

PLM-järjestelmät teollisuuden liiketoimintaprosessien kestävyys- parantamisessa

**Possibilities of PLM systems to improve sustainability of
industrial business processes**

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Lauri Janhonen	
Työn nimi: PLM-järjestelmät teollisuuden liiketoimintaprosessien kestävyiden parantamisessa	
Vuosi: 2019	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, tuotantotalous. 34 sivua, 5 kuvaa ja 0 liitettä. Tarkastaja(t): Antero Kutvonen	
Hakusanat: PLM, tuotteen elinkaaren hallinta, kestävyys, teollisuus	
Keywords: PLM, product lifecycle management, sustainability, industry	
<p>Tämän kandidaatin työn tavoitteena on tutkia PLM-järjestelmien mahdollisuuksia teollisuuden liiketoimintaprosessien kestävyiden parantamisessa. PLM-järjestelmä tarkoittaa tuotteen elinkaaren hallinnan järjestelmää, joka koostuu tuotokeskeisestä strategiasta ja IT-järjestelmästä. PLM-järjestelmien rakennetta ja toimintamekaniikkaa käydään lävitse ja osoitetaan kestävyiden kannalta tärkeimmät toiminnot. PLM-järjestelmän tärkeimmät ominaisuudet liittyvät tuotetietojen-, suunnittelumuutosten- ja prosessien hallintaan. Kestävyydellä tarkoitetaan sosiaalisesti, ekologisesti ja taloudellisesti kestävää liiketoimintaa. Kestävyys on tärkeä osa nykyajan teollisuusliiketoimintaa, sillä yritysten tulee huomioida sekä yhteiskunnan tiukentuva regulaatio liittyen kestäviin ratkaisuihin, että asiakkaiden asettamat tiukat vaatimukset kestävä kehityksen mukaisista tuotteista. Teollisuuden liiketoimintaprosessit koostuvat useasta asiakkaalle suoraan ja epäsuoraan arvoa luovasta prosessista, joilla pyritään rakentamaan yrityksen toiminnasta mahdollisimman tehokasta. PLM-järjestelmä voi parantaa yrityksen tehokkuutta monella eri tavalla keskittyen tiedon hallinnan parantamiseen eri liiketoimintaprosesseissa. PLM-järjestelmä voi tuoda kestävyysparannuksia sekä uusien toimintamallien, että tehostuneiden liiketoimintaprosessien kautta.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	4
1.1	Tutkimusongelman määrittely ja työn rakenne.....	5
1.2	Tavoitteet ja rajaus	5
2	PLM-järjestelmä	7
2.1	PLM-järjestelmän kehitys	8
2.2	Tuotteen elinkaari	9
2.2.1	Määrittely	11
2.2.2	Suunnittelu	11
2.2.3	Realisaatio	12
2.2.4	Käyttö	13
2.2.5	Elinkaaren loppuvaihe.....	13
2.3	PLM-järjestelmän laajuus yrityksessä	13
2.4	PLM-järjestelmän osat	16
2.5	PLM-järjestelmä ja kestävyys	20
2.6	Integroitavat järjestelmät.....	21
3	Kestävyys liiketoiminnassa.....	22
3.1	Sosiaalinen kestävyys	23
3.2	Ekologinen kestävyys	24
3.3	Taloudellinen kestävyys.....	24
4	Valmistavan teollisuuden yrityksen liiketoiminta-prosessit	26
4.1	Liiketoimintaprosessien luokittelu	26
4.2	Liiketoimintaprosessit ja PLM.....	29
4.2.1	Myynti ja markkinointi.....	29
4.2.2	Tuotekehitys	30

4.2.3	Tuotanto	30
4.3	Kestävyys liiketoimintaprosesseissa	31
4.4	PLM-järjestelmän mahdollistamat muutokset liiketoiminnassa	31
5	Johtopäätökset ja suositus	35
5.1	Ehdotus jatkotoimenpiteistä	38
6	Lähteet.....	39

1 JOHDANTO

Yritysten kilpailukenttä on nyky maailmassa hyvin globaali ja kilpailuetua on yhä vaikeampi saada. Yritysten tulee erottautua tarjoamalla asiakkaille laadukkaampia, räätälöidympiä ja toisaalta myös kestävä kehityksen mukaisia tuotteita. Tämä voi käytännön tasolla kuitenkin olla hyvin haastavaa, sillä hallittavan tiedon määrä on valtava, data on sekavaa ja tuotteiden todelliset käyttötiedot ja ympäristövaikutukset jäävät hämärän peittoon. Tämän vuoksi muun muassa laadun hallinta ja kokonaisvaltainen kestävyysvaikutusten arviointi ovat vaikeita toteuttaa. Näihin asioihin tuotteen elinkaaren hallinta, eli PLM, voi kuitenkin tuoda avun. PLM:n tavoitteena on optimoida yrityksen tuotteiden ja tuoteportfolion arvo hallitsemalla tuotteita ja niihin liittyviä tietoja. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 2-3) PLM-järjestelmäksi kutsutaan tässä yhteydessä PLM-ohjelmistojen ja strategisen viitekehyksen muodostamaa kokonaisuutta.

PLM-järjestelmien merkityksen kasvamisen taustalla ovat muun muassa laajentuneet ja maantieteellisesti levinneet tuotekehitys- ja toimitusketjut, tarve nopeammalle tuotekehitykselle, kasvanut paine tehdä liiketoiminnasta kestävä kehityksen mukaista sekä poliittiset tekijät. Asiakkaiden tarpeiden tyydyttäminen on yrityksen tärkein tavoite ja siihen kannattaa jatkuvasti pyrkiä. Yrityksen valmistaman tuotteen tulee vastata asiakkaan laatuvaatimuksia ja tähän ongelmaan PLM-järjestelmät pyrkivät vastaamaan. (Stark 2011, s.3-6) Jotta teollisuusyritykset voivat hallita teollisen internetin mukanaan tuomia tuotantolaitteita ja omia tuotteitaan kokonaisuutena, tulee yrityksellä olla järjestelmä näiden tietojen käsittelemiseen. Älykkäät laitteet mahdollistavat sen, että tuotteista kerätään tietoja myös elinkaaren myöhempien vaiheiden, kuten käytön ja kierrättämisen tai hävittämisen aikana.

Suomessa suuria teollisuuden aloja ovat muun muassa metsäteollisuus, kone- ja metalliteollisuus sekä kemianteollisuus, joiden yhteenlaskettu myydyin tuotannon arvo on yli 70 miljardia euroa. (STAT 2018a). Teollisuuden liiketoiminnot tuottavat suoraan Suomessa 11% koko maan hiilidioksidipäästöistä, joten teollisuuden ekologinen kestävyys on tärkeässä roolissa esimerkiksi Suomen oman kasvihuonekaasujen päästötavoitteen saavuttamisessa (STAT 2018b). Energiatuotanto tuottaa Suomessa lähes 74% kasvihuonekaasuista ja teollisuus

taas kuluttaa lähes 90% energiasta (STAT 2018c). Tämän perusteella voidaan todeta, että mikäli tuotantoa esimerkiksi kone- ja metalliteollisuudessa sekä metsäteollisuudessa saadaan tehostettua taloudellisesti ja ekologisesti, olisivat vaikutukset sekä yritysten kannalta, että ympäristön kannalta hyvin merkittävän suurten volyymien takia. Jos tutkimusten perusteella PLM-järjestelmän ja kestävyuden välille löydetään yhteyksiä, saattaisi moni yritys olla kiinnostunut siitä osana niiden kestävyuden tavoittelun strategiaa.

1.1 Tutkimusongelman määrittely ja työn rakenne

Tämän työn tarkoituksena on tutkia PLM-järjestelmien, eli tuotteen elinkaarenhallinnan järjestelmien mahdollisuuksia parantaa yrityksen liiketoimintaprosesseja ja parantaa samalla yrityksen kestävyttä. Alla on esitetty päätutkimuskysymys, sekä työhön liittyvät osakysymykset, joihin vastauksen löytäminen on olennaista tavoitteiden saavuttamiseksi.

- Voidaanko PLM-järjestelmillä parantaa teollisuusyrityksen liiketoimintaprosesseja ja samalla parantaa yrityksen kestävyttä?
 - Mitä ovat PLM-järjestelmät
 - Onko PLM-järjestelmällä ja kestävyydellä yhteys?
 - Mikä on kestävyuden merkitys liiketoiminnassa?
 - Onko PLM-järjestelmillä ja liiketoimintaprosesseilla yhteys?
 - Onko kestävyydellä ja liiketoimintaprosesseilla yhteys?

Työ toteutetaan kirjallisuuteen perustuvana tutkimuksena, jossa lähteenä käytetään alaan liittyvää akateemista kirjallisuutta ja artikkeleita. Myös esimerkkejä pyritään käyttämään havainnollistamaan löydöksiä. Työ jakaantuu kolmeen eri teoria-alueeseen, jotka ovat PLM-järjestelmät, teollisuuden liiketoimintaprosessit ja kestävyys. Teoriakappaleet sijoittuvat työn alkuun kappaleisiin 2-4, minkä jälkeen kappaleessa 5 pohditaan päätutkimuskysymyksen vastauksia.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tämän työn tavoitteena on löytää selkeitä kestäväään kehitykseen eli toisin sanoen kestävyteen liittyviä asioita, joilla voidaan perustella tuotteen elinkaaren hallinnan järjestelmän implementointia ja käyttöä. Tavoitteena olisi, että työ olisi soveltuva käytettäväksi yrityksen päätöksenteon tukena. Tavoitteena on myös löytää syitä, miksi kestävyysajattelun lisääminen hyödyttää ympäristön lisäksi myös yritystä.

Rajaus menee siten, että työssä käsitellään PLM-järjestelmiä yleisellä tasolla; työssä ei käsitellä tarkasti PLM-järjestelmään liittyvien eri ohjelmistojen ominaisuuksia, eikä niiden mahdollisia ongelmakohtia. Työssä käsitellään tuotteen elinkaaren hallinnan strategista konseptia ja siihen liittyviä järjestelmiä kiinteänä kokonaisuutena, josta käytetään nimitystä PLM-järjestelmät. Tuotteesta käydään lävitse elinkaaren vaiheet, jotta voidaan ymmärtää paremmin niihin liittyvät prosessit. Yrityksen muita kuin PLM:n liittyviä tietojärjestelmiä ei käsitellä tarkasti, mutta ne mainitaan osana PLM-järjestelmän rakennetta. Tärkeä työtä ohjaava rajaus on myös se, että PLM-järjestelmien mahdollisuuksia pohditaan valmistavan teollisuuden näkökulmasta, eikä palveluliiketoimintaan keskitytä, muuten kuin osana tuotteiden elinkaarta. Yrityksen liiketoimintaprosesseja käsitellään mahdollisimman yleisellä tasolla, jotta työ olisi soveltuva tarkasteltavaksi yleisesti eri teollisuuden aloilla. Liiketoimintaprosessien yleisiä määrittelytapoja käydään lävitse, sillä jokainen yritys muodostaa itsenäisesti omat liiketoimintaprosessinsa. Tuotteen elinkaaren vaiheet määritellään yleisimmän kirjallisuudessa käsiteltävän mallin mukaan. Kestävyttä käsitellään teollisuuden näkökulmasta; taloudellinen kehittyminen otetaan esiin tärkeänä osana kestävyuden tavoittelua, sillä yritysten tarkoitus on toimia ennen kaikkea taloudellisesti kannattavalla tavalla.

