Tampereen yliopisto

Juho Viitala

TEOLLISEN INTERNETIN HYÖDYNTÄMINEN TUOTANNONOHJAUKSESSA

Kandidaatintyö
Teknisten tieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Hasse Nylund
04/2021

TIIVISTELMÄ

Juho Viitala: Teollisen internetin hyödyntäminen tuotannonohjauksessa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Kone- ja tuotantotekniikka
04/2021

Teollinen internet ja siihen liittyvät teknologiat ovat tämän hetken tärkeimpiä kehityskohteita eri teollisuuden aloilla, erityisesti valmistavassa teollisuudessa. Teollista internetiä voidaankin pitää teollisuuden näkökulmana maailman digitalisoitumiseen, minkä vuoksi se tulee muuttamaan teollisuuden toimintatapoja sekä yritysten liiketoimintamalleja. Teolliseen internettiin liittyvä teollisuuden murros voidaan esittää olevan neljäs teollinen vallankumous, ja sen käynnistyminen on näkynyt teollisuudessa jo vuosia. Tästä syystä teollinen internet on tärkeä tutkimuksen ja kehityksen kohde myös tämän kandidaatintyön osalta.

Tämän työn tavoitteena on tutustua teolliseen internetiin käsitteenä sekä tarkastella sen vaikutuksia valmistavan teollisuuden yritysten toimintaan. Teollista internetiä tutkitaan ensin puhtaasti teknologiselta kannalta, jonka jälkeen tutkitaan sen vaikutuksia yrityksen toimintoihin sekä sen tulevaisuudennäkymiä. Työ käsittelee aihetta erityisesti tuotannonohjauksen näkökulmasta, huomioiden kuitenkin teollisen internetin vaikutukset aina tuotannon työntekijästä yrityksen strategiseen johtoon. Työn tarkoituksena on selvittää, mitä teollinen internet voi tuoda lisää teollisuuden tuotantoon, sekä miten teollinen internet vaikuttaa valmistavan teollisuuden yrityksen toimintaan. Työ toteutetaan kokonaisuudessaan kirjallisuuskatsauksena, kooten yhteen aiempaa tutkimusta teollisen internetin vaikutuksista.

Teollinen internet tulee uudistamaan –ja on jo osittain uudistanut, valmistavan teollisuuden toimintoja niin tuotannon laitteiden ja tietojärjestelmien tasolla, kuin myös yritysten liiketoiminnan tasolla. tehdastuotannossa kerätyn informaation merkitys tulee kasvamaan ja kerättyä dataa tullaan hyödyntämään ja analysoimaan entistä reaaliaikaisemmin. Tietojärjestelmiä avataan kokonaisten tuotantoketjujen läpi, joka aiheuttaa muutoksia myös yritysten liiketoimintamalleihin. Yritysten toiminnasta tulee nykyistä palvelukeskeisempää ja tuote palveluna -liiketoiminta tulee kehittymään tärkeäksi osaksi valmistavaa teollisuutta. Teollisen internetin kehitys tuo mukanaan myös paljon haasteita muun muassa tietoturvaan liittyen, mutta johdonmukaisella kehitystyöllä se tulee muuttamaan valmistavan teollisuuden toimintoja pysyvästi.

Avainsanat: teollinen internet, valmistava teollisuus, tuotannonohjaus, teollisuus 4.0

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
2. TEOLLINEN INTERNET KÄSITTEENÄ 3
2.1 Teknologia teollisen internetin takana 3
2.2 Teknologiapino 5
2.3 Kyberfyysiset järjestelmät ja teollisuus 4.0 8
3. TEOLLISEN INTERNETIN VAIKUTUS YRITYKSEN TOIMINTAAN 10
3.1 Teollinen internet työntekijän näkökulmasta 10
3.1.1 Kone-työntekijä -kommunikaatio 10
3.1.2 Tuotannon kirjaukset 11
3.2 Tuotannonsuunnittelijan näkökulma 12
3.2.1 Ohjelmistot tuotannonsuunnittelussa 12
3.2.2 Tuotannon hienokuormitus ja huoltojen suunnittelu 13
3.2.3 Materiaalinhallinta 15
3.3 Teollinen internet yrityksen strategian näkökulmasta 16
3.3.1 Liiketoiminnan tehostamien 16
3.3.2 Uusi liiketoiminta 17
3.3.3 Tuotteen arvon kasvattaminen 19
4. TULEVAISUUDENNÄKYMÄT 20
4.1 Teollisen internetin haasteita 20
4.2 Teollisen internetin mahdollisuudet 22
5. TULOKSET JA KESKUSTELU 25
6. YHTEENVETO 27
LÄHTEET 29

1. JOHDANTO

Teollinen internet (industrial internet of things, IIoT) on ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana yksi suurimmista kehitysaskeleista, joita teollisuus ympäri maailman on ottanut. Se merkitsee teollisuuden kokonaisvaltaista uudistumista, joka johtaa täysin uusien toimintamallien ja -mahdollisuuksien kehittymiseen (Collin & Saarelainen 2016, I-osa, 1. luku). Sitä voidaan pitää teollisuuden näkökulmana maailman digitalisoitumiseen, jonka myötä entistä useammat laitteet ja koneet ovat yhteydessä internetiin ja kommunikoivat sen avulla toisten koneiden sekä ihmisten kanssa (Juhanko et al. 2015). Jo nämä perusteet tekevät teollisen internetin tutkimisesta ja sen periaatteiden tuntemisesta todella tärkeää. Lisäksi teollisen internetin rooli tulevaisuuden tuotannossa tulee varmasti kasvamaan, joten sen käyttö teollisuudessa tulee olemaan yrityksille välttämättömyys (Juhanko et al. 2015).

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tarkastella teollista internetiä erityisesti suomalaisen valmistavan teollisuuden näkökulmasta, ja osana tuotannonohjausta niin yksittäisen tuotantolaitoksen lattiatasossa, kuin myös kokonaisen organisaation johdon näkökulmasta. Tarkoituksena on selvittää, mitä teollisen internetin käyttöönotto vaatii tuotantoon liittyviltä toiminnoilta ja mitä uusia elementtejä teollinen internet tuotantoon antaa. Teoreettisesti teollista internetiä tarkastellaan työssä yhtenä kokonaisuutena, pureutumatta liiaksi yksittäisten elementtien kuten antureiden tai dataväylien teknisiin ominaisuuksiin.

Teollista internetiä tarkastellaan työssä laajasti siihen liittyvän teorian, kuin myös sen vaikutusten kannalta. Laajan tarkastelun avulla pyritään muodostamaan mahdollisimman kattava kokonaiskuva teollisen internetin vaikutuksista modernissa valmistavassa teollisuudessa. Työn tutkimuskysymykset kuuluvat seuraavalla tavalla:

1. Mitä teollinen internet tuo valmistavan teollisuuden tuotantojärjestelmään lisää?
2. Miten teollisen internetin käyttäminen vaikuttaa valmistavan teollisuuden yrityksen toimintaan?

Luvussa 2 teollista internetiä tutkitaan käsitteenä, ja tarkoituksena on esittää oleellinen teoria aiheen ympäriltä. Luvun alussa käydään läpi aiheeseen liittyvää termistöä sekä termien oikeaa käyttöä, minkä jälkeen tutkitaan teollisen internetin vaatimaa teknologista infrastruktuuria *teknologiapino* (*the new technology stack*) -viitekehyksen mukaisesti. Vaadittava infrastruktuuri esitetään työssä alatasolta sensoreista ja tiedon keräämisestä

kohti datan analysointia ja sen hyödyntämistä tuotannonohjaukseen. Samalla tutkitaan teollisen internetin liittämistä osaksi valmistavan teollisuuden tuotantolaitoksen toimintaa. Luvun lopussa esitetään lyhyesti vielä Saksasta lähtöisin olevan *industry 4.0 (I4, teollisuus 4.0)* -konseptin sekä *kyberfyysisten järjestelmien (CPS, cyber physical systems)* näkökulmia teollisen internetin käyttöönottoon ja sen vaikutuksiin teollisuuden kehitykseen.

Luvussa 3 keskitytään tarkastelemaan teollista internetiä puhtaasti yhtenä yrityksen toiminnan elementtinä. Aluksi aihetta käsitellään yrityksen työntekijöiden sekä keskijohdon, tässä tapauksessa tuotannonsuunnittelun näkökulmasta siten, että tutkimus painottuu teollisen internetin tarjoamiin lattiatason sovelluksiin. Tämän jälkeen teollista internetiä tutkitaan kokonaisen organisaation toiminnan kannalta, keskittyen sen tuomiin uudistuksiin yrityksen strategian ja liiketoimintamallin näkökulmasta. Luvussa 4 kuvataan lyhyesti erilaisia tulevaisuudennäkymiä ja visioita, joita teollinen internet mahdollisesti mukanaan tuo. Tulevaisuudennäkymät on jaettu teollisen internetin käyttöön liittyviin haasteisiin sekä mahdollisuuksiin.

Kandidaatintyö toteutetaan kokonaisuudessa kirjallisuuskatsauksena, jonka lähteet on kerätty erinäisistä verkkopohjaisista tietokannoista. Lähteiksi on pyritty etsimään mahdollisimman tuoreita teoksia aiheen moderniuden vuoksi, joskin erityisesti tuotannonohjaukseen liittyvissä lähteissä myös vanhempaa materiaalia on hyödynnetty. Työ esittelee pääosin eri tutkimuksista ja raporteista koottua teoriaa, joskin työn lopusta löytyy myös kirjoittajan omia visioita koko teemaan ja sen mahdollisuuksiin liittyen.

2. TEOLLINEN INTERNET KÄSITTEENÄ

Tässä luvussa tarkastellaan teollista internetiä käsitteenä ja avataan siihen liittyvää teoreettista taustaa. Luvussa ei perehdytä teollisen internetin vaatimien komponenttien, kuten antureiden, teknisiin ominaisuuksiin tai rakenteeseen sen tarkemmin, vaan keskitytään ymmärtämään teollisen internetin käsite kokonaisuutena. Alussa käsitettä kuvataan yleisesti, seuraavaksi erään tutkimuksissa esitetyn viitekehyksen, teknologiapinon keinoin, ja viimeisenä teollista internetiä tutkitaan osana valmistavan teollisuuden tuotantoa. Luvun lopussa käsitellään lyhyesti käsitteitä kyberfyysiset järjestelmät sekä teollisuus 4.0.

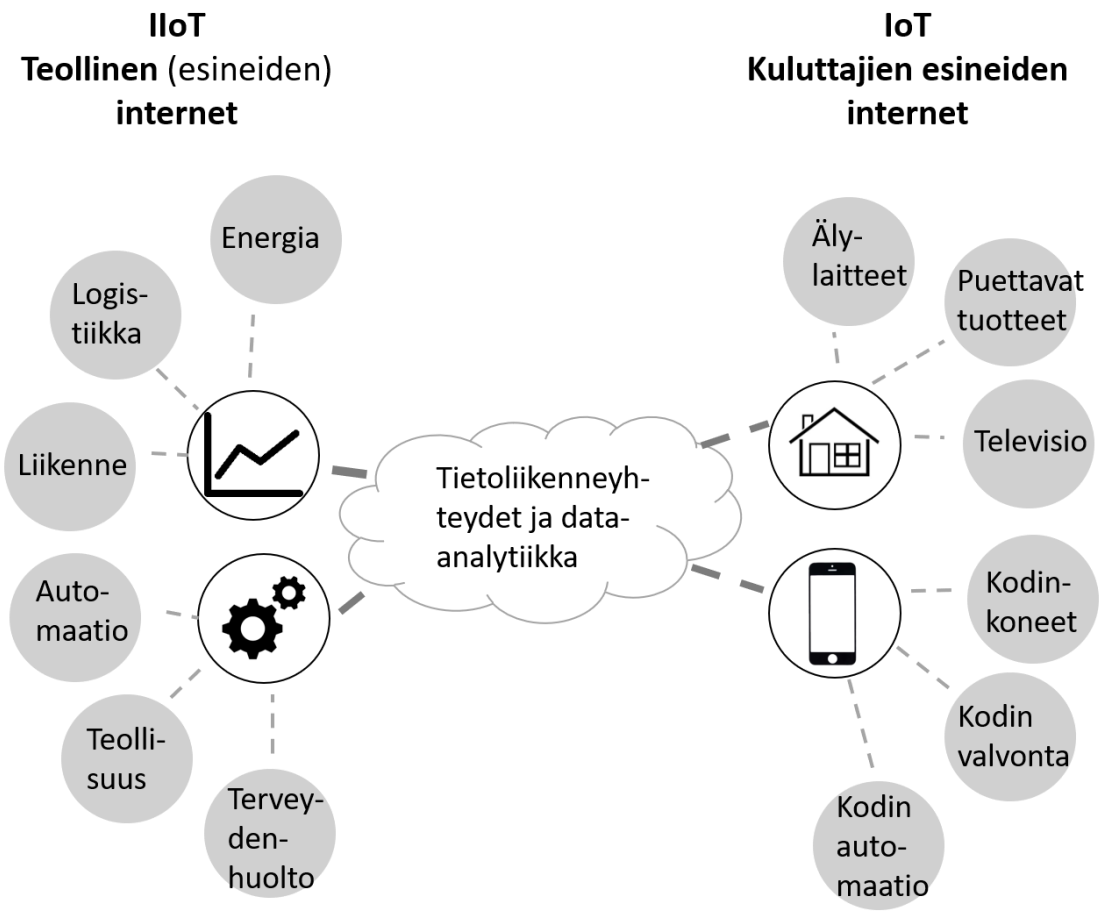
2.1 Teknologia teollisen internetin takana

