestone	18
5.3	Case: Nokian Raskaat Renkaat.....	19
5.4	Case: Ponsse	19
5.5	Case: Valmet Automotive	20
6	TUOTOKSEN MUODOSTUMINEN	21
6.1	Menetelmät.....	21
6.2	Rauten strategia	22
6.3	Teknologiat ja järjestelmät	23
6.4	Tämän hetken mahdollisuudet.....	25
6.5	Digitalisaation tavoitteet	26
6.6	IT- / Järjestelmäinfrastruktuuri.....	27
6.7	Puutteet	29
7	TUOTOS: ROADMAP	31
7.1	Tuotoksen tavoite	31
7.2	Tuotoksen kulku	31

7.2.1	< 2014	32
7.2.2	2017-2018	32
7.2.3	2019	32
7.2.4	2020-2021	34
7.2.5	2021-2023	37
7.3	Digitaalisen tuotannon perustukset	40
7.3.1	Tuotehallinnan, tuotteistuksen & valmistuksen kehitys.....	40
7.3.2	Prosessi- ja menetelmä kehitys, Lean ja turvallisuuskäytänteet	41
7.3.3	Tuotannon ja logistiikan harmoninen sivistyminen	41
7.3.4	Hankinnan ja materiaalivirtausten hallinnan onnistuminen	41
8	POHDINTA.....	42
9	YHTEENVETO	44
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	49

LYHENTEET & SANASTO

Vaneri = puuviilusta ristikkäin ladottu, liimattu ja puristettu puutuote

LVL = puuviilusta samansuuntaisesti ladottu, liimattu ja puristettu kantava puutuote

Digitalisaatio tai digitalisoituminen = Digitaalitekniologian liittämistä arkeen kääntämällä kuvaa, ääntä ja tietoa biteiksi ja tavuiksi.

Data = Tietoa sähköisessä muodossa esimerkiksi mittaustietoa, tilastoja, palautetta tai tapahtumia.

Teollisuus 4.0 = Teollisuuden neljäs vallankumous. Käytännössä tietokoneiden ja automaation sulauttamista tuotantoon, sekä niiden rikastamista käytettävissä olevan tiedon ja koneoppimisen avulla älykkäiksi, sekä itsenäisiksi.

Offshoring = Yritykset siirtävät toimintonsa kehittyviin maihin edullisen työkustannuksen perässä.

Nearshoring = Yritykset suosivat maantieteellisesti lähempänä olevaa tuotantoa.

Pilvipalvelut ja esineiden Internet = Laitteiden ja palveluiden kytkeminen verkkoon.

Älytuotteet = Älykkäät tuotteet tuottavat valmistajilleen dataa eli tietoa.

Digitaalinen kaksonen = (Digital Twin) Mahdollistaa tuotteiden tai valmistusprosessien testaamisen virtuaalisessa muodossa.

Lisäävä valmistaminen = 3D-tulostaminen mahdollistaa aikaa ja materiaalia säästävän tavon valmistaa tuotteita.

Tekoäly = Keinoäly on tietokone tai tietokoneohjelma, joka kykenee tekemään älykkäinä pidettäviä toimintoja ihmisestä riippumattomana.

ERP = Toiminnanohjausjärjestelmä

MES = Tuotannonohjausjärjestelmä

PLM = Tuotehallintajärjestelmä

WMS = Varastonohjausjärjestelmä

Roadmap = Suunnitelma, jonka tarkoituksena on ohjata asteittain kohti tavoitetta, saavuttaen edut priorisoidussa järjestyksessä.

1 JOHDANTO

Digitalisaatio muuttaa asiakkaiden tapoja hankkia tuotteita. Toimittajilta vaaditaan enemmän kuin ennen. Niin kuluttajilla kuin kilpailijoillakin on käytettävissä olevaa tietoa lähes rajoittamattomasti, mikä johtaa aggressiiviseen, kohdistettuun mainontaan, mutta myös ennen käsittämättömään tuote- ja toimittajatietoisuuteen. Asiakkaiden hankintatapojen kehittyä on toimittajien löydettävä uusia keinoja muuttaa toimintaansa palvelukseksi asiakkaitaan paremmin.

Digitalisaatio mahdollistaa uusia, toimintatapoja sekä muuttaa rajusti nykyisiä. Muutosten myötä syntyy myös uusia vaatimuksia. Se luo uusia keinoja kehittää, innovoida, sekä hyödyntää uusia liiketoimintatapoja. Digitalisaation avulla yritykset pystyvät kehittämään olemassa olevien tuotteiden sekä palveluiden lisäarvoa, mikä käytännössä tapahtuu olemassa olevien menetelmien tehostamisella, hyötysuhteen parantamisesta syntyvillä kustannussäästöillä tai jopa teknologian mahdollistamilla uusilla ominaisuuksilla.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Raute Oyj:lle. Opinnäytetyö suoritettiin samanaikaisesti käytännön kehitystyösuunnitelman yhteydessä. Opinnäyte on luonteeltaan toiminnallinen ja sen tavoitteena on asettaa askelmerkit kehitysprojektille. Toiminnallinen opinnäytetyö poikkeaa tutkimuksellisesta siinä, että työn lopputuloksena on tuotos, kuten esimerkiksi malli tai opas, kun taas puolestaan tutkimuksellisen tuotoksena on tarkoitus synnyttää uutta tietoa tutkimusraportin muodossa. Toiminnallista lähestymistä voidaan siis kutsua kehittämistoiminnaksi. (Salonen 2013, 5.)

Kehittämistoiminnan ja tutkimustyön lähtökohdat ovat suurimmaksi osakseen samankaltaisia. Molemmissa on tietoperusta, toimijat, menetelmät, materiaalit sekä tuotos. Poikkeavuus esiintyy lähinnä tutkimis- ja kehitysmenetelmissä, materiaalin ja aineiston hyödyntämisessä, havainnollistamisessa ja analysoinneissa, sekä lopullisen raportin tai tuotoksen ulkoasussa tai rakenteessa. (Salonen 2013, 5.)

Työn tavoitteena on luoda suunnitelma Raute Oyj Nastolan tuotannon digitalisoimiseksi. Tarve edellä mainitulle tehtävälle juontaa juurensa teollisuuden neljänteen vallankumoukseen, kilpailukyvyin ja joustavuuden kehittämisen mahdollisuuksiin, sekä edellytyksiin.

Teoriaosuudessa perehdytään tuotannon digitalisoinnin syihin ja hyötyihin. Osuudessa käydään läpi käytännön odotuksia ja investoinnin takaisinmaksua. Lopputuotoksen muodostamiseksi hyödynnetään Acatech maturity index -menetelmää rajatusti. Kypsyysindeksin lopputuloksena muodostuu ns. ”roadmap”, jonka tarkoituksena on ohjata asteittain yritys kohti tavoitetta, saavuttaen edut priorisoidussa järjestyksessä. Lopuksi pohditaan tuotoksen onnistumista ja sen käytettävyyttä, sekä ajatuksia joita tuotoksen jälkeen syntyi.

2 RAUTE OYJ

2.1 Raute

Raute Oyj on 110 vuotta vanha, Lahdesta lähtöisin oleva laite- ja palvelutoimittaja puuteollisuudessa toimiville yrityksille. Rauten asiakkaat valmistavat puusta viilua, vaneria ja viilupalkkia (LVL). Ilmastokysymykset ja kestävä kehitys ohjaavat suosimaan uusiutuvia raaka-aineita joka heijastuu positiivisesti puutuoteteollisuuteen. Suomessa tunnetuimpia asiakkaita ovat muun muassa UPM, Metsä ja Stora Enso. (Raute 2019)

Raute on markkinajohtaja teollisuuden alalla johon liiketoiminta kohdistuu. Vaneriteollisuudessa Rauten markkinaosuus on noin 15-20 prosenttia. Tämän lisäksi yli puolet maailmalla tuotetusta LVL:stä on valmistettu Rauten toimittamilla laitteilla. Kun puhutaan tehdaslaajuisista toimituskokonaisuuksista, joka sisältää kaikki tuotteen jalostukseen liittyvät toimilaitteet, Raute on maailman laajuinen markkinajohtaja vaneri ja LVL-teollisuudessa. Raute on kone- ja palvelutoimittaja maailmanlaajuisilla puunjalostusmarkkinoilla. (Raute 2019)

2.2 Rauten liiketoiminta

Rauten teknologiatarjonta kattaa asiakkaan koko tuotantoprosessin koneet ja laitteet. Kokonaispalvelukonseptiin kuuluvat lisäksi palvelut vikakorjauksista ja varaosatoimituksista aina säännölliseen kunnossapitoon ja konekannan modernisointeihin. (Raute 2019)

Rauten liiketoiminta koostuu pääsääntöisesti projektityyppisistä toimituksista, joille tyypillistä on investointipäätösten herkkyyys talouden suhdanteille ja ajoituksen vaikea ennakoitavuus. (Raute 2019)

Asiakaskuntaa palvelee nykyisellään Rauten lähes 800 osajaa kymmenestä eri maasta. Tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa Lahden Nastolassa, Kanadassa Vancouverin alueella ja Kiinassa Shanghain alueella. Edellä mainittujen lisäksi Raute konserniin kuuluu kaksi tytäryhtiötä, Mecano Kajaanissa, sekä Metriguard Pullmanin alueella, Washingtonin osavaltiossa, Yhdysvalloissa. Mecanon toiminta keskittyy konenäköteknologiaan, ja Metriguard puolestaan lujuuslaskentaan. Myyntiverkosto on maailmanlaajuinen. Huolto- ja varaosapalveluita tarjotaan enenevässä määrin myös paikallisesti. (Raute 2019)

Rautella on tuotannollista toimintaa lähes kaikilla mantereilla, jossa jokaiselle tuotantolaitokselle on vakiintunut tietyt tuotteet valmistettavaksi, sekä globaalien toimitusten lisäksi myös paikallisen markkinan edellyttämä palveluliiketoiminta. (Raute 2019)

Rautella on myös omien tuotantolaitosten lisäksi useita kumppaneita, sekä varteenotettavan laaja toimittajaverkosto, jotka mahdollistavat kyvyn joustaa ja palvella riippumatta epätasaisesta kuormitustilanteesta. Vuodesta 1994 lähtien Raute konsernin Raute A-osake on noteerattu Nasdaq Helsinki Oy:ssä. (Raute 2019)

2.3 Raute Oyj Nastolan tuotanto

Raute Oyj:n tuotanto siirtyi Lahden Vesijärvenkadun tehtaalta 1990-luvulla koko puunjalostuskonetoimialan lomassa Nastolaan. (Lahdenmuseot, 2019) Rautella on historiansa puolesta pitkät juuret konepajateollisuudessa. Työurat Rautella ovat vielä tänä päivänäkin pitkiä, etenkin tuotannon puolella. Nastolan tuotanto keskittyy nykyisellään pääsääntöisesti teknologisesti tai tuotantoteknisesti haasteellisimpien piirustusnimikkeiden valmistamiseen ja näissäkin eritoten koneistukseen. Näitä nimikkeitä puolestaan käytetään toimittavien laitteiden osina. Työstökoneita tuotannossa on toista kymmentä kappaletta aina hiomakoneista syväporaukseen, sorveista jyrsimiin sekä isoihin avarruskoneisiin. Viime vuosien aikana yhtiö on tehnyt enenevässä määrin investointeja konekannan modernisointeihin ja uudistamiseen. Vuodenvaihteesta 2017—2018 lähtien teräsrakenteet ja niiden esikäsittely on pääsääntöisesti ulkoistettu kumppaniverkostolle, mutta kuitenkin niin, että toimintakykyä ei ole täysin lakkautettu omasta tuotannosta. Osavalmistuksen lisäksi Nastolassa ylivoimaisesti suurin valmistusprosessi on kokoonpano. Kokoonpanot on jaettu tuoteryhmittäin eri työnjohtajien kesken. Kokoonpanot sisältävät laitteiden osakokoonpanoja pääkokoonpanoja, sekä linjakasauksia. Tuotannon keskeisenä tehtävänä on tuottaa tuotantotilaukset kustannustehokkaasti ja laadukkaasti annetuin kriteerein, asetetussa ajassa. (Raute 2019)

Yrityksellä on pitkät juuret ja toimiala on perinteinen. Tehtaalla työntekemisen kulttuuri on jossain määrin tehokkuuden osalta kärsinyt inflaation. Tämän lisäksi päivittäisjohtaminen ei ole pysynyt kehityksen mukana. Tietoa, eli niin sanottua ”dataa” kerätään olemassa olevasta laitekannasta, jonka lisäksi sitä syntyy esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Yksittäisiä ajatuksia tai tiedonhyödyntämishankkeita on toteutettu, mutta kokonaiskuva kehityssuunnasta, sekä suunnitelma sen saavuttamiseksi puuttuu.

3 DIGITALISAATIO

3.1 Digitalisaation muutosvoima

Digitalisaatio on aikakautemme suurin muutosvoima. Se muuttaa radikaalisti ihmisten tapaa hankkia informaatiota, ostaa tuotteita, kuluttaa palveluja, hoitaa asioitaan, jakaa kokemuksiaan ja olla vuorovaikutuksissa muiden kanssa. Se sekoittaa yritysten kilpailuympäristöä ja murtaa perinteisiä toimialarajoja. Se pakottaa yrityksiä uudistamaan toimintatapojaan ja osaamistaan. Se synnyttää uusia voittajia ja häviäjiä. Digitalisaatio koskettaa jokaista yritystä toimialasta riippumatta (Ilmarinen & Koskela 2015, 1)

Digitalisaatio, tai tarkemmin ottaen digitalisoituminen, tarkoittaa digitaaliteknologian liittämistä arkeen kääntämällä kuvaa, ääntä ja tietoa biteiksi ja tavuiksi. Käytännön esimerkeinä voidaan pitää äänilevyjen kääntämistä Cd-levyiksi ja Cd-levystä edelleen suoratoistomusiikiksi tai valokuvasta digikuvaksi ja digikuvista valokuvien pilvipalveluun. (Ilmarinen & Koskela 2015, 2.1)

Digitalisoituvilla markkinoilla kilpailu on raaempaa kuin koskaan ennen. Voidaankin sanoa, että nykypäivänä asiakkaat odottavat saavansa räätälöityjä tuotteita edulliseen hintaan toimitettuna perille ja nopeasti. Tämän lisäksi ostamisesta on tullut helppoa ja yksinkertaista. Ilmiönä tätä kutsutaan joissain yhteyksissä ”Click & Collect” -ilmiöksi. Tästä hyvä käytännön esimerkki on sähköajoneuvojen suunnannäyttäjä Tesla, jolla ei ole nykyisellään yhtään kivijalkaliikettä. Valmistajan autojen osto tapahtuu täysin valmistajan verkkokaupassa, josta ensimmäisellä klikkauksella asiakas pääsee suunnittelemaan autoaan ja seuraavaksi siirrytään jo maksutapahtumaan. Parhaimmillaan auto on ostettu 30 sekunnissa. Asiakkaiden hankintatapojen kehityttyä on toimittajien löydettävä uusia keinoja muuttaa toimintaansa palvellakseen asiakkaitaan paremmin. (Ilmarinen & Koskela 2015, 1)

Sen lisäksi, että digitalisointi muuttaa, se myös luo uusia keinoja kehittää, innovoida, sekä hyödyntää uusia liiketoimintatapoja. Digitalisaation avulla yritykset pystyvät kehittämään olemassa olevien tuotteiden sekä palveluiden lisäarvoa, joka käytännössä tapahtuu olemassa olevien menetelmien tehostamisella, hyötysuhteen parantamisesta johtuvilla kustannussäästöillä tai jopa teknologian mahdollistamilla uusilla ominaisuuksilla. Digitalisaation avulla voidaan myös parantaa yritysten sitoutuneen pääoman käyttöä sekä vähentämällä, että tehostamalla. Hyvä esimerkki tästä on varastojen optimointi käytettävissä olevan datan analysoinnin, sekä kysyntäennusteiden avulla. (Ilmarinen & Koskela 2015, 2.3)

Aalto-yliopiston tutkija Hiekkasen (2019) mukaan edelleen yritykset kertovat yllättävän usein, ettei digitalisaatio kosketa heitä. Hiekkanen kuitenkin toteaa, ettei se pidä paikkaansa. Hiekkasen mukaan digitalisaatio koskettaa meitä kaikkia. ”Se on megatrendi, joka on muuttanut ja tulee muuttamaan maailmaan ja toimintatapojamme nopeasti”. (Aalto Pro 2019)

Hiekkasen mukaan (2019), mikäli digitalisoituvassa maailmassa haluaa pärjätä, on yrityksen johdolla oltava vahva näkemys digitalisaatiosta ja sen vaikutuksista omaan liiketoimintaan ja liiketoimintaympäristöön. Hiekkanen toteaaakin tyhjentävästi; ”Tiedosta ja sen käsittelystä, hallinnasta ja omistajuudesta on tullut kilpailutekijä, jonka avulla voimme ymmärtää ja ennakoida esimerkiksi asiakkaan käyttäytymistä paremmin”. (Aalto Pro 2019)

Voidaankin pitää tärkeänä, että johto ymmärtää datan arvon liiketoiminnassa ja minkälaisia mahdollisuuksia ja edellytyksiä se kilpailustrategialle luo. (Aalto Pro 2019)

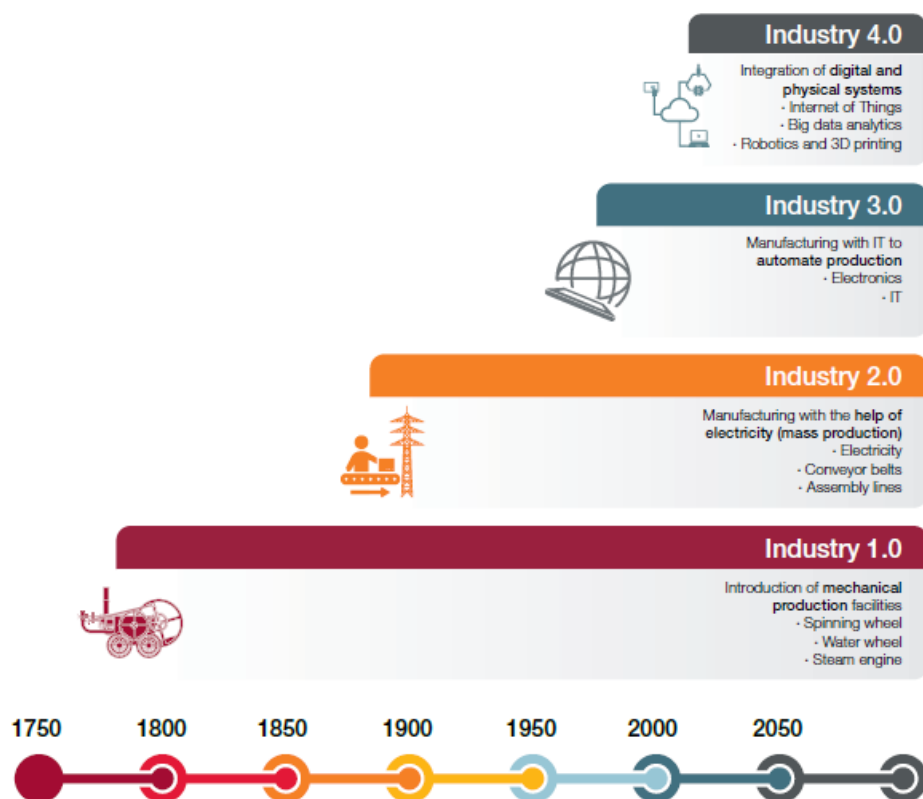
Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen teettämässä raportissa todetaan, ettei prosessien, sekä liiketoiminnan tehostaminen itsessään tuota yritykselle eroa kilpailijoihin, tai sitä kautta synnytetä kilpailuetua. (ETLA 2015) Logistiikan maailma yhtä lailla pitää tehostamista yrityksen toiminnalle välttämättömänä. (Logistiikan Maailma 2019).