2 PLM-JÄRJESTELMÄ

PLM (Product Lifecycle Management) tarkoittaa tuotteen elinkaaren hallintaa. PLM-järjestelmäksi kutsutaan tässä työssä tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmää. PLM-järjestelmän voidaan katsoa olevan strateginen viitekehys, jossa keskiössä on yrityksen hallinta tietojärjestelmien kokonaisuudella ja tiedolla. PLM-järjestelmään liittyy myös olennaisesti IT-järjestelmät, jotka rakentavat yrityksen tiedonkäsittelyn selkärangan. Strategisen viitekehysten ytimessä on tuotteen, tuotteiden ja tuoteportfolion hallinta suurimmalla mahdollisella tehokkuudella. Tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä käsittää yrityskohtaisen strategian lisäksi myös paljon konkreettisia ominaisuuksia, kuten tarkkojen tuotetietojen käsittelymahdollisuuden (esim. CAD-suunnittelutiedostot), osaluettelon hallinnoinnin (BOM) sekä esimerkiksi tuotteen valmistusprosessiin liittyvien toimintojen ja yhtenäistetyn nimikkeiden hallinnan. PLM-järjestelmien tarkoituksena on valjastaa yrityksen voimavarat paremmin koko yrityksen käyttöön ja toimia kokonaisuutena tehokkaammin. Tiedon kulun parantaminen on hyvin tärkeässä roolissa PLM-järjestelmissä. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 2)

Myös Karnielin & Reichin (2011) mukaan PLM-järjestelmän tärkein ominaisuus on sen kyky jakaa informaatiota yrityksen sisällä ja sen kumppaneiden kanssa. Tieto voi olla esimerkiksi suunnittelutietoa tai tietoa prosesseista. Näitä tietoja voidaan ennen kaikkea käyttää hyväksi NDP-prosessissa, eli uuden tuotteen kehittämisprosessissa. PLM-järjestelmälle voidaan tunnistaa kaksi eri ydintuotekalua, jotka ovat tuotetietojen hallinta ja prosessien hallinta. Näiden lisäksi järjestelmässä voi olla mahdollisuus datan visualisaatioon, systeemisuunnitteluun ja tiedon siirtämiseen eri työkalujen, kuten ERP (Enterprise Resource Planning)-, SCM (Supply Chain Management)-, CAD (Computer Assisted Design)- ja CRM (Customer Relationship Management)-järjestelmien välillä. (Karniel & Reich 2011, s. 3-4)

Tavoitteena tuotteen elinkaaren hallinnalla on saavuttaa yrityksen suurempi liiketoimintaprosessien tehokkuus, pienemmät tuotteen kokonaiskustannukset, suurempi markkinaosuus, sekä ennen kaikkea saada tuoteportfoliosta mahdollisimman suuret tulot kaikkien yrityksen tuotteiden elinkaarien ajalta, kuitenkin optimoiden myös asiakkaiden hyöty (Stark 2018, s. 13). Tuotteen elinkaaren hallinnan kokonaisuus sisältää siis laajasti katsottuna

kaikki tuotteen suoraan tuotteen valmistukseen liittyvät prosessit, mutta myös tukiprosessit; yrityksen kaikki toiminnot vaikuttavat kokonaiskustannuksiin, jotka puolestaan vaikuttavat yrityksen hinnoitteluun. Varsinkin kansainvälisessä liiketoiminnassa PLM-järjestelmän tuoma tehostunut tiedonkulku ja sitä kautta prosessien mahdollinen tehostuminen vaikuttavat yritykseen positiivisesti (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 24; Stark 2007, s. 116).

PLM-järjestelmät ovat Suomessa olleet tarkastelun alla jo pitkään ja niiden potentiaali yritysten toiminnassa on huomattu laajalti. Tästä kertoo muun muassa se, että PLM-järjestelmien käyttäjillä on oma asiantuntijaorganisaationsa, CAD/CAM-yhdistys (CCY), joka nimestään huolimatta on keskittynyt levittämään tietoisuutta myös PLM-järjestelmien ominaisuuksista. Yhdistys julkaisee myös tilastoja PLM-järjestelmien käytöstä ja palveluja tarjoavista yrityksistä. (CCY 2019) Seuraavissa osioissa käydään lävitse PLM-järjestelmän historiaa, tuotteen elinkaaren vaiheet ja sen jälkeen määritellään PLM-järjestelmän laajuus yrityksessä. Tämän jälkeen selvitetään PLM-järjestelmän moduulit ja yleiset osat, sekä käydään lävitse yhteyttä kestäväyyteen. Viimeisenä esitellään hieman yleisimpiä PLM-järjestelmään integroitavia tietojärjestelmiä.

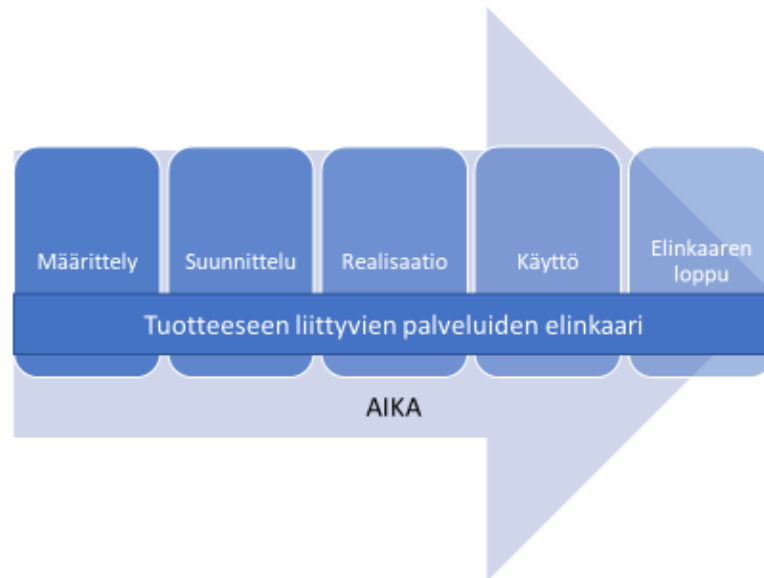
2.1 PLM-järjestelmän kehitys

Tuotteen ominaisuuksien ja tietojen hallinta on viimeisten vuosikymmenten aikana kasvattanut merkitystään voimakkaasti. Tämä perustuu siihen, että tuotteiden kompleksisuus on kasvanut hyvin suuressa määrin ja erilaisten tuotekonfiguraatioiden määrä on lisääntynyt. Tästä voidaan ottaa esimerkkinä traktori, joka on kehittynyt yksinkertaisesta maatalouskoneesta tietojärjestelmiä hyödyntäväksi koneeksi, johon voidaan valita erilaisia varusteita. Alkujaan tärkeänä tekijänä PLM-järjestelmien taustalla olivat tietokoneavusteiset suunnitteluohjelmistot (CAD), joiden yleistymisen myötä hallittavien tiedostojen määrä kasvoi merkittävästi. Tiedon hallinnasta alkoi tulla entistä kriittisempää yrityksen toiminnan kannalta, sillä hallitsemalla tehokkaasti suunnitelmia, pystytään hyödyntämään jo aiemmin luotuja suunnitelmia. PLM-konseptin taustalla on ennen kaikkea tuotetiedon- ja nimikkeiden hallinta (PDM) ja teknisten tietojen hallinta (EDM), johon kuuluvat muun muassa CAD-ohjelmistoilla tehdyt suunnittelutiedostot. Vaikka monessa yrityksessä saatetaankin käsittää PDM ja PLM samana asiana, on tärkeää, että PLM-järjestelmän ja PDM-järjestelmät käsitetään erillisinä

kokonaisuuksina; PLM-järjestelmä on PDM-järjestelmää syvempi käsite ja sitä voidaan käyttää kaikkia prosesseja ja koko organisaatiota ohjaavana kehyksenä. (Sääksvuori & Immonen 2002, s. 1-2).

2.2 Tuotteen elinkaari

Tässä osiossa keskitytään yrityksen näkökulmaan tuotteen elinkaaresta. Tuotteen elinkaari tarkoittaa sitä, että tuotteelle määritellään kaikki sen tilat määritelmästä tarpeesta tuotteen elinkaaren loppuun. Tuotteen elinkaarelle voidaan määritellä useita eri jakoja ja elinkaaren vaihteita on, määritelmästä riippuen, neljästä yhdeksään. Tuotteelle määritetään elinkaaren vaiheet, jotta voidaan paremmin ymmärtää tuotetta ja siihen liittyviä kestävyysvaikutuksia. Yleisin elinkaaren vaiheiden määrä teorioissa on viisi, johon kuuluu tarpeen määrittely, suunnittelu, realisaatio/implementointi, käyttö ja tukipalvelut ja elinkaaren loppuvaihe. (Qureshi et. al. 2014) Rachuri et. al. (2007) mukaan tuotteen elinkaari voidaan määritellä yhdeksään eri osaan: ajatusvaihe, suunnittelun organisointivaihe, käsitteellinen suunnittelu, yksityiskohtainen suunnittelu, suunnittelun arviointi, tuotanto, toimitusketju, tuotteen käyttö ja hävittäminen. Tässä työssä kuitenkin käsitellään vain viisi yleisintä tuotteen elinkaaren vaihetta. Tuotteen elinkaari on tärkeää määrittää, sillä siten voidaan hahmottaa, millaisia tietoja PLM-järjestelmän PDM-moduulin avulla käsitellään ja tallennetaan. Elinkaaren vaiheet käydään seuraavana lävitse ja niitä havainnollistetaan alla kuvassa 1.



Kuva 1. Elinkaarien vaiheet (Mukaillen Qureshi et. al. 2014)

Kirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että elinkaaren vaiheiden määrittelyt menevät eri lähteiden mukaan hieman eri tavoin. Kuitenkin jokaisesta määritelmästä löytyy seuraavat kolme elinkaaren vaihetta jollain tavalla: elinkaaren alku, elinkaaren keskivaihe ja elinkaaren loppu. Näiden vaiheiden sisällä olevat osiot sisältävät erilaisia toimintoja, jotka eri määritelmien mukaan menevät osittain päällekkäin. Yrityksellä on yleensä suuri määrä eri tuotteita, jotka voivat olla eri vaiheissa omaa elinkaartaan. Tämä tuo haasteita tuotteiden elinkaaren hallintaan, mikäli järjestelmät eivät kommunikoi toistensa kanssa. Tuotteen elinkaaren mallinnuksessa on hyvä ottaa huomioon myös kestävyysnäkökulmat. Tuotteen elinkaaren määrittelyssä tulee myös miettiä elinkaaren eri vaiheissa olevat tukipalvelut, joilla yritys pystyy tuomaan itselleen lisää kassavirtaa (Qureshi 2014; Sääksvuori & Immonen 2008, s. 202-203)

2.2.1 Määrittely

Elinkaaren alussa määritellään asiakkaan todellinen tarve. Tässä vaiheessa tehdään ideointia siitä, millaisia ominaisuuksia asiakkaat tarvitsevat ja miten yritys pystyy ne tuottamaan. Tuotteen rakennetta pyritään hahmottelemaan muun muassa aivoriihi-tekniikan (brainstorming) avulla ja myös määritetään, mitä toimintoja tuotteella on. Tuotteen määrittelyvaiheessa voidaan käyttää myös esimerkiksi TRIZ-menetelmää lisäämään suunnittelijoiden innovointikykyä. Riippuen asiakaskunnasta ja yrityksen ydintoiminnan luonteesta määritellään myös asiakassegmentit, jakelukanavat, erilaiset tuotekonfiguraatiot ja käytettävä tuotantotekniikka. Yritys pyrkii tässä vaiheessa selventämään, pystyykö se luomaan kassavirtaa hahmotellulla tuotteella ja kannattaako sen panostaa tuotteen tarkempaan suunnitteluun. Ennen realisaatiovaihetta tapahtuvat toiminnot eivät lähtökohtaisesti tuota yritykselle kassavirtoja, joten on yrityksen etujen mukaista tehdä näistä toiminnoista mahdollisimman tehokkaita (Parhiala et. al. 2014, s. 11). (Stark 2005, s.17-22, Sääksvuori & Immonen 2008, s. 201-202)

Tarpeen määrittely ja alustava suunnittelu ovat tärkeitä toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti, sillä niiden pohjalta lähdetään tekemään tarkempia suunnitelmia. Tuotteen ominaisuuksien hioutuminen tapahtuu yleensä suunnitteluvaiheen aikana, joten muutosten hallinnan voidaan nähdä olevan tärkeässä roolissa. Tuotteelle määritetään tässä vaiheessa myös elinkaaren aikaisten palveluiden pohja; selvitetään mahdolliset palvelukonseptit, arvioidaan elinkaaren pituus, määritetään mahdolliset jälkimarkkinat ja asetetaan alustavat palvelun laadun ja tehokkuuden tavoitteet. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 203)

2.2.2 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe toteutetaan määrittelyvaiheessa hyväksi katsotun rakenteen mukaisesti; tuotteella on jokin selkeä funktio ja sen rakenne on ylimalkaisesti hahmoteltu. Tuotesuunnittelussa tehdään tarkat suunnitelmat muun muassa kulurakenteesta ja kehitettävän tuotteen tavoiteaikataulusta. Markkinoista tehdään analyysi; paljonko markkinoilla on kysyntää suunnitellulle tuotteelle. Suunnitteluvaiheen aikana on myös tärkeä laskea arvioita tuotteen kalkyyleita erilaisilla raaka-ainehinnoilla, jotta päästään käsitykseen taloudellisista riskeistä.