Teollinen internet tarkoittaa teollisuuden sovelluksissa toimivaa laitteiden ja koneiden liittymistä verkkoon (Collin & Saarelainen 2016, I-osa, 2. luku). ETLAn (Elinkeinoelämän tutkimuslaitos) tuottaman selvityksen mukaan pienimmillään tämä tarkoittaa komponentteja, jotka keräävät ja käyttävät dataa verkon avulla ja kommunikoivat samalla muiden komponenttien kanssa. Laajemmassa mittakaavassa teollinen internet taas mahdollistaa kokonaisten tuotantolaitosten keskinäistä datan siirtämistä ja analysointia. Kerätty data ohjaa verkon yli koko tuotantoketjua aina raaka-aineiden toimittajalta loppukäyttäjään asti ilman, että ihminen joutuu siirtämään suuria tietomääriä manuaalisesti toimijalta toiselle. (Juhanko et al. 2015)

Teollinen internet on kokonaisuus, joka tarjoaa tulevaisuuden teollisuudelle valtavan potentiaalin kehittää tuotantoaan paremmaksi, tehokkaammaksi ja kaikin puolin modernimmaksi (Gorbach & Polsonetti 2015). Sen avulla teollisuuden sovelluksiin, kuten yksittäisiin laitteisiin tai tuotantolinjoihin, yhdistetään ohjelmistopohjaisesti älyä. Tämän myötä laitteet, tehtaat, tietojärjestelmät ja ihmiset kommunikoivat saumattomasti yhteen ja muokkaavat omaa toimintaansa kommunikoinnin perusteella. (Annunziata & Evans 2012) Parhaimmillaan teollinen internet siis yhdistää useita eri käyttöjärjestelmiä ja laitteita toimimaan yhdessä. Tällöin ihmisen rooli tiedon välittäjänä vähenee ja tuotanto osaa itse ohjata itseään verkosta lukemansa datan avulla.

Käsitteenä teollinen internet on rakentunut viittaamaan juuri näihin teollisuuden sovelluksiin ja erilaisten tuotantolaitosten verkkoon liittymiseen. Se perinteisesti sekoitetaan termiin *Internet Of Things (IoT)* eli *kuluttajien esineiden interne*t tai vain *esineiden internet*. Collinin ja Saarelaisen (2016, I-osa, 2. luku) mukaan termejä käytetään usein ristiin,

mutta pohjimmiltaan esineiden internet toimii yläkäsitteenä niin kuluttajien kuin myös teollisuuden sovellusaloille. Usein pelkällä esineiden internetillä viitataan juuri kuluttajille suunnattuihin sovelluksiin, ja siksi termi teollinen internet on sopiva teollisuuden sovelluksista puhuttaessa (Collin & Saarelainen 2016, I-osa, 2. luku). Termien eroavuuksia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1: *Esineiden internetin termien jaottelu Collinin & Saarelaisen (2016, I-osa, 2. luku) mukaan*

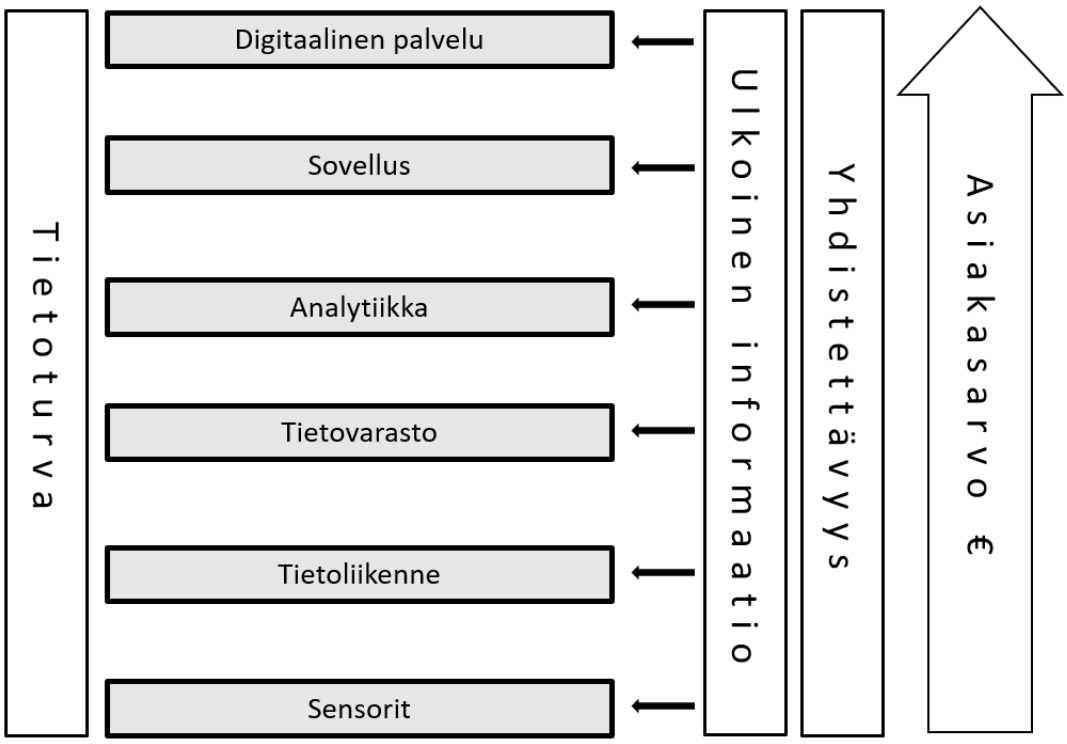
Kuvassa oikealla on esitetty kuluttajien esineiden internetin sovelluskohteita. Niistä puhutaan lyhenteen IoT alla, ja ne pitävät sisällään kaikki kuluttajille tarkoitetut älylaitteet aina kodin turvajärjestelmistä ja älyvalaistuksesta älytelevisioihin ja puhelimiin. Kuvan vasemmassa reunassa on esitettynä teollisen internetin sovelluksia. Nämä sovellukset mielletään lyhenteen IIoT alle ja ne pitävät sisällän erilaiset teollisuuteen ja yhteiskuntaan liittyvät kokonaisuudet. Tämä työ keskittyy tarkastelemaan teollisen internetin sovelluksia valmistavassa teollisuudessa, mutta kuvasta on hyvä huomata sen vaikutusten ulottuminen moniin muihinkin teollisuuden ja palveluiden aloihin. Kuvan molempia puolia yhdistää tietoliikenneyhteydet ja data-analytiikka, jotka toimivat IoT- ja IIoT-sovellusten mahdollistavana teknologiana.

Siinä missä kuluttajille suunnatut IoT-palvelut ovat kehittyneet ja yleistyneet hiljalleen teknologioiden kehittyessä, ovat teollisuuden sovellukset vielä melko alkutekijöissä kehityksen suhteen. Teollisuuden sovellukset ovat yleisesti kuluttajasovelluksia raskaampia, ja hankittujen laitteiden elinkaaren odotetaan olevan pitkä. Näistä syistä teollisuuden siirtyminen teollisen internetin käyttöön on selvästi hitaampi, ja toisaalta kynnys tämän kehitysaskeleen ottamiseen on suurempi. Tämä kehitys teollisuudessa on kuitenkin aloittanut seuraavan eli neljännen teollisen vallankumouksen (Collin & Saarelainen 2016, I-osa, 2. luku).

Vaikka teollisen internetin mahdollistavia sovelluksia ei ole vielä laajasti otettu maailmalla käyttöön, on kehitystä niiden osa-alueella tehty valtavasti. Annunziatan ja Evansin (2012) mukaan teollisen internetin mahdollistavat yksittäiset tekijät ovat kehittyneet jo pitkään kohti teollisuuden murrosta. Lähivuosina nämä tekijät ovat valmiita laajempaan käyttöön teollisuuden eri osa-alueilla. Heidän raporttinsa mukaan teollisen internetin laajempaa käyttöönottoa tukevat erityisesti kolme tekijää, jotka ovat laitteiden ja teknologian hinnan lasku, tietokoneiden laskentatehon parantuminen sekä suuria datamääriä käsittelevien ohjelmistojen kehittyminen. Nämä kaikki kolme osa-aluetta ovat viimeisten vuosikymmenien aikana kehittyneet niin paljon, että ne mahdollistavat teollisuuden digitalisaation nopean kehittymisen ja siten seuraavan teollisen vallankumouksen. (Annunziata & Evans 2012)

2.2 Teknologiapino

Teollisen internetin käsitteen ymmärtämisen lisäksi on tärkeää ymmärtää se teknologinen infrastruktuuri, jonka teollinen internet sovelluskohteiltaan vaatii. Perusteiltaan vaadittava teknologia on aina sama, joskin pieniä eroavuuksia saattaa erilaisten toimialojen välillä olla. Tunnetuimman version teollisen internetin vaatimasta infrastruktuurista, niin kutsutun teknologiapinon esittelivät Porter ja Heppelmann (2014) artikkelissaan teollisesta internetistä. Aiheesta löytyy paljon kirjallisuutta, ja pääosin asia on esitetty samalla tavalla lähteestä riippumatta. Teknologisen infrastruktuurin käsittelyssä käytetään tätä kyseistä viitekehystä, jonka suomenkieliset termit noudattavat tässä työssä kirjan *Teollinen internet* suomennoksia (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 16. luku). Näiden lähteiden pohjalta teollisen internetin vaatima teknologinen infrastruktuuri on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: *Teknologiapino. (Muokattu lähteestä Porter & Heppelmann 2014; Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 16. luku)*

Collinin & Saarelaisen (2016) mukaan teknologiapino kuvaa teollisen internetin vaatimaa teknologista infrastruktuuria. Yllä olevassa kuvassa teknologiapinoon on yhdistetty myös muita kyseiseen sovellukseen liittyviä tekijöitä. Oleellista kuvassa on se, että tekniset ratkaisut etenevät alhaalta ylöspäin yksittäisistä mittalaitteista kohti teollisen internetin mahdollistavia digitaalisia palveluita. Pinossa ylöspäin edetessä tuotannon ja tuotteiden asiakasarvo kasvaa. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 8. luku) Lisäksi oleellinen asia teollisen internetin todellisen hyödyn saamiseksi on teknologiapinon kaikkien osien kyky ottaa vastaan myös ulkopuolista, kolmannen osapuolen tuottamaa tietoa. Toinen tärkeä tekijä on kaikkien osien yhdistettävyys kolmansien osapuolien ohjelmistoihin sekä laitteisiin. Nämä ominaisuudet tekevät järjestelmästä joustavan, jolloin kaikki teollisen internetin tarjoamat hyödyt saadaan yrityksen käyttöön. (Lade et al. 2017) Samalla tietokanavien avoimuus ja laitteiden yhdistettävyys lisää tietoturvariskejä. Tietoturva yhdistää teknologiapinon jokaista osaa ja se on teollista internetiä hyödyntävissä järjestelmissä ensiarvoisen tärkeää. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 8. luku)

Kuvassa esitetyt teknologiapinon osat voidaan jakaa kolmeen kerrokseen. Alimpana näistä kerroksista ovat fyysiset koneet ja laitteet, joiden toimintaa seurataan fyysisillä sensoreilla. Sensoreiden apuna voi olla seurattavasta koneesta riippuen erilaisia prosessoreita sekä ohjaimia, jotka säätelevät sensorin toimintaa koneen tai laitteen osana.