3.2 Teollisuus 4.0

Asiakaskeskeisyys on yritysten avain, jotta ne selviytyvät nykypäivän kilpailevista markkinoista. Yritykset muuttavat koko ajan lähemmäksi asiakkaitaan, jotta ne pystyisivät reagoimaan nopeasti ja dynaamisesti kysynnän muutoksiin. Tämä puolestaan tarkoittaa sitä, että perinteisen halpatyövoiman käyttö Aasiassa ei ole enää vaihtoehto. Asiakkaat odottavat saavansa räätälöityjä tuotteita edulliseen hintaan, toimitettuna nopeasti perille. Teollisuus 4.0 on digitalisaation mahdollistama, mutta myös sen vaatima edellytys täyttää asiakasvaatimukset tehokkaasti. (PWC 2017)

Teollisuus 4.0:lla tarkoitetaan teollisuuden neljättä vallankumousta. Neljäs vallankumous jatkaa sitä, mitä kolmannessa jo aloitettiin, eli käytännössä tietokoneiden ja automaation sulauttamista tuotantoon sekä niiden rikastamista käytettävissä olevan tiedon ja koneoppimisen avulla älykkäiksi, sekä itsenäisiksi, teollisuuden vallankumouksia kuvataan kuviossa 1. Nykypäivänä käytettävissä olevalla teknologialla koneet voidaan kytkeä toisiinsa, jolloin tiedonsiirto on reaaliaikaista ja ehyttä. Edellä mainitut asiat mahdollistavat tietokoneiden keskinäisen keskustelun, joka puolestaan luo mahdollisuuden koneiden optimoida tuotantoa tehden päätöksiä jopa ilman ihmistä. Teknologian ja kehityksen kautta järjestelmään syntyy kehittyvä kierre, jonka pohjalta koneet rikastuvat entisestään saaduilla tie-

doilla mikä puolestaan johtaa joustavampaan, tehokkaampaan ja tuottavampaan tuotantoon. (Forbes 2018)



Kuvio 1: Innovaatiot ohjaavat teollisuuden vallankumouksia (CGI 2017)

Teollisuus 4.0:n ajatuksena on koko toimitusketjun yhdistäminen, aina alihankkijoista asiakkaisiin, yhdistynyttä toimitusketjua kuvataan kuviossa 2. Toimitusketjun tahot sopeuttavat tai muuntavat toimintansa ketjun muiden tahojen tarpeiden tai kykyjen mukaan reaaliaikaisesti. Koneiden reaaliaikaisesti synnyttämällä tiedolla voidaan jo tänä päivänä tehdä optimoivia, tai reagoivia päätöksiä, jotka voivat käytännössä tarkoittaa koneen tai järjestelmän ennakoivaa huoltamista tai tuotannon resurssien käyttösuhteiden tehostamista. Käytännössä tämä voi näkyä esimerkiksi reaaliaikaisesti tuotannon energiakulutuksen vähenemisenä. (Tekniikka ja talous 2014)

Data on läpinäkyvää jokaisella prosessin osalla, jolloin tieto mahdollisista poikkeamista ja häiriöistä tavoittaa kaikki ketjussa olevat toimijat. Läpinäkyvyyden ansiosta voidaan ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin ennakoidusti, joka puolestaan lisää tehokkuutta sekä säästää kustannuksia. (Tekniikka ja talous 2014)

Reaaliaikaisesta mittaamisesta kertyvää dataa voidaan jo nyt käyttää esimerkiksi energiakulutuksen vähentämiseen, varoittamaan järjestelmän vikaantumisesta tai tekemään tuotannosta tehokkaampaa ja joustavampaa. (Tekniikka ja talous 2014)



Kuvio 2: Reaaliaikainen yhdistynyt toimitusketju (CGI, 2017)

3.3 Digitalisaation trendit

CGI:n teollisuuden toimialan johtaja Tapio Löfman arvioi blogikirjoituksessaan (2018) uusien toimitapojen trendeiksi robotiikkaa ja automatisaatiota, nearshoringia, pilvipalveluiden ja esineiden internetiä, älytuotteita, digitaalista kaksosta, virtuaaliympäristöä ja lisättyä todellisuutta, sekä lisäävää valmistamista.

Robotiikkaa ja automatisaatiota on hyödynnetty pitkään, mutta kehityksen ansiosta robotien käyttö ja ohjelmointi ovat entistä helpompaa ja niiden osuus tuotannossa tulee jatkossa kasvamaan. Robotit ja tekoäly pystyvät toimimaan tarkemmin ja nopeammin kuin ihminen, eivätkä ole alttiita inhimillisille erheille, vaan pystyvät suorittamaan keskittyneesti annetun tehtävän ympäristöstä riippumatta. Löfman uskoo, että robotiikka ja tekoälyä tullaan hyödyntämään erityisesti ihmisille vaarallisissa kohteissa. (Löfman 2018)

Globalisaation myötä yrityksille on ollut ominaista siirtää toimintojaan kehittyviin maihin edullisen työkustannuksen perässä. Uutena trendinä ns. offshoring kääntyy nearshoringiksi, jolloin yritykset suosivatkin maantieteellisesti lähempänä olevaa tuotantoa. Löfmanin näkemyksen mukaan etäisyyden ollessa pienempi on tiedonkulku sujuvampaa, kulttuurierot pienenevät, toiminta on ketterää ja tehokasta, joka puolestaan laskee tuotteiden valmistuskustannusta. Asiakkaiden läheisyydessä toimiminen puolestaan parantaa yritykselle kykyä vasta nopeammin asiakaskysyntään, sekä kysynnän vaihteluihin. (Löfman 2018)

Pilvipalvelut ja esineiden Internet kytkee laitteet ja palvelut verkkoon. Ne tuottavat määrittämättömän määrän dataa joka mahdollistaa yritysten saavan arvokasta tietoa oikea-aikaisesti. Kääntöpuolena Löfman pitää haasteen olennaisen tiedon erottamista epäolennai-

sesta. Data voi siis olla mittaustietoa, tai tilastoja, palautetta tai tapahtumia. Reaaliaikaisella tiedolla voidaan tehdä tehostavia tai ennakoivia päätöksiä liiketoiminnan menestymiseksi. (Löfman 2018)

Siinä missä tuotanto tulee älykkäämmäksi, niin myös tuotteetkin. Oikeastaan 'älykäs tuotanto' on lähtöisin älytuotteista. Älykkäät tuotteet tuottavat valmistajilleen tietoa, joka puolestaan vähentää asiakkaiden yhteydenottoja sekä reklamaatioita ja luo etähuoltomahdollisuuksia, jotka puolestaan laskevat yrityksen kustannuksia. Kustannussäästöjen lisäksi älytuotteet luovat myös uusia tapoja kehittää ja hyödyntää uusia liiketoimintamalleja. Näistä esimerkkejä ovat etämonitorointi ja ennakoivat huoltopalvelut, sekä jopa kerätyn tiedon myynti tai sen hyödyntäminen esimerkiksi markkinoinnissa. (Löfman 2018)

Digitaalinen kaksonen, konseptinimellä Digital Twin, mahdollistaa tuotteiden tai valmistusprosessien testaamisen virtuaalisessa muodossa. Virtuaalisessa muodossa testaaminen tehostaa valmistusprosessia ja samalla laskee testauksesta syntyviä kustannuksia. Toisaalta taas virtuaalisessa muodossa valmistusprosessien simulointi mahdollistaa tuotantoprosessin optimoimisen ja pullonkaulojen havainnoinnin ennen valmistamista. Digitaalinen kaksonen on valmistuksen, valmistusprosessin, tuotteen tai palvelun digitaalinen kopio. (Siemens 2019)

Virtuaaliympäristön (VR) hyödyntämisen lisäksi Löfman uskoo, että lisätty todellisuus (AR) tulee olemaan merkityksellinen teollisuudessa, siitä huolimatta, että tänä päivänä julkisuudessa esitetyt liiketoimintatapaukset tai hankkeet viittaavat siihen, että menetelmä on vielä tällä hetkellä demoasteella. Lisätty todellisuus AR-laseineen tulee olemaan osa tuotesuunnittelua. Tuotesuunnittelusta puolestaan voidaan edetä työohjeisiin ja edelleen huollettavuuteen. (Löfman 2018)

Lisäävä valmistaminen, tai toisin sanoen 3D-tulostaminen mahdollistaa aikaa ja materiaalia säästävän tavan valmistaa tuotteita, niin sanotusti "paikasta riippumattomana". 3D-tulostaminen tulee muuttamaan valmistavan teollisuuden rakennetta ja toimintatapoja. (CGI, 2018) 3D-tulostaminen koskettaa lähes kaikkia konkreettisia asioita, ja sitä käytetään jo tänä päivänäkin esimerkiksi lentokonemoottorien osien valmistukseen. (GE 2019)

Digitalisaatio mahdollistaa uusia ja muuttaa rajusti nykyisiä toimintatapoja. Muutosten myötä syntyy myös uusia vaatimuksia. Jotta yritykset pärjäisivät globaalissa kilpailussa, on tulevaisuuden johtajien rohkeasti otettava käyttöön uusia teknologioita jotka synnyttävät dataa. Dataa on lähdettävä analysoimaan, minkä pohjalta voidaan tehdä kustannustehokkuuteen johtavia päätöksiä. Pelkkä uusien teknologioiden käyttöönotto ei kuitenkaan riitä maksimaalisen hyödyn saavuttamiseksi - On mietittävä mitä valtavalla määrällä dataa ja tietoa tehdään ja miten saadaan palkattua oikeat ihmiset työskentelemään tiedon ja

älykkäiden laitteiden ympärille. Mistä löytää ne kumppanit, jotka tukevat liiketoimintaa, eivätkä kilpaile samassa ekosysteemissä Löfman (2018) summaa tekstissään.

3.4 Tekoäly ja robotiikan vaikutus työllisyyteen

Tekoäly ja robotiikka aiheuttavat huolta, sillä niiden pelätään niiden vaikutuksia työllisyyteen. On kuitenkin hyvä muistaa, että yksikään robotti tai tekoäly ei synny ilman ihmisen apua, joten samalla kun osa perinteisistä töistä katoaa, syntyy samalla uusia. (CGI 2018) Kuva 1 kuvaa ihmisten suhtautumista koneisiin ensimmäisen teollisuuden vallankumouksen aikana.

Tarkastelemalla tutkimuksia voinee todeta, että oikeastaan digitalisaation työllisyysvaikutus nykyhetkessä on odotusten vastainen. PWC:n toteuttamasta kyselytutkimuksesta ilmenee, että Eurooppaa vaivaa osaajapula, etenkin digitalisaation saralla. Osaajapula rajoittaa yhä useamman yrityksen kasvua yksityisellä sektorilla. PWC:n arvion mukaan, osaajapula pienentää eurooppalaisten yksityisyriyten tuloja 414 miljardilla eurolla joka vuosi, joka puolestaan kattaa 2,6 prosenttia koko Euroopan bruttokansantuotteesta. (Kauppalehti 2019, PWC 2019)



Kuva 1: Ihmiset pelkäävät koneiden vievän työt (Teollisuus 1.0) (Chalmers 2016)

4 TUOTANNON DIGITALISOINTI

4.1 Digitalisaatio tuotannossa

Teollisuus 4.0 ja Digitalisaatio ovat käsitteinä moninaiset ja laajat. Tässä kehitystyössä keskitytään hyvin keskeisesti edellä mainittujen käsitteiden strategiseen, sekä operatiiviseen suunnitteluun tuotantoympäristössä.

Perinteisesti ajatellaan, että automaatio ja digitalisointi korvaavat tulevaisuudessa ihmisen, mutta oikeasti ihminen on se, joka valjastaa digitalisaation voimavaraksi. Digitalisointi on oikeastaan erilaisten järjestelmien ja automaatioiden luoma tai mahdollistama työkalu työntekijälle, joka lisää läpinäkyvyyttä, ja jonka kautta puolestaan saadaan tehostettua tuottoa olemassa olevalla tuotantokannalla. Vaikka kehityksen ja digitalisaation keskiössä ovatkin koneet, järjestelmät ja teknologia, niin on tärkeää pitää mielessä myös prosessin sujuvuus; ihmislähtöisesti. Digitalisaation tarkoitus on kasvattaa tuottavuutta, eli siis käytännössä tuotantomäärän lisäämistä olemassa olevilla panoksilla, tai puolestaan nykyisten tuotantomäärien tuottamista pienemällä panoksella. – Ei korvata ihmistä. (Arrow 2019)

4.2 Tuottavuus

Tuottavuus on käsitteenä moninainen. Tuotavuusteoriassa ei ole yhtä, vaan useita erilaisia ehdotuksia määrittelyistä ja mittausmenetelmistä tuottavuuden mittaamiseen käytännössä. Seppo Saari (2006) toteaa kirjassaan ”tuottavuus”, että tuottavuusteoriasta ei ole olemassa teorialontta käytäntöä. Käsitteen moninaisuudesta huolimatta tuottavuus käsitteenä pidetään yhtenä sekä kansakunnan, että liiketoiminnan menestystekijänä. (Saari 2006, 95.) Saaren siteeraamana Lehtoranta kuvaa käytännön läheisesti tuottavuuden kaavamuotoilua; ”Tuottavuudella tarkoitetaan tuotannon määrän ja siihen käytetyn panoksen suhdetta”. Tuottavuuden lisääminen tarkoittaa siis käytännössä tuotantomäärän lisäämistä olemassa olevilla panoksilla, tai puolestaan nykyisten tuotantomäärien tuottamista pienemällä panoksella. Tuottavuuden laskentakaava on kuvattu kuviossa 3. Tätä edellä mainittua kaavamuotoilua voidaan pitää yrityksen, organisaation tai toimen suorituskyvyn tai kannattavuuden mittana.

Tuotoksen määrä
Panoksen määrä

Kuvio 3: Tuottavuus (Saari 2006)

Suorituskyvyn mittaaminen on liiketoiminnallisen tekijän tilan selvittämistä tai määrittämistä tunnuslukujen avulla. Mittaamisen avulla tunnistetaan asetettujen tavoitteiden osalta

onnistumiset, sekä kehityksen kannalta keskeiset tekijät. Näin ollen mittauksesta syntyvää tietoa käytetään apuna yrityksen tai sen toimintojen kehityksessä. Se on perinteinen johtamistyökalu, joka on tärkeä osa toiminnan ohjaamista. Mittauksen ja sen esittämien tulosten avulla johto voi tehdä yrityksen onnistumisen kannalta edellytetyjä päätöksiä tietopohjaisesti, mutta myös samalla voidaan viestiä henkilöstölle mitkä asiat ovat tärkeitä. Perinteisesti työkalua on hyödynnetty tuotanto- ja palvelutoimialalla. (Lönnqvist, A., Kujansivu, P., Antikainen, R., 2006. 11).