Aikataulutus markkinoille viemiseksi myös lyödään lukkoon tässä vaiheessa. Suunnitteluvaiheessa tehdään myös riskikartoitus. Tässä tuotteen elinkaaren vaiheessa tehdään tarkemmat suunnitelmat tuotteelle tarkoitetuista palvelukonsepteista, palveluverkoston laajuudesta ja palvelukanavista. Tämän vaiheen jälkeen yrityksellä on valmius lähteä myymään ja markkinoimaan tuotettaan. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 202-203)

Määrittely- ja suunnitteluvaiheissa voidaan kaikista tehokkaimmin vaikuttaa tuotteen sosiaaliseen, ekologiseen ja taloudelliseen kestävyYTEEN. Kestävyysnäkökulma tulee integroida tuotteeseen liittyvään päätöksentekoon kiinteästi ja ottaa huomioon kestävyys kokonaisvaltaisesti. Starkin (2007) mukaan suunnittelussa voidaan soveltaa elinkaarisuunnittelun periaatteita, joissa minimoidaan ympäristöön kohdistuvat päästöt ja kierrätyksestä johtuvat kulut sekä optimoidaan resurssien käyttö ja kokoonpanoprosessi. Buchertin et. al. (2017) kehittämän mallin mukaan kestävyysnäkökulma voidaan kolmiportaisen mallin mukaan jakaa suunnitteluvaiheessa seuraaviin osiin: suunnittelun kestävät tavoitteet, tuotesysteemin rajoitteet ja tarkat osakohtaiset suunnitelmat. Kun kestävyys otetaan huomioon Buchertin mallin mukaisesti koko suunnitteluprosessissa ja käytetään lisänä elinkaarisuunnittelua, voidaan päästä varsin hyvään lopputulokseen kestävyuden kannalta.

2.2.3 Realisaatio

Tuotteen realisaatio tarkoittaa sitä, että tuote siirtyy suunnittelupöydältä prototyypitasolle ja lopulta siihen pisteeseen, että se on valmis asiakkaalle. Tuotteen realisaatiovaiheessa tuotteesta on olemassa tarkka osaluettelo kustannuksineen erilaisilla tuotekonfiguraatioilla. Tässä vaiheessa tehdään toimitussuunnittelu tuotteesta ja tämän vuoksi myös tuotannon aikataulut tulee lyödä lukkoon. Realisaatiovaiheessa on tärkeää myös miettiä, mitä toimintoja yritys tekee itse ja mitä taas ulkoistaa; esimerkiksi markkinointi voidaan toteuttaa yrityksen omasta toimesta, mutta joissain tapauksissa henkilökunnan kyvykkyys voi olla joillain toisella osaluella ja täten kannattaa käyttää alihankkijaa. Tässä elinkaaren vaiheessa tuote on valmis lähetettäväksi asiakkaan käyttöön. Tämän vuoksi myös palveluverkoston tulee olla valmiina. Tulee tehdä yksityiskohtaiset suunnitelmat palvelun tuottamisesta, hinnoista ja palveluiden kuvaukset. Palveluverkosto otetaan käyttöön ja on tehty päätökset palveluiden jakelutavoista; asiakkaat voivat saada palvelua esimerkiksi ulkopuolisen verkoston kautta, joka on erikoistunut

tuotteeseen, tai vaikkapa itsepalveluportaalin kautta. (Stark 2005, s. 17-20; Sääksvuori & Immonen 2008, s. 201-203)

2.2.4 Käyttö

Käyttövaiheessa tuote on asiakkaan hallinnassa ja käytettävänä. Yrityksen kannalta on olennaista, että se pystyisi tuottamaan mahdollisimman paljon asiakkaalle olennaisia tukipalveluita. Käyttövaiheessa saattaa yritykselle tulla myös mahdollisia korjattavia tuotteita valmistusvirheiden vuoksi. Myös erilaisten päivitysten tarjoaminen tuotteessa oleviin ohjelmistoihin on otettava huomioon, sekä tuotteesta kerätään tietoja sen käytöstä. Kerätyillä tiedoilla pystytään suunnittelemaan yrityksen valmistamista tuotteista paremmin asiakkaan tarpeita vastaava. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 202-203) Käyttövaiheessa kestävyys voi olla mukana esimerkiksi käytöstä tulevana energian kulutuksena sekä huollon helppoutena; mitä paremmin tuotetta voidaan huoltaa, sitä parempi sitä on käyttää pitkään.

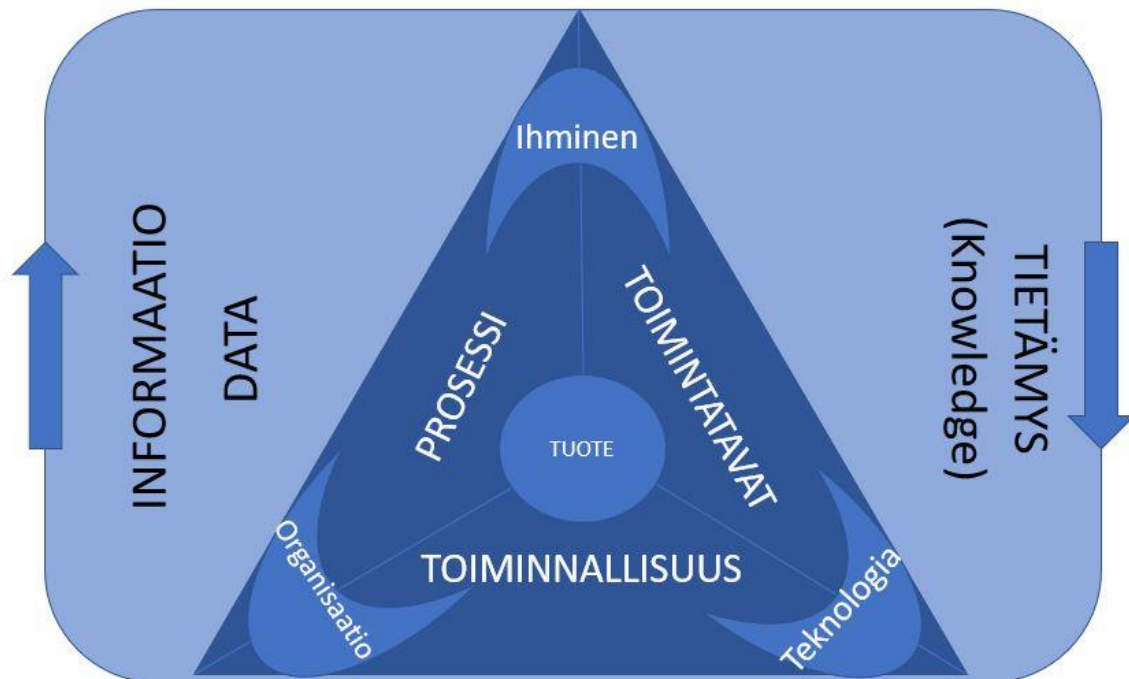
2.2.5 Elinkaaren loppuvaihe

Tuotteen elinkaaren lopussa sen käyttö asiakkaalla loppuu ja se siirtyy seuraavaan vaiheeseen, joka voi olla esimerkiksi kierrätys, purku, romuttaminen tai kunnostaminen. Yritys on myös suunnannut kiinnostuksensa jo ennen elinkaaren loppumista uusiin tuotteisiin. Elinkaaren loppuvaihe on tärkeä monella eri tavalla. Huonoimmassa tapauksessa tuote menee kaatopaikalle ja kaikki tuotteeseen käytetyt raaka-aineet menevät kaatopaikalle, jolloin niitä ei voida enää käyttää uudelleen. Tuote saattaa myös tuottaa ympäristölle haitallisia jätteitä, joiden käsittely voi aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Elinkaaren loppuvaihe voi olla joillain tuotteilla hyvinkin pitkä ja yrityksellä saattaa olla esimerkiksi huoltotoimintoja vuosikymmeniä vanhoille laitteille, mikäli ne ovat katsoneet sen kannattavaksi. Jossain vaiheessa elinkaari kuitenkin loppuu, kun tuote menee rikki tai asiakas ei sitä enää halua käyttää esimerkiksi tehottomuuden takia. (Stark 2011, s. 1; Sääksvuori & Immonen 2008, s. 195-196)

2.3 PLM-järjestelmän laajuus yrityksessä

Jotta PLM-järjestelmää voidaan ymmärtää täysin, on tärkeää myös määritellä, millä tavoin se vaikuttaa yrityksen strategiaan ja mitkä tahot altistuvat PLM-järjestelmän tuomalle muutokselle. PLM-järjestelmä voidaan jakaa kolmeen osallistuvaan elementtiin, jotka ovat organisaatio, ihminen ja teknologia. Tämän lisäksi PLM näkyy yrityksen arjessa kolmella eri tavalla: prosesseissa, työskentelymenetelmissä sekä teknologian tuomina toiminnallisuuksina. PLM-järjestelmän ytimessä on tieto, data ja henkilökohtainen tietous. (Venghaus & Stark 2018)

PLM-järjestelmää kuvataan kokonaisuutena alla olevassa kuvassa 2.



Kuva 2. PLM-järjestelmä kokonaisuutena (Pohjautuu Venghaus & Stark 2018)

Kuvassa 2 voidaan havaita, että PLM-järjestelmä koostuu useasta eri osasta ja jäsenestä, ja varsinkin haluttaessa saavuttaa PLM-järjestelmän edut täysimääräisenä, tulee keskittyä siihen, että osapuolet toimivat yhteen. Seuraavana perehdytään PLM-järjestelmän osapuoliin tarkemmin.

Tuotteen elinkaaren hallinnassa voidaan strategista viitekehikseen kytköksissä olevat osat jakaa kolmeen osaan, jotka ovat osallistujat, toiminnot ja tieto. Osallistujia on tässä määritelmässä kolmella tasolla, organisaatiotasolla, yksittäisen ihmisen tasolla sekä käytössä olevana teknologiana. Organisaatiolla on tärkeä rooli PLM-järjestelmässä, sillä organisaatiotasolla tehdään päätökset esimerkiksi yleisistä strategisista tavoitteista, tehdään

päätökset ja tehdään tavoitteiden asetanta. Organisaation koko, tyyppi ja muun muassa organisaatiokulttuuri vaikuttavat siihen, kuinka PLM-järjestelmää kyseisessä yrityksessä toimii. (Venghaus & Stark 2018, s. 673-675) Voidaan ajatella, että esimerkiksi yrityksen muutosvastarinta saattaa vaikeuttaa PLM-järjestelmän käyttöä, sillä työnkulku saattaa järjestelmän myötä hieman muuttua, ja laajassa organisaatiossa on puolestaan hyvin suuri määrä dataa ja kansainvälisyyden kautta esimerkiksi nimikkeiden identifiointi tulee haastavammaksi.

Ihminen, eli yrityksen henkilöstö yksilötasolla määrittää sen, kuinka PLM-järjestelmä osataan ottaa käytäntöön. Tuotteen elinkaaren hallinnan IT-järjestelmät vaativat työntekijöiltä tietoteknisiä taitoja; IT-järjestelmä kannattaa rakentaa mahdollisimman tehokkaasti, jotta tietotyötä tekevät voivat toimia parhaalla mahdollisella tehokkuudella. (Venghaus & Stark 2018, s. 673-675) PLM-järjestelmän käytettävyyden aiheuttaa monessa tapauksessa haasteita yrityksille, ja olisikin tärkeää kiinnittää hankintavaiheessa siihen huomiota, että järjestelmä vastaa esimerkiksi aiempia tietojärjestelmiä käytettävyydeltään.

Teknologia käsittää tässä viitekehyksessä kaikki sovellukset, ohjelmistot ja tietojärjestelmät, jotka PLM-järjestelmään liittyvät. Monessa tapauksessa on vain yksi PLM-järjestelmä, mutta niitä voi olla myös useampia. PLM-ohjelmistolla pyritään hallitsemaan kaikkea yrityksessä olevaa IT-infrastruktuuria ja niissä olevia tietoja. (Venghaus & Stark 2018, s. 673-675) Organisaatio koostuu yksittäisistä työntekijöistä ja käytettävästä teknologiasta, yksilö on osa organisaatiota ja käyttää teknologiaa, sekä teknologia tarjoaa toimintoja organisaatiolle ja on kuitenkin yksittäisen työntekijän käytettävänä.