(Wortmann & Flüchter 2015) Sensoreiden tehtävänä on seurata laitteen toimintaa ja kerätä siitä haluttua dataa. Todellisuudessa tämä teknologiapinon alin kerros pitää sisällään kaikki erilaiset anturit, mittarit, toimilaitteet ja koneet, jotka yhdessä muodostavat perustan koko teollisen internetin hyödyntämiselle (Lee, J. et al. 2015).

Kolmesta Wortmannin ja Flüchterin (2015) mainitsemasta teknologiapinon kerroksesta seuraava pitää sisällään tietoliikenteen sekä tietovarastot. Nämä teknologiset osa-alueet huolehtivat siitä, että sensoreiden keräämä data ei jää ainoastaan sensoreiden tarkasteleman laitteen tietoon, vaan siirtyy laitteelta eteenpäin verkkoon. (Wortmann & Flüchter 2015) Tietoliikenteen toteuttamiseen on tarjolla monia eri tapoja riippuen käyttökohteesta, mutta niiden kaikkien tavoitteena on toimia kerätylle datalle väylänä kohti tietovarastoa. Dataa voidaan siirtää niin langallisesti kuin langattomasti, sekä kymmenien eri protokollien mukaisesti. (Kiani et al. 2019) Tämän tiedonsiirron toteuttaminen on kriittinen osa teollisen internetin hyödyntämistä etenkin silloin, kun yritys suunnittelee mahdollisia tulevaisuuden sovelluksia. Tästä syystä tietoliikenneväylät tulisikin pyrkiä rakentamaan mahdollisimman muunneltaviksi ja helposti päivitettäviksi. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 10. luku)

Teollisen internetin sovelluksissa dataa kerätään monesta eri lähteestä. Dataa varten rakennettu tietovarasto tulee tästä syystä olla keskitetty. Tietovaraston täytyy pystyä ottamaan dataa vastaan monesta eri lähteestä ja monessa erilaisessa formaatissa. (Lee, J. et al. 2015) Tietovarasto voidaan rakentaa joko *SQL (structured query language)* tai *NoSQL (not only structured query language)* tietokannaksi. Lyhyesti kuvattuna SQL-tietokanta on perinteinen, ennalta määritelty tietokantarakenne, jossa data tallennetaan taulujen riveille ja sarakkeille. NoSQL-tietokannat ovat uudempia, rakenteeltaan määrittelemättömiä tietokantoja, joihin datan tallentaminen erilaisissa formaateissa on helppoa ja nopeaa. Teollisen internetin näkökulmasta NoSQL-tietokannat ovat hyödyllisiä erityisesti silloin, kun datamäärät kasvavat todella suuriksi, ja dataa kerätään monilta erityyppisiltä sensoreilta ja mittareilta (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 11. luku). Tietokannan tyypistä riippumatta tallennettua dataa täytyy voida jakaa eteenpäin tehokkaasti niin oman yrityksen sisällä, kuin myös tuotantoketjun muiden osien välillä. (Strandhagen et al. 2017)

Kolmanteen ja ylimpään kerrokseen teknologiapinossa kuuluvat analytiikka, sovellus sekä digitaalinen palvelu (Wortmann & Flüchter 2015). Tietovarastossa kerätty data on vielä täysin raakana sensoreilta saatuna mittausdatana. Yrityksen toiminnan kannalta oleellisen tiedon esiin saamiseksi vaaditaan jokin analytiikkajärjestelmä. Analytiikkajärjestelmän tarkoituksena on käydä dataa läpi ja muodostaa siitä kuvaajia ja tuloksia. Niiden tarkoituksena on toimia apuvälineenä yrityksen tehdessä erilaisia päätöksiä omaan

toimintaan ja tuotantoonsa liittyen. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 12. luku) Datan analysoinnin toteuttamiseen on olemassa paljon erilaisia tapoja, mutta niitä ei käsitellä tässä kandidaatintyössä.

Seuraava osa teollisen internetin vaatimassa teknologisessa infrastruktuurissa on sovellus. Se on samalla ensimmäinen osa, joka näyttäytyy käyttäjille. (Wortmann & Flüchter 2015) Sovelluksena voidaan pitää mitä tahansa käytännön sovellusta, joka hyödyntää sensoreilta saatua analysoitua dataa. Tavallisesti tämä sovellus näyttäytyy yrityksen tarpeisiin räätälöitynä mobiili- tai verkkosovelluksena, jossa analysoitu data esitetään työntekijän tai muun käyttäjän ymmärtämällä tavalla. Sovellus on siis infrastruktuurin se vaihe, jossa varsinainen kommunikointi koneiden ja ihmisten välillä tapahtuu. Sovelluksen kautta tutkittavista järjestelmistä saadaan helposti tulkittavaa, usein visuaaliseen muotoon asetettua tietoa, minkä lisäksi käyttäjä voi syöttää järjestelmälle uutta tietoa tai muokata sitä. Oleellisinta sovelluksessa on sen helppo muokattavuus sen mukaan, kuka organisaatiosta sovellusta milloinkin käyttää. Sovellusta on usein mahdollista muokata myös sen mukaan, millaista tietoa tutkittavasta järjestelmästä on saatavilla. (Gupta & Quamara 2018) Sovellus siis mahdollistaa tiedon jakamisen eri toimijoiden välillä siten, että tuotanto on mahdollisimman avointa kaikille tuotantoketjun jäsenille.

Sovelluksen yläpuolelle teknologiapinossa asettuu digitaalinen palvelu. Se on pinon ylin osa ja tarkoittaa teollisen internetin lopullista yhdistämistä yrityksen liiketoimintaan ja strategiaan. Tällä tasolla teollisen internetin hyödyntämisellä maksimoidaan oman tuotannon asiakasarvo esimerkiksi oman tuotannon tehostamisella, asiakkaalle tarjottavalla palvelulla tai muulla teollisen internetin sovelluksella. Olennainen osa tätä ylintä tasoa on yrityksen tuloksen parantaminen hyödyntämällä teollista internetiä. (Collin & Saarelainen, 2016, III-osa, 14. luku) Työn luku 3 käsittelee tarkemmin teollisen internetin yritykselle tarjoamia etuja sekä haasteita.

2.3 Kyberfyysiset järjestelmät ja teollisuus 4.0

Teollisen internetin vaatima teknologinen infrastruktuuri luo uudenlaisia laitekokonaisuuksia. Näissä kokonaisuuksissa fyysiset ja virtuaaliset järjestelmät kommunikoivat saumattomasti keskenään ja osaavat muuttaa toimintaansa kerätyn datan avulla. Kyseisiä kokonaisuuksia kutsutaan nimellä kyberfyysiset järjestelmät. Ne luovat perustan teollisuuden seuraaville kehitysaskeleille, jossa tietokonepohjaiset toiminnot integroituvat yhä syvemmälle perinteisiin teollisuuden teknologioihin. (Monostori et al. 2016) Termien keskinäinen suhde on helpoin kuvata niin, että teollinen internet on tärkein teknologia, joka mahdollistaa kyberfyysiset järjestelmät (Lee, C. et al. 2017).

Monostorin et al. (2016) mukaan kyberfyysinen järjestelmä -termin ohelle on kehittynyt myös tarkemmin valmistavaan teollisuuteen suunnattu termi, *kyberfyysinen tuotantojärjestelmä* (*cyber-physical production system, CPPS*), joka pitää sisällään kyberfyysisen järjestelmän piirteet, erityisesti tuotantojärjestelmiin liitettynä. CPS ja CPPS yhdessä tarjoavat pohjan kehitykselle, joka tuottaa entistä itsenäisempiä laitteita kaikille teollisuuden aloille. Tämä järjestelmien kehitys johtaa liiketoimintamallien muuttumiseen, jonka nähdään toteuttavan neljännen teollisen vallankumouksen. Tästä vallankumouksesta käytetään yleisesti termiä Teollisuus 4.0. (Monostori et al. 2016)

Terminä teollisuus 4.0 tuli laajemmin tunnetuksi vuonna 2011 Saksan hallituksen määritellessä sen yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista maan teknologian ja teollisuuden kehittämisessä (Lee, C. et al. 2017). Se viittaa nimensä mukaisesti neljänteen teolliseen vallankumoukseen, jonka uskotaan tapahtuvan kyberfyysisten järjestelmien tuoman kehityksen myötä. Tässä vallankumouksessa ei ole kyse ainoastaan tuotantolaitteiden kytkeytymisestä verkkoon ja automaattisten toimintojen lisääntymisestä, vaan sen uskotaan tuovan mukanaan kokonaisvaltaisen toimintakentän uudistumisen, missä uudet liiketoimintamallit luovat täysin uudenlaisia mahdollisuuksia yrityksille tuottaa toiminnallaan arvoa. (Monostori et al. 2016)

Monostorin et al. (2016) mukaan teollisuus 4.0 tuo mukanaan entistä yksilöidympiä palveluita sekä tuotteita ja tämä nähdäänkin sen yhtenä suurimmista edistysaskeleista. Älykkäät ja itsenäisesti kommunikoivat tuotantojärjestelmät mahdollistavat tuotteen räätälöinnin asiakkaan tarpeiden mukaiseksi samoilla kustannuksilla kuin massatuotannossa on totuttu. Tämä mullistaa tuotantoketjun jokaisen vaiheen toimintaa täysin uudella tavalla. Tuotannon eri vaiheiden tulee olla entistä mukautuvampia, nopeampia ja tuottaa asiakasarvoa tuotteeseen entistä tehokkaammin. Toisaalta toimijat, joiden tuotantojärjestelmät eivät toimi osana teollisen internetin tarjoamaa verkkoa, putoavat nopeasti pois kilpailusta. (Monostori et al. 2016)

Teollinen internet, kyberfyysiset järjestelmät sekä teollisuus 4.0 ovat valtavia kokonaisuuksia, jotka määrittelevät suurelta osin tulevaisuuden teollisuutta ja sen kehitystä. Ne pitävät sisällään paljon teknologisia ratkaisuja sekä muokkaavat laajasti yritysten toimintaperiaatteita. Seuraavassa luvussa käsitelläänkin laajemmin näiden termien ja niiden sisältämien teknologioiden vaikutuksia valmistavan teollisuuden yrityksiin sekä tutkitaan niiden tarjoamia käytännön sovelluksia tuotannon toimintaan.

3. TEOLLISEN INTERNETIN VAIKUTUS YRITYKSEN TOIMINTAAN

Tässä luvussa teollista internetiä tutkitaan yrityksen toiminnan näkökulmasta. Tuotantojärjestelmien tekniset toteutukset ja teknologiat niiden takana eivät ole tässä luvussa oleellisia, vaan tarkastelussa on nimenomaan tekniikan tarjoamat sovellukset ja niiden hyödyntäminen. Aihetta käsitellään aluksi tuotannon tasolla, tuotannonsuunnittelijan näkökulmasta, sekä lopuksi yrityksen kokonaistoiminnan näkökulmasta. Yrityksen kokonaistoimintaa tarkasteltaessa teollisen internetin suhdetta tuotannonohjaukseen pyritään tarkastelemaan Lean-ajattelun sekä uutta arvoa tuottavien liiketoimintamallien näkökulmasta.

3.1 Teollinen internet työntekijän näkökulmasta

Tuotannon työntekijän silmin teollinen internet tarjoaa helpotusta jokapäiväisiin työtehtäviin. Se helpottaa tehtaan sisäisen informaation liikkumista ja tekee tuotannon seuraamisesta tarkempaa. Samalla työntekijöiden ja koneiden välinen kommunikaatio helpottuu. Osa työntekijöille näkyvistä teollisen internetin sovelluksista olisivat toteutettavissa myös ilman verkkopohjaista tiedonsiirtoa, sillä usein työntekijä havainnoi ainoastaan yhden tuotantolinjan tai korkeintaan tuotantolaitoksen sisäistä toimintaa. Luvussa esitetyt sovellukset ovat kuitenkin osa suurempaa kokonaisuutta ja voidaan näin nähdä teollisen internetin tarjoamina hyötyinä.