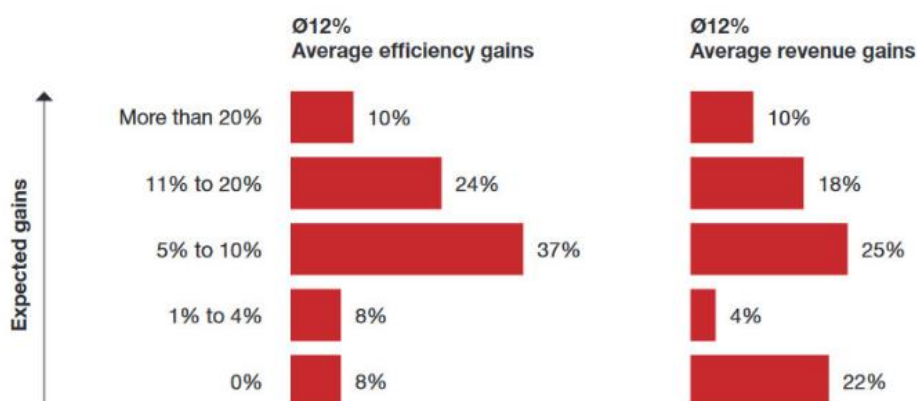
Digitalisoinnilla tarkoitetaan tiedon tuomista visuaaliseen ja luettavaan muotoon. Vaikka suurin osa tästä tiedosta saadaan järjestelmien kautta suoraan esimerkiksi työstökoneelta, ei se pysty kertomaan syy-seurauksia, jolla on tehokkuuden ja kehityksen kannalta oleellisin merkitys. Esimerkkejä ovat laatupoikkeamat ja pysähdysten syyt. Tässä tapauksessa työstökoneen operaattorin roolin tärkeyttä ei voi kyllin korostaa. Työntekijät toimivat digitalisaation mahdollistajina, mutta ennen kaikkea myös toteuttajina. (Arrow, 2019)

4.3 Digitalisoinnin mahdollisuudet

Miksi tuotantoa kannattaa sitten lähteä digitalisoimaan? Vastaus on yksinkertainen; koska on pakko, jotta yritys pysyy kilpailukykyisenä. Tuotannon digitalisaatiolla voidaan nostaa yrityksen kannattavuutta. (Leanware 2019)

PWC:n Digital Factories 2020 -tutkimuksen mukaan 98 % valmistavasta teollisuudesta odottaa tuotannon digitalisaatiolla jopa 12 % tehokkuuden ja tuottavuuden kasvua. (PWC 2017)

Fig. 8 Respondents expect both efficiency and revenue gains of 12% on average over the next five years



Kuva 2: Vastaajat odottavat tehokkuuden ja tuottavuuden kasvua keskimäärin jopa 12 % seuraavan viiden vuoden aikana. (PWC, 2017)

PWC:n EU-maille toteuttamasta kyselytutkimuksesta selviää, että edellisen vuoden (2018) ”digitalisaation hyötyihin” -liittyvään tutkimukseen verraten hyötyihin luottavien yritysten määrä on vuoden aikana yli kaksinkertaistunut. 65 prosenttia vastanneista piti digitalisointia yrityksen kannattavuuden osalta tärkeänä. Kyselyyn vastanneista maista suomalaiset pitivät hyötyä muita suurempina. Kaikki vastanneet kokivat digitalisaation vaikuttavan yrityksen kannattavuuteen ja yli puolet pitivät vaikutusta erittäin merkittävänä. (Kauppalehti 2019, PWC 2019)

4.4 Tuotannon tehostaminen

Delfoi toimittaa valmistavalle teollisuudelle sekä palvelu- ja terveydenhuoltosektorille suunnitteluratkaisuja ja -palveluja, joilla organisaatiot ja yritykset voivat parantaa kilpailukykyään ja kannattavuuttaan tehostamalla tuotteen valmistus- ja toimitusprosessia. (Delfoi, 2019) Delfoin, yhdessä asiakkaiden kanssa saavutettujen tulosten pohjalta on kirjoitettu blogia tuotannon tehostamisen keinoista;

Tuotannon tehostamisen ensimmäisinä kohtina on digitalisaation tuominen tuotannosuunnittelu- ja ohjausprosessiin. Digitalisoinnin myötä syntyvä läpinäkyvyys ja reaaliaikaisuus lyhentää läpimenoaikaa, vähentää keskeneräistä tuotantoa ja näin ollen parantaa yrityksen toimitusvarmuutta. Tämä puolestaan tarkoittaa tuottavuuden ja kilpailukykyyn parantamista. Läpinäkyvyys tekee tuotannosta ymmärrettävän ja hallittavamman. Tulevaisuus luodaan suunnittelemalla ja sitä verrataan ja sovitaan nykyaikaan. Pelkkä toteuman mittaus ei itsessään paranna tulevaa, eikä puolestaan tulevaa voi suunnitella ilman nykyisyyden hallintaa. (Delfoi 2015)

Tuotannosuunnittelujärjestelmän luomista eduista kertoi Alihankintamessujen MES-seminaarissa vuonna 2015 Valmet Technologiesin General Manager Tapio Viitanen. Viitanen mukaan tuotannon läpinäkyvyys parantui, minkä lisäksi muutosnopeus on kasvanut ja samalla kokonaishallittavuus on parantunut. Tuotannosuunnittelu ja – ohjausprosessien digitalisointi nopeuttaa vaihtoehtojen kokeilua ja toimintatapojen muutoksia. Automaatio puolestaan on vähentänyt manuaalista työtä ja näin ollen resursseja on voitu kohdistaa tuottavampaan työhön. Lukujen valossa kehityshankkeen tuloksissa läpimenoajat nopeutuivat päätuotteilla 33%, sekä kapasiteetti kasvoi 20%. Tuotannosuunnitteluvaihe lyheni viidestä kahteen viikkoon ja häiriöistä toipumisaika lyheni viidestä yhteen päivään. (Delfoi 2015)

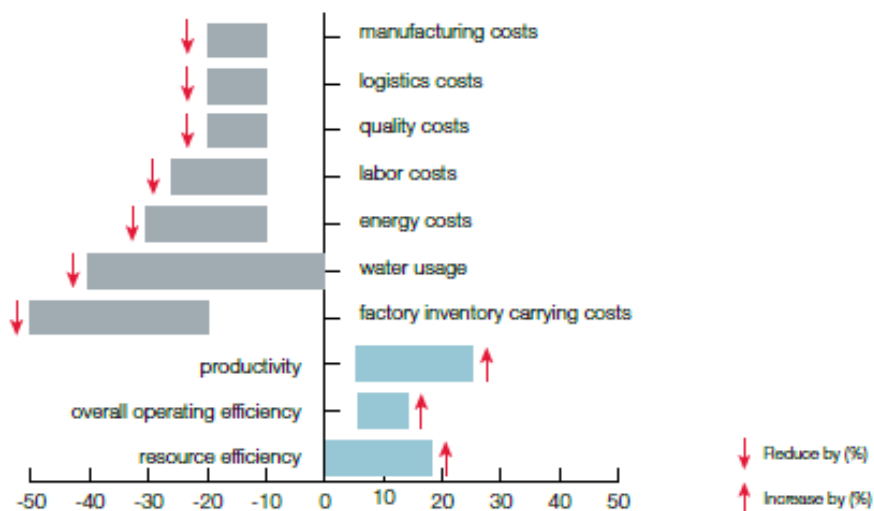
Leanware on niin ikään suomalainen logistiikan ja valmistavan teollisuuden palveluyritys, jonka tarkoituksena on tuottaa lisäarvoa tarjoamalla ohjelmisto ja konsultointipalveluita

valmistus- ja toimitusprosessin tehostamiseksi. Leanware myös listaa Industry 4.0: n ja Digitalisoinnin keskeisiksi hyödyiksi;

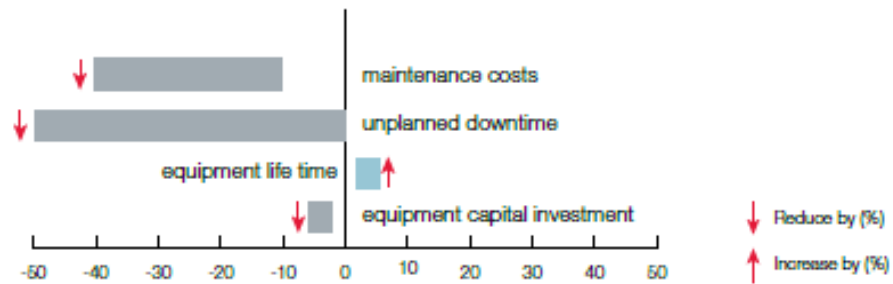
- Lyhentynyt läpimenoaika
- Pääomien parempi käyttö
- Alhaisemmat laatukustannukset
- Valmistuksen joustavuus ja ketteruus
- Reaaliaikainen tilannekuva tuotannosta ja toimittajaverkosta
- Automaation monipuolinen hyödyntäminen

(Leanware 2019)

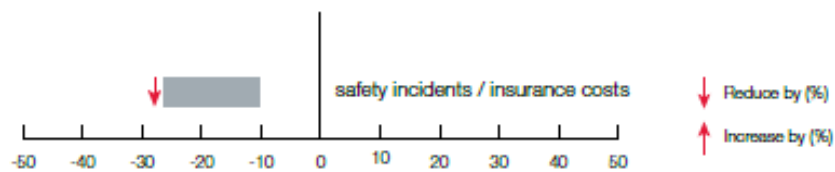
CGI:n tutkimuksen (2017) mukaan, vaikkei Digitalisaation ja Teollisuus 4.0: n liiketoiminnalle mahdollisesti saavutettavista hyödyistä ole täsmällistä laskentaa perustuvaa tietoa, useiden yritysten tutkimusten tulos (The Smart Manufacturing Leadership Coalition, McKinsey & Co., PWC ja Roland Berger) osoittaa alla olevien kuvien mukaista hyötyjen saavuttamista. Toki on huomioitava, että alla olevat luvut ovat vain suuntaa antavia, ja todellisuus tulee riippumaan aloista ja yrityksistä. (CGI 2017)



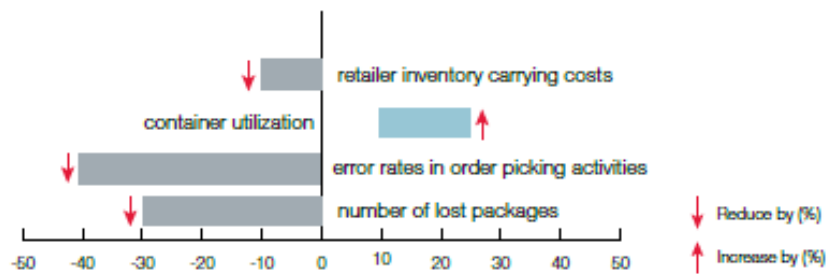
Kuva 3: Työn tehokkuuden parantaminen (CGI 2017)



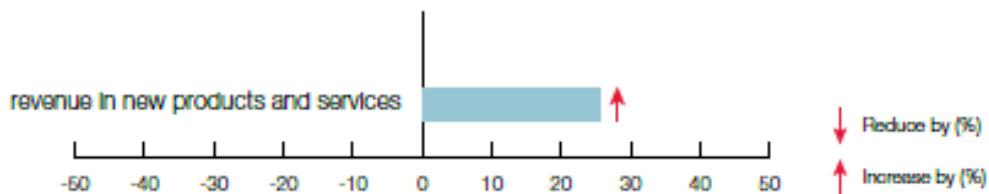
Kuva 4: Omaisuuden käytön parantaminen (CGI 2017)



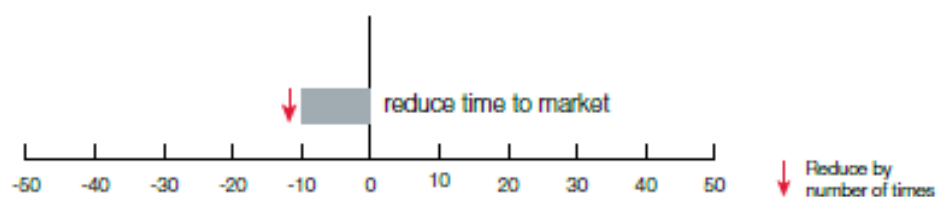
Kuva 5: Turvallisuuden parantaminen (CGI 2017)



Kuva 6: Toimitusketjun hallinnan parantaminen (CGI 2017)



Kuva 7: Laskutettavuuden parantaminen (CGI 2017)

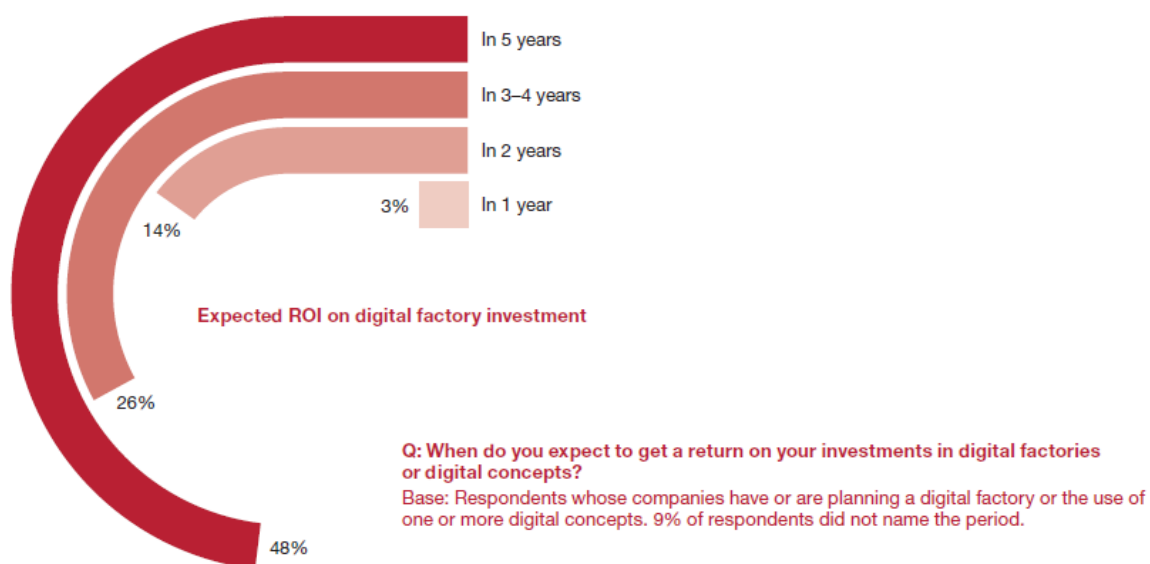


Kuva 8: Markkinoille vapauttamisen parantaminen (CGI 2017)

4.5 Digitalisaatio investointina

PWC:n teettämän kyselyn ja tutkimuksen tuotti Kantar Emnid Tammi-Helmikuussa 2017 ja siihen osallistui 200 teollisuuden ylintä johtoa Saksan johtavista teollisuusyrityksistä. Kyselyyn vastanneista noin puolet odottivat investoinnin maksavan itsensä takaisin viiden vuoden aikana. PWC:llä uskotaan, että yritykset suunnittelevat investointejaan varoen, kunnes tulevat kokeneemmaksi tuotantojen digitalisointivaihtoehdoista; Kun investoinnin panos ja aikataulut kirkastuvat, yritykset pystyvät antamaan tarkempia arvioita takaisinmaksuajasta. (PWC 2017)

Fig. 7 Companies expect payback for digital investments in two to five years



Kuva 9: Yritykset odottavat digitaalisten investointien maksavan itsensä takaisin 2-5 vuoden aikana (PWC 2017)

PWC:n EU-maille toteuttamasta kyselytutkimuksesta selviää, että vaikka digitalisaatio koetaan suurimmassa osassa yrityksistä tärkeäksi, osa johtajista ei ole ymmärtänyt, kuinka laajoja sen vaatimat muutokset ovat tai miten muutos rahoitetaan. Suomalaisyrityksistä kaksi kolmasosaa oli huolissaan uusien teknologioiden kustannusvaikutuksista, mikä on muiden maiden keskiarvoon nähden huomattavasti suurempi. (Kauppalehti 2019, PWC 2019)

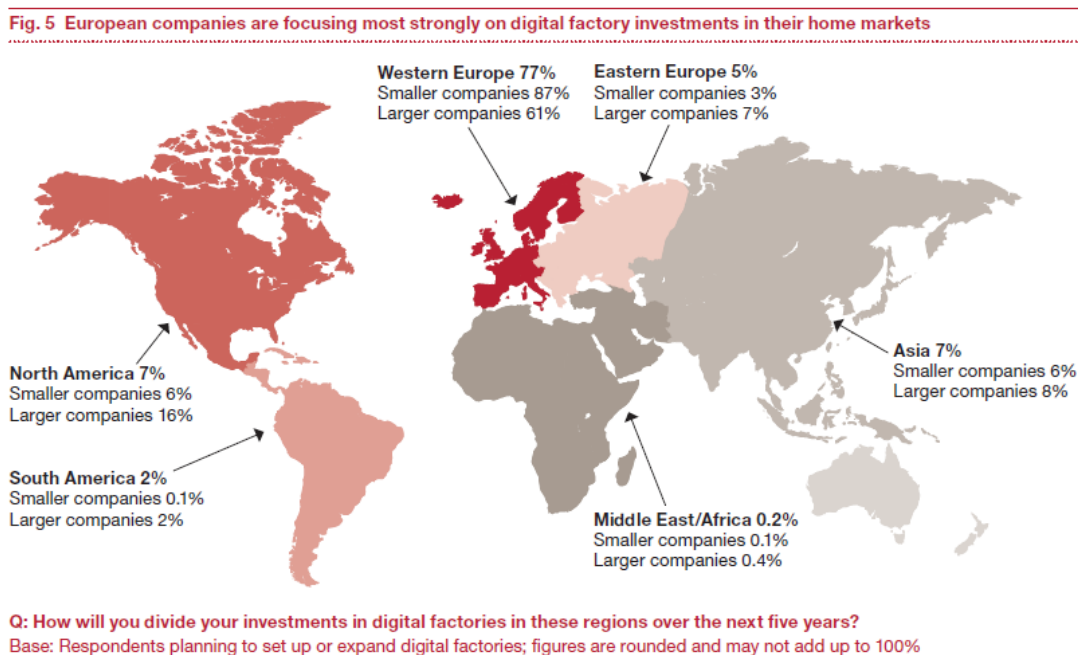
PWC:n omistajayrittäjäpalveluiden liiketoimintajohtaja Marko Korkiakosken (2019) mukaan vain yksi kuudesta suomalaisyrityksestä olisi valmis ohjaamaan digitalisaatioon yli viittä prosenttia investoinneistaan, mikä on suhteessa huomattavasti vähemmän kuin Pohjoismaissa. Pohjoismaissa lähes puolet vastaajista olisi valmis yli viiden prosentin investointeihin. (Kauppalehti 2019, PWC 2019)

Tuloksien mukaan Suomalaiset yritykset uskovat, että varat digitalisaation tuomiin muutoksiin löytyvän perinteisistä pankkilainoista ja kassavirrasta. (Kauppalehti 2019, PWC 2019)

5 TULEVAISUUDEN DIGITAALISET TEHTAAT

5.1 Digitaalisten tuotantojen keskittyminen

PWC:n teettämän kyselytutkimuksen vastauksien mukaan digitalisoinnin investoinnit keskittyvät Saksaan ja muualle Eurooppaan. Tutkimuksen tuloksia tulkittaessa kyselyyn vastanneista 93% suunnittelee digitaalisen tuotannon jatkoinvestointien osittain tai kokonaisuudessaan toteutuvan Saksan alueella seuraavan viiden vuoden aikana. Lähes kolme neljäsosaa vastanneista aikoo kasvattaa kotimaantuohtonsa kapasiteettia, joista innokkaimpana voidaan pitää pieniä- tai keskisuuria yrityksiä. Suuremmat yritykset investoivat laajemmin, mutta silti painottuvat vahvasti Euroopan alueelle. Muilla kuin Euroopan alueella keskitytään vähemmän digitaalisten tuotantojen investointeihin, kuten esimerkiksi vastaajista 7 % aikoo kohdistaa investoinnistaan Aasiaan ja 5 % Itäiseen Eurooppaan. (PWC 2017)



Kuva 10: eurooppalaiset yritykset keskittävät digitaaliset investoinnit ydinmarkkinoilleen (PWC 2017)

Edellä mainittuja digitalisaatiohankkeita ja niiden tuloksia on myös raportoitu julkisuuteen niin yritysten itsensä, kun tietislehtien julkaisemina artikkeleina. Teorian ja puolestaan lopputuotoksen tueksi olen nostanut raporttiin tiivistettynä Euroopan ja Suomen alueella

toimivien yhtiöiden julkistuksia. Seuraavissa alaotsikoissa käsitellään neljän eri toimialan yritysten tuotannon digitalisoinnin investointeja.