Prosessi käsittää tuotteen elinkaaren hallinnassa esimerkiksi liiketoimintaprosessit tai tuoteprosessit. Prosessi voidaan käsittää yrityksen dynaamiseksi toiminnaksi, joka koostuu yrityksen työntekijöiden muuttuvasta panoksesta. Tämän vuoksi prosessi käsitetään organisaation ja ihmisten väliseksi toiminnaksi. (Venghaus & Stark 2018, s. 674-675) PLM-järjestelmän kontekstissa liiketoimintaprosessit käsitetään vahvasti tuotteeseen liittyviksi; liiketoimintaprosesseja ovat tässä yhteydessä muun muassa uuden tuotteen kehittäminen, teknisten muutosten hallintaprosessit ja tuoteportfolion hallintaprosessit. (Stark 2018, s. 25)

Metodi, eli toimintatapa, tarkoittaa yhtenäistä, järjestelmällistä lähestymistapaa jotakin tiettyä tehtävää kohtaan. (Merriam-Webster, 2019) Tuotteen elinkaaren hallinnan kontekstissa menetelmät tarkoittavat tuotteeseen ja sen elinkaaren liittyviä työkaluja, työskentelytekniikoita ja muita välineitä, joilla tuetaan elinkaaren liittyvän tiedon hallintaa. Menetelmät määritellään ihmisten ja teknologian väliseksi toiminnaksi. (Venghaus & Stark 2018, s. 675) Esimerkkejä tuotteen elinkaaren hallinnassa käytettävistä metodeista ovat muun muassa Design For Six Sigma (DFSS) ja avoin innovaatio. (Stark 2018, s. 20)

Toiminnallisuus tarkoittaa PLM-järjestelmän toimintoja yrityksessä. Organisaatiot implementoivat PLM-järjestelmän omien tarpeidensa mukaan; prosessien kartoituksessa voidaan käyttää hyväksi PLM-järjestelmän antamaa teknologista viittekehystä. Toisin sanoen, yritykset voivat muodostaa omista prosesseistaan mahdollisesta tehokkaampia PLM-järjestelmän tarjoamien toiminnallisuuksien avulla. (Venghaus & Stark 2018, s. 675) PLM-järjestelmän toiminnot ovat muun muassa muutoksen hallinta, konfiguraatioiden hallinta, tehtävien hallinta, nimikkeiden hallinta ja tuoterakenteen hallinta (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 15-16).

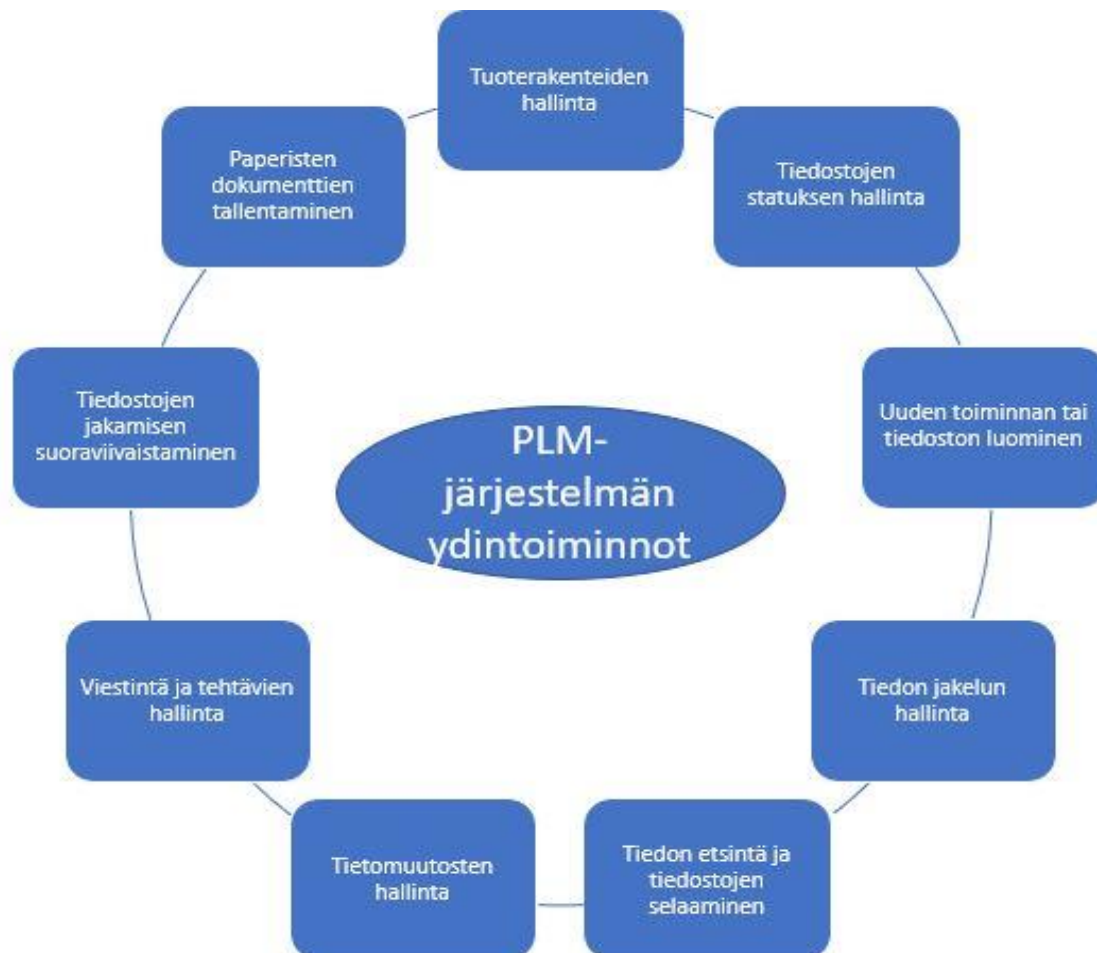
Data, informaatio ja tietämys ovat tärkeässä asemassa PLM-järjestelmässä. Raakaa dataa saadaan esimerkiksi PLM-järjestelmän tuotetiedon hallinnan työkalusta. Dataa ja informaatiota tulee tuotteen elinkaaren koko ajalta ja tuotteesta kertyy esimerkiksi tietoja tuotekehityksestä, käyttötietoja ja kierrättämisestä. (Stark 2018, s. 7-8) PLM-järjestelmän avulla yksilökohtainen tietämys voidaan saattaa muiden työntekijöiden tietoon ja tällä tavoin saavuttaa hyötyä esimerkiksi työntekijöiden tehokkuuteen liittyen, kun saadaan parhaat työskentelytavat kaikkien käyttöön. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 100-101)

2.4 PLM-järjestelmän osat

Strategisen näkökulman lisäksi PLM-järjestelmää voidaan käsitellä myös sen sisältämien tietoteknisten toimintojen kautta. Nämä tiedot yhdistämällä Internetin mahdollistama tiedonsiirto on PLM-järjestelmänkin ytimessä, sillä sitä ilman tietoa ei voisi käsitellä globaalissa ympäristössä läheskään niin nopeasti. PLM-järjestelmä koostuu monesta eri osasta ja sen tärkein rooli onkin olla yhdistävä tekijä eri toimintojen ja järjestelmien välillä; tästä

esimerkki voi olla vaikkapa CAD-järjestelmä ja tuotanto, joiden välillä tiedon tulee kulkea ajallaan ja tiedon tulee olla täsmälleen oikeaa, sillä muuten tuotannossa tehdään väärää tuotetta. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 39). IT-järjestelmät ovat hyvin tärkeässä osassa PLM-järjestelmää, sillä niiden avulla tieto saadaan jaettua esimerkiksi ympäri maailmaa sijaitsevien toimipisteiden välillä hyvin nopeasti.

PLM-järjestelmä koostuu osista, jotka puolestaan muodostavat käyttäjän käytettävissä olevia toimintoja. Sääksvuoren & Immosen (2008, s. 15) mukaan PLM-järjestelmä koostuu viidestä toimintokokonaisuudesta, sekä tiedostojen tallennustilasta. Viisi toimintokokonaisuutta ovat dokumenttien hallinta, muutoksen hallinta, rakenteiden hallinta, nimikkeiden hallinta ja konfiguraatioiden hallinta. Xu et. al (2006) asettavat kuitenkin PLM-järjestelmän ominaisuuksille myös muita vaatimuksia, kuten laadun hallinta ja suunnitelmien hallinta. PLM IT-järjestelmän osat muodostavat edellä mainitun ominaisuuksien kokoelman käytännön toteutuksen. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 28)



Kuva 3. PLM-järjestelmän ydintoiminnot (Pohjautuu Sääksvuori & Immonen 2008, s. 28-38)

PLM-järjestelmä koostuu useasta eri osasta, jotka toimivat pohjana järjestelmän tarjoamille toimintamoduuleille. Osia on yhdeksän, joiden kaikkien tarkoitus on parantaa tiedon kulkua ja pitää prosessit mahdollisimman tiukasti hallinnassa. Näitä ydinosa havainnollistetaan yllä olevassa kuvassa 3. Nämä osat käydään lävitse seuraavana tarkemmin, sillä niillä on suuri merkitys esimerkiksi PLM-järjestelmän ja liiketoimintaprosessien yhteyksien tunnistamisessa. Tuoterakenteiden hallinta toimii pohjana esimerkiksi suunnittelutiedostoiden luokittelulle järjestelmässä, tiedostomuutosten hallinnalle, versiohallinnalle sekä konfiguraatiohallinnalle. Tuoterakenteen hallinta myös mahdollistaa esimerkiksi erilaiset määrittelytavat tuotteen rakenteelle riippuen yrityksen osastosta ja tällä tavoin voidaan jokaisella osastolla keskittyä omaan näkökulmaan tuotteesta. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 30-32)

Tiedostojen statuksen hallinnan avulla voidaan varmistua siitä, että tiedostoiden päivittäminen, esimerkiksi suunnittelijan toimesta, tapahtuu koko PLM-järjestelmän sisällä automaattisesti suunnittelijan niin halutessa. Status kertoo, mikä on tiedoston tila, esim. hyväksytty, luonnos tai jaettu. Suksen hallinta myös tallentaa tehdyt muutokset tiedostoon, pitää yllä tietoa muokkaajista ja siitä, milloin muokkauksia on tehty. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 15, 28)

PLM-järjestelmässä käyttäjät pystyvät tekemään toimintoja tai tiedostoja, esimerkiksi tuotteen uusia osia koskevia CAD-piirustuksia, joiden eteneminen vaatii hyväksynnän ylemmältä taholta. PLM-järjestelmä mahdollistaa tämän uuden tiedoston siirtämisen suoraan hyväksynnän jälkeen seuraavaan vaiheeseen työnkulussa. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 28)

Tiedon jakelun hallinta on tärkeä osa PLM-järjestelmää, sillä oikea-aikainen tiedon välittäminen oikeaan työnkulun vaiheeseen parantaa työnkulun dynaamisuutta. Järjestelmän sisäänrakennettu tuoterakenteen hallinta mahdollistaa käyttäjälle yksittäisen tiedoston roolin hahmottamisen tehokkaammin tiedon jakelussa. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 28-29)

Tietojen etsintä on eräs tärkeimmistä PLM-järjestelmän funktioista, sillä se lisää merkittävästi tiedon uudelleen käyttämisen mahdollisuutta. Esimerkiksi suunnittelutyössä on äärimmäisen hyödyllistä, jos tuotesuunnittelijat voivat käyttää apunaan tai työnsä pohjana aiemmin tehtyjä CAD-tiedostoja tai laskelmia. Järjestelmä sisältää erilaisia hakukriteereitä, jotka määräytyvät yrityksen määrittelemien tuotetietojen mukaan. Jotta vaaditut tiedot löytyvät mahdollisimman

tehokkaasti, tulee tietojen tallennusvaiheessa kiinnittää huomiota siihen, että nimeäminen ja muu identifiointi tapahtuu PLM-järjestelmän edellyttämällä tavalla, siis yhdenmukaisesti. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 29-30)

Tietomuutosten hallinta mahdollistaa sen, että yritys pystyy koordinoitusti ja nopeasti vaihtamaan esimerkiksi vääränlaisen tuoterakenteen korjattuun. Tämä ominaisuus antaa myös esimerkiksi asiakkaalle tai alihankkijalle mahdollisuuden lähettää tuotteen omistajalle ehdotuksen tuotteen osan muuttamisesta. Tietomuutosten hallinnassa olennainen konsepti on teknisen muutoksen pyyntö (Engineering change request, ECR), joka tarkoittaa asiakkaan tai muun tahon tekemää perusteltua pyyntöä muuttaa tuotteen ominaisuuksia tietyllä tavalla (Bhuiyan & Thomson 2006). PLM-järjestelmässä kyseisen tuotteen omistava yrityksen tuotepäällikkö pystyy hyväksymään kyseisen ehdotuksen. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 32-34)