3.1.1 Kone-työntekijä -kommunikaatio

Automaatio on kehittynyt ja lisääntynyt valmistavan teollisuuden tuotannossa viimeisten vuosikymmenten aikana paljon. Erilaisten robottisolujen ja automaattisten materiaalikuljettimien yleistyminen on kehittänyt tuotantoa ja muuttanut ihmisten työnkuvaa. Tehdastyöntekijän näkökulmasta nykyaikaisessa tehtaassa työtehtävät liittyvät pitkälti koneiden käyttämiseen sekä informaation ja materiaalin siirtämiseen. Varsinainen tuotteiden valmistus on siirtynyt työstökoneille ja roboteille, mutta informaatio niille ja niiltä eteenpäin täytyy siirtää manuaalisesti. (Järvenpää & Lanz 2014)

Tuotannon työntekijän näkökulmasta teollinen internet ja sen sovellukset tarjoavat ratkaisun erityisesti informaation siirtämiseen. Kun laitteet ja järjestelmät osaavat hallita ja siirtää dataa entistä enemmän autonomisesti, voidaan robottien ohjaamiseen käytettäviä käyttöliittymiä yksinkertaistaa. Robottien manuaalinen ohjelmointi tuotannossa helpottuu, ja työntekijät voivat kommunikoida koneiden kanssa entistä helpommin. (Kiran 2019,

pp. 492) Ihmisten ja koneiden kommunikoinnin helpottuminen tarkoittaa siis koneiden nopeampaa ohjelmointia. Tuotannossa ajan säästäminen yhdessä työvaiheessa tarkoittaa lisää resursseja muihin työvaiheisiin. Koneiden ohjelmoinnissa säästetty aika voidaan siis käyttää muuhun, arvoa tuottavaan toimintaa.

Kiran (2019, pp. 492) listaa kirjassaan teollisen internetin avaavan myös mahdollisuuden erilaisten tuotantojärjestelmien etähallintaan. Työntekijätasolla tämä tarkoittaa sitä, ettei tehtaan jokaisella koneella tarvitse käydä suorittamassa samoja toimintoja vuorotellen, vaan koneiden ohjaus tapahtuu yhdeltä päätelaitteelta. Tämän kaltainen etähallinta vaatii informaation siirtymistä niin tuotantojärjestelmistä (koneet, laitteet, tuotantolinjat) päätteelle, kuin myös toiseen suuntaan. Informaation liikkuminen saumattomasti ja reaaliaikaisesti vaatii toimiakseen teollisen internetin teknologioita. Tulevaisuudessa tämä voisi johtaa jopa siihen, että yksittäiseltä päätteeltä voidaan ohjata kokonaisia tuotantolaitoksia (Kiran 2019, pp. 492). Tässä tapauksessa ohjaus ei kuitenkaan tapahdu enää yksittäisen tuotannon työntekijän tasolla.

3.1.2 Tuotannon kirjaukset

Laitteiden kanssa kommunikoinnin lisäksi merkittävä ongelma valmistavan teollisuuden tuotannossa Järvenpään ja Lanzin (2014) tekemän selvityksen mukaan ovat työ- ja materiaalikuittaukset. Raportissaan suomalaisen konepajateollisuuden tuotannonohjauksesta he kertovat kuittausten tekemisen olevan monessa yrityksessä huolimatonta sekä liian rutiininomaista. Näin kuittaukset eivät aina kerro tuotannon ja materiaalien todellista tilaa. Merkittävimmäksi syyksi raportissa kuvataan käytössä olevien järjestelmien sopimattomuus tehtävään. Useissa yrityksissä tuotannossa kirjaukset tehdään *ERP-järjestelmään (Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä)*, joka on todellisuudessa yrityksen taloushallintajärjestelmä. Tästä syystä kirjausten tekeminen on usein monimutkaista ja nähdään tuotannossa vastenmielisenä tehtävänä. (Järvenpää & Lanz 2014)

MES-järjestelmät (*Manufacturing execution system, tuotannonohjausjärjestelmä*) ovat erityisesti tuotannonohjaukseen ja sen toimintojen seuraamiseen kehitettyjä järjestelmiä. Niiden toiminnot asettuvat yrityksen tuotannon tarpeisiin, ja ne on suunniteltu täyttämään toimintoja tuotannon saamista tilauksista valmiiden tuotteiden lähetykseen. (Saenz de Ugarte et al. 2009) MES-järjestelmissä on erityisesti tuotannon tarpeisiin kehitetyt käyttöjärjestelmät, joista ylimääräiset ja tuotannon kannalta epäolennaiset toiminnot on karsittu pois. Niiden avulla tuotannossa voidaan tehdä helppoja kirjauksia, tarkkaa aikatauluttamista ja siirtää informaatiota tilauksista ja tuotannon tilasta työntekijältä toiselle. Samalla MES-järjestelmät toimivat informaatiokanavana tuotannon tilasta koko yrityksen

läpi. (Saenz de Ugarte et al. 2009) MES-Järjestelmät ovat täten yksi tärkeimmistä ja tehokkaimmista tietojärjestelmätyypeistä valmistavassa teollisuudessa.

Siinä missä tuotannon manuaaliset kirjaukset voitaisiin tehdä huomattavasti entistä helpommiksi käyttämällä tuotannon käyttöön tarkoitettuja MES-järjestelmiä (Järvenpää & Lanz 2014), voisi teollinen internet tarjota ongelmaan muita ratkaisuja. Luvun 2 mukaisilla tiedonsiirtoväylillä monien jo käytössä olevien tuotannon laitteiden keräämä data valmistettujen kappaleiden määrästä sekä materiaalien käytöstä saadaan siirrettyä automaattisesti MES-järjestelmiin sekä siitä eteenpäin yrityksen muihin toiminnanohjausjärjestelmiin. Kun työvaiheiden tiedot siirtyvät tietojärjestelmiin automaattisesti, data tuotannon vaiheista, läpimenoajoista sekä laatuvirheistä pysyy reaaliaikaisena, luotettavana sekä tarkkana. (Zhang et al. 2019) Automaattisen tiedonkulun ohelle tuotannon laitteissa tulee olla myös mahdollisuus tiedon manuaaliseen muuttamiseen tai kirjaamiseen. Nämä manuaaliset kirjaukset tulee kuitenkin toteuttaa yksinkertaisilla käyttöliittymillä, joiden hallinta tapahtuu kyseisellä työpisteellä. Tämä helpottaa poikkeamien kirjaamista juuri silloin ja siinä paikassa, missä työntekijät niitä havaitsevat, eikä kirjaamista siten siirretä eteenpäin. (Järvenpää & Lanz 2014)

Sen lisäksi, että teollinen internet mahdollistaa informaation tehokkaan ja tarkan liikkumisen tuotannosta tietojärjestelmiin, se tarjoaa myös väylän datan siirtymiselle toiseen suuntaan. Tämä tarkoittaa tuotannonohjausta ja siihen liittyvää informaation siirtämistä tuotannonsuunnittelijalta työntekijöille. Älykkään analytiikan ja tuotannosta kerätyn datan avulla työntekijöille voidaan tarjota käyttöön esimerkiksi sähköinen työjono, joka osaa optimoida työtilausten järjestyksen siten, että tuotanto on jatkuvasti tehokkain mahdollinen. Työntekijätasolla tämä vähentää tulostettujen papereiden tarvetta ja parhaimmillaan vähentää koneiden uudelleenohjelmointia. Tuotannonohjauksesta on kerrottu tarkemmin seuraavassa luvussa.

3.2 Tuotannonsuunnittelijan näkökulma

Työntekijätason jälkeen seuraava tutkittava taso yrityksen toiminnassa on tuotannonohjaus ja keskijohdon toimihenkilöt. Tällä tasolla teollisen internetin sovellukset hyödyttävät työtä merkittävästi, eivätkä useimmat sovellukset ole enää korvattavissa muilla teknologioilla. Tuotannonsuunnittelijan näkökulma ottaa huomioon laajasti kokonaisen tuotantolaitoksen toiminnot aina materiaalitilauksista valmiin tuotteen lähetykseen.

3.2.1 Ohjelmistot tuotannonsuunnittelussa

Kuten jo luvussa 3.1.2 todettiin, käytetään tuotannonohjaukseen usein ERP-järjestelmiä, jotka eivät ole alun perin tarkoitettu kyseiseen toimintaan. Useat ERP-järjestelmät ovat

yritysten taloushallintoon luotuja tietojärjestelmiä, joista puuttuu osa tuotannolle oleellisista toiminnallisuuksista. Lisäksi ERP-järjestelmien monipuolisuus tekee niistä tuotannon käyttöön monimutkaisia ja osittain jopa haastavia käyttää. (Järvenpää & Lanz 2014) Tästä syystä teollisen internetin hyödyntämiseksi on ensin tärkeää tuntea varsinaiset tuotantoon kehitetyt tietojärjestelmät, kuten MES- ja APS-järjestelmät (Advanced Planning & Scheduling, tuotannonsuunnittelujärjestelmä), sekä näiden erilaiset yhdistelmät (Järvenpää & Lanz 2014).

Aiemmin kuvattujen MES-järjestelmien ohella toinen järjestelmäkategoria, APS-järjestelmät, ovat viimeisten vuosikymmenten aikana kehittyneet osaksi toimivaa tuotannonohjausta (Lupeikiene et al. 2014). APS-järjestelmistä on edelleen lähteestä riippuen olemassa erilaisia määritelmiä. Tässä työssä käsitettä käytetään Lupeikinen et al. (2014) mukaisesti kuvaamaan ERP- ja MES-järjestelmien tukena toimivaa simulointiohjelmistoa, jolla tuotannon suunnittelua ja aikataulutusta voidaan suorittaa tarkasti ja reaaliaikaista dataa hyväksi käyttäen. APS-järjestelmien avulla tuotannon aikataulutusta voidaan suunnitella laitekohtaisesti ottaen huomioon erilaiset laitehuollot ja muut tuotannon poikkeukset. Tämän kaltainen APS-järjestelmien avulla tuotannon aikataulutus on huomattavasti tarkempaa kuin ERP-järjestelmillä tehty suuren mittakaavan tuotannonsuunnittelu. ERP-, MES-, ja APS-järjestelmät tarjoavat tuotantoon kukin erilaisen hyödyn, ja tukevat siksi tosiaan merkittävästi. (Lupeikiene et al. 2014)

Edellä kuvatut tietojärjestelmät, erityisesti APS-järjestelmät ovat pääosin yritysten tuotannonsuunnittelijoiden, tuotantopäälliköiden ja muun keskijohdon päivittäisiä työkaluja. Niiden avulla tuotannon kapasiteetti pyritään optimoimaan ja työkuorma jakamaan tuotantolaitokseen parhaalla mahdollisella tavalla. Samalla ne toimivat informaatiokanavina sekä tuotannon lattiatasoon työntekijöille, kuin myös yrityksen ylempään johtoon. Ne ovat jo sellaisinaan tehokkaita työkaluja, mutta teollisen internetin sovellusten avulla niiden kapasiteettia voidaan nostaa vielä merkittävästi. (Frank et al. 2019) Teollinen internet tuo tuotannonohjausjärjestelmien toimintaan lisäarvoa tietojärjestelmien ja laitteiden yhdistettävyydellä. Kun toimiviin tietojärjestelmiin lisätään luvussa 2 kuvatut teollisen internetin teknologiat aina sensoreista sovelluksiin, saadaan aikaan koneiden, datan ja virtuaalisten ympäristöjen verkko, jossa informaatio kulkee reaaliaikaisesti (Lee, C. et. al. 2017). Reaaliaikainen informaationkulku mahdollistaa tuotannon seuraamisen tarkasti ja auttaa päätösten teossa tuotantoa koskien.

3.2.2 Tuotannon hienokuormitus ja huoltojen suunnittelu

Teollisen internetin tarjoama datan liikkuminen ja reaaliaikainen hyödyntäminen ovat valtavia edistysaskelia tuotannonohjauksen näkökulmasta. Samalla kun teknologia tarjoaa

tietoa tuotannosta ja sen sujuvuudesta, se antaa myös oleellista dataa laitteiden ja koneiden toiminnasta. (Lee, C. et al. 2017) Kun laitteilta luettava data on yhdistetty verkkopohjaisesti tuotannonohjauksen ohjelmistoihin, sama data saadaan niin tuotannonsuunnittelijan käyttöön kuin myös laitteen valmistajan ja laitteen huollosta vastaavan tahon käyttöön (Gorbach & Polsonetti 2015). Tämä tarkoittaa, että laitteen tilaa voidaan tarkkailla jatkuvasti. Laitteen jatkuva tarkkailu taas mahdollistaa huoltojen optimoinnin (Monostori et al. 2016). Teollinen internet siis mahdollistaa tuotantolaitoksen kaikkien laitteiden jatkuvan seuraamisen siten, että ne saadaan huollettua tehokkaasti haittaamatta merkittävästi tuotantoa.