5.2 Case: Bridgestone

Bridgestonen EMEA markkina-alueen jaosto on ilmoittanut 27.6.2019 investoivansa 36 miljoonaa euroa tuotannon digitalisoimiseksi, ja luodakseen tulevaisuuden älykkäitä tehtaaita. Investointivuodesta eteenpäin tämä projekti mahdollistaa Bridgestonen vastaamaan nopeammin ja joustavammin kasvavaan asiakaskysyntään ja samanaikaisesti käyttämään vähemmän energiaa, sekä tuottamaan vähemmän valmistuksesta syntyvää jätettä. Prosessien tehostamisen lisäksi investointi sisältää henkilökunnan perehdyttämistä käyttämään tuotannon johtavimpia digitaalisia työkaluja joka tulee näkymään resurssien käyttöasteen tehokkuudessa, sekä työtyytyväisyysmittauksissa. Investointi toteutetaan pilkottuna projekteihin, joista ensimmäinen keskittyy tehtaan energiatehokkuuteen. (Bridgestone 2019)

Älykäs energia -järjestelmä luo tuotantosuunnitelmien ja energiakulutuksen välille yhteyden, jonka avulla voidaan optimoida renkaiden valmistamiseen vaadittavan energian määrää. Arvion mukaan energiaa tulee säästymään noin 10 prosenttia nykyisestä. (Bridgestone 2019)

Tuotannon digitalisaatio mahdollistaa tiedonkeruun koko rengastuotannosta, jota käytetään uusien rengasmallien suunnittelussa. Uusien rengasmallien suunnitelmat puolestaan palautetaan tehtaalle digitaalisessa muodossa, joka puolestaan tulee vähentämään ensimmäisten renkaiden valmistusaikaa jopa puolella. (Bridgestone 2019)

Digitalisaatio tehostaa myös tuotannon käyttöastetta älykkään konehuollon seurannan ansiosta. Tekoälyä käytetään kerätyn datan analysointiin, jonka pohjalta ennustetaan mahdollisia rikkoumia. Järjestelmä mittaa, sekä analysoi tietoja suoraan työstökoneiden logiikasta, sekä sensoreiden avulla, jonka pohjalta suosittelee huoltoja ennakoidusti, jotta vältetään kalliilta rikkoutumisilta. (Bridgestone 2019)

Digitalisaatioprojektin myötä tehtaiden sisälogistiikka yksinkertaistuu huomattavasti. Älykkään materiaalitekniikan ansiosta tehtaalla asiantuntijat voivat digitaalisesti seurata ja ohjata valmisteltujen materiaalien ja puolivalmisteiden virtausta tuotannon sisällä. Tämä tulee merkittävästi yksinkertaistamaan tuotannonsuunnittelu- ja hallinnointiprosesseja aina materiaalien sekoituksesta varastointiin. (Bridgestone 2019)

5.3 Case: Nokian Raskaat Renkaat

Nokian Renkaat ilmoitti investoivansa 70 miljoonaa euroa raskaiden renkaiden tuotantoon ja tuotekehitykseen. Yli puolet investoinnista kohdistuu tuotantoon, ja se sisältää muun muassa kokoonpanokoneita ja paistolinjan. Kolmelle vuodelle jaksottuvan investoinnin on laskettu kasvattavan tuotantokapasiteettia 50 %, sekä lisäävän työpaikkoja 50. Investointien tavoitteena on kasvattaa tuotannon maksimikapasiteetti 23 miljoonasta kilosta 32 miljoonaan kiloon. (Tekniikka ja talous 2019)

Tehtaanjohtaja Pasi Antinmaan mukaan ilman tuotannon digitalisointia ja Lean -valmistusperiaatteita investointia ei olisi koskaan tapahtunut. Antinmaa toteaa, että ”Tehokkaan toiminnan edellytys on tasaisesti virtaava, mitattu tuotanto. Leanin perustarkoitus kuitenkin on saada tiimit kehittymään ja oppimaan.” (Tekniikka ja talous 2019)

Nokian Raskaiden renkaiden tuotannon tiedonkeruu on yhdistetty toiminnan- ja tuotannonohjausjärjestelmiin. Lean-filosofia on mukana jo suunnitteluportaasta saakka. Tuotannon karkeasuunnittelu tapahtuu kahden kuukauden – puolen vuoden tasolla. Hienokuormitus tehdään taas kahden viikon päähän. Reaaliaikaisten kuormitustilanteiden näkyvillä hallitaan käytettävissä olevia resursseja. (Tekniikka ja talous 2019)

Tuotannosta kerätyllä tiedolla jalostetaan näkyviä tuotannon informaatio- ja ohjausnäyttöille, joiden avulla ohjataan päivittäistä toimintaa työnjohto- ja työntekijä tasolla tuotannonohjausjärjestelmän (MES) kautta. Kaikki kerätty data ei kuitenkaan synny koneiden ja antureiden tuottamana, vaan työntekijät raportoivat tuotannonohjausjärjestelmään myös mahdolliset poikkeamat ja työturvallisuusilmoitukset. Samaan järjestelmään kerätään myös nimetöntä fiilisbarometriä, jonka puolesta voidaan seurata työntekijöiden mielipidettä kuluneesta päivästä. (Tekniikka ja talous 2019)

5.4 Case: Ponsse

Vieremäläinen metsäkoneita valmista yritys Ponsse on vuoden 2018 aikana ottanut käyttöön tehdaslaajennuksensa jonka keskeinen tarkoitus on ollut kehittää yrityksen tuotannonkehitystä, sekä kilpailukykyä. Tehdasinvestointi on yrityshistorian isoin. (Tekniikka ja talous 2018)

Tehdaslaajennuksen yhteydessä otettiin käyttöön älykäs varastoteknologia, joka luo edellytykset komponenttien sujuvaan virtaukseen tuotannon prosesseille. Uuden varastoprosessin kautta varastologistiikan tuottavuus parani huomattavasti ja automaation ansiosta komponenttien manuaalinen käsittely väheni. Varastoautomaatio käsittää yli 15 000 pientavara ja lähes 4000 lavapaikkaa. (Tekniikka ja talous 2018)

Ponsen toimitusjohtaja Juho Nummelan mukaan "Uusi tehdas mahdollistaa laadun, joustavuuden, työturvallisuuden ja tuottavuuden voimakkaan kehityksen, jonka takia yritys pystyy vastaamaan joustavammin markkinatilanteen muutoksiin, sekä varmistamaan Ponsse-metsäkoneiden tehokkaan asiakasvarioinnin sarjavalmistusolosuhteissa". (Tekniikka ja talous 2018)

5.5 Case: Valmet Automotive

Vuonna 2018 Uudenkaupungin Valmet Automotiven tehdas valmisti 110 000 Mercedes-Benzia tahdissa, joka on tuotantomielessä maailman luokkaa. Tuotantovauhdin on mahdollistanut tuotannon viritetty automaatiotasoa. Tehtaassa työskentelee yhteensä 600 robottia, joka on lähes kymmenesosa kaikista Suomen teollisuusroboteista. Valmet Automotiven projektipäällikkö Timo Karhu kuitenkin toteaa, ettei robottien lukumäärä kuitenkaan ole käännteentekijä vaan peräänkuuluttaa automaation tasoa. Yrityksen on oltava kilpailijoi-
taan tehokkaampia robottien käytössä. Automotiven tuotanto on modulaarista ja tehokkaasti digitalisaatiota hyödyntävää, joka ilmenee yrityksen kykyä vastata markkinoiden tarpeisiin. (Kauppalehti 2019)

Tehokas ja kilpailukykyinen tuotanto korkeankustannuksen maassa nojaa tehokkaaseen logistiikkaan, digitalisaation ja korkeaan automaatiotasoon. Karhun mukaan haasteet ja ongelmat voivat aiheuttaa pysähdyksiä tuotannossa, mutta näiden ehkäisemiseksi tuotannossa on useita insinöörejä valvomassa prosesseja, sekä ratkomassa ongelmia. Karhu toteaa; "vaikka teknologia ja robotiikka kehittyvät niin ihmisten tarve tärkeiden päätösten teossa ei tule poistumaan". (Kauppalehti 2019)

6 TUOTOKSEN MUODOSTUMINEN

6.1 Menetelmät

The acatech Industrie 4.0 -kypsyysindeksi auttaa yrityksiä ymmärtämään yrityksen nykyisen tason yrityksen pyrkiessään muuttua oppivaksi ja ketteräksi. Se arvioi yrityksen teknologisesta, organisaationallisesta ja kulttuurillisesta näkökulmasta, sekä keskittyy valmistavan tuotannon liiketoimintaprosesseihin. (Acatech 2017)

Matka kohti Teollisuus 4.0: aa on erilainen jokaiselle yritykselle. Tästä johtuen on työ välttämätöntä aloittaa analysoimalla yrityksen nykytilannetta ja tavoitteita. Kartoituksen kysymykset liittyvät yrityksen nykytilaan ja ne sisältää mm. seuraavat kysymykset; yrityksen strategiset tavoitteet seuraavan viiden vuoden aikana, sekä mitä teknologiaa ja järjestelmiä on jo nykyisellään otettu käyttöön ja miten ne käytännössä toimivat. Vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin voidaan käyttää uusien tarpeiden määrittämiseen, jotta Teollisuus 4.0 voidaan ottaa täysin käyttöön. (Acatech 2017)

On tärkeää tiedostaa, että onnistuneet muutokset tapahtuvat asteittain. Toisin sanoen, yrityksen onkin tehtävä strategisia valintoja; mitkä hyödyt se haluaa saavuttaa, miten ja missä järjestyksessä vaiheet toteutetaan. (Acatech 2017)

Kypsyysindeksin lopputuloksena muodostuu niin sanottu ”roadmap”, jonka tarkoituksena on ohjata asteittain yritys kohti tavoitetta, saavuttaen edut priorisoidussa järjestyksessä.

Tässä kehitystyössä hyödynnetään edellä mainittua menetelmää rajatusti. Detaljien kysymysten ja niiden pisteyttämisen sijaan pysytään menetelmän ylemmällä tasolla.

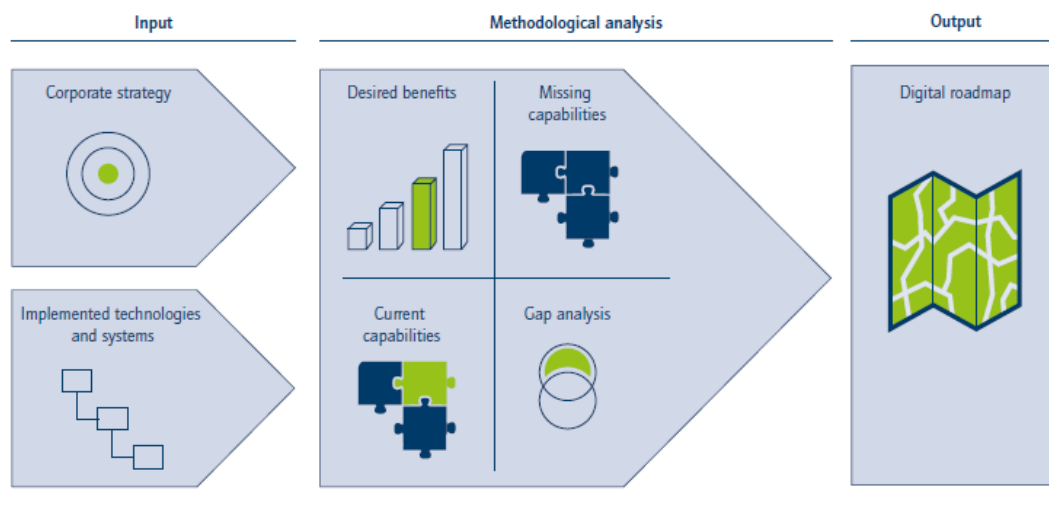


Figure 4: Methodology for introducing Industrie 4.0 (source: authors' own diagram)

Kuva 11: Teollisuus 4.0: aan johdatteleva menetelmä (Acatech Studie Industrie 4.0 Maturity Index 2017)

6.2 Rauten strategia

Raute auttaa asiakkaitaan luomaan metsävaroille lisäarvoa toimittamalla sekä teknologiaa että palveluja kannattavaan ja vastuullisen viulun, vanerin ja LVL:n tuotantoa varten. Rauten tuotteet sekä palvelut perustuvat kannattaviin teknologioihin ja palveluihin kaikkiin asiakastarpeisiin. Jotta asiakkaiden odotukset täytyisivät, kehitämme toimintaprosessiemme ja organisaation kulttuuria jatkuvasti kohti huippuluokan suorituskykyä. Konkreettisinä tavoitteina on asiakkaalle lyhyin aika tuottavaan toimintaan. Operaatioiden strategisena tavoitteena on kustannuskilpailukyvyn parantaminen, tehokkuus ja joustavuus, sekä saattaa olemassa olevat ja uudet järjestelmät tukemaan käytännön prosesseja. Näiden lisäksi henkilöstölle halutaan luoda motivoiva työntekijäkokemus, sekä rakentaa Raute Blue Way -kulttuuri, eli Rauten tapa toimia. (Raute 2019)

Rauten tarjoamien tuotteiden tarkoitus on siis tuottaa asiakkaan raaka-aineelle lisäarvoa älykkään teknologian ja palveluiden avulla. Tuotteet eivät koskaan ole täysin vakioituja, mutta tavoitteena on hyödyntää vakioituja ratkaisuja 80-20 ajatuksella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 80 % tuotteista on standardoituja ratkaisuja, jotka eivät edellytä uudelleen suunnittelua ja puolestaan 20 %: ssa asiakastoimitukseen sisältyvissä tuotteissa pidetään mahdollisuus muutoksiin. (Raute 2019)

Digitalisaation strategisena tavoitteena voidaan pitää tuotteen saattamista asiakkaalle tuottavaan toimintaan nopeasti, joka käytännössä tarkoittaa laadukkaan, viimeistellyn ja

koekäytetyn tuotteen valmistamista tehokkaasti. Tuotannon tavoitteena on parantaa kannattavuutta, eli kustannuskilpailukyvyyn parantamista tehokkuudella ja joustavuudella. Tämä mahdollistetaan motivoituneilla työntekijöillä ja yhteisellä tavalla toimia, jossa järjestelmät on rakennettu tukemaan prosesseja.

6.3 Teknologiat ja järjestelmät

Käytössä olevat järjestelmät

Tuotehallinta (PLM – Windchill) ja Suunnittelujärjestelmät (CREO)

Integroitu

- Toiminnanohjausjärjestelmä ERP

Integroitu

- Tuotannonohjausjärjestelmä MES

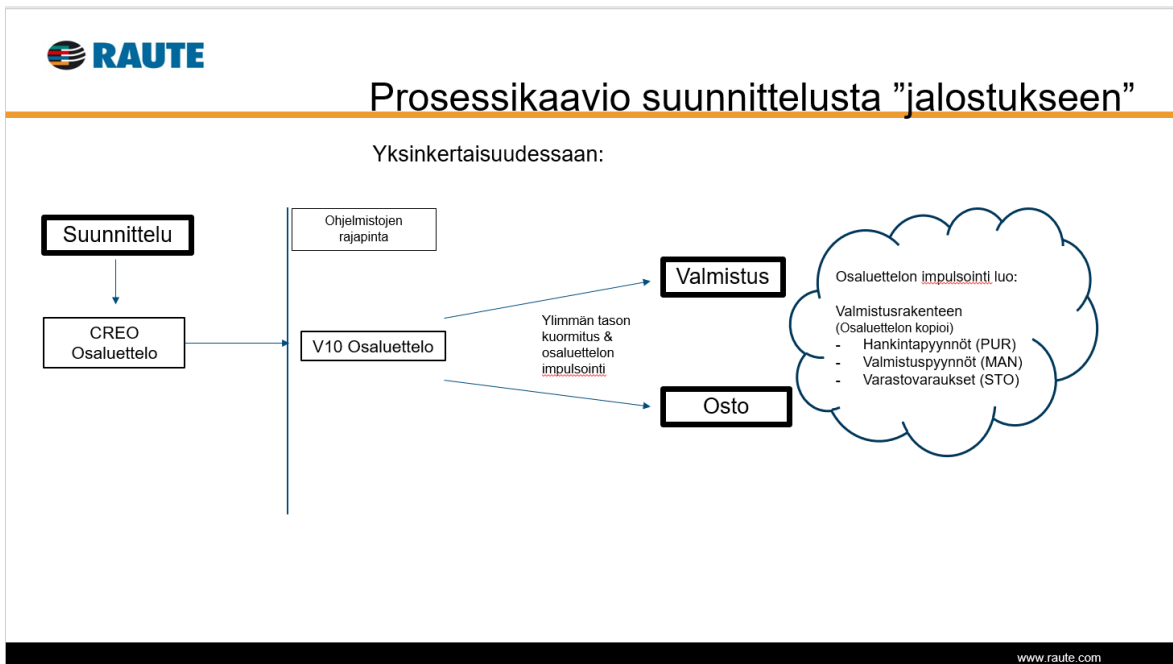
Ei integraatorajapintaa, linkki puuttuu

- Automaattinen tiedonkeruu konekannasta
- Sähköinen tuotepalautejärjestelmä

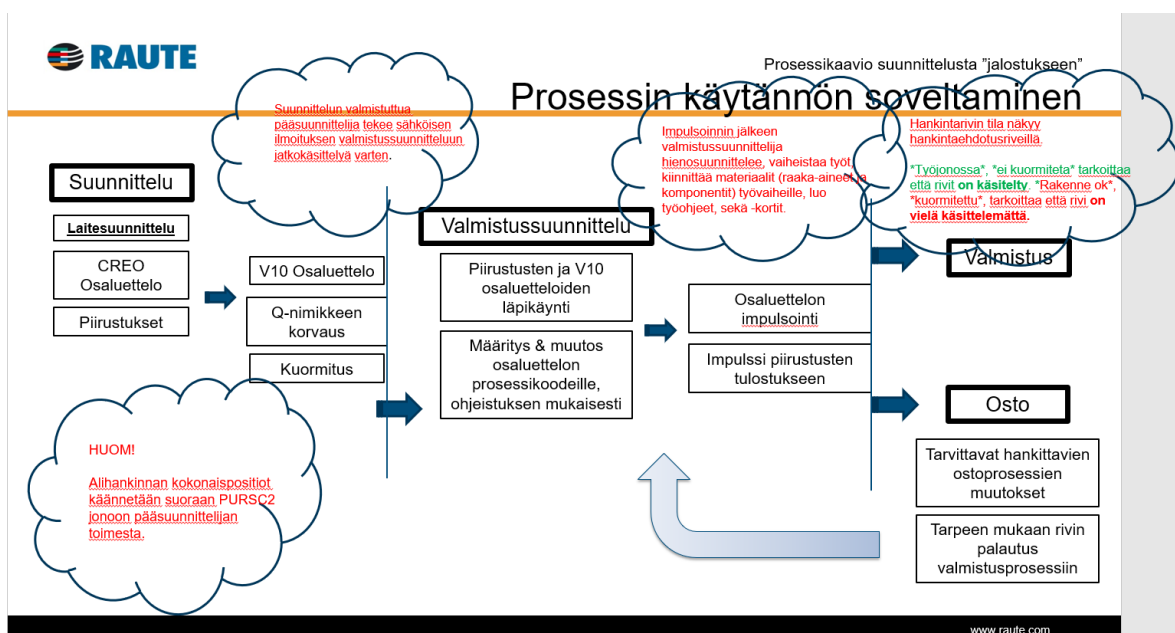
Kuva 12: Käytössä olevat järjestelmät

Ylemmillä tasoilla ohjausjärjestelmät ovat rajapinnoissaan integroitu keskenään. Tuotehallinta tapahtuu PLM:n kautta, josta tietoa valituista tuotteista ja malleista viedään suunnittelujärjestelmään. Tällä hetkellä tuoterakenteet ei ole täysin standardoitu. Tuotteiden master malleja on olemassa ja niitä ylläpidetään jossain määrin, mutta käytettävyyden taso on melko alhainen. Voinee kuitenkin olettaa, että tämä johtunee osakseen yrityksen strategisesta linjauksesta tuottaa räätälöityjä tuotteita. Nimikkeiden hallinta tapahtuu sekä tuotehallinta-, että toiminnanohjausjärjestelmässä.