PLM-järjestelmän eräs tärkeimmistä ominaisuuksista on viestinnän mahdollistaminen ja tehtävien asettaminen työntekijöille. Tämän tarkoitus on mahdollistaa rinnakkaissuunnittelu. Rinnakkaissuunnittelu tarkoittaa sitä, että suunnittelutyötä voidaan tehdä tuotekehityksessä monella eri suunnitteluosastolla yhtä aikaa; rinnakkaissuunnittelulla voidaan saavuttaa parempi tehokkuus, kun eri osastojen suunnittelijat kommunikoivat läpi kehitysprosessin (Levy 2018, s.13). Järjestelmän automatiikka vastaa siitä, että järjestelmässä tehdyt tietojen muutokset ja tehtävien asetannat saavuttavat oikeat henkilöt. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 35)

Tiedostojen jakaminen ja tarvittaessa tiedostotyyppin muuttaminen helpottavat organisaatiossa tiedostojen selaamista. Suunnittelijoita ja muita tiedostojen selaajia saattaa olla useita ja oikean tiedoston löytäminen oikeasta järjestelmästä saattaa olla työlästä. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että tiedosto on LAN-verkossa, johon käyttäjällä ei juuri sillä hetkellä ole pääsyä. Tiedostotyyppin muuttaminen liittyy yleensä erilaisten CAD- tai CAM-suunnitteluohjelmistojen käyttämiin erilaisiin tiedostomuotoihin, jotka PLM-järjestelmässä muutetaan järjestelmän määrittelyn mukaisiksi. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 35)

Viimeinen läpikäytävistä ominaisuuksista on paperisten dokumenttien digitointi. Yrityksillä on paljon paperisia dokumentteja, joiden arkistointi on tärkeää; kaikkia karkeita luonnoksia ei

välttämättä tehdä tietotekniikan avulla, vaan saatetaan käyttää kynää ja paperia. PLM-järjestelmä mahdollistaa sen, että näiden paperidokumenttien digitointi pystytään tekemään hallinnoidusti tietojärjestelmään, mikä helpottaa tiedostojen jakelua ja kontrolloimista. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 36)

2.5 PLM-järjestelmä ja kestävyys

Kirjallisuudessa PLM-järjestelmistä ja kestävydestä puhutaan hyvin usein samassa yhteydessä. Tässä kappaleessa käsitellään yleisellä tasolla sitä, voiko PLM-järjestelmillä olla mahdollisuuksia parantaa yrityksen kestävyttä. Lähtökohdaksi tälle pohdinnalle voidaan ottaa se, että PLM-järjestelmiä tuskin olisi, mikäli kestävyysnäkökulmat eivät olisi merkittävästi lisääntyneet 2000-alussa. (Stark 2018, s. 9-11) PLM-järjestelmään liittyy kestävyys myös siten, että Stark (2007, s. 130) mainitsee erääksi PLM-järjestelmän ydintoiminnoista ympäristön, terveyden ja turvallisuuden hallinnan, johon kuuluu esimerkiksi ISO-standardien huomioon ottaminen tuotekehityksessä ja tuotteen käytössä. Stark (2007, s. 120-121) mainitsee PLM-järjestelmän tärkeimmiksi eduiksi taloudellisen tehokkuuden kehittymisen, ajankäytön tehostumisen, laadun parantumisen ja liiketoiminnan yleisen parantumisen. Liiketoiminnan parantuminen tarkoittaa tässä yhteydessä tehokkaampaa innovointia, tuotteen parempaa jäljitettävyyttä ja osien uudelleen käytön lisääntymistä. Voidaan havaita, että mainituilla asioilla on tiukka kytkös kestävyteen; yrityksen näkökulmasta esimerkiksi laadun parantamisen voidaan katsoa lisäävän asiakkaan saamaa arvoa tuotteesta, mikä puolestaan lisää hänen hyvinvointiaan.

Gmelinin ja Seuringin (2014) mukaan PLM-järjestelmä ja elinkaaren hallinta (LCM) sekä niiden yhteistyö ovat tärkeässä osassa kehitettäessä uusia, kestävä kehityksen mukaisia tuotteita. Näiden lisäksi mallissa esitetään, että yhtiö kokee sekä sisäistä, että ulkoista painetta kehittää kestäviä tuotteita. Kestävällä tuotteella tarkoitetaan ennen kaikkea ekologisesti kestävä tuotetta, sillä Gmelin ja Seuring mainitsevat, että sosiaalinen kestävyys on vaikea ottaa huomioon sekä PLM-järjestelmässä, että elinkaaren hallinnan työkaluilla. Mallissa PLM-järjestelmän tehtävä on Gmelinin ja Seuringin mukaan tuottaa alusta, jolla yritys pystyy hyödyntämään ja jakamaan yrityksen teknistä osaamista, sekä antaa tuotteen kehittäjätiimille mahdollisuus tehdä mahdollisimman paljon yhteistyötä. Mallista kuitenkin mainitaan, että sen

toimintaa käytännön ympäristössä ei voida taata johtuen puuttuvista tuloksista. (Gmelin & Seuring 2014)

2.6 Integroitavat järjestelmät

PLM-järjestelmä toimii yleensä usean muun tietojärjestelmän ohella ja PLM-järjestelmien kehittymisen taustalla onkin ollut esimerkiksi CAD-suunnittelutiedostojen hallinta ja tuotetietojen hallinta (PDM). PLM-järjestelmän toiminta keskittyy vahvasti tuoteprosessien kokonaisvaltaiseen hallintaan, joten on tarpeellista integroida tuoteprosessien hallintaan liittyvät järjestelmät PLM-tietojärjestelmään. PLM-järjestelmään integroidaan yleensä useita eri järjestelmiä, joista tärkeimmät ovat ERP-, CAD-, CRM- ja SCM-järjestelmät. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 1-2, 53-55)

Integroitavat järjestelmät toimivat rinnakkain PLM-järjestelmän kanssa. Jotta PLM-järjestelmä saadaan toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja siitä saatava hyöty on maksimaalinen, tulee jokaisen tietojärjestelmän omistaja olla hyvin määriteltynä. (Sääksvuori & Immonen 2008, s.65) PLM-järjestelmän keskiössä on tiedon siirron tehostaminen ja integroimalla järjestelmät saadaan eri liiketoiminnoista tuleva tieto yhteen paikkaan, mikä voi tehostaa liiketoimintoja. PLM-järjestelmän kautta voidaan saavuttaa hyötyjä, jotka parhaimmillaan avaavat uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja joiden avulla voidaan luoda lisäarvoa sekä asiakkaalle että yrityksen sisäisille prosesseille. Esimerkkinä tästä voidaan ottaa digitaalinen kaksonen, jota käsitellään tarkemmin luvun 4.4 alussa.

3 KESTÄVYYS LIKETOIMINNASSA

Kestävyys voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen, jotka ovat ekologinen kestävyys, sosiaalinen kestävyys ja taloudellinen kestävyys (Thiele 2013, s. 5). Kestävyys liittyy kiinteästi nykypäivän liiketoimintaan, sillä yritykset nähdään kiinteänä osana yhteiskuntaa ja myös panos yhteiskunnan kehittämiseen on merkittävä, niin taloudellisesti, kuin sosiaalisestikin. Esimerkiksi yritysten maksamat verot ja niiden tuomat työpaikat lisäävät ihmisten hyvinvointia. Kestävyys tarkoittaa yrityksen näkökulmasta sitä, että toiminta on paitsi taloudellisesti kannattavaa, niin myös ympäristöä ja sosiaalista kehitystä hyödyttävää. (Munier 2005, s. 10)

Thielen (2013 s. 143) mukaan aiemmin on ajateltu, että kestävyys soti taloudellista kannattavuutta vastaan, mutta tämä on nykyään kääntynyt toisinpäin; monille yrityksille on suorastaan elinehto, että niiden liiketoiminta on kestävä. Tämä on varsin todenmukainen näkemys, vaikkakin voidaan todeta, että osakeyhtiön pääasiallisiin tavoitteisiin ei kuulu kestävyys, vain ainoastaan voiton maksimoiminen, joka voi lieveilmiönä aiheuttaa esimerkiksi työntekijöiden riistoa tai ympäristön tuhoutumista. Kuitenkin niin sanottu vihreä talous mahdollistaa nykyään yrityksille sen, että ne pystyvät hyödyntämään kestävyyttä osana liiketoimintaansa ja saavuttamaan sillä myös kilpailuetua. Osaltaan tämän kilpailuedun muodostuminen on johtunut lainsäädännön tiukentumisesta monella eri osa-alueella, mutta myös resurssitehokkuudesta; resursseja säästämällä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. (Portney 2016, s. 114) Myös Hussainin et. al. (2018) tekemän tutkimuksen mukaan yritykset hyötyvät siitä, jos ne ottavat osaksi strategiaansa kestävä kehityksen. Toiminnan läpinäkyvyyttä tärkeämpänä asiana pidetään sitä, että yhtiö toimii läpikotaisin vastuullisesti.

Tämä tarkoittaa sitä, että käytännön liiketoimintaprosessit ovat kestävä kehityksen mukaisia. Suomessa on yhteiskunta- ja yritys vastuun neuvottelukunta, jonka tehtävänä on valvoa yhteiskuntavastuun toteutumista (TEM 2019). Yhteiskunnan taholta voidaan siis ymmärtää tulevan painetta siihen suuntaan, että yritykset tekevät oman osansa yhteiskunnan hyväksi. Tämän voidaan katsoa vaikuttavan yrityksen toimintaan ennen kaikkea sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta. Myös yritysten asiakkaat voivat aiheuttaa painetta kestävä toiminnan kehittämiseen. Asiakkaat voivat nykyään hyvin helposti saada tietoa, mikäli yritys esimerkiksi rikkoo ihmisoikeuksia alihankintaketjussaan tai riistää jonkin alueen luonnonvaroja

kestämättömästi. Mikäli asiakkaat saavat tietoa yrityksen kyseenalaisesta toiminnasta, voivat he hyvin helposti lopettaa tuotteen tai palvelun käytön ja ostaa tarvitsemansa toiselta yritykseltä. Asiakkaiden väheneminen puolestaan näkyy yrityksen liikevaihdossa heikentävästi, joten läpinäkyvä toiminta ja kestävät toimintatavat ovat tärkeitä yrityksen liiketoiminnan kehittymisen kannalta. Toiminnan kestävyys on tärkeää myös B2B-kaupankäynnissä, sillä myös monet yritykset saattavat boikotoida vastuuttomien yritysten tuottamia palveluita omassa alihankinnassaan.

Kestävyyttä voidaan tulkita kahdesta eri näkökulmasta. Näitä ennen kaikkea tavoitteiden asetantaan vaikuttavia näkökulmia kutsutaan heikoksi kestävyudeksi ja vahvaksi kestävyudeksi. Heikko kestävyys tarkoittaa sitä, että raaka-aineiden käyttäminen ja siitä saatava hyöty ihmisille voidaan katsoa kestävyyttä lisääväksi. Toisin sanoen raaka-aineet ovat maapallolla osittain ihmisten hyvinvoinnin lisäämistä varten. Vahva kestävyys tarkoittaa sitä, että raaka-aineet ja luonnonvarat käsitetään myös esimerkiksi luonnon biodiversiteettiä lisäävänä aineksena, jota tuhlaamalla ei voida saavuttaa inhimillistä hyötyä, toisin sanoen sosiaalista kestävyyttä. (Munier 2005, s. 1, 15) Tässä työssä käsitellään ennen kaikkea vahvaan kestävyteen painottuvan näkökulman kautta, sillä sitä kautta voidaan selkeämmin tarkastella raaka-aineiden kulutuksen vaikutuksia. Kestävyuden kolmea osa-aluetta käsitellään seuraavana tarkemmin, jotta voidaan hahmottaa, millaisia seikkoja PLM-järjestelmällä mahdollisesti voitaisiin parantaa.

3.1 Sosiaalinen kestävyys

Sosiaalinen kestävyys keskittyy nimensä mukaisesti ihmiseen ja ihmisten muodostamien yhteisöjen hyvinvointiin. Yrityksen näkökulmasta sosiaalinen kestävyys liittyy yleensä yrityksen omien työntekijöiden ja arvoketjun muiden osien, esim. alihankkijoiden tai raaka-ainetoimittajien työntekijöiden työskentelyoloihin. Myös asiakkaat ovat osana yrityksen sosiaalisen kestävyuden vaikutusalueita. Sosiaalista kestävyyttä yritys voi esimerkiksi lisätä myös vaikuttamalla paikallisten yhteisöiden toimintaan lahjoituksin, antamalla työntekijöille mahdollisuus kouluttautua, huolehtimalla työntekijöiden työturvallisuudesta ja tekemällä asiakkaille turvallisia tuotteita. (UN 2019a; Galbreath 2011, s. 97-98) Starkin & Lindowin (2017) tarkastelevat kestävyyttä eri osa-alueille luodun arvon kautta ja heidän mukaansa

pääasialliset yhteisölle arvoa tuovat tekijät ovat tuotteiden tuoma arvo käyttäjälle sekä kohonnut elintaso.