Oleellisena osana laitteiden huoltojen suunnittelua on niiden tilan jatkuva seuranta. Collin & Saarelainen (2016, II-osa, 5. luku) kuvaavat kirjassaan tätä laitteiden kunnon etäseurantaa teollisen internetin yhdeksi suurimmista mahdollisuuksista. Koneiden tarkka sensorointi antaa niille määriteltyjen huolto-ohjelmien ohella tärkeää dataa koneiden kunnosta, ja voivat tuoda esiin odottamattomia poikkeamia. Tämän seurannan avulla koneille voidaan suorittaa ennakoivia huoltotoimia muutoinkin, kun erikseen koneen huolto-ohjelman vaatimina ajankohtina. Tuotannonsuunnittelijalle koneiden ennakoiva huolto näkyy ennen kaikkea tuotannon helpompana suunnitteluna, kun todennäköisyys yllättäville laiterikoille ja mahdollisesti pitkille huoltokatkoille minimoidaan. Lopulta tämä riskien pienentäminen ja suunnittelun helpottuminen näkyy koko tuotannon tehokkuutena. Kun koneet toimivat odotetusti ja mahdolliset vikaantumiset havaitaan heti ensimmäisten merkkien ilmaantuessa, pysyy tuotanto jatkuvasti suunnitellulla tasolla, ja sen kapasiteetti saadaan käytettyä kokonaisuudessaan. (Collin & Saarelainen 2016, II-osa, 5. luku)

Kun laitteiden tilasta ja niiden tuotantokapasiteetista saadaan tarkkaa ja reaaliaikaista dataa, voidaan tuotannonsuunnittelussa toteuttaa myös tehokasta tuotannon hienokuormituksen suunnittelua. Lupeikienen et al. (2014) mukaan tuotannon hienokuormitus on erityisesti APS-järjestelmien avulla suoritettua tuotannon tarkkaa suunnittelua. Siinä suunnitteluaste viedään yksittäisen koneen tai työntekijän toimintojen suunnittelemiseen aina työvuorotasolla saakka. Ennen kunnollisia ohjelmistoja tämän kaltainen hienokuormituksen suunnittelu olisi vaatinut tuotannonsuunnittelijalta valtavaa työmäärää, mutta APS-järjestelmien avulla työ on helpottunut merkittävästi. Kun tietojärjestelmään lisätään teollisen internetin tarjoama reaaliaikainen data sekä kehittynyt analytiikka, jää tuotannonsuunnittelijalle tehtäväksi ainoastaan päätöksenteko suurimmissa kysymyksissä. Parhaassa tapauksessa analytiikka osaa optimoida yksittäisen koneen, tuotantolinjan sekä kokonaisen tuotantolaitoksen kapasiteetin siten, että se kykenee tekemään hienokuormituksen suunnittelun täysin autonomisesti. (Lupeikiene et al. 2014)

3.2.3 Materiaalinhallinta

Erittäin tärkeä osa-alue valmistavan teollisuuden yrityksen toimintaa on materiaalienhallinta. Valmistettavien tuotteiden raaka-aineiden, osien tai komponenttien saatavuus ja varastotilanne ovat tuotannonsuunnittelijan kannalta ensiarvoisen tärkeitä tietoja, sillä tuotannossa voidaan valmistaa vain tuotteita, joihin vaadittavat resurssit ovat saatavilla. Useasti tähänkin tehtävään käytetään yrityksissä ERP-ohjelmistoja, jolloin varsinainen tuotesaldojen seuraaminen jää tuotannonsuunnittelijan, eli ihmisen vastuulle (Järvenpää & Lanz 2014). Kuten jo aiemmin mainituissa työvaihekuittauksissa, myös materiaalikuittauksissa ongelmana ovat monimutkaiset, työhön sopimattomat käyttöliittymät ja niiden mukanaan tuoma kirjaamisten toissijaisuus. Tämä aiheuttaa materiaalienseurantaan virheitä, jotka lopulta johtavat suunnittelun vaikeuteen keskijohdon ja tuotannonohjauksen näkökulmasta. (Järvenpää & Lanz 2014)

Teollinen internet tarjoaa myös materiaalinhallintaan apua. Kokonaisuudessaan aiemmissa luvuissa kuvatut teknologiat pyrkivät automaation lisääntymiseen ja datan liikkumiseen ilman, että työntekijän täytyy sitä manuaalisesti siirtää (Lee, J. et al. 2015). Kun ihmisen osuus datan siirtämisessä eteenpäin vähenee, ja tarvittavat poikkeamat on helppo kirjata tietojärjestelmiin jo työpisteillä, on niihin kerääntynyt data materiaalien tilanteesta tarkempaa ja reaaliaikaisempaa. Tällöin talteen saadaan myös dataa valmistuksessa olevista, keskeneräisen tuotannon materiaaleista. Tämä helpottaa työskentelyä etenkin silloin, kun samaa suunnittelutyötä tekee useampi henkilö. Tietojärjestelmissä data on kaikkien saatavilla reaaliaikaisena, eikä tiedonkulku ole työntekijöiden suullisen kommunikoinnin varassa.

Teollisen internetin tarjoaman analytiikan avulla materiaalinhallintaa voidaan myös automatisoida. Tietojärjestelmien on mahdollista seurata tehtaan tuotannon toimintaa ja optimoida materiaalitilaukset tuotannon toiminnasta ja suunnittelusta kerättävän datan mukaisesti (Oluyisola et al. 2020). Tuotantoa ohjaava tietojärjestelmä tarkkailee kaikkea tehtaasta kerättävää dataa sekä saatuihin työtilauksiin vaadittavia materiaaleja. Siten se voi tarjota lyhyen aikavälin (esimerkiksi viikoittaisia) suunnitelmia materiaalitilauksista. Nämä tilausehdotukset voivat käydä vielä tuotannonsuunnittelijan hyväksynnässä, mutta pääasiassa materiaalinhallinta toimii tällaisessa tietojärjestelmässä jo automaattisesti. Toisaalta järjestelmä seuraa myös saapuvien materiaalien tilannetta ja osaa täten antaa dataa tehokkaimman työjärjestyksen saavuttamiseksi. Tällöin tuotannossa on valmistuksessa aina sellainen tuote, jonka materiaalit tuotantolaitoksesta löytyy. (Oluyisola et al. 2020)

Tämän kaltainen automaattinen materiaalinhallinta vaatii liikuteltavilta tuotteilta ja komponenteilta jonkinlaisen tunnisteen. Tunnisteen avulla automaattiset teknologiat kuten

konenäkö tai erilaiset valoon perustuvat tunnistemenetelmät voivat seurata tuotteiden kulkua. Tunnisteita pidetään neljännen teollisen vallankumouksen sekä uusien automatisoitujen tuotantolaitosten mahdollistajana. Niiden avulla päästään lopulta eroon työntekijöiden manuaalisesta sarjanumeroiden ja tuotetunnisteiden kirjaamisesta samalla vähentäen kirjausvirheiden mahdollisuuksia. (Strandhagen et al. 2017)

3.3 Teollinen internet yrityksen strategian näkökulmasta

Kolmas ja viimeinen tässä työssä tarkasteltava yrityksen taso on yrityksen ylin johto ja sen toteuttama toimintastrategia. Tällä tasolla teollisen internetin avulla voidaan ohjata yrityksen tuotannon suuria linjoja ja kehittää jopa uusia liiketoimintamalleja vanhojen rinnalle sekä tilalle. Yrityksen johdolle teollinen internet tarjoaa mahdollisuuksia samoilla, jo luvussa 2 esitellyillä teknologisilla ratkaisuilla. Ylimmän johdon tarpeisiin datasta ja analytiikasta kuitenkin valikoidaan eri tekijät kuin työntekijöille tai yrityksen keskijohdolle. Luvun aiheet on jaettu kolmeen kokonaisuuteen ETLAn tekemän raportin perusteella. Nämä kokonaisuudet ovat oman liiketoiminnan tehostaminen, uuden liiketoiminnan kehittämien sekä tuotteen arvon kasvattaminen (Juhanko et al. 2015).

3.3.1 Liiketoiminnan tehostamien

Ensimmäinen ja useissa tapaukissa myös ilmeisin tapa hyödyntää teollista internetiä yrityksen toiminnassa on oman, jo olemassa olevan tuotannon tehostaminen (Juhanko et al. 2015). Se pitää sisällään kaikki luvuissa 3.1 ja 3.2 esitellyt tuotannon sovellukset, joiden avulla tuotannon kapasiteettia voidaan hyödyntää maksimaalisella tavalla. Tavoitteet noudattelevat hyvin pitkälti tuotannonohjauksessa paljon käytettyä ja laajasti tunnettua LEAN-ajattelua, jossa kaikki arvoa tuottamaton toiminta pyritään tuotantoketjussa minimoimaan (Iranmanesh et al. 2019). Teollisen internetin avulla tuotannosta siis luodaan jatkuvasti joustavampaa, nopeampaa ja toimivampaa, ja näin pysytään kiinni oman toimialan kilpailussa (Gates 2014).

Oman toiminnan tehostaminen näkyy käytännössä monella tavalla. Yrityksen on tärkeää pyrkiä optimoimaan sen jo omistamien resurssien kuten koneiden, laitteiden ja käytössä olevan tilan käyttö (Juhanko et al. 2015). Samalla yrityksen on pyrittävä käyttämään työntekijäresurssinsa parhaalla mahdollisella tavalla. Työntekijöiden tehokkuudessa esiin nousevat erityisesti informaation tehokas liikkuminen siten, ettei kahden henkilön tekemissä töissä ole päällekkäisyyksiä. Oleellista on, että yrityksen arkipäiväisten toimintojen kokonaiskuva saavuttaa kaikki yrityksen työntekijät aina johdosta tehtaan työntekijöihin saakka. Tällöin kaikki toiminnot voidaan suorittaa parhaan mahdollisen saatavilla olevan tiedon puitteissa. (Järvenpää & Lanz 2014)

Olemassa olevan liiketoiminnan tehostaminen voidaan toteuttaa myös tuotekehityksen, sekä tuotteiden valmistamisen uudella suunnittelulla. Lyly-Yrjänäinen et al. (2016) kirjoittavat artikkelissaan uudenlaisesta tavasta valmistella tuotteen valmistukseen vaadittavat materiaalit ja tarvikkeet omaan renkailla kulkevaan asiakaskohtaiseen kärryyn, joka kulkee valmistettavan tuotteen mukana koko tuotannon läpi. Menetelmässä korostuu koko tuotteen suunnittelu siten, että sen liikkuminen tuotannon läpi on tehokasta. Samalla tuotteen mukana kulkee merkintä, jolla sen tiedot saadaan ylläpidettyä tietokonejärjestelmissä koko tuotantoprosessin ajan. (Lyly-Yrjänäinen et al. 2016) Edellä kuvattu esimerkki on vain yksi tapa toteuttaa yrityksen tuotteiden suunnittelua siten, että niitä voidaan valmista mahdollisimman tehokkaasti ja seurata teollisen internetin sovelluksilla. Vastaavia sovelluksia on varmasti teollisuuden yrityksillä jo paljon, ja teollisuuden murroksen myötä ne tulevat todennäköisesti tulevaisuudessa lisääntymään.

Yrityksen liiketoiminnan tehostamiseen liittyy vahvasti teollisen internetin mahdollistama koneiden ja laitteiden tarkka sensorointi. Kuten luvussa 3.2.2 kirjoitetaan, koneiden tilan tunteminen ja reaaliaikainen seuranta mahdollistaa niiden huoltojen suunnittelun tuotannolle optimaalisiin aikoihin. Kokonaisen yrityksen näkökulmasta tämä näkyy kulujen pienenemisenä. Vastaavia tuotantoon liittyviä kuluja ovat esimerkiksi koneiden energiankulutus sekä odottamattomat tuotannon muutokset. Suureen osaan tämän kaltaisia kuluja voidaan vaikuttaa teollisen internetin avulla. (Collin & Saarelainen 2016, II-osa, 7. luku) Yrityksen oman liiketoiminnan tehostamisella on myös positiivisia sivuvaikutuksia teollisuuteen. Beierin et al. mukaan (Beier et al. 2018) teollisen internetin käyttö teollisuusyrityksissä vaikuttaa positiivisesti kestävään kehitykseen. Tutkimuksen mukaan teollisen internetin sovellusten avulla yritykset voivat vähentää tuotantonsa jätettä, energiankulutusta sekä parantaa kaikin tavoin tietoisuutta omasta asemastaan kestävän kehityksen saralla. Myös tämä tutkimus siis vahvistaa teollisen internetin asemaa osana tulevaisuuden teollisuutta.