Suunnittelujärjestelmässä (CREO) tuotetut valmistuskuvat ja osaluettelot viedään toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP) myyntitilauksen kautta luodulle valmistusrakenteelle. Valmistusrakenne käsitellään valmistussuunnittelijan toimesta, jonka jälkeen impulsointi kytkee tarvittavat nimikkeet valmistuspyynnöille, hankintaehdotuksille, sekä varastokeräilyihin. Käsitellyt valmistuspyynnöt ohjautuvat toiminnanohjausjärjestelmissä työjonoihin, jota käytetään muun muassa tuotannossa.



Kuva 13: Prosessikaavio suunnittelusta jalostukseen



Kuva 14: Prosessin käytännön soveltaminen

Projektit, että valmistuspyynnöt siirtyvät integraatiossa tuotannonohjausjärjestelmään.

Tuotannonohjaus tapahtuu ERP-järjestelmästä erillään. Työstökoneiden automaattinen tiedonkeruu ja seuranta ovat olemassa ja pääosin kaikki työstökoneet on siihen kytketty,

osittain myös nykyaikaisessa portaalissa. Tiedonkeruu ei ole integroitu tuotannonohjausjärjestelmään, vaan se on täysin irrallinen toiminto. Kerättyä tietoa ei aktiivisesti hyödynnetä. Sähköinen tuotepalautejärjestelmä on myös olemassa, mutta järjestelmä on irrallinen portaali.

6.4 Tämän hetken mahdollisuudet

Tällä hetkellä tuoterakenne ja nimikkeistönhallinnan standardisointiprojekti ovat teknologiahallinnon ja tuotehallinnan käsittelyssä, kuten myös tuotteiden master-mallien ylläpito ja niiden käytettävyyden parantaminen. Tuotanto on osavaikuttajana näihin, muttei voi toimia vetovastuussa. Väistämättä on kuitenkin syytä painottaa tuotehallinnan, tai tarkemmin nimikehallinnan merkitsevyyttä valmistuksen tehokkuuden mahdollistajana.

Kun puhutaan tuotannon nykyisistä toiminnoista tai sen mahdollisuuksista niin voidaan todeta, että tuotannosuunnitteluun on panostettu ja se on tunnistettu kriittiseksi toiminnoksi operaatioiden menestymisen kannalta. Valmistettavien ja hankittavien kappaleiden vapauttaminen (impulsointi) toimintona on kokonaan keskitetty valmistussuunnitteluun, jolloin materiaalivirtaus saadaan optimoitua tapahtumaan oikea-aikaisesti ja valmistus-/tilausprosessit valikoituvat oikeiksi.

Tuotannonohjausjärjestelmä tuo läpinäkyvyyttä koko tuotantoon. Järjestelmän avulla nähdään tuotantotilauksien kulku yli resurssirajojen. Järjestelmän avulla optimoidaan koko tuotantoa yksittäisten solujen sijaan. Järjestelmän avulla voidaan myös todeta resurssipuutteet, materiaali puutteet tai muut työn etenemisen esteet, kuten edellisen vaiheen kuitaamattomuus. Myöhästymiset näkyvät visuaalisesti ja kannustavat toimenpiteisiin. Käytössä oleva MES-järjestelmä toimii päivätasolla ja järjestelmässä tehdyt muutokset vievät yön yli -integraatiossa toiminnanohjausjärjestelmään. Tuotannonohjaus ja hallittavuuden perusteet ovat siis olemassa. Tämän lisäksi toiminnan- ja tuotannonohjausjärjestelmät tuottavat dataa, mutta tällä hetkellä tämän hyödyntäminen tuotannossa on yksilöiden takana.

Kuten aiemmin on todettu, työstökoneiden automaattinen tiedonkeruu ja seuranta ovat olemassa ja pääosin kaikki työstökoneet ovat siihen kytketty, osittain myös nykyaikaisessa portaalissa. Perusteet työstökoneiden tiedonkeruulle on olemassa ja aktiivisesti hyödynnettävissä. Tosin, koska kaikille työstökoneille ei ole erillistä käyttöliittymää, jonka kautta operaattori raportoisi poikkeamia, data jää hyvin karkealle tasolle, eikä sitä voi juurikaan hyödyntää ongelmien osoittamiseen tai edelleen ratkomiseen.

Vanhemmista työstökoneista tieto haetaan antureiden kautta. Viimeisimpien koneinvestointien tiedonkeruu puolestaan on jo moderni, eli se toimittaa IP:n taakse reaaliaikaisesti

tietoa, jota puolestaan voidaan seurata ajasta ja periaatteessa paikasta riippumatta. Tämän lisäksi päivitetyn käyttöliittymän myötä poikkeamia raportoidaan operaattorin toimesta työstökoneen vieressä olevasta tabletista. Näin ollen voidaan ajaa raportteja siitämistä häiriöt tai odotusajat johtuvat. Uudemmissa työstökoneissa tieto haetaan suoraan logiikasta. Uuteen tiedonkeruuseen voidaan kytkeä myös erillisiä liitännäisiä, kuten poikkeama-, hälytys-, vikailmoitus (viestiminen), sekä layout näkymä tehtaasta (koneiden status). Tämän lisäksi ohjelma ja käyttöliittymät on käännettävissä myös mobiiliksi.

Tiedonkeruu ja tuotannon-, sekä toiminnanohjausjärjestelmät tuottavat dataa jo, joka voidaan suunnitelmallisesti valjastaa voimaksi ja edelleen hyödyntää päivittäisjohtamisen työkaluna. Tieto on tällöin avointa, osoittaa poikkeamat ja toimii päätöksenteon tukena. Mobiililaitteita hyödynnetään jo käytännössä turvallisuushavaintojen ja pienparannusehdotuksien kirjaamiseen.

Viivakoodi valmiudet nimikkeiden hallintaan varaston kautta on tutkittu ja olemassa. Myös nykyiseen ERP-järjestelmän kautta työjonoihin on rakennettu identifiointitietue viivakoodille. Niin tuotannon prosesseihin, kuin myös varastoihin saapuvaan materiaaliin tulostetaan aina vastaanoton yhteydessä vastaanottotarra, joka sisältää muiden identifiointitietojen lisäksi viivakoodin. RFID mahdollisuuksia sisälogistiikassa ja varastossa, sekä sen vaatimuksia ja hyötyjä on punnittu jo aiemmin Rautelle tuotetussa opinnäytetyössä *'Sisälogistiikan kehitysprojekti: case Raute Oyj'* (Heikkinen 2017)

6.5 Digitalisaation tavoitteet

Tavoitteena on asteittain rakentaa tuotannon digitalisaatiota, hyödyntäen olemassa olevia valmiuksia ja rakentaa uusia edellä mainittujen päälle. Tuoterakenteiden, sekä nimikkeiden standardointi nopeuttaa impulsointi- ja käsittelyprosessia, sekä mahdollistaa nimikkeiden jäljitettävyyden. Läpinäkyvä tuotanto helpottaa tuotantotilausten suunnittelua ja sen hallinnointia, joka itsessään kasvattaa joustavuutta ja tehokkuutta.

Automaattinen tiedonkeruu työstökoneilla välittää lukijalleen koneen tilan ja seisonta-aikojen raportointi mahdollistaa ongelmien havainnoinnin ja tutkimisen. Tämän kautta voidaan jo ennakkoidusti tiedostaa mahdollisia huoltotarpeita. Koneidenkäyttöastetta voidaan parantaa.

Sähköiset tuotepalautte- ja laatu järjestelmät mahdollistavat poikkeamien nopean havainnoinnin. Kun järjestelmät on kytketty tuotannonohjaus- ja tuotehallintajärjestelmiin poikkeamat tulevat läpinäkyviksi ja niistä jää tieto nimikkeiden taakse, josta puolestaan voidaan tehdä analyysejä korjaustoimenpiteitä varten.

Intralogistiikka ja varastonhallinta päivitetään digitaaliseen muotoon; vältetään ylimääräiseltä liikehdinnältä ja tavaroiden etsimiseltä. Tuotannossa on aina muuttuvia tilanteita ja muutokset on saatava läpinäkyväksi, jotta materiaalivirtaus on mahdollisimman suoraa.

Jotta tuotannosta tulisi oikeasti koko organisaatiolle läpinäkyvä on löydettävä keinot papperittomaan tuotantoon, jolloin tuotantotilauksen ohjaus tapahtuu täysin sähköisesti. Etenemä, huomiot, sekä poikkeamat kirjataan sähköisessä muodossa järjestelmiin. Kun kaikki toiminnot tapahtuvat sähköisesti on mahdollisuus hyödyntää virtuaalista valmistuksen simulointia eri tilanteissa ja jopa jossain vaiheessa suorittaa tuotteen valmistus, että koekäyttö täysin virtuaalisesti.

Käytössä olevat järjestelmät

Tuotehallinta (PLM – Windchill) ja Suunnittelujärjestelmät (CREO)

Integroitu

- Toiminnanohjausjärjestelmä ERP

Integroitu

- Tuotannonohjausjärjestelmä MES
 - Ei integraatorajapintaa, linkki puuttuu
 - Automaattinen tiedonkeruu konekannasta
 - Sähköinen tuotepalauttejärjestelmä

Tahtotila

- Tuotehallinta (PLM – Windchill) ja Suunnittelujärjestelmät (CREO)

Integroitu

- Toiminnanohjausjärjestelmä ERP

Integroitu

- Tuotannonohjausjärjestelmä MES
 - Integroitu
 - Automaattinen tiedonkeruu konekannasta
 - Sähköinen tuotepalauttejärjestelmä
 - Sähköinen laatujärjestelmä

Integroitu

- Varastonohjausjärjestelmä WMS
- Turvallisuushavainto ja pienkehitysehdotukset

Kuva 15: Käytössä olevat järjestelmät vert. Tahtotila

6.6 IT- / Järjestelmäinfrastruktuuri

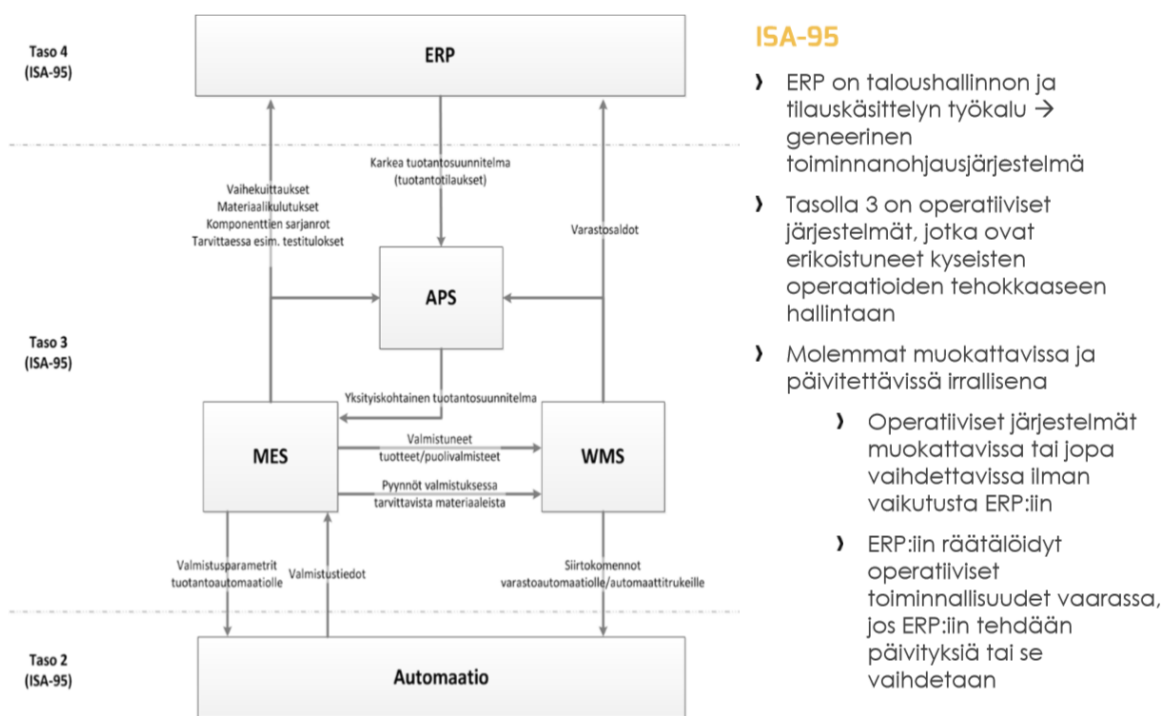
Työn tarkoituksena ei ole syventyä liian yksityiskohtaisesti käsiteltyihin asioihin, mutta digitalisaation tavoitteessa on oleellista ottaa esiin järjestelmäinfrastruktuuri ja tuoda esiin sen tavoitteet kokonaisuutta suunnitellessa. Mittavien ERP-järjestelmähankkeiden aikaan ei pystytty kuvittelemaan mitä digitalisaation tuoma IoT pystyy mahdollistamaan tuotantoympäristössä.

Todettakoon, että IoT tai teollinen internet ei toimi ainoastaan yhdellä alustalla, vaan kyse on teknologioiden ja ohjelmien kirjosta. IoT toimii niin ikään modulaarisena alustana laitteille ja ohjelmille, joka mahdollistaa prosessien osakokonaisuuksien optimoinnin.

ISA-95-standardi on amerikkalaisen ISA:n (International Society of Automation) määritelmä käytännön, operatiivisen työn ohjaamiseen tarkoitettujen järjestelmien tai ohjelmien,

kuten esimerkiksi MES ja WMS:n, sekä toiminnanohjausjärjestelmä ERP:n välisiin toimintoihin. Toisin sanoen ISA:n määritelmässä ERP toimii ohjelmamielessä toiminnan keskiössä 'emona', josta tieto, sekä tehtävät siirtyvät suoritettavaan prosessiin MES:iin tai WMS:ään. Suoritettava työ ohjautuu, sekä toteutuu niille rakennetuissa järjestelmissä, joista toteumatieto kirjautuu takaisin 'emoon'. (Leanware 2016)

ERP itsessään ei ole paras, ketterin tai joustavin ohjelma tuotannon ja logistiikan osa-alueilla. Oikeastaan ERP toimii tuotannollisten yritysten ohjelma-arkkitehtuurissa ylimmällä tasolla, käytännössä talouden hallinnan ja tilausten käsittelyn ohjelmana. ERP-järjestelmän räätälöinti liiketoiminnan operatiivisen tekemisen funktioita varten on riskialtista ja usein myös kallista. Räätälöinti ohjaa prosessien kehitystä järjestelmän ehdoilla – uusien järjestelmien liittäminen on puolestaan haasteellista, hintavaa tai jopa mahdotonta, sekä kaikki käytännön tekeminen on keskeisesti riippuvainen yhden järjestelmän toiminnasta. Tämä opinnäytteen tuotos ohjaa kohti ISA-95 standardoimaa määritelmää. (Leanware 2016)



Kuva 16: ISA 95-standardi (Leanware, 2019)

6.7 Puutteet

Tuotteiden valmistusrakenteiden, sekä nimikkeiden standardisointi lisäisi tuotannon käsittelyn tehokkuutta. Valmistettavien tuotteiden ja nimikkeiden käsittelyä ei voida automatisoida ilman standardisointia, joka puolestaan aiheuttaa työkuormaa valmistussuunnitelussa, mikä tulee näkymään käsittelystä johtuvana kustannuksena, sekä aika viiveenä. Jokainen rivi on käsiteltävä käsin, luotava työvaiheet, sekä ohjeet, vaikka käytännössä tuote olisi toistuva.

Vaikka tuotannonohjausjärjestelmä on ollut yrityksen käytössä jo yli kaksi vuotta, silti henkilöstöä ei olla saatu täysin luottamaan ennalta suunniteltuihin työjonoihin. Kulttuurimuutosta on edelleen vietävä eteenpäin, jotta suunnittelusta on oikeasti hyötyä ja toisaalta voidaan varmistua siitä, että järjestelmässä näkyvä tieto on samaa kuin käytännössä tehtaan lattialla. Työntekijöiden ammattitaitoa ei haluta unohtaa, vaan heitä tuleeekin rohkaista kaksisuuntaiseen vuoropuheluun tuotannosuunnittelun, sekä tuotannon esimiehien kanssa jotta työn tekeminen kehittyisi ja vasteaika poikkeaviin tilanteisiin pysyisi mahdollisimman lyhyenä.

Kuten aiemmin mainittu, tuotannosta ja toiminnanohjauksesta syntyy, sekä kerätään dataa. Datan hyödyntäminen on kuitenkin tällä hetkellä yksilöiden takana, eikä sitä hyödynnetä järjestelmällisesti. Jotta työstökoneiden automaattista tiedonkeruuta voidaan jatkossa oikeasti hyödyntää, tulee kaikki työstökoneet kääntää nykyaikaiseen portaaliin ja sitä kautta jokaiselle operaattorille on luotava työstökeskuskohtaiset käyttöliittymät, jotta poikkeamia pystytään raportoimaan. Pelkkä poikkeamien raportointi ei kuitenkaan itsessään ole riittävä, vaan on myös luotava analysointi, sekä raportointimenetelmä jotta tiedonkeruusta syntyvää tietoa voidaan hyödyntää oikeisiin kehittäviin toimenpiteisiin.