3.2 Ekologinen kestävyys

Ekologinen kestävyys keskittyy käsittelemään yrityksen toimintaa osana luonnonympäristöä ja ekosysteemejä. Tarkoituksena on minimoida yrityksen aiheuttama kontribuutio luonnonympäristöön ja käyttää mahdollisimman vähän luonnonvaroja. Ekologista kestävyyttä määriteltäessä asiaan liittyy monesti sukupolvien välinen resurssien riittävyys; luonnosta saatavia raaka-aineita ei tule käyttää siten, että ne loppuvat ajan mittaan (Thiele 2013, s. 13-14). Yrityksmaailmassa merkittävimmät ympäristöön liittyvät vaikutukset ovat energian ja materiaalien käytöstä, sekä kasvihuonekaasujen tuottamisesta johtuvia. Myös energiatehokkuuden lisääminen ja toiminnan ympäristöriskianalyysit ovat yrityksen mahdollisuuksia lisätä ekologista kestävyyttä. (Stark & Lindow, 2017, Galbreath 2011, s. 97-98)

3.3 Taloudellinen kestävyys

Taloudellinen kestävyys on yrityksen olemassaolon kannalta hyvin kriittistä. Taloudellisesti kestävässä toiminnassa toimijan tulee pystyä olemaan yhtä aikaa sekä taloudellisesti kannattava, että noudattaa ekologisen kestävyuden vaatimuksia. Taloudellinen kestävyys nähdään yleisesti vaatimuksena sille, että muita kestävyuden osa-alueita saadaan toteutettua maksimaalisesti. Taloudellista kasvua on monesti haastava saavuttaa ilman, että raaka-aineiden käyttöä lisätään. Taloudellinen kasvu ei aina käytännössä tapahdu niin, että se on kestävä kehityksen mukaista; bruttokansantuotteen kasvu saattaa olla hyvinkin voimakasta, mutta se ei näy millään tavalla tavallisten ihmisten ostovoimassa. (Rankin 2011, s. 50; Munier 2005, s. 12-17) Taloudellisessa kestävyudessa huomioitavia asioita ovat muun muassa yritysten teknologinen taso ja infrastruktuurin taso käsiteltävässä maassa. (UN 2019b; UN 2019c) Tuotekehitys on osa teollisuusyrityksen toimintaa ja siihen tehtävät panostukset, sekä jatkuvat riittävät kassavirrat edistävät taloudellista kestävyyttä sekä antavat mahdollisuuden myös muiden kestävyuden osa-alueiden kehittämiseen. (Galbreath 2011, s. 97-98)

Vaikka kestävyiden kolme osa-aluetta on määritelty erikseen, on kuitenkin tiedostettava, että ne ovat tiukasti yhteydessä joissain tapauksissa. Starkin & Lindowin (2017) kehittämän kestävyiden dynaamisen mallin mukaan voidaan hahmottaa kestävyiden eri osa-alueiden välisiä suhteita; jos tehdään toimia, jotka luovat lisäarvoa ympäristölle (ekologinen kestävyys), voidaan myös yksittäisen ihmisen (sosiaalinen kestävyys) ja yrityksen tasolla (taloudellinen kestävyys) nähdä kehitystä. Mallin tarkoituksena on ennen kaikkea muutoksen parempi havaittavuus näiden kolmen osa-alueen välillä. (Stark & Lindow 2017)

..

4 VALMISTAVAN TEOLLISUUDEN YRITYKSEN LIKETOIMINTA-PROSESSIT

Jotta voidaan hahmottaa, mitä liiketoimintaprosessit ovat, tulee ensin hahmottaa, mitä yritys todella haluaa tehdä. Yrityksen pääasiallinen tavoite on tehdä tuotos, joka voi olla tuote tai palvelu ja jonka tuottamiseen yritys joutuu tekemään toimenpiteitä. Tämä on prosessi, mikäli yritys toistaa näitä vaiheita määrätietoisesti ja koordinoitusti kerta toisensa jälkeen. Prosessit ovat toistuvia toimenpiteitä. (Business Dictionary, 2019) Yrityksen toiminta koostuu useista prosesseista, jotka toimivat ketjussa, ja tuottavat toisilleen syötteitä mahdollistaen toistensa olemassaolon. Näiden toimenpiteiden järjestelmällisestä toteutuksesta käytetään nimitystä liiketoimintaprosessit. Liiketoimintaprosessit ovat siis yrityksen strategian mukaisen toiminnan ohjaamia toistettavia toimenpiteitä. Liiketoimintaprosessit ovat yrityksen sisäisiä prosesseja, mutta yleensä näiden prosessien kautta ollaan yhteydessä yrityksen ulkopuolisiin tahoihin. Nykyään IT-järjestelmillä on hyvin suuri merkitys liiketoimintaprosessien käytännön toteutuksessa; esimerkiksi ERP-, SCM- ja CRM-järjestelmät mahdollistavat tietojen hallinnoinnin arvoketjun eri vaiheissa (Weske 2007, s. 5-6) Tässä kappaleessa käydään lävitse teollisuuden liiketoimintaprosessien luonnetta, niiden määrittelyä ja suhdetta kestävyteen ja PLM-järjestelmään.

4.1 Liiketoimintaprosessien luokittelu

Liiketoimintaprosessien luokittelusta on olemassa useampia toisistaan poikkeavia näkemyksiä. Dumasin (2013, s. 1-3) mukaan prosesseja voidaan määrittellä asiakaslähtöisestä näkökulmasta luokittelemalla asiakkaalle lisäarvoa tuovat prosessit, joita yrityksellä on; esimerkiksi tilaus-maksu -, noteeraus-tilaus -, hankinta-maksu -, ongelma-ratkaisu - ja hakemus-hyväksyntä - prosessi ovat yleisiä kyseisellä tavalla luokiteltuja prosesseja. Monen näistä prosesseista voidaan tunnistaa liittyvän siihen, kuinka tehokkaasti yritys pystyy käsittelemään tietoa. Liiketoimintaprosesseita voidaan käsitellä myös niiden muodostaman arvoketjun kautta. Alun perin Porterin kehittämä arvoketjumalli määrittelee yrityksen koostuvan kahdesta eri toimintaluokasta: ensisijaisista toiminnoista ja tukitoiminnoista (Porter & Millar 1985). Nämä toiminnot tulisi toteuttaa mahdollisimman prosessinomaisesti, sillä ne ovat yrityksen arvonluonnin kannalta kriittisiä.

Hammer (2010, s. 11) määrittelee liiketoimintaprosessit kolmeen eri ryhmään, jotka ovat lähellä Porterin & Millar (1985) arvoketjumalliin pohjautuvaa jakoa; yritys koostuu kolmesta eri liiketoimintaprosessien luokasta, jotka ovat ydinprosessit, mahdollistavat- tai tukiprosessit ja hallinnolliset prosessit. Ydinprosessit määritellään Hammerin mukaan siten, että ydinprosessit tuovat ulkoisille asiakkaille hyötyä, joten ne ovat kriittisiä yrityksen toiminnan kannalta. Tukiprosessit puolestaan mahdollistavat yrityksen sisäisten toimintojen sujuvuuden. Tukiprosesseja ovat esimerkiksi henkilöstöresurssien hallinnointi, IT-järjestelmien ylläpito ja sisäinen laskentatoimi. Hallinnollisilla prosesseilla ohjataan yritystä strategian mukaiseen toimintaan ja toteutetaan esimerkiksi riskien- ja suorituskyvyn hallintaa. (Hammer 2010, s. 11-12)

Liiketoimintaprosesseja voidaan luokitella myös horisontaalisesti käsittelemällä yrityksen eri tasoja strategian ja toimeenpanon välillä. Wesken mukaan yrityksen liiketoimintaprosessit voidaan jakaa viiteen toisistaan riippuvaan tasoon, jotka kuvataan alla olevassa kuvassa 4. Kaaviosta voidaan todeta, että toiminnan eri tasot ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa. Käytännön tehtävistä siirtyy tietoa ylemmille tasoille vuoron perään ja ylhäältä puolestaan ohjataan prosessien toimintaa tehokkaammaksi. Yrityksen strategian pohjalta määritetään tavoitteet, jotka ohjaavat kaikki yrityksen prosesseja. (Weske 2007, s. 17)



Kuva 4. Yrityksen liiketoimintaprosessien luokittelu (Pohjautuu Weske 2007, s. 18)

Organisaationaaliset liiketoimintaprosessit ovat ylimmän tason koko organisaatiota koskettavia prosesseja. Esimerkkinä organisaationaalisesta prosessista on yrityksen koko raaka-ainehallinta, jossa yhdistyy toimittajien hallinta ja konkreettisen materiaalin hallinta. Tämä prosessi läpäisee lähes koko yrityksen ja voidaan käsittää hyvin laajasti; tämä prosessitaso ei itsenäään kerro käytännön toteutuksesta juurikaan. Organisaationaaliset liiketoimintaprosessit koostuvat yleensä useista operationaalisesta liiketoimintaprosessista, jotka puolestaan koostuvat käytännön toteutuksesta. (Weske 2007, s. 17) Esimerkki operationaalisesta liiketoimintaprosessista voi olla hankinnan prosessi, jossa määritellään organisaatiotason prosessin perusteella, että materiaalin hankintaan kuuluu toimittajien etsintä, varastointi ja kuljetusten järjestäminen. Käytännön liiketoimintaprosesseista voisi olla esimerkiksi hankinnan logistiikan kohdalla selvitys, että prosessi toteutetaan maantiekuljetuksin tai vaihtoehtoisesti junalla.

4.2 Liiketoimintaprosessit ja PLM

Sääksvuoren & Immosen mukaan PLM-järjestelmän ytimessä on alimman tason, eli käytännön liiketoimintaprosessit, joihin esimerkiksi suunnittelutiedostojen järjestäminen ja tuoterakenteiden määrittely kuuluvat. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 146) Starkin, Sääksvuoren ja Immosen kirjojen perusteella voidaan todeta, että PLM-järjestelmä on kuitenkin vahvasti yhteydessä myös monien muiden, niin Wesken mallin mukaisten, kuin Hammerin, Dumasin ja Porterinkin liiketoimintaprosessimääritelmien kanssa. Esimerkiksi immateriaalioikeuksien hallintaprosessit voidaan olettaa kuuluviksi operationaalisiin tukiprosesseihin, kun taas tuoteprosessi voidaan käsittää organisaationaaliseksi ydinliiketoiminnan prosessiksi, joka määrittää voimakkaasti alempia prosessitasoja. Tuoteprosessi on myös vahvasti asiakkaan kokemaan hyötyyn sitoutunut; asiakas on mukana ideointivaiheesta lähtien ja saa lopulta tuotteen käyttöönsä toimituksen jälkeen. PLM-järjestelmällä pystyy keräämään ja analysoimaan dataa läpi näiden tuoteprosessin vaiheiden, sekä myös muissa tarkemmin asetelluissa prosesseissa. Voidaan siten ajatella, että PLM-järjestelmä pystyisi ominaisuuksiensa avulla tuomaan merkittävää muutosta prosesseihin ja parantamaan yrityksen kilpailukykyä. Seuraavana esitetään tarkempia vaikutuksia muutamiin teollisuusyrityksestä löytyviin liiketoimintaprosesseihin.