3.3.2 Uusi liiketoiminta

Oman toiminnan tehostaminen ja sen mukanaan tuoma kulujen minimointi ei ole tulevaisuuden kehityksen kannalta yritykselle kannattavin tapa hyödyntää teollista internetiä (Collin & Saarelainen 2016, II-osa, 7. luku). Liiketoiminnan uudistaminen ja kokonaan uusien liiketoimintamallien kehittäminen on ollut teollisuuden murroksessa laajasti näkyvillä. Useimmissa tapauksissa tällä viitataan perinteisten valmistavan teollisuuden yritysten siirtymiseen palvelukeskeiseen liiketoimintamalliin. Siinä yritys ei myy valmistamiaan tuotteita sellaisenaan loppukäyttäjälle, vaan tarjoaa laitteen käyttöön liittyvät palvelut osana kauppaa. Tämä tuote palveluna -liiketoiminta muodostaa nykyään osalla yrityk-

sistä jo suurimman osan koko liikevaihdosta. Liiketoiminnan muuttuminen palvelukeskeiseksi on mahdollista pitkälti teollisen internetin ja erilaisten digitaalisten sovellusten avulla. (Juhanko et al. 2015)

Uuden liiketoimintamallin periaatteena on se, että laitteen valmistaja myy asiakkaalleen laitteen käyttötunteja. Tällöin loppukäyttäjä välttyy suurelta kertainvestoinnilta, ja laitteen valmistaja saa tasaista ennustettavaa tuloa asiakkailtaan. Palveluliiketoiminnassa korostuvat laitteen mukana tarjottavat huoltopalvelut, käyttökoulutukset, digitaaliset käyttöalustat sekä uudenlaiset takuukäytännöt. Tämän kaltaisen liiketoiminnan edellytyksenä on toimiva digitaalinen käyttöliittymä, jonka avulla palvelua myyvä yritys voi seurata laitteistonsa tilaa ympäri maailmaa sekä parhaassa tapauksessa jopa ohjata laitteistoa etäyhteydellä. Digitaalisten kanavien kautta pidetään myös tiivistä yhteyttä asiakkaaseen sekä voidaan tarjota analytiikkaohjelmistoja omien laitteiden käytön tueksi. Tämä kaikki nojaa vahvasti teollisen internetin tarjoamaan verkon yli tapahtuvaan reaaliaikaisen datan keräämiseen sekä analysointiin. (Juhanko et al. 2015)

Kun laitteiston mukana myytävää palvelua viedään entistä pidemmälle, voidaan palveluna asiakkaalle myydä myös erilaisia suunnittelupalveluita, asennuspalveluja sekä simulointia. Kun data liikkuu yritysten välillä saumattomasti, voidaan kaikki tämä toteuttaa etäyhteyden avulla kaikille yrityksen asiakkaille. Lisäksi palvelun osana yritys voi myydä jopa alihankkijoille tarkoitettua tietojärjestelmäkokonaisuutta, jolla asiakasyritys voi liittää omat kumppaninsa osaksi omaa tuotantoverkkoaan. (Juhanko et al. 2015) Parhaimmillaan uusi palveluliiketoimintamalli tarjoaa siis suuria laitteiden ja järjestelmien kokonaisuuksia, joilla tuotannonohjaus toimii täysin verkkopohjaisesti ja digitaalisesti.

Kun tuotantoketjut ja koneet digitalisoituvat, lisääntyy niiden etäkäyttö merkittävästi. Uudet automaattiset koneet muodostavat lopulta suuria koneiden, jopa tehtaiden verkostoja, joita pyritään ohjaamaan yhdestä paikasta. Tuotannon sähköistyminen lisää parhaimmillaan yrityksen tehokkuutta, turvallisuutta sekä erilaisten prosessien hallintaa. Samalla teollisuudessa täytyy pystyä hallitsemaan ja ohjaamaan yhä suurempia laitekokonaisuuksia ja suunnittelemaan niiden toimintaa siten, että tuotannon tehokkuus ei kärsi. Tässä kehityksessä teollisen internetin analytiikka ja digitaaliset sovellukset ovat avainasemassa. Parhaassa tapauksessa ihmisen operoima käyttöliittymä muuttuu kehityksen myötä entistä helpommaksi, vaikka samalla sen ohjaama järjestelmä monimutkaistuu. (Juhanko et al. 2015)

3.3.3 Tuotteen arvon kasvattaminen

Edellä kuvattu tuotteen myyminen palveluna kasvattaa laitteen arvoa asiakasyrityksille merkittävästi, mutta se ei ole ainoa keino kasvattaa valmistettavan tuotteen arvoa. Varsinainen tuotteen arvon kasvattaminen tapahtuu teollisen internetin viitekehyksessä lisäämällä laitteisiin älyä. Laitteiden kytkeminen verkkoon ja teollisen internetin analytiikka antavat yrityksille mahdollisuuden lisätä yksittäisiin tuotteisiin ominaisuuksia, jotka keräävät ja analysoivat dataa. Kone, joka osaa optimoida omaa toimintaansa verkon yli saamansa analytiikan, ja toisaalta omilta sensoreilta keräämänsä datan perusteella on jo sellaisenaan asiakkaalle arvokas. Tällaiset koneet eivät pienimmissä sovelluksissa kaipaa yhteyttä laajempaan kone- tai tehdasverkostoon, ja ne voivat silti nostaa tuotannon tehoa. Tällaisten älykkäiden laitteiden avulla valmistajayritys onnistuu laajentamaan omaa markkinaansa entistä laajemmin eri tilanteissa toimiville asiakkaille. (Ustundag & Cevikcan 2018)

Yritykset voivat myös luoda järjestelmiä, joilla niiden aiemmin valmistavat, tavalliset laitteet kyetään päivittämään teollisen internetin kanssa yhteensopiviksi. Tällä vanhojen laitteiden päivittämisellä yritys voi lisätä tuotteidensa arvoa niissä yrityksissä, jotka ovat jo ennestään sen asiakkaita. Kun yritys päivittää vanhoja laitteitaan vastaamaan teollisen internetin vaatimuksia, saa se sitoutettua omia asiakkaitaan omiin tuotteisiinsa tulevaisuutta varten. (Gorbach & Polsonetti 2015) Edellä kuvatusta voidaan siis päätellä, että yrityksen laitteiden kytkeytyessä verkkoon saa se itselleen entistä laajemman laiteverkoston, josta se kerää dataa itselleen. Tämä data auttaa laitteistoon liittyvän analytiikan luomisessa ja tuottaa entistä tarkempia tietoja erilaisista tuotteista. Lisäksi dataa voidaan hyödyntää parantamaan yrityksen tarjoamaa palveluliiketoimintaa ja siten kehittämään yrityksen toimintaa.

Kaikki tässä luvussa mainitut seikat vaikuttavat yrityksen toimintaan tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella. Monet niistä liittyvät vahvasti myös perinteiseen tuotannonohjaukseen, tuoden teollisen internetin vain apuvälineeksi tunnettujen toimintojen maksimaaliseen hyödyntämiseen. Seuraavassa luvussa käydään konkreettisten vaikutusten sijaan läpi teollisen internetin tulevaisuudennäkymiä.

4. TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Tämän kandidaatintyön edelliset luvut ovat keskittyneet teollisen internetin tutkimiseen käsitteenä sekä osana yrityksen toimintaa. Lukujen näkökulma on ollut valmistavan teollisuuden yritykset sekä niiden tarpeet. Erityisesti sovellusten hyödyntämisessä asiaa on käsitelty tällä hetkellä yrityksissä käytössä olevan teknologian kannalta, ei niinkään nykyisen teknologian mahdollisuuksien kannalta. Tässä luvussa teollista internetiä tarkastellaan tulevaisuuden kannalta. Luvussa esitellään tutkimuksissa esillä olleita visioita, sekä tuodaan esiin kirjoittajan omia näkökulmia aiheeseen liittyen. Luvun alussa käydään läpi teolliseen internettiin liittyviä haasteita, jonka jälkeen perehdytään sen tarjoamiin mahdollisuuksiin.

4.1 Teollisen internetin haasteita

Teollinen internet on kehityksessään vielä hyvin alkuvaiheessa, minkä vuoksi siihen liittyy paljon haasteita. Yksi useimmin esillä olleista haasteista on datan suuri määrä. Teollisuudessa sensoriteknologia on kehittynyt teollisen internetin vaatimista teknologioista jo melko pitkään. Sensoreiden pitkään jatkunut kehitys edesauttaa tiedon keräämistä koneilta ja laitteilta. Kun laitteiden sensorimäärät kasvavat, alkaa tuotannosta kertyvän datan määrä nousta todella suureksi. Datan järkevä käyttö on todellinen ongelma tulevaisuuden sovelluksissa, sillä analytiikkaohjelmistojen ja dataa käsittelevien järjestelmien kehitys ei näytä täysin pysyvän suurten datamäärien tasalla. Jos dataa on käytettäviin järjestelmiin nähden liikaa, on oleellisen tiedon löytäminen todella vaikeaa. Kun oleellista tietoa ei löydetä, ei analytiikkaohjelmistot anna tuotannon kannalta relevantteja tuloksia. (Li Kai et al. 2020)

Liian suuren datamäärän ohella teollisen internetin käyttöönoton ongelmaksi voi ilmetä myös liian pieni datamäärä. Älykkäät tuotantolaitteet ja sähköiset järjestelmät nojaavat vahvasti kerättyyn dataan ja sen perusteella tehtyihin analyyseihin. Koko järjestelmien ohjaaminen perustuu data-analytiikan avulla tehtyihin päätöksiin. Uuden teknologian käyttöönotto tuo kuitenkin eteen tilanteen, jossa laitteet joutuvat toimimaan pitkän aikaa ilman kunnollista dataa. Kun datan kerääminen aloitetaan käytännössä tyhjästä, ei järjestelmien ja koneiden automaatio toteudu aluksi oikein. Laitteiston käyttäminen ilman dataa ja sen tuomaa analytiikkaa voi kestää vuosia. Tämä käynnistymisen hitaus tuo mukanaan motivaation heikkenemistä koko teknologian käyttöönottoon. Kuitenkin ne,

jotka jatkavat datan keräämistä ensimmäisten käyttövuosien yli, saavat siitä tulevaisuudessa merkittävää etua omaan tuotantoonsa. (Collin & Saarelainen 2016, IV-osa, 21. luku)

Yksi merkittävä haaste teollisen internetin sovelluksissa on teknologisten investointien hinnat. Teknologiat, joita teollisen internetin käyttöönotto vaatii, ovat kokonaisvaltaisia ja vaativat suuria muutoksia yrityksen tuotannossa sekä tuotteissa. Lisäksi liiketoiminnan muuttuessa investointien kannattavuuksia on aluksi todella haastavaa laskea. Tämä altistaa yritykset helposti epävarmoille ja jopa huonoille investoinneille. (Collin & Saarelainen 2016, IV-osa, 21. luku) Toiminnan uudistaminen saatetaan yrityksestä riippuen tehdä hyvinkin kokonaisvaltaisesti ja se aiheuttaa paljon haasteita myös kustannusten ohella. Koska teknologia ja periaatteet ovat koko teollisuuden kentällä melko uusia, joutuvat ensimmäiset yritykset valitsemaan tietojärjestelmiä ja teknologisia toteutuksia pitkälti ilman standardeja tai vakiintuneita käytäntöjä. Liiketoimintamalleja ja palveluita joudutaan kehittämään alusta alkaen ja niiden hinnoittelulle ei ole olemassa esimerkkejä. Teollisen internetin implementointi yrityksen toimintaan ja tuotteisiin vaatii siis paljon päätöksiä, joita yritys joutuu tekemään ilman varmuutta niiden oikeellisuudesta. (Wortmann & Flüchter 2015)

Liiketoiminnan uudistuminen tuo mukanaan myös haasteet ja puutteet osaamisessa. Kun teollinen internet avaa yritykselle hallittavaksi entistä laajempien laitteiden, tiedon, tai logistiikan kokonaisuuksia, vaatii niiden oikeanlainen käyttö syvää ymmärrystä monesta eri alasta. Monilta yrityksiltä puuttuu osaaminen koko teollisen internetin teknologisen infrastruktuurin ymmärtämiseen. Toisaalta monet teknologian tuntevat tahot ymmärtävät heikosti yritysten liiketoimintaan liittyviä periaatteita. Asiaa hankaloittaa järjestelmien avaaminen alihankkijoille ja muille tuotantoketjun toimijoille. Vaikka toimiessaan teollinen internet käyttää laajasti automaatiota hyväkseen, täytyy teknologian takana olla ihmisten ymmärrys siitä mitä, ja miksi tehdään. (Juhanko et al. 2015) Tämän perusteella voidaan siis karkeasti todeta, että tulevaisuuden teollisuus näyttää vaativan entistä korkeampaa osaamisen tasoa ja hyvin monialaista koulutusta työntekijöiltään. Työn luonne muuttuu entistä analyyttisemmaksi ja monipuolisemmaksi.