Laadunvalvonta toimii nykyisellään irrallisena toimintona tuotannon sisällä. Nykyisellään edellä mainitulle prosessille ei ole olemassa omaa järjestelmää, vaan raportointi tapahtuu irrallisesti erinäisissä exceleissa ja sähköpostissa. Oman valmistuksen tuotteiden tarkastuspyyntö tulee työjonon kautta, mutta ulkoa ostettavat kulkeutuu tarkastukseen lähinnä satunnaisesti. Raja-arvot, mittauskriteerit ja toleranssit eivät tule suoraan järjestelmästä, tai nimikkeen perustietojen takaa, vaan tarkastaja hakee ne manuaalisesti piirustuksesta. Tämän lisäksi jäljitettävyys tai analysoiva raportointi ei ole mahdollista, ellei nimikkeitä ole standardisoitu. Toisin sanoen samanlaisilla nimikkeillä voi olla useita eri piirustusnumeroita, jolloin näiden kesken ei ole linkkiä.

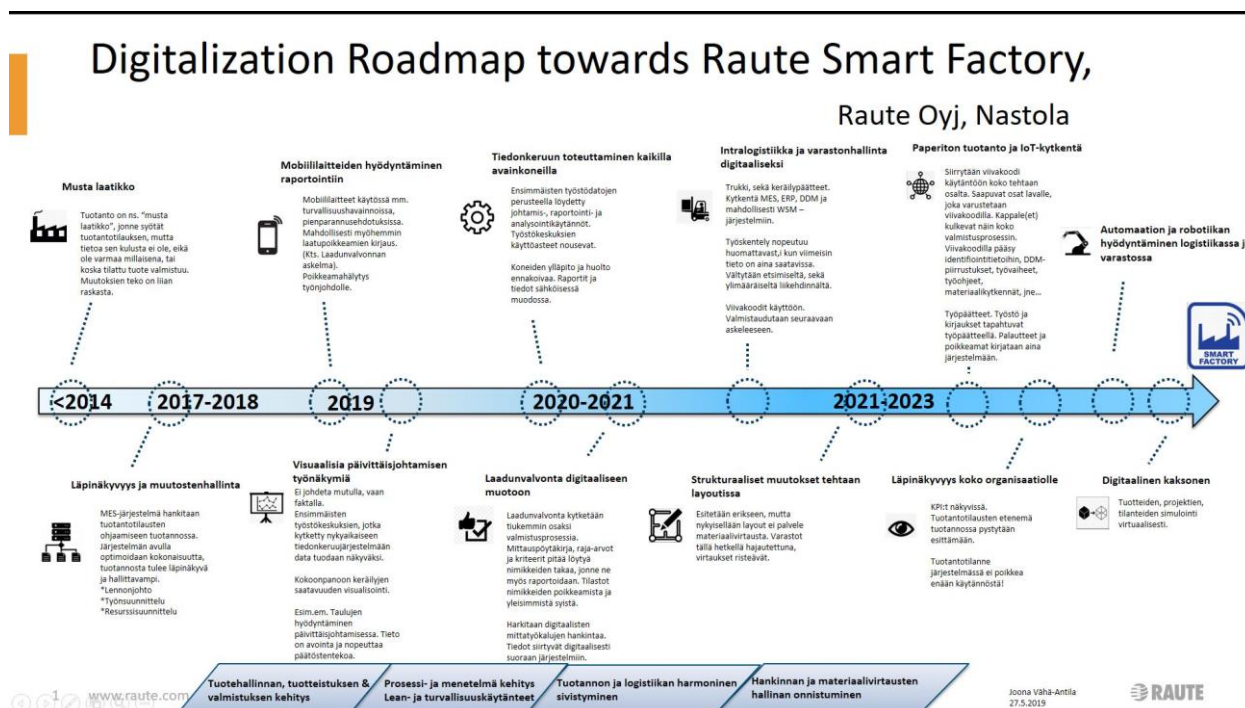
Edellä mainitun toteaman lisäksi nykyisellään nimikkeiltä vaaditut toleranssit ovat todella tarkkoja, mutta mittaukset tapahtuvat manuaalisesti kelloilla. Koneistettujen kappaleiden

toleranssien täyttymisen todentaminen voi edellyttää kappaleen takaisin vientiä ja kiinnittämistä työstökoneelle, joka puolestaan syö koneen käyttöastetta, sekä keskeyttää työjonon ja työvaiheiden etenemän. Toisaalta mittauspisteitä voi olla kappaleessa useita ja kun mittaus tapahtuu manuaalisesti, on virhemahdollisuus aina suuri. Nykyaikainen laadunvarmistus edellyttää nykyaikaisia 3D tai kolmipistemittaus työkaluja.

7 TUOTOS: ROADMAP

7.1 Tuotoksen tavoite

Työn tavoitteena oli luoda suunnitelma Raute Oyj Nastolan tuotannon digitalisoimiseksi. Opinnäyte on luonteeltaan toiminnallinen ja sen tarkoituksena on asettaa askelmerkit kehitysprojektille. Tuotosta lähestytään Acatech-kypsyysindeksin kautta. Tuotoksen muodostamisessa menetelmää hyödynnetään rajatusti. Yksityiskohtaisten kysymysten ja niiden pisteyttämisen sijaan pysytään yleisellä tasolla. Kypsyysindeksin lopputuloksena muodostuu niin sanottu ”roadmap”.



Kuva 17: Tuotos; Digitaalinen polku Raute Älytuotantoon

7.2 Tuotoksen kulku

Tavoitteena on asteittain rakentaa tuotannon digitalisaatiota, hyödyntäen olemassa olevia valmiuksia ja rakentaa uusia edellä mainittujen päälle. Roadmapin tarkoituksena on ohjata yritys asteittain kohti tavoitetta, saavuttaen edut priorisoidussa järjestyksessä, jossa investointiin sitoutuvat panokset ja samaan aikaan investoinnin hyödyt kasvavat suhteessa projektiin edetessä. Tuotoksen kulussa kuvataan asteittain etenemää ja mitä se käytännössä voisi tarkoittaa prosessien toiminnassa. Samassa pohditaan etappien toteutusta, sekä tarpeellisuutta.

7.2.1 < 2014

Tuotos alkaa ajasta ennen MES-järjestelmää. Kuten useissa muissa yrityksissä, myös Rauten tuotantoa ja valmistusta ohjattiin toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Valmistuspyynnöt syntyivät myyntitilaukselta kuten nykyiselläänkin, mutta ohjaukset käsiteltiin tarkastelemalla yksittäisten työjonojen tilanteita, sekä kuormituksen aikasarjaa. On yleistä, että tällä tavalla ohjattua tuotantoa kutsutaan ”mustaksi laatikoksi”. Tietoa tuotantotilauksen kulusta ei ole, eikä siitä, että millaisena ja milloin tuote valmistuu. Muutosten hallinta järjestelmän puolesta on liian raskasta, joten muutoksia järjestelmiin ei tehdä, vaan niitä hallitaan erillisillä exceleilla, papereilla ja lattiaohjauksella.

7.2.2 2017-2018

Vuonna 2017 MES-järjestelmä otettiin täysin käyttöön, jolloin tuotantotilausten ohjaus, sekä tuotannon resurssien hallinta tapahtuu toiminnanohjausjärjestelmän ulkopuolella. Järjestelmä tuo läpinäkyvyyttä koko tuotantoketjuun, jolloin kokonaisuudesta tulee hallittavampi, sekä eri prosessivaiheiden läpi kulkevat tuotantotilaukset pystytään optimoimaan yli resurssirajojen. MES-järjestelmä hankittiin perustellen läpinäkyvyyden ja optimoinnin vaikuttavan valmistettävien osien toimitusvarmuuteen positiivisesti, mutta kokonaiskuva kehityssuunnasta ja suunnitelma sen saavuttamiseksi puuttuu. Oivallus ja herääminen aiheeseen, sekä ohjelmisto investointina toimii kuitenkin perustuksena, sekä kulmakivenä koko tuotannon digitalisointiin.

7.2.3 2019

Mobiililaitteet

Mobiililaitteet ovat tulleet osaksi jokaisen ihmisen arkea. Laitteilla työskentely on nykyisellään lähes jokaiselle luontevaa, joten on myös väistämätöntä hyödyntää niiden käyttöä myös työskentelyssä. Kuten useilla muilla tuotantoa tekevillä yrityksillä, myös Rautella työturvallisuus on saanut korkeimman prioriteetin kaikessa tekemisessä. Jotta turvallisuushavaintojen raportoinnin kynnyks olisi jokaiselle mahdollisimman matala, on käyttöön otettu portaali, jossa turvallisuushavainnot voidaan tehdä nopeasti ja vaivattomasti kaikilla intranettiin kytketyillä mobiililaitteilla. Onnistuneen käyttöönoton ja käytön johdosta portaali on laajennettu pienparannusehdotuksiin. Ideologia ja portaali ovat yksinkertaiset, mutta sa-

masta syystä tehokas ja kynnykseltään matala. Samaa menettelyä voisi laajentaa laatu-poikkeamien kirjaamiseen tai tuotepalautteisiin, mutta kuten aiemmin mainitut nimikkeistön hallinta, sekä varsinaiset prosessikuvaukset ja ohjelmistoinfra puuttuvat.

Nykyisellään toimivaan koneistuskeskusten tiedonkeruujärjestelmään on mahdollista ottaa käyttöön laajennettuna toimintona mobiiliversio, sekä poikkeamahälytykset. Mobiiliversiona työstökoneiden käyttöastetta ja poikkeamaraportointia voidaan suorittaa sijainnista riippumatta, sekä poikkeamahälytyksillä mahdollistetaan nopea impulssi oikealle taholle, vaadittavalle toimelle joka näkyy vasteajan lyhenemänä. Oli sitten kyseessä ohjelmapoikkeama, jolloin impulssi lähtee ohjelmoitsijalle. Raaka-aine puute tai virhe, jolloin tieto tavoittaa työnjohtajan. Rikkoutumisesta tieto välittyisi suoraan tehdaspalveluille.

Visuaalisia päivittäisjohtamisen näkymiä

Tehokas tuotannon johtaminen perustuu läpinäkyvyyteen ja faktapohjaisiin päätöksiin. Kuten aiemmin mainittu, niin tiedonkeruu ja tuotannon-, sekä toiminnanohjausjärjestelmät tuottavat dataa jo, joka puolestaan voidaan suunnitelmallisesti valjastaa voimaksi ja edelleen hyödyntää päivittäisjohtamisen työkaluna. Tällaisia visuaalisina päivittäisjohtamisen työkaluina voidaan pitää esimerkiksi reaaliaikaisesti päivittyvinä näyttöpäätteiltä. Tieto on tällöin avointa, osoittaa poikkeamat, sekä toimii päätöksenteon tukena.

Kokoonpano

Nastolan tuotantotoiminnan ylivoimaisesti suurin valmistusprosessi on kokoonpano. Kokoonpanoon saapuu komponentteja niin omasta valmistuksesta, kuin myös ulkopuolisilta toimittajilta. Saapuvien rivien toimitusvarmuus tarpeeseen nähden on heikolla tasolla, joka on ohjannut keräilyprosessin ohjaamisen työnjohtajalle manuaalisesti läpikäytäväksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei yhtään keräilyä aloiteta ennen kuin kokoonpanon työnjohtaja on käynyt jokaisen työjonossa keräiltävän työn tilanteen läpi rivi riviltä toiminnanohjausjärjestelmän kautta. Tämä toteutuu mahdollisesti useita kertoja ennen varsinaista keräilypyynnön vapauttamista. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että keräilytehtäviä suoritetaan osissa, kuten myös kokoonpanojakin, joka puolestaan ilmenee keskeneräisinä töinä tuotannossa. Visiona ja tavoitteena on, että keräilytehtävät suoritetaan keskitehysti keräilyprosessissa, eikä yhtään vajaata keräilyä aloiteta. Kokoonpano toimii ainoastaan keräilytilaajana. Tieto keräilyistä, saatavilla olevista ja puuttuvista riveistä, sekä niiden saapumisista on järjestelmässä olemassa. Tuodaan siis keräilyjonot, sekä tehtävien sisällöt visuaaliseen muotoon jonka pohjalta voidaan suorittaa keräilypäätöksiä tai vaihtoehtoisesti nähdään yksiselitteisesti; onko meillä ongelma.

Koneistus

Tuodaan operaattorinäkyvä läpinäkyväksi työstökeskusten eteen ensimmäisten nykyaikaisen tiedonkeruun piirissä toimivien työstökeskusten osalta. Operaattorinäkyvä sisältää koneen vuoron aikaisen käyttöasteen, sekä visualisoi operaattorin raportoimat poikkeamat ja odotusajat. Näin nähdään visuaalisesti faktatietoa koneen käytöstä ja mahdollisista ongelmista.

7.2.4 2020-2021

Nimetään tuotannonkehitysinsinööri luomaan johtamis-, raportointi- ja analysointikäytännöt, sekä työryhmät analysoimaan, sekä tekemään kehitystoimia työstökeskusten ja operaattorien tuottaman datan pohjalta, jolloin dataa voidaan aktiivisesti hyödyntää koneistuskeskusten käytön tehostamisessa. Samassa yhteydessä laajennetaan nykyaikainen tiedonkeruujärjestelmä, sekä käyttöliittymä raportointia varten kaikille työstökeskuksille. Koneiden tuottaman datan pohjalta pystytään tekemään johtopäätöksiä ennakoivista huoltotarpeista, jonka lisäksi huoltohistoria, sekä raportit tallennetaan sähköiseen muotoon. Käyttöasteen tehostamisella kohotetaan tuottavuutta, jonka lisäksi koneisiin sitoutuneen pääoman takaisinmaksuaika lyhenee. Ennakoivilla huoltotoimilla puolestaan lyhennetään koneiden suunnittelemtomia rikkoutumisia, joka puolestaan voi tuottaa säästöjä varaosa- ja huoltokustannuksissa, sekä mahdollisesti pidentää laitteiston ikää.

Laadunvalvonta digitaaliseen muotoon

Poikkeamista tai puutteissa selviää, että laadunvalvonta prosessina ei ole kiinteästi osana valmistusta, eikä se tietohallinnollisestikaan ole sivistynyt. Jotta tuotantoa voidaan tehostaa, tulee laatu poikkeamat havaita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja huomioida nämä tuotannonohjausjärjestelmissä. Poikkeamien havainnointi puolestaan edellyttää, että valmistettävien nimikkeiden edellyttämät raja-arvot, toleranssit ja kriteerit ovat helposti saatavissa jokaisessa työvaiheessa. Nykyisellään tarkastusvaihe on käytännössä viimeinen vaihe ennen kokoonpanoa, jossa pahimmassa tapauksessa kappale on käynyt läpi koko valmistavan prosessin ennen hylkäämistä. Tämän lisäksi kriteerit on löydettävissä vain valmistuspiirustuksista, joka käytännössä on osa kappaleen vieressä kulkevaa paperista työkorttia. Poikkeamat ja virheet kirjataan parhaimmillaan vain piirustukseen. Kun kappaleiden laatuvaatimukset, poikkeukset ja hyväksynät ovat digitaalisessa muodossa, voidaan niiden pohjalta ajaa erinäisiä tilastoja, jonka pohjalta voidaan tehdä analyyseja esimerkiksi yleisimmistä poikkeamista ja niiden syistä. Tilastollisen tiedonkeruun rakentamista oleellisesti haittaa kuitenkin nimikehallinnan löyhyys, tai tarkemmin nimikkeistön standardoimattomuus, joka ilmenee hallitsemattomana nimikkeiden perustamisena.

Nimikkeiltä vaaditut toleranssit ovat tarkkoja ja mittaukset tapahtuvat manuaalisesti kelloilla. Koneistettujen kappaleiden toleranssien täyttymisen todentaminen voi edellyttää kappaleen takaisin vientiä ja kiinnittämistä työstökoneelle, joka syö koneen käyttöastetta ja keskeyttää työjonon, sekä työvaiheiden etenemän. Toisaalta mittauspisteitä voi olla kappaleessa useita ja kun mittaus tapahtuu manuaalisesti, on virhemahdollisuus aina suuri. Nykyaikainen laadunvarmistus edellyttää nykyaikaisia 3D tai kolmipistemittaus työkaluja.

Intrallogistiikka ja varastonhallinta digitaaliseksi

Joustavassa tuotannossa muutoksia tapahtuu jatkuvasti ja materiaalia virtaa varastoista ja prosesseista toiseen. Intralogistiikka ja varastonhallinta on perustava osa tehokasta ja joustavaa tuotantoa. Koska prosessit, sekä tavaravirtaukset muuttuvat lennossa, paperille printatut tiedot ovat suurella todennäköisyydellä vanhentunutta. Työtapoja ja virtaustehokkuutta voidaan tehostaa yksinkertaisesti siirtymällä digitaaliseen logistiikkaan, jossa päätteillä on pääsy ohjelmiin, joista tarvittava tieto on aina ajan tasalla ja saatavilla. Tämä voi käytännössä tarkoittaa kappaleiden siirtymistä eri työstövaiheiden välillä, vaikka alkuperäiseen resurssisuunnitelmaan olisi tullut muutos. Tai puolestaan keräilyvaihetta suorittaessa on aina tiedossa viimeisin varastopaikka, ja tarvittaessa piirustusarkistosta voisi hakea kappaleen kuvan tunnistamista varten. Keräily ja varastonhallinta tapahtuvat nykyisellään ERP:ssä, jonka käyttöliittymä on aiemmin koettu liian raskaaksi keräilypäätteellä toimiakseen.

Warehouse Management System eli, WMS

WMS -järjestelmän ideologia on ohjata varastotoiminta joustavammaksi, kevyemmäksi sekä tehokkaammaksi kuin perinteisesti ERP-järjestelmässä.

Perinteisten varastopaikkasaldojen sijaan, WMS:ssä käytetään varastoyksikkösaldoja, joka toimii perustuksena dynaamiselle varastoinnille. Vastaanottoerät vastaanotetaan aina yksilöityihin varastoyksiköihin, joka voi olla esimerkiksi laatikko tai lava. Eri vastaanottoerien tuotteita ei yhdistetä samaan varastoyksikköön, eikä puolestaan eri yksiköiden sisältöjä sekoiteta. Jokainen yksikkö on yksilöity ja sitä voidaan seurata reaaliaikaisesti. Automaatiikan kautta voidaan myös mahdollistaa First In- First Out menettelyä. Dynaaminen varastointi tarkoittaa käytännössä sitä, että varastoiduilla tuotteilla ei ole kiinteää varastointipaikkaa, vaan se pohjautuu tila- ja kokonaistehokkuuteen. WMS laskee päivittäin automaattisesti varastoitujen tuotteiden kiertoluokan (XYZ-menettely) ja määrittää hyllytysten sijoituksen edellä mainitun kiertoluokan mukaan, joka nopeuttaa keräilyä ja käytettävissä

olevat varastopaikat ovat aina ensisijainen ohjauskohde. Järjestelmä myös suorittaa reaaliaikaista inventointia nollalaskentaa varten, joten erillisten inventointien tarve tulee vähenevään.