4.2.1 Myynti ja markkinointi

PLM-järjestelmä pystyy tuottamaan yritykselle tarkempaa dataa yrityksen tuotteista ja koska tuotteita, tuotetietoja ja tuotekonfiguraatioita pystytään hallitsemaan tehokkaammin, pystyy yritys esimerkiksi segmentoimaan tuotteensa tehokkaammin ja kartoittamaan uusia markkinoita. PLM:n avulla voidaan esimerkiksi käyttää ehdotuspyyntöjä (Request for proposal) uudelleen ja ehdotuksia ratkaisusta voidaan lähettää nopeammin. PLM-järjestelmä hyödyttää täten asiakasta suoraan. Asiakkaille räätälöitävien tuotteiden toteutus helpottuu ja vääriä tuotekonfiguraatioita ei valmisteta. Yritys pystyy tarkkoja tuotetietoja hyödyntämällä myös tehostamaan omaa hinnoitteluaan, kun tuotteen kustannukset koko elinkaaren ajalta voidaan laskea tarkasti. PLM-järjestelmä vaikuttaa myös tilauksesta valmistus -prosessiin (MTO), eli siihen, että tuote tehdään vasta, kun tilaus on saatu varmistettua. Toisin sanoen

asiakas pystyy saamaan tuotteensa nopeammin. Kaiken kaikkiaan PLM-järjestelmälle voidaan löytää useita positiivisia vaikutuksia. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 40-41)

4.2.2 Tuotekehitys

PLM-järjestelmiä on käytetty pitkään tuotekehityksessä. Tuotteilla saattaa olla hyvin kompleksi rakenne, mikä tekee suunnittelutiedostojen määrästä massiivisen, työnkulun hallinnasta ja aiempien suunnittelutiedostojen uudelleenkäytöstä vaikeaa. Yleisesti tietojen hallinta on kriittisessä osassa tässä liiketoimintaprosessissa ja PLM-järjestelmä pystyy parantamaan sitä merkittävästi. PLM-järjestelmässä tiedostojen hallinta on koordinoitua ja uusimmat tiedostoversiot ja käyttöoikeudet päivittyvät automaattisesti. Suunnittelumuutosten hallinta helpottuu paljon, sillä PLM tarjoaa työkalun sen hallitsemiseksi. Suunnittelumuutosten hallinta on tärkeää, sillä tuotekehitysvaiheessa on helpompaa ja halvempaa muuttaa rakennetta, kuin esimerkiksi tuotantovaiheessa. PLM-järjestelmä voi toimia myös tuotekehityksen, tuotannon ja alihankkijoiden välisenä linkkinä, varmistaen, että oikea tieto siirtyy. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 38-39)

4.2.3 Tuotanto

Sääksvuoren & Immosen mukaan tuotantoprosessi ei ole perinteisesti ole ollut suurin PLM-järjestelmää käyttävä prosessi, mutta se ei tarkoita, etteikö tuotannossa voitaisi käyttää PLM-järjestelmän tuomia etuja. Tuotannossa yhdistyy tuotettavien tuotteiden hallinta, tuotantolaitteiden hallinta, ostot ja tuotesuunnittelun tuottamat suunnittelutiedostot. PLM voi toimia alustana esimerkiksi tietokoneavusteisen valmistuksen (CIM) tuotantolaitteiden ja CAD-piirustusten välillä, jotta oikeat suunnitelmat tulevat valmistetuiksi. PLM-järjestelmä voi auttaa myös esimerkiksi tuotantolaitteiden kalibroinnissa ja sitä kautta parantaa tuotettujen tuotteiden laatua. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 39) Wuestin et. al (2016) mukaan PLM-järjestelmät vaikuttavat tuotantoprosessin informaation kulkuun, mikä auttaa asiakkaita ja tuotteen elinkaaren seuraavissa vaiheissa olevia omistajia. Esimerkiksi siinä tapauksessa, että tuote sisältää vaarallisia aineita tai sitä tulee kohdella erityisesti, on tarpeellista, että tuotannosta siirtyy tieto jouhevasti eteenpäin.

4.3 Kestävyys liiketoimintaprosesseissa

Vihreä liiketoimintaprosessien hallinta on saanut jalansijaa viime aikoina. Tällä tarkoitetaan sitä, että kestävä kehitys otetaan huomioon yhtenä määrittelevänä tekijänä huomioon jo prosessia suunniteltaessa. Aiemmin liiketoimintaprosessien kehittämisessä on käytetty neljää eri optimoinnin osa-alueita: aika, kustannukset, kulut ja laatu. Kun prosessin kehittämisessä käytetään aina yhtenä mitattavana osa-alueena myös kestävyyttä, voidaan myös saavuttaa parannuksia. Mikäli asiaa ei mitata, ei sitä myöskään voi parantaa. (Seidel et. al. 2012, s. 4-6) Kestävästä liiketoimintaprosesseista voidaan ottaa esimerkiksi

Eri liiketoimintaprosesseilla on erilaiset suhteet kestävyYTEEN; joissakin prosesseissa kestävyYTEEN voidaan vaikuttaa merkittävästi helpommin, kuin toisissa ja vaikutus tuotteen kokonaiskestävyyTEEN on merkittävämpi pienelläkin panostuksella. Jos yrityksellä on tarpeeksi tietoa omista prosesseistaan ja tuoteportfoliostaan, voidaan tehdä tietoisia valintoja kestävyYDEN kannalta huonojen prosessien ja tuotteiden parantamiseksi. Tätä voidaan havainnollistaa esimerkiksi Pekmezin (2016) mukaan yritys pystyy liiketoimintaprosessien hallinnan työkaluilla, kuten prosessitehokkuuden mittaamisella, ja IT-järjestelmien avulla siirtymään kohti kestävämpiä liiketoimintaprosesseja. Pekmez käsittelee IT-järjestelmien merkitystä myös infrastruktuurisella tasolla. Voidaankin ajatella, että mikäli yritys pystyy käyttämään esimerkiksi mallintamisessa ja elinkaaren päästöjen arvioinnissa IT-järjestelmiä, voidaan saavuttaa suuria kestävyYsetuja, sillä tuotteet voidaan suunnitella mahdollisimman vähäpäästöisiksi ja kestäviksi.

4.4 PLM-järjestelmän mahdollistamat muutokset liiketoiminnassa

PLM-järjestelmä antaa parhaimmillaan yritykselle mahdollisuuden ottaa uusia, voimakkaasti yrityksen kustannuksiin ja kilpailuetuun vaikuttavia tuotantotekniikoita ja strategisia toimintoja. Nämä tekniikat ja strategiat aiheuttavat laajasti disruptiota eri liiketoimintaprosesseissa ja monet liittyvät vahvasti kestäväYHEN kehitykseen niiden tuoman resurssitehokkuuden kautta.

Ensimmäisenä voidaan käsitellä digitaalista kaksosta, joka tarkoittaa digitaalista versiota fyysisestä tuotteesta. Digitaalinen kaksonen ei ole täsmälleen fyysistä tuotetta vastaava, mutta se on lähellä sitä. Digitaalinen kaksonen koostuu suuresta määrästä erilaisia suunnittelutiedostoja ja esimerkiksi mittaustuloksia, joilla pystytään simuloimaan valmistettava tuote tietokoneelle. Digitaalisia kaksosia voidaan tehdä esimerkiksi generaattoreista tai autoista; mahdollisuuksia sovelluskohteille on lähes rajattomasti. Digitaalinen kaksonen on osa PLM-järjestelmää ja sen avulla voidaan esimerkiksi arvioida toimintaa erilaisissa käyttöolosuhteissa ja analysoida kokoonpanoprosessia. Digitaalinen kaksonen vaikuttaa ennen kaikkea tuotekehitysvaiheessa ja sen avulla asiakkaille voidaan esittää tarkemmin tuotteen ominaisuuksia ja täten pystytään paremmin valmistamaan asiakkaita miellyttävä tuote. Digitaalinen kaksonen liittyy kestävyyyteen suoraan siten, että fyysisiä malleja ei tarvitse rakentaa yhtä paljon; varsinkin kompleksien tuotteiden, kuten avaruusraketin kohdalla säästö on hyvin merkittävä. (Schleich et. al. 2017, s. 141-144)

Kyber-fyysiset järjestelmät ovat yksi uuden teollisen vallankumouksen mahdollistavista tekijöistä. PLM-järjestelmä toimii pohjana tällekin ratkaisulle, sillä ilman selkärankana toimivaa IT-järjestelmää tietoa ei saada siirrettyä tarpeeksi tehokkaasti valmistuslaitteiden ja ohjelmistojen välillä. Kyber-fyysinen järjestelmä periaatteena on se, että yhdistetään tietokoneiden laskentateho ja kommunikointikyky fyysisten laitteiden liike reaali maailmassa. Täten saadaan tehtyä asioita, joita kumpikaan osapuoli ei voi yksinään tehdä. Kyber-fyysisestä järjestelmästä ehkä ymmärrettävin esimerkki on itsestään ajava auto, jossa yhdistyy auton fyysinen liikkuminen ja toisaalta tietotekniikalla toteutettu päätöksenteko auton ohjaamisesta ja toimintojen hallinnasta. (Platzer 2018, s. 1-3) Kyber-fyysiset järjestelmät tuovat koko yrityksen liiketoimintaprosesseihin paljon mahdollisuuksia. Herterich et. al esittävät, että esimerkiksi tuotantolaitteiden ja tuotteiden etädiagnostiikka, datan kerääminen tuotteesta ja huollon ennakointi ovat mahdollisia. Myös huoltoverkoston optimointi helpottuu. (Herterich et. al. 2015, s. 324-325). Nämä vaikuttavat yrityksen tehokkuuteen positiivisesti ja parantavat kassavirtoja.

Closed-loop lifecycle tarkoittaa sitä, että tuotteen elinkaarta hallitaan ideoinnista elinkaaren loppuun saakka ja tällöin muodostuu informaation kehä, joka ei katkea missään vaiheessa. (Kiritsis 2011) Tämä antaa mahdollisuuden esimerkiksi elinkaaren loppuvaiheen toimintojen

uudenlaiseen määrittämiseen ja parhaimmillaan kiertotalouden toteuttamiseen. Tätä voidaan perustella siten, että kun tiedetään tarkasti tuotteen rakenne, raaka-aineet ja kokoonpano, voidaan esimerkiksi kunnostaa tuote käyttäen vain pieni määrä raaka-aineita. PLM-järjestelmä mahdollistaa tällaisen toiminnan ominaisuuksiensa puolesta. Tuote voidaan myös purkaa ja käyttää osat uudelleen huollettuna osana uutta tuotetta. Tuotteen luonteesta riippuen voidaan esimerkiksi rakentaa uusia liiketoimintoja kierrätyksen ympärille ja luoda täysin uusia tuotteita toisen yrityksen raaka-aineista. Esimerkkinä tästä voidaan ottaa esimerkiksi teollisuuden sivuvirtojen muuttaminen rakennusteollisuuden raaka-aineeksi. Tämä hyödyttää rakennusteollisuutta siten, että ne saavat vähäpäästöistä raaka-ainetta, mutta myös teollisuusyrityksiä, kun ne pääsevät eroon jätteestään kestäväällä tavalla ja voivat saada jopa tuottoja muuten arvottomasta jätteestä. (Betolar, 2019)

Massakustomointi tarjoaa yritykselle mahdollisuuden personoida jokainen tuote asiakkaan preferenssien mukaan. Massakustomointi liittyy vahvasti kyber-fyysisten järjestelmiin; tuotannossa tulee olla täysi varmuus siitä, että tiedot siirtyvät myynti- ja markkinointiosastolta virheettöminä tuotantoon. Toisaalta tuotantolaitteiden tulee myös olla sellaisia, jotka pystyvät tekemään massakustomoinnin vaatimia räätälöityjä tuotteita ilman jatkuvaa konfigurointia. (Pasetti Monizza et. al. 2018, s. 227-229) Kun yritys pystyy hallitsemaan jokaista tuotetta tarkasti ja valmistamaan sen asiakkaan mukaan, voidaan lähtökohtaisesti saavuttaa korkeampi laatu, sillä asiakas on todennäköisemmin tyytyväinen ostamaansa tuotteeseen. Massakustomointi on eräs uuden teollisen vallankumouksen seurauksista. Massakustomointia voidaan tarkastella myös kestävyuden näkökulmasta ja Pourabdollahian ja Steiner tunnistavatkin massakustomoinnille sekä sosiaalisia ja ekologisia kestävyysvaikutuksia. Sosiaalisia kestävyysvaikutuksia voidaan saavuttaa esimerkiksi siten, että asiakkaan toiveet otetaan hyvin huomioon alusta lähtien, eli asiakas tulee kuulluksi. Sosiaalisia vaikutuksia tulee myös tuotantovaiheessa, sillä älykkäillä tuotantojärjestelmillä tuotanto voidaan pitää lähempänä asiakasta; esimerkiksi kuljetus voidaan toteuttaa paikallisesti ja työpaikat parantavat asiakkaan lähialueiden hyvinvointia. (Pourabdollahian & Steiner 2014, s. 527-531) Massakustomoinnissa suunnittelutiedostojen ja tuotantolaitteiden kommunikoinnin merkitys on suuri, sillä jokainen tuote on personoitu ja tämän vuoksi valmistustietojen tulee olla virheettömät. PLM-järjestelmä pystyy jakamaan tiedon asiakkaan haluamasta tuotteesta tarkasti oikealle suunnittelijalle ja tämä pystyy pitämään huolta siitä, että asiakkaan mieltymykset

otetaan huomioon ja että tuotantoon lähetetään oikeat suunnittelutiedot. Myös tuoterakenteen hallintatyökalut ovat tärkeä mahdollistava tekijä massakustomoinnille. (Sääksvuori & Immonen 2008, s. 45-46)