Viimeisenä, mutta mahdollisesti suurimpana haasteena teollisen internetin laajemmalle käytölle on tietoturva (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 16. luku). Samalla kun teollinen internet avaa tietojärjestelmiä entistä laajemmalle, kasvaa riski tietoturvaongelmista teollisuudessa. Teollisuuden tietoturvaongelmat vaikuttavat yhä enemmän myös työntekijöiden sekä asiakkaiden turvallisuuteen, mikä tulee ottaa vakavasti huomioon järjestelmien eri kerroksia suunnitellessa. Laajat tietojärjestelmät ovat todella haavoittuvaisia, jos

niitä ei kehitetä tietoturva edellä. Ongelmaan on herätty kansainvälisesti, ja erilaisia teolliseen internettiin liittyviä turvallisuusstandardeja on jo kehitetty. Tästä huolimatta aihe vaatii maailmanlaajuisesti vielä valtavasti työtä. (Boyes et al. 2018)

Vaikka tietoturvaan liittyvät ongelmat tiedostetaan laajassa kuvassa, on yrityskentässä niiden ymmärrys vielä vähäistä. Suurimmat ongelmat teollisen internetin tietoturvaan liittyen ilmenevätkin yritysten tietämättömyydessä. Usein yrityksen sisäisten laitteiden tietoturvan uskotaan olevan huomattavasti paremmalla tasolla, kuin se todellisuudessa on. Tämän johdosta uusien teknologioiden käyttöönotossa uskotaan, että olemassa oleva tietoturva riittää myös uudessa tilanteessa. Todellisuudessa monen yrityksen tietoturvaratkaisut ovat todella heikkoja jo ennestään. Kun teollinen internet avaa tietojärjestelmiä laajemmin yrityksen sisällä sekä yrityksestä ulos, tarjoaa se todella helpon väylän erilaisille kyberhyökkäyksille yritystä vastaan. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 16. luku)

Haastavan teollisuuden tietoturvaongelmasta tekee myös se, että valmistavan teollisuuden yrityksiä ei yleisesti koeta mahdollisina kyberhyökkäysten uhreina. Hyökkäyksen mahdollisia motiiveja ei teollisuudessa ymmärretä, mikä luo yrityksille turvallisuuden tunnetta. Lisäksi yritysmaailmassa on useasti esillä ajatus, etteivät hyökkäysten takana olevat rikolliset ymmärrä täysin teollisten järjestelmien periaatteita. 2010-luvulla on kuitenkin nähty jo muutamia teollisuusyrityksiin kohdistuneita hyökkäyksiä, jotka ovat aiheuttaneet miljoonien eurojen vahinkoja kohdeyrityksille. Hyökkäyksissä on käynyt ilmi, että hyökkääjien ymmärrys tehdasjärjestelmistä ja niiden toiminnoista on ollut todella korkealla tasolla. Tämän kaltaisiin tilanteisiin on kehitettävä tehokas suojaus ennen teollisen internetin täysimittaista käyttöönottoa yrityksissä. (Collin & Saarelainen 2016, III-osa, 16. luku)

4.2 Teollisen internetin mahdollisuudet

Huolimatta teolliseen internetiin liittyvistä haasteista, se nähdään globaalisti teollisuuden suurena mahdollisuutena. Sen potentiaalista kertoo paljon jo aiemmissa luvuissa esitelty termi teollisuus 4.0, joka viittaa teollisen internetin ja siihen liittyvien sovellusten mukanaan tuomaan neljänteen teolliseen vallankumoukseen. Teollisen internetin vaikutuksia tulevaisuuden tuotantoon ei voida tietenkään täysin tietää, mutta tutkimuksissa on esitetty erilaisia skenaarioita pohjautuen toimintoihin, joita se tällä hetkellä mahdollistaa. Müller et al. (2018) tiivistävät tutkimuksessaan teollisen internetin mahdollisuudet kolmeen kategoriaan, jotka ovat strategia, toiminnot sekä ympäristö ja ihmiset.

Yritysten strategiaan liittyen teollinen internet tarjoaa paljon mahdollisuuksia. Kuten teollisuudessa on jo nähty, siirtyy perinteisten valmistavan teollisuuden yritysten liiketoimintamalli kohti palvelukeskeistä toimintaa. Teollinen internet tulee tekemään teollisuudesta entistä dataorientoituneemman toimialan, jossa datan käsittelyllä ja analysoinnilla on todella merkittävä tehtävä. Tulevaisuudessa on todennäköisesti nähtävissä myös teollisuuden liiketoimintojen erkaneminen. On hyvin todennäköistä, että tulevaisuudessa perinteinen valmistava teollisuus jatkaa toimintaansa samalla kun palvelukeskeinen liiketoimintamalli kehittyy omaksi toimialakseen. (Müller et al. 2018) Tämä tarkoittaa laajempia mahdollisuuksia yritysten toiminnalle ja tarjoaa uusia toimintoja yksittäisten yritysten kilpailulle.

Samalla kun teollisuuden uudet liiketoimintamallit kehittyvät omina kokonaisuuksinaan, kehittyy koko teollisuudesta entistä sähköisempää. Vaikka valmistavan teollisuuden yritykset eivät tulevaisuudessa tarjoaisi tuotteisiinsa liittyviä palveluita, tulevat he omassa tuotannossaan hyvin todennäköisesti vastaavia palveluita käyttämään. Tämä tarkoittaa sitä, että lähes jokainen teollisuuden yritys tulee olemaan osana digitalisoituvaa tuotantoa ja sen kehitystä. Müllerin et al. (2018) mukaan tuotannon digitalisoituminen avaa mahdollisuuden myydä IT-osaamista teollisuuteen. Valmistava teollisuus avautuu siis täysin uudeksi markkinaksi monille *IT- (informaatiotekniikka, information technology)* ja *ICT- (informaatio- ja viestintätekniikka, information and communication technology)* alan yrityksille. Uusi markkina-ala tulee kehittämään niin teknologian kehitystä, kuin myös alojen yhteistä kehitystä.

Viimeisenä strategiatason mahdollisuutena teollisesta internetistä on mainittava teollisuuden asiakassuhteiden syventyminen. Kun myytävistä järjestelmistä ja tuotteista tulee monimutkaisempia ja koneiden verkostot kasvavat, sitouttaa se yrityksiä pysymään saman laitevalmistajan tuotteissa. Lisäksi reaaliaikainen tiedonsiirto laitteista tulee syventämään teollisuuden asiakassuhteita lisää. Syvemmät asiakassuhteet tulevat näkymään tulevaisuudessa entistä laajempana yhteistyönä yritysten välillä. Kun yhteistyötä tehdään laajasti, kiihdyttää se teollisuuden kehitystä ja tekee tuotantolaitosten toiminnasta vakaampaa. (Müller et al. 2018) Tulevaisuudessa teollisen internetin tuoman lisäarvon arvioidaan näkyvän jopa 70% yritysten välisessä kaupassa, joten syventyvä yhteistyö tulee olemaan merkittävä mahdollisuus koko toimialan kasvuun (Seetharaman et al. 2019).

Tuotantoon ja yrityksen toimintoihin liittyen teollisen internetin tuomat mahdollisuudet ovat pitkälti teknologisia. Suurin tulevaisuuden mahdollisuus liittyy tuotannon ohjattavuuteen ja suunnitteluun simuloinnin avulla. Simulointi kehittyy jatkuvasti, ja sen hyödyntämien tehtaiden jokapäiväisessä työskentelyssä tulee väistämättä lisääntymään. Simu-

loinnin avulla tuotannon prosesseja voidaan optimoida ja suunnitella jo ennen kuin kyseistä prosessia on toteutettu käytännössä. Simuloinnin avulla tuotannosta tulee tehokkaampaa, nopeampaa ja joustavampaa. Tulevaisuuden tuotantolaitokset kykenevät reagoimaan asiakkaan tilauksiin nopeasti, ja tuottamaan tarkasti juuri niitä tuotteita, joita sillä hetkellä on tilattu. Tuotantolaitokset kykenevät reagoimaan tilausten muutoksiin nykyistä tehokkaammin ja räätälöimään tuotteita asiakaskohtaisesti. (Müller et al. 2018)

Kun tuotannon koneet teollisen internetin myötä digitalisoituvat, lisää se laitteiston ja tuotteiden kykyä monitoroida omaa tilaa ja toimintaansa. Laitteet kykenevät tekemään analyysejä omasta kunnostaan sekä muuttamaan toimintaansa siten, että ne täyttävät tehtävänsä mahdollisimman tehokkaasti. Samalla ne kykenevät ennakoimaan tarvittavia huoltoja ja ilmoittamaan niistä laitteen valmistajalle. Tämä kehitys tekee toteutuessaan tulevaisuuden tuotannosta nykyistä nopeampaa ja tehokkaampaa. Kehitys tekee tuotantojärjestelmistä kokonaisuuksina luotettavampia, joka näkyy koko tuotannon laadun paranemisena. Samalla tuotantoon liittyvät kustannukset pienenevät ja kokonaisuudessaan tuotannon yritykselle tarjoama tulos paranee. (Müller et al. 2018)

Kolmas Müllerin et al. (2018) mainitsema kategoria teollisen internetin mahdollisuuksissa on ihmiset ja ympäristö. Tämä kategoria pitää sisällään jo selvästi yhteiskunnallisempia, kestävän kehityksen mukaisia mahdollisuuksia. Kuitenkin myös tämän kategorian mahdollisuuksien taustalla vaikuttaa teollinen internet ja siihen liittyvät teollisuuden sovellukset. Tutkimusten mukaan pidetään mahdollisena, että teollisen internetin avulla tulevaisuuden tuotantolaitokset kykenevät mittaamaan ja analysoimaan tuottamiaan päästöjä ja muokkaamaan koneiden toimintaa niiden minimoimiseksi. Lisäksi edellä kuvattu tuotannon laadun paraneminen tulee vähentämään merkittävästi teollisuudessa syntyvää hukkamateriaalia ja pienentämään resurssien sekä energian käyttöä. (Müller et al. 2018) Ympäristöön liittyvistä mahdollisuuksista puhuttaessa on syytä todeta, että tämä kandidaatintyö tarkastelee aihetta puhtaasti valmistavan teollisuuden näkökulmasta. Se, miten teollista internetiä voidaan hyödyntää nimenomaan kestävään kehitykseen ja sen edistämiseen suunniteltujen tuotteiden ja palveluiden kehittämisessä, on oma tutkimuksen aiheensa.

Teollisuuden eri tasojen työntekijöille teollisen internetin kehitys tarjoaa tulevaisuudessa paljon mahdollisuuksia. Tehtaiden ja tuotannon sähköistyessä niiden hallinta keskittyy nykyistä enemmän tietokoneille. Ihmistä vaativat tehtaan lattiatason työtehtävät tulevat hiljalleen vähenemään ja lopulta poistumaan. Tämä siirtää ihmiset työskentelemään näyttöpäätteiden ääreen. Samalla kehitys mahdollistaa nykyistä laajemman etätyöskentelyn. Vähentyvät työmatkat lisäävät ihmisten vapaa-aikaa ja mahdollisesti laskevat liikenteen päästöjä. (Müller et al. 2018)

5. TULOKSET JA KESKUSTELU

Tässä luvussa käydään läpi vastaukset työn tutkimuskysymyksiin ja pohditaan niiden merkitystä tulevaisuuden teollisuuteen. Työ tutki teollisen internetin vaikutuksia valmistavan teollisuuden yritysten toimintaan ja sen tutkimuskysymykset olivat:

1. Mitä teollinen internet tuo valmistavan teollisuuden tuotantojärjestelmään lisää?
2. Miten teollisen internetin käyttäminen vaikuttaa valmistavan teollisuuden yrityksen toimintaan?

Ensimmäiseen kysymykseen vastaukset kiteytyvät pitkälti luvun 2 esittelemiin teknologisiin toteutuksiin. Valmistavan teollisuuden tuotantojärjestelmien automaatiotaso on noussut jo pitkään, mutta teollinen internet on tuonut ja tulee tuomaan tähän kehitykseen suuren harppauksen. Teollinen internet vaatii tuotantojärjestelmältä tietynlaisen toimivan teknologisen infrastruktuurin, mutta sen myötä tarjoaa tuotantojärjestelmään ja sen käyttöön kehittyneitä toimintoja. Teollinen internet tekee tuotantojärjestelmistä joustavampia, luotettavampia ja tehokkaampia. Samalla tuotannon tason työtehtävät helpottuvat ja kevenevät automaation lisääntyessä. Teollinen internet siis lisää tuotantolaitosten valmistuskapasiteettia ja tehostavat niiden toimintaa kokonaisuudessaan.