Rautelle on tehty aiemmin tutkimuksia ja laskelmia WMS-järjestelmään ja varaston tehostamiseen liittyen konsultin toimesta vuonna 2017. Konsultin havainnot tukevat tuotoksen visiota.

RFID ja Viivakoodit

RFID on radiotaajuuksilla toimiva tekniikka, jota käytetään esimerkiksi esineiden, nimikkeiden tai tuotteiden yksilöintiin, tunnistamiseen ja havainnointiin. Tekniikka itsessään on vuosikymmeniä vanha ja sitä ollaan hyödynnetty esimerkiksi kaupassa myynnissä olevissa tuotteissa tai esimerkiksi kulkuavaimissa. Teollisuudessa tekniikan hyödyntäminen yleistyy alati laadunvalvonnan ja materiaalivirran seuraamisessa.

Viivakooditekniikka on globaalisti standardoitu teknologia, jolla käytännössä yksilöidään kappaleita ja jonka taakse voidaan rakentaa kappaleeseen liittyvää tietoa. Rautella on aiemmin tehty opinnäytetyö ja esitys liittyen nimikkeiden materiaalivirtausten hallintaan varastossa, jossa on esitetty viivakoodi ja RFID:n mahdollisuuksia, sekä tehty sen aikaisia laskelmia hankkeen pilotointiin. Aiempien tutkimuksien perusteella todettiin, ettei RFID sellaisenaan toimi Rauten ympäristössä, sillä kappaleet ovat pääsääntöisesti metallia, joka puolestaan häiritsee radiosignaaleja. Tästä huolimatta teknologia kehittyy jatkuvasti, joten uusia vaihtoehtoisia RFID -ideologiaa hyödyntäviä tuotteita, sekä palveluita syntyy jatkuvasti lisää, kuten UWB (Ultra Wide Band -teknologiaan perustuvia) paikantimia, jotka voidaan kiinnittää käytännössä mihin vain, eivätkä ne ota häiriötä metallista. Samalla voidaan myös olettaa, että laitteiden, sekä ohjelmistojen hinnat ovat laskussa teknologian yleistyessä.

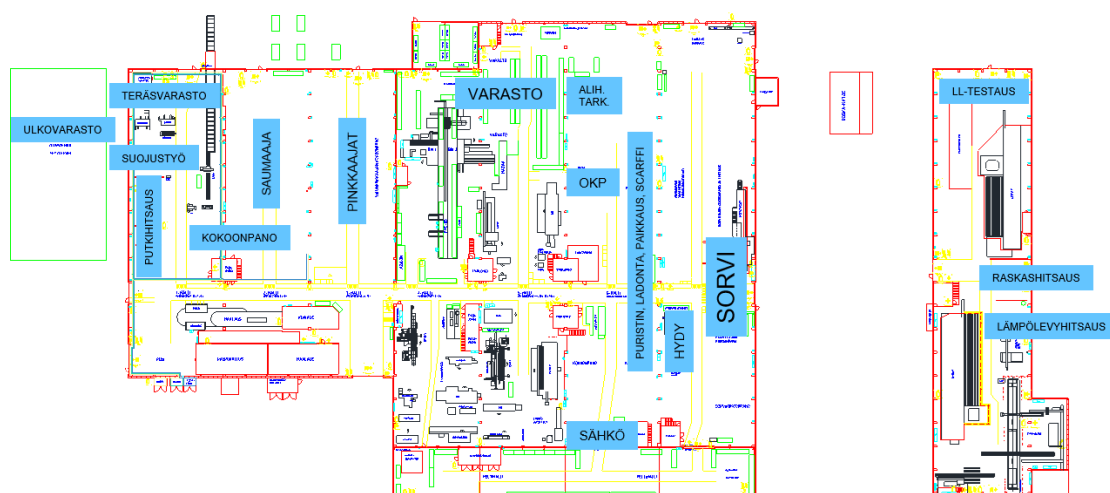
Kuten aiemmin raportissa mainittu, niin viivakoodi valmiudet nimikkeiden hallintaan varaston kautta on tutkittu ja olemassa. Kuten myös nykyiseen ERP-järjestelmään, ja sitä kautta työjonoihin on rakennettu myös identifiointitietue viivakoodille. Niin varastoon, kuin tuotannon prosesseihin saapuvaan materiaaliin tulostetaan aina vastaanoton yhteydessä vastaanottotarra, joka sisältää muiden identifiointitietojen lisäksi viivakoodin. Viivakoodi ja RFID teknologiaa tullaan tulevaisuudessa askelissa hyödyntämään koko tuotantoon, mutta pilotointi ja käyttöönotto on syytä suorittaa hallitusti vaiheittain ja luonnollisesti materiaalivirtausten kulun alusta, eli varasto- ja vastaanottovaiheesta. Voidaan myös miettiä, halutaanko investointi ja muutos suorittaa kokonaisuudessaan kerralla, vai olisiko kevyempää suorittaa toteutus kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen olisi tällöin viivakoodi identifiointitietuena. RFID:n luoma seuranta otettaisiin käyttöön vasta seuraavassa vaiheessa.

Vaiheiden välillä voidaan myös miettiä, riittääkö ensimmäisen tason tarkkuus Rautelle, jolloin reaaliaikainen paikannus on tarpeettoman tarkka, tai se on lähinnä mukava lisä, muttei toiminnassa välttämätön. Kustannuksiltaan viivakoodin käyttöönotto on Rautelle edullisempi, kuin RFID.

7.2.5 2021-2023

Strukturaaliset muutokset tehtaan layoutissa

Rakenteelliset muutokset eivät sinällään itsessään liity digitalisaatioon, mutta layout ja prosessien sijoittelu toimivat perustana tai edellytyksenä varastohallinnan ja materiaalivirtausten tehostamisessa. Kuten aiemmin mainittu, Raute on ulkoistanut suurimman osan esikäsitteystä kumppaneille, joka on puolestaan vapauttanut tilaa suorittaa enemmän kokoonpanoja ja koekäyttöjä. Teräsvarasto sijaitsee edelleen prosessijalostuksen alkupäässä, mutta päävarasto ja tavarantoimitusten vastaanotto puolestaan sijaitsee keskellä tuotantoprosesseja, jolloin varasto, tavaroiden vastaanotto ja keräily ei tapahdu prosessivirtauksen mukaisesti, vaan liikehdintä on moneen suuntaan edes-takaista, jolloin virtaukset risteävät, joka puolestaan aiheuttaa tehottomuutta niin kyseisessä kuin muissa prosesseissa. Ideana onkin keskittää varastot ja keräily virtauksen mukaiseen sijaintiin, jonka lisäksi jokaisen linjan pystytystä varten varatuille paikoille luodaan mahdollisuudet linjan purulle, pakkaukselle ja lastaukselle. Edellä mainitut ajatukset toki ovat täysin visiotasolla, jolloin todellisen toteutus suunnitelmaa luodessa voidaan törmätä myös haasteisiin.



Kuva 18: Raute Nastolan tehtaan nykyinen layout

Paperiton tuotanto ja IoT -kytkentä

Aiemmassa vaiheessa käynnistetään varastoprosessin kautta kulkevien kappaleiden identifiointi viivakoodi ja varustaminen RFID tekniikalla. Onnistuneen implementoinnin jälkeen siirrytään samaan käytäntöön koko tehtaan osalta. Jotta tuotannosta tulisi oikeasti koko organisaatiolle läpinäkyvä on löydettävä keinot paperittomaan tuotantoon, jolloin tuotantotilausten ohjaus tapahtuu täysin sähköisesti. Etenemä, huomiot, poikkeamat kaikki kirjataan sähköisessä muodossa järjestelmiin. Tällöin kappaleet ovat aina tunnistettavissa, jäljitettävissä ja käyttäjillä on aina olemassa tieto, miten kappale etenee tuotannossa. Jokaisessa aikaisemmassa askelmassa ollaan menetelty edeten tätä päämäärää.

Kun kaikki toiminnot tapahtuvat sähköisesti on mahdollisuus hyödyntää virtuaalista valmistuksen simulointia eri tilanteissa ja jopa jossain vaiheessa suorittaa tuotteen valmistus, että koekäyttö täysin virtuaalisesti.

Pohdinnan jälkeen totesinärkevimmäksi tavaksi toteuttaa identifiointin ja seurannan tapahtuvan lavan avulla, eli käytännössä vastaanottovaiheessa saapuvat kappaleet asetetaan lavalle, joka varustetaan viivakoodilla ja mahdollisesti RFID (UWB) -tagillä. Viivakoodin taakse on kerätty työn identifiointitiedot, käsittäen mm. DDM-piirustukset, työvaiheet, työohjeet ja materiaalikytkennät.

Jotta tämä kaikki voidaan toteuttaa, tarkoittaa se käytännössä sitä, että jokaisessa työstöpisteessä on omat työpäätteensä, jonka kautta tarkastellaan valmistusohjeita, sekä -kuvia. Työjonoista aloitetaan ja lopetetaan työ, sekä työhön liittyvät palautteet ja mahdolliset poikkeamat kirjataan järjestelmään. Tieto etenemästä, palautteista ja poikkeamista on tällöin aina kaikille saatavilla, eikä perustu muistilappuihin tai hiljaiseen tietoon.

Läpinäkyvyys koko organisaatiolle

Kaikki edellä mainitut askeleet johtavat kohti sitä pistettä, että tuotannon tilanne on täysin läpinäkyvä koko organisaatiolle, niin että järjestelmästä ilmenevä tieto vastaa oikeasti tehtaan lattialla tapahtuvaa tilannetta. Käytännön esimerkkinä asiakkaan tiedustellessa myyjältä oman tuotantotilauksen etenemää, kuten esimerkiksi Rauten piirustusnimikkeellä valmistettavaa varaosaa - myyjä näkee suoraan järjestelmästä tuotantotilauksen sijainnin, sen jäljellä olevat työvaiheet, laatuvaatimusten täyttymiset ja tämän hetkisen arvion läheisyvalmiudesta. Voisi olla myös mahdollista, että tieto päivittyisi reaaliaikaisesti asiakkaalle tilausnumeropohjaisesti asiakasportaalissa.

Automaation ja robotiikan hyödyntäminen varastossa

Varaston tehostamisen potentiaali nojaa säästettyyn aikaan. Eli käytännössä voidaan puhua automaation luovan lisäarvoa varastolle tehostamalla, sekä optimoimalla sen toimintoja. Automaation mahdollistamia tehostavia esimerkkikohteita on;

- Tavarahan vastaanoton aikana tapahtuva turha liikkuminen ja välikirjaukset.
- Keräilylistojen teko ja nimikkeiden etsimiseen käytetty aika
- Inventointiin käytetty aika

Aiemmassa askelmassa käytiin lyhyesti läpi WMS-järjestelmän tuomia etuja, sekä dynaamisen varaston ajatusmaailmaa.

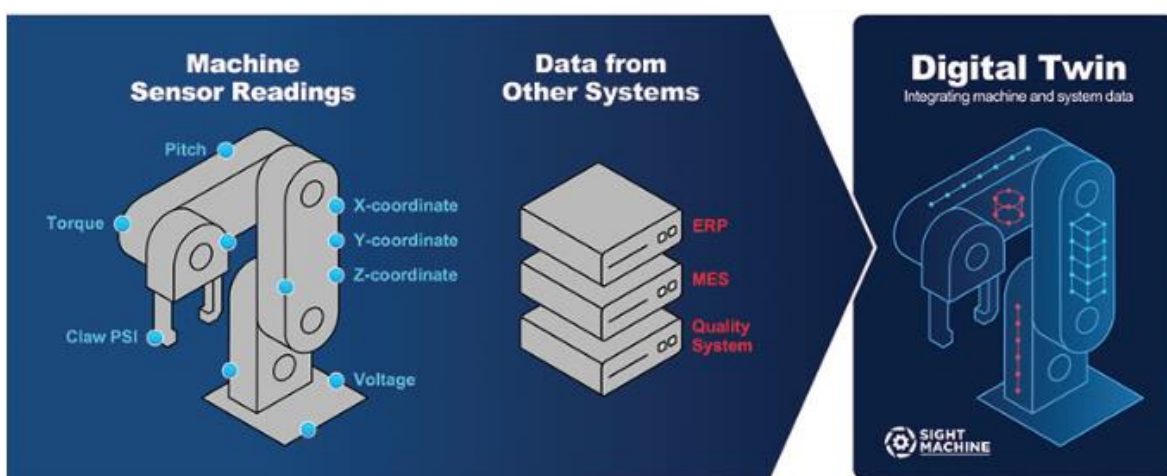
Rauten varastot ovat moninaiset ja laajat. Nimikkeitä on paljon ja nimikkeet, tai tässä tapauksessa varastoitavat kappaleet ovat toiminnaltaan, mutta myös mitoiltaan hyvin erilaisia. Onkin siis mietittävä, voidaanko toiminnassa hyödyntää dynaamista varastoajattelua täysin. Tämä käytännössä tulisi tarkoittamaan sitä, että kaikille määritetyille varastopaikoille pitäisi määrittää varastopaikan mitat, sekä kantavuudet, kuten myös varastoitaville kappaleillekin. Dynaamista varastoa voisi kuitenkin soveltaa tietyiltä osin; valmiudet käyttöön löytyisi esimerkiksi varastoautomaatti Tornadosta. Tornado on hissityyppinen varastoautomaatti, joka liikkuu pystysuunnassa ja sisältää useita samankokoisia varastopaikkoja eri tasoissa.

Rautella on myös valmistuksessa käytössä joustava valmistusjärjestelmä, joka rakentuu automaattisen varastojärjestelmän ympärille sijoitetuista koneistuskeskuksista. Käytännössä tämä toimii niin, että koneistettavat kappaleet, sekä työkalut asetetaan nimetylle paletille, joka linkitetään tehtäväjärjestyksessä olevaan tehtävään. Tämän jälkeen paletti syötetään hissijärjestelmään. Kytkeytyiltä koneilta voidaan tehdä komentoja hissijärjestelmälle toimittaa paletit työstökoneeseen ja käynnistää työstöohjelma. Samaan ideologiaan voisi perustua esimerkiksi paletille varastoitavat suurehkot, painavat kappaleet, kuten esimerkiksi puolivalmisteet. Mikäli edellä mainitun kaltaiseen ratkaisuun päädyttäisiin, tulisi se tietysti huomioida varaston sijainnissa. Nykyinen sijainti ei tätä mahdollista.

Digitaalinen kaksonen

Digitaalinen kaksonen, joka tunnetaan käsitteenä 'Digital Twin' on koneen, laitteen tai koko tuotannon virtuaalinen mallinnus fyysisestä objektista. Käytännössä tämä voisi mahdollistaa erilaisten valmistusskenaarioiden toteuttamisen nykyisen suunnitelman ja olemassa olevilla resursseilla. Tämän lisäksi kaukaisena käytännön visiona voisi olla, että Rauten toimittamat laitteet voitaisiin perinteisen fyysisen koekäytön sijaan suorittaa täysin

virtuaalisesti, joka itsessään mahdollistaa merkittävät säästöt, sekä nopeuttaa tuotteiden läpimenoaikaa. Digitaalisen kaksosen avulla tuotetta voidaan suunnitella samanaikaisesti eri osastoilla, kuten mekaniikka-, automaatio- ja sähkösuunnittelussa ja lopulta testata näiden kaikkien yhteensopivuus ennen työn aloittamista. Virtuaalinen simulointi mahdollistaa optimaalisten valmistusprosessien löytämisen, sekä valmistettavien laitteiden laatu- ja keuhkeamien havainnoinnin jo hyvin varhaisessa vaiheessa, ennen valmistusta. Digitaalinen kaksonen ja sen teknologia riippuvat täysin IoT:n sivistymisestä ja sen ympärillä syntyvästä datasta. Mitä sivistyvämmäksi ja yhteneväisemmäksi IoT valmiuksissa mennään, sen hienommalle tasolle digitaalista kaksosta ja simulointia voidaan viedä, joka puolestaan tuottaa yritykselle enemmän arvoa.



Kuva 19: Fyysisen laitteen ja järjestelmän tuottaman tiedon yhdistäminen digitaalisesti kaksoseksi (Automationworld 2019)

7.3 Digitaalisen tuotannon perustukset

Edellä mainitut askeleet kuljettavat Rautea taso-tasolta kohti digitalisoitua tuotantoa. Pelkkä askeleiden noudattaminen itsessään ei kuitenkaan mahdollista digitaalista tulevaisuutta, vaan askeleet ja itse roadmap on rakennettu erinäisten prosessien sivistymisen ja niissä onnistumisen päälle. Näitä voidaan kutsua myös koko kehitystyön perustaksi.

7.3.1 Tuotehallinnan, tuotteistuksen & valmistuksen kehitys

Kuten raportin useammasta kohdasta ilmenee, on tuotehallinnan, tai tarkemmin ottaen nimikehallinnan, sekä tuotteistuksen rooli keskeinen koko tehokkuuden rakentamisen kannalta. Digitalisointi perustuu tiedon digitointiin ja sen hyödyntämiseen analysoinnissa, päätöksenteossa tai esimerkiksi automatisoimisessa. Tuotehallinta tai tuotteistaminen synnytt-

tää toimitusketjun näkökulmasta master dataa – mikäli puolestaan master data ei ole kunnossa - yhtenäistä, sekä hallittua, se tulee rajaamaan monia tehostamisen mahdollisuuksia.

7.3.2 Prosessi- ja menetelmä kehitys, Lean ja turvallisuuskäytänteet

Digitalisointi keskittyy tiedon hyödyntämiseen. Se ei itsessään kehitä prosesseja, eikä menetelmiä, mutta toimii työkaluna edellä mainittujen kehittämiseen. Järjestelmiä hankittaessa on tarkastettava, että prosessit ovat olemassa, mutta sen lisäksi järjestelmien on tuettava niitä. Toisaalta taas järjestelmät tuottavat dataa jolla voidaan mitata prosessin onnistumista.

Leanin perimmäisenä tarkoituksena on poistaa asiakkaalle arvoa tuottamattomia vaiheita tai tapoja toimia, joka puolestaan heijastuu yrityksen tuottavuuden parantumisenä (Logistiikan Maailma, 2019). Tuottavuus ei parane lisäämällä panoksia vaan tehostamalla nykyisten panosten käyttöä tai nykyisen tuoton saavuttamista pienemmillä panoksilla - eli poistamalla turhia ja arvoa lisäämättömiä toimia tuotantoketjussa. Esimerkiksi päivittäisjohtaminen on yksi Lean-ajattelun malleista. Päivittäisjohtamisella tarkoitetaan jokapäiväistä tuotannossa tapahtuvaa tilanteiden kartoittamista ja ratkomista. Digitalisaation avulla tuotannosta voidaan tuottaa ja edelleen jalostaa näkymiä tuotannon informaatio- ja ohjausnäytöille, joiden avulla ohjataan päivittäistä toimintaa työnjohto- ja työntekijä tasolla. Tieto on avointa, läpinäkyvää ja osallistavaa.

7.3.3 Tuotannon ja logistiikan harmoninen sivistyminen

Intralogistiikka ja varastonhallinta on perustava osa tehokasta ja joustavaa tuotantoa. Onnistuneen kehityksen kannalta onkin siis ehdotonta, että tuotantoa, sekä logistiikkaa katsotaan yhtenä kokonaisuutena. Osa optimoimalla tuotantoprosesseja aiheutetaan kypsyystasojen välistä eroa, jolloin kehitysajatukset voivat risteytyä, tai investoinnin takaisinmaksun potentiaalia ei pystytä näkemään. On myös mahdollista, että tehostamiseen perustuvat investoinnit eivät välttämättä tuota niiden todellista potentiaaliaan.

7.3.4 Hankinnan ja materiaalivirtausten hallinnan onnistuminen

Toimitusketju tai tarkemmin tuotanto on keskeisesti riippuvainen hankintatoimesta. Kaikki tuotannon kautta kulkeva on jossain pisteessä hankittua, oli sitten kyseessä kokoonpanon toimitettava valmis komponentti tai puolestaan koneistusta odottava aihio. Mikäli hankinta ei pysty vastaamaan tuotannon tarpeisiin, niin aikataulullisesti, kuin myös laadullisesti, ei tehostamisesta itsessään saavuteta mitään hyötyä.

8 POHDINTA

Nykyinen MES-järjestelmä toimii päivätasolla. Järjestelmässä tehdyt muutokset viedään yön yli integraatiossa toiminnanohjausjärjestelmään. Vaikka tuotannonohjausjärjestelmässä suunnitellaan ja seurataan töiden etenemistä tuotannossa, on kuitenkin mietittävä, onko se itsessään riittävä taso. Tuotantoa ohjataan tuotannonohjausjärjestelmän kautta, mutta tehtävät ja materiaalitapahtumat ohjautuvat toiminnanohjausjärjestelmän kautta, jolloin tieto päivittyy automaattisesti vain päivätasolla, tai manuaaliviennillä integraatiossa. Tämä ei täysin tue reaaliaikaista näkymää. Vaihtoehtoisesti voisi miettiä tehtävien ja materiaalitapahtumien tapahtuvan täysin tuotannonohjausjärjestelmässä. Tieto vietäisiinkin toiminnanohjausjärjestelmään, eikä toisinpäin. Ajatus itsessään on melko rohkea, se siirtäisi oikeasti vastuun tapahtumien ohjauksesta tuotannonohjausjärjestelmään. Toisaalta, näin toimii esimerkiksi Nokian Raskaat Renkaat.

Toiminnanohjausjärjestelmä on useita vuosia vanha ja se on pitkälti räätälöity yrityksen prosessien ja niiden tarpeiden ympärille. Uuden järjestelmän tai järjestelmän päivitys tulee olemaan väistämätöntä. Uutta järjestelmää suunnitellessa on otettava huomioon muu IT-infrastruktuuri, jolloin vastuut ja rajapinnat tuotannon, sekä toimitusketjun osalta on mietittävä tarkkaan. Koska Rautella on useita eri tuotantolaitoksia, ISA-95-standardi toimii varteenotettavana viitekehiksenä modulaarisen järjestelmäarkkitehtuurin rakentamiseen. Ajatuksena voisi olla, että yhtiöllä olisi yksi yhteinen globaalisti toimiva toiminnanohjausjärjestelmä, johon on liitetty tuotantoyksiköittäin paikallisia järjestelmiä, kuten esimerkiksi paikalliset MES ja WMS -järjestelmät. Tämä käytännössä mahdollistaisi eri tuotantoyksiköiden toimintojen kehittämisen paikallisesti, mutta myös isossa kuvassa palvelen yhtiön strategista suuntaa. Yhteinen toiminnanohjausjärjestelmä puolestaan takaa sen, että liiketoimintatason tieto, kuten esimerkiksi projektit, sisäinen laskenta ja resurssit ovat yhtäläiset. Modulaarisessa ratkaisussa toiminnanohjausjärjestelmää päivittäessä operatiivisten ohjelmien päivitys ei olisi ehdotonta, joka heijastuu toiminnanohjausjärjestelmän nopeampana, sekä kivuttomampana käyttöönottona.

Voitaneen myös mainita, että yritykseltä puuttuu tuotannon ja toimitusketjun puolesta digitalisaation osaajia. Jotta kehityksen jatkuvuus ja oikeiden ratkaisujen löytäminen voidaan taata, voi edellä mainittujen asiantuntijoiden palkkaaminen olla lähitulevaisuudessa välttämätöntä.

Tuotoksen yhtenä askeleena mainitsin mobiililaitteet ja kuinka ne ovat tulleet osaksi jokaisen ihmisen arkea. Laitteilla työskentely on nykyisellään luontevaa, ja niiden hyödyntäminen tuotannossa tulee olemaan väistämätöntä. Mielestäni tämä on kuitenkin kaksiteräinen

miekka – kun mobiililaitteita pidetään yhtenä työkaluna työtehtävien suorittamisessa, miten voidaan rajata tai mahdollisesti valvoa, ettei laitteita käytetä väärin käyttäjiensä toimesta. Pahimmassa tapauksessa laitteet häiritsevät tai vahingoittavat työn tekemistä. Tämä voi käytännössä tarkoittaa esimerkiksi huomion siirtymistä työstöprosessin valvomisesta sosiaalisen median seuraamiseen jolloin työn laatu kärsii.

Aiemmin tekstissä on myös mainittu RFID:n ja viivakoodin toimivan identifiointitietona kappaleille. Tekniikka takaisi myös pääsyn piirustuksiin, työkortteihin ja itse tehtävään. Tämän kautta muun muassa operaattorit aloittaisivat kappaleiden valmistamisen, sekä raportoisivat mahdollisista poikkeamista. Tämä myös mahdollistaisi kappaleiden jäljitettävyyden ja kartoittamisen. Uutena ajatuksena; miksei identifiointitietueen kautta myös voitaisi hakea, sekä ajaa työstökoneelle kappaleen valmistusohjelma? Ja kun kappaleet puolestaan kulkevat kokoonpanoon, niin identifiointitietueen kautta voisi kokoonpanija hakea kokoonpano-ohjeet, jotka tulevaisuudessa voisi olla AR:n, eli lisätyn todellisuuden muodossa.

Digitaalisen kaksosen ajatus on luoda virtuaalinen kopio olemassa olevasta, tai valmistettavasta tuotteesta, mutta miksei sitä voitaisi hyödyntää esimerkiksi myynti- tai tuotekehitystyöhön? Asiakatarpeita selvitettyä voisi tietyillä asiakkaan antamalla kriteereillä muodostaa (konfiguroida) optimaalisen tuotteen tai tuotemixin virtuaalisesti syötettyjen tietojen avulla, jota tekoäly täydentää. Näin voitaisiin asiakkaalle esittää virtuaalinen konsepti heidän tarpeista ja kuinka se simuloitujen voisi toimia. Toisaalta taas virtuaalista kaksosta voisi hyödyntää esimerkiksi asiakkaan kouluttamisessa, vaikka konetta ei olisi fyysisesti vielä olemassa. Kun laite on toimitettu asiakkaalle, virtuaalisen kaksosen avulla voidaan auttaa asiakasta optimoimaan sen käyttöä.

9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda suunnitelma Raute Oyj Nastolan tuotannon digitalisoimiseksi. Opinnäyte on luonteeltaan toiminnallinen. Toiminnalliselle opinnäytetyölle on ominaista, että teoriakeskeisen sisällön sijasta työn sisältö keskittyy tuotoksen ympärille. Jälkeenpäin pohdittuna teoriaosuus tässä opinnäytetyössä on merkittävä, mutta kuitenkin kaikessa laajuudessaan aiheellinen moninaisen asiakokonaisuuden selkiyttämiseksi lukijalle.

Yritysten johdon tietoisuus, ja ymmärrys digitalisaation merkitsevyydestä liiketoimintaympäristöön on viime vuosien aikana systemaattisesti kasvanut. Sen tärkeyttä on kumminkin syytä painottaa. Digitalisaatio on aikakautemme suurin muutosvoima, joka sekoittaa yritysten kilpailuympäristöä ja murtaa perinteisiä toimialarajoja. Se pakottaa yrityksiä uudistamaan toimintatapojaan ja osaamistaan. Digitalisaatio koskettaa jokaista yritystä toimialasta riippumatta.

Työn aihe on hyvin laaja ja käsittelyn rajaaminen aiheutti haasteita. Prosessi aikana oli useampaan otteeseen muistuteltava itselleen, että työ on pitkälti visionäärinen. Siinä ei voi tarjota jokaiseen askelmaan valmiiksi jalkautettavaa ratkaisua paisuttamatta työtä.

Digitalisaatio on megatrendinä tuore. Teoriaa ei juurikaan löydy perinteisistä kovakantisista kirjoista. Tästä huolimatta tietopohjaa on laajasti saatavilla internetistä, sekä muista digitaalisista kanavista. Aiheen laajuudesta, sekä lähteiden paljoudesta huolimatta tieto jokaisessa lähteessä oli kokonaisuudessaan hyvin yhtenevä.

Kehitystyöt ovat usein kompleksisia kokonaisuuksia ja niiden siirtäminen ajatuksen tasolta objektiksi paperille voi osoittautua haastavaksi. Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin The acatech Industrie 4.0 -kypsyysindeksi -menetelmään, joka auttaa ymmärtämään yrityksen nykyisen tason yrityksen pyrkiessään muuttua oppivaksi ja ketteräksi.

Koska matka kohti digitalisaatiota ja teollisuus 4.0: aa on erilainen jokaiselle yritykselle, on työ välttämätöntä aloittaa analysoimalla yrityksen nykytilannetta ja tavoitteita. Koska yrityksen strategia määrittää yrityksen tavoitteet, on digitalisointisuunnitelmat syytä rakentaa tukemaan toteutusta. Opinnäytetyössä käsiteltiin tiivistettynä yrityksen strategiaa eri tasoissa. Konkreettisimman tavoitteen tälle opinnäytetyön tuotokselle asetti operaatioiden strateginen tavoite, joka on kustannuskilpailukyvyn parantaminen, tehokkuus ja joustavuus. Samanaikaisesti tulee saada olemassa olevat, ja uudet järjestelmät tukemaan käytännön prosesseja. Unohtamatta arvolupaustamme asiakkaalle. Digitalisaation strategisena tavoitteena on saattaa valmistettava tuote asiakkaalle tuottavaan toimintaan nopeasti. Tämä tarkoittaa käytännössä laadukkaan, viimeistellyn ja koekäytetyn tuotteen valmistamista tehokkaasti.

Tuotoksen tavoite oli asteittain rakentaa tuotannon digitalisaatiota, hyödyntäen olemassa olevia valmiuksia sekä rakentaa uusia edellä mainittujen päälle. Nykytilan ja valmiuksien kartoitus edellyttää kokemusta kohdeyrityksen eri toimintojen prosesseista, sekä kykyä ymmärtää prosessien välisiä sidossuhteita. Teoreettinen osuus luo tässä opinnäytetyössä perustan ja perusteet lopputuotokselle, joka puolestaan nivoutuu hyvin yhteen käytännön ja yrityksen tarpeiden kanssa. Työ tarjoaa uusia visionäärisiä ajatuksia tai vaihtoehtoisia toteutusmuotoja kehittää prosesseja. Teoriaosuus ei tarjoa valmiita jalkautettavia ratkaisuja, vaan sen luomia elementtejä täytyy soveltaa Rauten toimintaympäristöön.

Tuotoksen suunnitelma rakentuu viisivuotiselle toteutusjaksolle, joka on mielestäni ajanjaksona hyvä tavoite näinkin isolle hankkeelle. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että etenemä tai jokainen työvaihe olisi sidottu erikseen annetulle ajanjaksolle. Kehitystä ohjataan kokonaisvaltaisesti, jolloin jotkin askelmat saattavat toteutua suunniteltua aikaisemmin. Elämme myös aikaa, jolloin teknologia kehittyy nopeammin kuin koskaan aikaisemmin. Tämä voi tarkoittaa käytännössä sitä, että joihinkin askelmiin voidaan ajan kuluessa löytää yritykselle parempia toimintaratkaisuja tai jotain ratkaisuja ei voida koskaan toteuttaa. Suunnitelman tärkein tehtävä on toimia suunnannäyttäjänä ja asettaa konkreettisia tavoitteita digitalisaation kehitykselle.

LÄHTEET

- Lönnqvist, A., Kujansivu, P. & Antikainen, R. 2006. Suorituskyvyn Mittaaminen. Helsinki: Edita Publishing Oy. [viitattu 14.10.2019].
- Saari, S. 2006. Tuottavuus. Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa. Vantaa: Dark Oy. [viitattu 14.10.2019].
- Ilmarinen V. & Koskela K. 2015. Digitalisaatio Yritysjohdon käskikirja, Alma Talent Oy. Helsinki. [viitattu 14.10.2019]. E-kirja Saatavissa: [https://bisneskirjasto-almatalent-fi.aineistot.lamk.fi/teos/IACBGXCTEB#kohta:8\(\(20\)SYVENN\(\(c4\)\(\(20\)SUHDETTA\(\(20\)ASIAKKAISIIN\(\(20\)/piste:b0](https://bisneskirjasto-almatalent-fi.aineistot.lamk.fi/teos/IACBGXCTEB#kohta:8((20)SYVENN((c4)((20)SUHDETTA((20)ASIAKKAISIIN((20)/piste:b0)
- Heikkinen M. 2017. Sisälogistiikan kehitysprojekti case: Raute Oyj. Opinnäytetyö. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/127296>
- Salonen K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Turun Ammattikorkeakoulu. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>
- Acatech Study 2017. Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf
- Arrow 2019. Blogi: 5 vinkkiä tuotannon johtamiseen digitalisaation keinoin. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://blogi.arroweng.fi/5-vinkkia-tuotannon-johtamiseen-digitalisaation-keinoin>
- Automation World 2019. Digital Twin Makes Virtual Commissioning a Reality. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.automationworld.com/article/technologies/simulation-modeling/digital-twin-makes-virtual-commissioning-reality>
- Bridgestone 2019. Bridgestone EMEA prepares for the future with €36 million commitment to smart factory project. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.bridgestonewsroom.eu/brandportal/bridgestonepr/default/news-detail/800?lang=eu>
- CGI 2017. Industry 4.0 Making your business more competitive. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: https://www.cgi.com/sites/default/files/white-papers/manufacturing_industry-4_white-paper.pdf
- Delfoi 2019. Valmet kertoi MES hyödyistään alihankintamessuilla. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.delfoi.com/fi/valmet-kertoi-mes-hyodyistaan-alihankintamessuilla/>

ETLA 2015. Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>

Forbes 2018. What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#591aa7b9788a>

GE 2019. Additive Manufacturing. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>

Kauppalehti 2019. Digitalisaation johtaminen vaatii yleisjohdoltakin teknologista ymmärrystä. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/brandistudio/aaltoee/digitalisaation-johtaminen-vaatii-yleisjohdoltakin-teknologista-ymmarrysta/>

Kauppalehti 2019. Osaajista on valtava pula Euroopassa – maksaa yrityksille jopa yli 400 miljardia vuosittain. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/osaajista-on-valtava-pula-euroopassa-maksaa-yrityksille-jopa-yli-400-miljardia-vuosittain/b9fb287b-11e4-4c02-a096-026b9adc9f2a>

Kauppalehti 2019. Uudessakaupungissa tehdään maailman tehokkainta autonvalmistusta – automaatio viritetty huippuunsa. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://studio.kauppalehti.fi/siemens/uudessakaupungissa-tehdaan-maailman-tehokkainta-autonvalmistusta>

Lahden Museot 2019. Metalliteollisuus sotien jälkeen. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <http://www.lahdenmuseot.fi/kuka-mita-lahti/lahden-historia/teollisuuskaupunki/metalliteollisuus-sotien-jaelkeen/>

Leanware 2019. Miksi ISA-95 Standardi. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://leanware.fi/fi/miksi-isa-95-standardi/>

Leanware 2019. Tuotannon Digitalisaatio. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://leanware.fi/fi/ratkaisut/tuotannon-digitalisaatio/>

Logistiikan maailma 2019. Digitalisaatio. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/digitalisaatio/>

Löfman T. 2018. Blogi: Teollisuuden Trendejä. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.cgi.fi/fi/blogi/teollisuuden-digitalisaation-trendeja-2018>

PWC 2017. Digital Factories 2020 Shaping the future of manufacturing. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf>

Raute 2019. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.raute.fi/>

Siemens 2019. Digital Twin. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/digital-twin/24465>

Tekniikka ja Talous 2014. Teollisuus 4.0 - "Suomen oltava kilpailukykyinen vaihtoehto, kun teollisuuden paluumuutto Aasiasta Eurooppaan alkaa". [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/teollisuus-40-suomen-oltava-kilpailukykyinen-vaihtoehto-kun-teollisuuden-paluumuutto-aasiasta-eurooppaan-alkaa/73193f56-c36f-372c-b61e-40ad27b80144>

Tekniikka ja Talous 2018. Älykäs teknologia muuttaa varastologistiikan Ponsen tehtaalla, Vieremän tehdaslaajennus lähti käyttöön. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/alykas-teknologia-muuttaa-varastologistiikan-ponsen-tehtaalla-viereman-tehdaslaajennus-lahti-kayttoon/3f589725-951f-3944-8529-9c2402ad7f1b>

Tekniikka ja Talous 2019. Nokian Renkaat investoi 70 miljoonaa Nokialle – kapasiteetti kasvaa 10 miljoonalla kilolla. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/nokian-renkaat-investoi-70-miljoonaa-nokialle-kapasiteetti-kasvaa-10-miljoonalla-kilolla/75f565b4-4a0c-34ab-ab47-49edab8b5ffa>

<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/teollisuus-40-suomen-oltava-kilpailukykyinen-vaihtoehto-kun-teollisuuden-paluumuutto-aasiasta-eurooppaan-alkaa/73193f56-c36f-372c-b61e-40ad27b80144>

LIITTEET