Tulevaisuudessa tuotantolaitosten järjestelmät laajenevat entistä suuremmiksi, ja koko tuotteen toimitusketjua aina materiaalintuottajalta asiakkaalle voidaan hallita helposti yhteensopivien järjestelmien avulla. Tämän kaltainen tiedon vapaa siirtyminen voisi mahdollistaa toteutuessaan sen, että asiakkaan tehdessä tilauksen tuotteesta, älykkäät järjestelmät skannaavat valmistavan yrityksen tuotannon kapasiteetin, työjonon sekä materiaalivarastot, ja tekee niiden perusteella arvion tuotteen toimitusajasta. Kun tähän lisätään vastaava tiedon siirtyminen myös alihankkijoiden tuotantoon, ollaan tilanteessa, jossa automaattinen tietokoneanalytiikka ohjaa kokonaisia tuotantoketjuja.

Toinen tutkimuskysymys on selkeästi ensimmäistä moniulotteisempi. Kuten työn luvussa 3 on lueteltu, teollinen internet vaikuttaa yrityksen eri tason toimintoihin todella eri tavoin. Teollinen internet voi avata yritykselle täysin uusia mahdollisuuksia oman toimialansa suhteen, ja toisaalta vaikeuttaa kasvavassa kilpailussa kannattavana pysymistä. Yritysten liiketoimintamallit tulevat kehittymään kohti palvelupainotteisempaa mallia, mutta samalla perinteinen valmistava teollisuus saattaa irtaantua täysin omaksi teollisuuden alakseen. Teollinen internet tulee siis todennäköisesti laajentamaan valmistavan teollisuuden yrityskenttää nykyistä monipuolisemmaksi.

Teollinen internet tulee väistämättä olemaan tulevaisuudessa yksi teollisuuden suurimpia kehitysaskelia. Sen laaja käyttöönotto vaatii monien eri teknologia-alojen kypsymistä ja kehittymistä, mutta ajan myötä nämä alat tulevat muodostamaan yhä laajempia laiteverkostoja. Teollinen internet tulee muuttamaan yritysten toimintaa suuntaan, jossa analytiikalla ja suurten kokonaisuuksien ohjaamisella on todella merkittävä rooli. Samalla tämä kehityssuunta tulee muokkaamaan teollisuuden työpaikkoja. Yritysten liiketoiminta tulee kehityksen myötä muuttumaan entistä palvelupainotteisemmaksi, ja erilaisia konsepteja räätälöidään yhä tarkemmin asiakkaan tarpeiden mukaan. Yritysten täytyy pystyä tulevaisuudessa reagoimaan muutoksiin nopeammin sekä joustavammin. Tässä kehityksessä teollinen internet tulee olemaan keskeisessä roolissa.

6. YHTEENVETO

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tarkastella teollista internetiä käsitteenä, sekä osana valmistavan teollisuuden yritysten toimintaa. Työ keskittyi pitkälti tuotannon ja sen ohjauksen näkökulmiin, mutta aiheen luonteen vuoksi teollista internetiä käsiteltiin kokonaisuudessaan teollisuusyrityksen kannalta. Työn tärkeimpinä päämäärinä oli selvittää mitä teollinen internet voi tarjota valmistavan yrityksen tuotantoon lisää, sekä miten teollinen internet vaikuttaa yrityksen toimintaan. Työssä käytiin läpi teollisen internetin teknologoista taustaa ja siihen liittyvää teoriaa. Teknologisia toteutuksia työssä tarkasteltiin kuitenkin melko pintapuolisesti, ja keskittyminen pysyi lähinnä teknologian mahdollistamissa operatiivisissa uudistuksissa. Työ toteutettiin kokonaisuudessaan kirjallisuuskatsauksena. Lähdemateriaali etsittiin pääosin verkkomateriaaleista, käyttäen hyväksi laajasti eri tietokantoja. Lähdemateriaaliksi pyrittiin valitsemaan vertaisarvioituja, tieteellisesti kirjoitettuja tekstejä, mutta myös aiheeseen liittyviä kirjoja sekä tutkimusraportteja hyödynnettiin.

Työn tärkeimpiä tuloksia ovat ymmärrys teollisen internetin vaikutuksista yrityksiin ja niiden tuotantoon. Teollinen internet tekee teollisuuden tuotannosta tehokkaampaa ja joustavampaa. Samalla se muuttaa yritysten liiketoimintamalleja kohti palvelupainotteista toimintaa. Teollinen internet tekee tuotannosta avoimempaa ja sen avulla voidaan parhaimmillaan hallita kokonaisia toimitusketjuja aina raaka-aineista loppukäyttäjälle. Teolliseen internettiin liittyy kuitenkin myös paljon haasteita, joista tietoturva on yksi suurimpia. Tietoturvan lisäksi teollisen internetin haasteena on sen vaatima teknologinen infrastruktuuri ja siihen liittyvät investointikustannukset. Haasteista huolimatta teollinen internet nähdään tulevaisuuden teollisuudelle suurena mahdollisuutena.

Aiheen modernius aiheutti materiaalin ja lähteiden käytössä osaltaan suppeutta. Aihetta on tutkittu tieteellisessä perspektiivissä melko vähän aikaa, ja monet tutkimukset perustuvat muutamaan aihetta käsittelevään perusteokseen. Aihe kaipaa vielä paljon tutkimusta eri menetelmillä aina kyselytutkimuksista teknologisten toteutusten käyttökokeisiin. Työssä onnistuttiin kuitenkin kokoamaan aiheesta kirjoitettua tietoa melko laaja-alaisesti, ja tekemään kokonaiskatsaus teolliseen internettiin osana yritysten toimintaa. Alaa mullistavia löytöjä tämä tutkimus ei aiheesta tarjoa, mutta se kokoaa osaltaan tietoa teollisen internetiin sovelluksista valmistavassa teollisuudessa

Teollisen internetin tutkimisessa on vielä paljon tehtävää. Tämän tutkimuksen puitteissa kiinnostavin ja mahdollisesti tarpeellisin jatkotutkimuskohde olisi teollisen internetin sovellukset tuotannon lattiatasolla. Aiheeseen liittyen on tarjolla todella vähän tutkimusta tai tieteellisiä tekstejä. Suurin osa teollista internetiä käsitelleistä tutkimuksista käsittelee aihetta teknologian, sekä yritysten liiketoimintamallien näkökulmasta. Tehtaan lattiatason sovelluksista tietoa ei kuitenkaan ole saatavilla. Tuotannossa konkreettisimmat asiat tapahtuvat juuri lattiatasossa, minkä vuoksi kyseisen tason tutkimukselle on varmasti tarvetta. Ilman tuotannon lattiatason toimivia ratkaisuja, on liiketoimintaa ja yrityksen strategiaa haastava kehittää. Tuotannon tason konkretia on siis ehdottomasti mielenkiintoisin jatkotutkimuskohde teollisen internetin aihepiiristä.

LÄHTEET

Annunziata, M. & Evans, P.C. (2012) *”Industrial Internet: Pushing the boundaries of minds and machines”*, General Electric Company, Boston, MA, USA.

Beier, G., Niehoff, S. & Xue, B. (2018) *"More Sustainability in Industry through Industrial Internet of Things?"*, Applied sciences, vol.8(2), pp. 219.

Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J. & Watson, T. (2018) *"The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework"*, Computers in industry, vol.101, pp. 1–12.

Collin, J. & Saarelainen, A. (2016) *”Teollinen internet”*, Talentum, Helsinki.

Frank, A.G., Dalenogare, L.S. & Ayala, N.F. (2019) *"Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies"*, International journal of production economics, vol.210, pp. 15–26.

Gates B. (2014) ”*Lean Manufacturing in the age of the Industrial Internet*”, Supply & Demand Chain Executive.

Gorbach, G. & Polsonetti, C. (2015) *"Realizing value from the Industrial Internet of Things"*, IN-TECH, vol.62(4), pp. 12–18.

Gupta, B.B. & Quamara, M. (2018) *"An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols"*, Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol.32(21).

Iranmanesh, M., Zailani, S., Hyun, S., Ali, M. & Kim, K. (2019) *"Impact of Lean Manufacturing Practices on Firms' Sustainable Performance: Lean Culture as a Moderator"*, Sustainability (Basel, Switzerland), vol.11(4).

Järvenpää, E. & Lanz, M. (2014) ”*Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä Nykytila, haasteet ja tarpeet*”, fimecc; LeanMES.

Juhanko, J., Jurvansuu, M., Ahlqvist, T., Ailisto, H., Alahuhta, P., Collin, J., Halen, M., Heikkilä, T., Kortelainen, H., Mäntylä, M., Seppälä, T., Sallinen, M., Simons, M. & Tuominen, A. (2015) ”*Suomalainen teollinen internet -haasteesta mahdollisuudeksi”*, ETLA Raportit No 42.

Kiani, F., Nematzadehmiandoab, S. & Seyyedabbasi, A. (2019) *"Designing a dynamic protocol for real-time Industrial Internet of Things-based applications by efficient management of system resources"*, Advances in mechanical engineering, vol11(10), pp. 11–12.

Kiran, D.R. (2019) *”Production Planning and Control”*, Butterworth-Heinemann, pp. 481–494.

Lade, P., Ghosh, R. & Srinivasan, S. (2017) *”Manufacturing Analytics and Industrial Internet of Things”,* IEEE Computer Society.

Lee, C., Zhang, S. & Ng, K. (2017) *"Development of an industrial Internet of things suite for smart factory towards re-industrialization"*, Advances in manufacturing, vol5(4), pp. 335–343.

Lee, J., Bagheri, B. & Kao, H. (2015) *"A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems"*, Manufacturing letters, vol3, pp. 18–23.

Li, K., Zhou, T. & Liu B. (2020) *"Internet-based intelligent and sustainable manufacturing: developments and challenges"*, International journal of advanced manufacturing technology, vol.108(5–6), pp. 1767–1791.

Lupeikiene, A., Dzemyda, G., Kiss, F. & Caplinskas, A. (2014) *"Advanced Planning and Scheduling Systems: Modeling and Implementation Challenges"*, Informatica (Vilnius, Lithuania), vol25(4), pp. 581–616.

Lyly-Yrjänäinen, J., Holmström, J., Johansson, M.I. & Suomala, P. (2016) *"Effects of combining product-centric control and direct digital manufacturing: The case of preparing customized hose assembly kits"*, Computers in industry, vol82, pp. 82–94.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W. & Ueda, K. (2016) *"Cyber-physical systems in manufacturing"*, CIRP annals – Manufacturing Technology, vol65(2) pp. 621–641.

Müller, J.M., Kiel, D. & Voigt, K. (2018) *"What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability"*, Sustainability (Basel, Switzerland), vol10(1) pp. 247.

Oluyisola, O.E., Sgarbossa, F. & Strandhagen, J.O. (2020) *"Smart Production Planning and Control: Concept, Use-Cases and Sustainability Implications"*, Sustainability (Basel, Switzerland), vol12(9), pp. 3791.

Porter, M.E. & Heppelmann, J.E. (2014) *"How Smart, Connected Products Are Transforming Competition"*, Harvard Business Review.

Saenz de Ugarte, B., Artiba, A. & Pellerin, R. (2009) *"Manufacturing execution system - a literature review"*, Production planning & control, vol20(6), pp. 525–539.

Seetharaman, A., Patwa, N., Saravanan, A.S. & Sharma, A. (2019) *"Customer expectation from Industrial Internet of Things (IIOT)"*, Journal of manufacturing technology management, vol30(8), pp. 1161–1178.

Strandhagen, J.W, Alfnes, E., Strandhagen, J.O & Vallandingham, L.R (2017) *"The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: a multiple case study",* Advances in manufacturing, vol5(4), pp. 344–358.

Ustundag, A. & Cevikcan, E. (2018) ”*Industry 4.0: managing the digital transformation”,* Springer, Cham, Switzerland.

Wortmann, F. & Flüchter, K. (2015) *"Internet of Things"*, Business & information systems engineering, vol57(3), pp. 221–224.

Zhang, X., Ming, X., Liu, Z., Qu, Y. & Yin, D. (2019) *"An overall framework and subsystems for smart manufacturing integrated system (SMIS) from multi-layers based on multi-perspectives"*, International journal of advanced manufacturing technology, vol103(1–4), pp. 703–722.