PLM-järjestelmät voivat tuoda paljon uusia mahdollisuuksia rakentaa yrityksen liiketoimintaprosesseja. Monessa esitellyistä teknologioista on havaittavissa myös selkeä yhteys kestävyteen ja parhaimmillaan voidaan saavuttaa todella suuria ekologisia kestävyshyötyjä. Tässä kappaleessa oli mainittuna vain pieni osa PLM-järjestelmän mahdollistamista muutoksista. Stark esittää, että PLM-järjestelmän osia ovat esimerkiksi 3D-tulostaminen, elinkaarianalyysi (LCA), digitaalinen tuote, bigdatan käyttö, elinkaarisuunnittelu, 3D-skannaus, IOT ja kokoonpantavuus (Design for Assembly) (Stark 2018, s. 105-107)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUS

PLM-järjestelmä pystyy tuottamaan yritykselle lisäarvoa hyvin monissa liiketoimintaprosesseissa ja kaikissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. PLM-järjestelmän tärkeimmät ominaisuudet ovat laadun hallinta, konfiguraatioiden hallinta, dokumenttien hallinta, muutosten hallinta, rakenteiden hallinta, suunnitelmien hallinta ja nimikkeiden hallinta. Nämä ominaisuudet ovat jokaisen PLM-järjestelmän pohjalla. PLM-järjestelmän toiminta monien muiden järjestelmien pohjalla antaa mahdollisuuden käyttää ja tulkita erilaisia yrityksessä syntyviä tietoja. Vaikka PLM-järjestelmä on keskittynyt ennen kaikkea tuotetietojen keräämiseen ja tuotteeseen liittyvien tietojen keräämiseen, on sen laajuus suuri ja vaikutukset ulottuvat niin organisaatiotasolle, kuin teknologiaan ja yksittäiseen työntekijään.

PLM-järjestelmään kuuluvat sekä strateginen viitekehys, että IT-järjestelmä. Tuotteen elinkaaren hallinta vaatii koko yritykseltä, niin organisaatiolta, kuin yksittäisiltä henkilöiltä sitoutumista siihen, että toimintatapoja ollaan valmiita muuttamaan uuden strategisen viitekehysten mukaisiksi. Tuotteen elinkaaren hallinnan strategialla ja PLM-ohjelmistoilla voidaan yrityksen tuotteiden elinkaaren ajalta saada mahdollisimman paljon tuottoja ja voidaan optimoida koko yrityksen tuoteportfolio. Tuoteportfolion lisäksi voidaan myös hallita tuotteeseen liittyviä palveluita ja rakentaa asiakkaalle eniten lisäarvoa luova tuotteen ja palvelun yhdistelmä. Tuoteportfolio ja tukipalvelut muodostavat koko yrityksen ytimen. Jokaisessa yrityksessä tulisi siis ainakin pohtia tarkemman selvityksen tekemistä siitä, millainen PLM-järjestelmä juuri kyseiseen yritykseen sopisi.

Kestävän kehityksen mukainen toiminta voidaan nähdä sekä yrityksinä, että yhteiskuntaa hyödyttävänä. Esimerkiksi resurssien säästämällä voidaan saavuttaa sekä kustannussäästöjä, että välttää rajallisten raaka-aineiden kuluttamista. Markkinoinnissa voidaan puolestaan hyödyntää yrityksen vihreää brändiä esimerkiksi rakentamalla kampanjoita, joissa yritys kertoo omista kestävän kehityksen mukaisista toimistaan. Yritykset voivat myös suunnitella tuotteensa siten, että ne ovat mahdollisimman tehokkaasti ja helposti purettavissa, jolloin tuotteisiin kuluneet raaka-aineet voidaan ottaa uudelleen käyttöön kierrättämällä.

Kestävyys ja liiketoimintaprosessit liittyvät toisiinsa ja liiketoimintaprosessien hallinnassa voidaan ottaa kestävyys järjestelmällisesti. Järjestelmällisessä lähestymisessä on tärkeintä se, että yritys päättää jo ylimmässä, strategian muodostavassa toimielimessä, että kestävä kehityksen mukainen toiminta on yksi yrityksen toimintaa ohjaavista voimista. Tämän jälkeen yritys rakentaa omaan toimintaansa sopivat liiketoimintaprosessit, joissa kestävyys on otettu huomioon. Liiketoimintaprosessien kehittämisessä mittaaminen on hyvin tärkeää ja yrityksen tuleekin rakentaa kestävyyttä tarkastelevat mittarit ja valvoa sitten prosessien toimintaa mittareiden avulla. On vain yrityksen omasta strategiasta ja tavoitteen asetannasta kiinni, millä tavoin ja kuinka paljon kestävyys otetaan huomioon. Jokainen yritys voi pyrkiä kestävämpään toimintaan, jos tahtoa riittää.

Alla olevassa kuvassa 5 havainnollistetaan PLM-järjestelmän mahdollisuuksia parantaa kestävyyttä. Kestävyuden parantaminen voidaan jakaa kolmeen luokkaan: vihreät liiketoimintaprosessit, PLM-järjestelmän ominaisuudet ja PLM-järjestelmän mukanaan tuomat, nykyisiä liiketoimintaprosesseja disruptoivat uudet toimintamallit. Vihreiden liiketoimintaprosessien tapauksessa PLM-järjestelmän tarkoitus on helpottaa kestävien prosessien rakentamista tiedon jakamisen ja työkalujen avulla. Kaksi muuta osa-aluetta sen sijaan ovat PLM-järjestelmän mahdollistamia; ilman PLM-järjestelmää esimerkiksi suljetun elinkaaren mukainen toiminta ei onnistuisi laisinkaan. Kolme osa-aluetta ovat myös tiukasti toisiinsa kytköksissä; voidaan ajatella, että vihreät liiketoimintaprosessit voivat osaltaan koostua sekä disruptoivista toimintatavoista, että PLM-järjestelmän mahdollistamista uusista prosesseista. Voidaan todeta, että PLM-järjestelmillä voidaan muokata teollisuusyrityksen prosesseja ja toimintaa hyvin laajasti yrityksen organisaationaaliselta tasolta käytännön prosesseihin.

Eräs tärkeimmistä asioista, jonka PLM-järjestelmä mahdollistaa, on yrityksen liiketoimintojen digitalisointi ja mahdollisuus siirtyä esimerkiksi kohti tietokoneintegroitua tuotantoprosessia, jossa voidaan päästä parempaan laatuun ja tuottaa asiakasta paremmin tyydyttäviä tuotteita. Tästä hyvä esimerkki on kyber-fyysiset järjestelmät, joissa yritys pystyy hyvin sulavasti siirtymään digitaalisesti määritellyistä suunnitelmista tuotantoprosessiin. PLM-järjestelmällä on paljon potentiaalia parantaa yrityksen liiketoimintaprosessien kestävyyttä, sillä se voi tarjota paljon uusia työkaluja yrityksen käyttöön. Näitä työkaluja ovat muun muassa digitaalinen

kaksonen, massakustomointi, suljettu elinkaari ja kyber-fyysiset järjestelmät. Digitaalinen kaksonen voi parantaa kestävyyttä siten, että tuotekehityksessä voidaan analysoida tuotteen käyttäytymistä erilaisissa käyttötilanteissa digitaalisesti tietokoneella. Varsinkin monimutkaisten tuotteiden, esimerkiksi traktorin kohdalla on huomattavasti ympäristöystävällisempää tehdä digitaalinen versio tuotteesta, eikä rakentaa hyvin monimutkaista fyysistä kappaletta. Massakustomoinnin avulla puolestaan voitaisiin mahdollisesti pitää tuotanto lähempänä loppuasiakasta ja tällä tavoin muun muassa logistiikan aiheuttamat päästöt voitaisiin minimoida. Massakustomoinnin lokalisoivaa vaikutusta voidaan perustella esimerkiksi siten, että työntekijäkustannukset eivät ole enää niin suuressa roolissa ja tuotanto voi olla myös korkeamman kustannustason länsimaissa. Suljetun elinkaaren avulla voidaan hyödyntää tietoa tuotteen rakenteesta ja materiaaleista ja esimerkiksi kierrättää tehokkaasti koko tuote tai vaihtoehtoisesti kehittää täysin uutta liiketoimintaa tuotteen tuotantoprosessista muodostuneelle jätteelle. Mahdollisuuksia voidaan pitää hyvin merkittävänä sekä kestävyuden, että talouden kannalta.



Kuva 5. PLM-järjestelmän kestävyysvaikutukset

PLM-järjestelmä pystyy parantamaan myös muuten, kuin uusien työkalujen kautta yrityksen kestävyyttä. Parannuksia voi tapahtua esimerkiksi tuotantoprosessissa, jossa voidaan saavuttaa

korkeampi tuotteiden laatu pitämällä tuotantolaitteisto parhaissa mahdollisissa säädoissä kalibroinnin kautta. Kun tuotantolaitteet toimivat optimaalisella tehokkuudella ja tarkkuudella, voidaan resursseja, sekä energiaa säästää. PLM-järjestelmässä voidaan analysoida tuotteeseen liittyvien prosessien rakennetta ja siten kehittää niistä mahdollisimman tehokkaita sekä taloudellisesti, että ekologisesti. PLM-järjestelmä tukee kestävyuden ISO-standardien käyttöä esimerkiksi osana tuotekehitystä ja tällä tavoin voidaan tehokkaammin valvoa sitä, ovatko tuotteet kestävä kehityksen mukaisia. Tuotekehitysprosessissa voidaan saavuttaa kestävyshyötyjä myös siten, että nopeammalla tuotekehityksellä ja asiakkaan osallistamisella voidaan saada paremmin asiakasta tyydyttävä lopputulos. Asiakas voi myös saada tietoa siitä, millaiset hänen valitsemansa tuotteen ympäristövaikutukset ovat. Tällä tavoin asiakkaita voidaan ohjata kohti kestävämpiä valintoja.

5.1 Ehdotus jatkotoimenpiteistä

Tässä työssä ei käydy lävitse eri liiketoimintaprosessien kehittämisen mittareita, joten niiden tutkiminen PLM-järjestelmän kontekstissa olisi tärkeää tulevaisuudessa. Tällä tarkoitetaan sitä, että on pystyttävä mittaamaan PLM-järjestelmän vaikutukset prosesseihin. Myös liiketoimintaprosessien kehittämisen ja kestävyuden kehittämisen yhteyttä tulisi selventää. Tämä työ ei pysty tarjoamaan tarkkaa selvitystä siitä, onko jollekin tietylle toimialalle erityisesti hyötyä PLM-järjestelmän implementoinnista. Kuitenkin voidaan todeta, että valmistavan teollisuuden yrityksissä, joissa tuotteita on paljon ja tuotteet ovat rakenteeltaan monimutkaisia, olisi PLM-järjestelmän käyttöönotosta hyötyä. Jos yritys haluaisi analysoida, kannattaako sen ottaa käyttöön PLM-järjestelmä kestävä kehityksen näkökulmasta, työtä voidaan käyttää perusteluna. Yrityksen tulee kuitenkin tehdä tarkka selvitys siitä, kenen toimittajan järjestelmä palvelee parhaiten heidän toimintaansa ja millaisia ominaisuuksia he tarvitsevat, sillä PLM-järjestelmä koostuu hyvin monesta osasta. Tärkeintä on, että tuotteen elinkaaren hallinta on yritykselle muutakin, kuin pelkkä IT-järjestelmä. Pelkällä PLM-ohjelmiston hankinnalla ei päästä hyvään lopputulokseen vaan tarvitaan myös prosessien ja toimintatapojen muutosta sekä yrityksen tuoteportfolion tarkkaa analysointia.

6 LÄHTEET

Betolar. 2019. Solid Geopolymers. [Internet-sivu]. [viitattu 5.4.2019]. Saatavilla: <https://betolar.com/solid-geopolymers/>

Bhuiyan, N., Thomson, V.J. 2006. Engineering change request management in a new product development process. *European Journal of Innovation Management*. Vol. 9, nro. 1. s. 5–19. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1108/14601060610639999>

Buchert, T., Pförtner, A. & Stark, R. 2017. Target Driven sustainable development. Teoksessa: Stark R., Seliger G. & Bonvoisin J. (toim.), *Sustainable Manufacturing - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management*. Cham: Springer. s. 129-146. Saatavilla: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_9

Business Dictionary. 2019. Process. [Internet-sivu]. [viitattu 10.4.2019]. Saatavilla: <http://www.businessdictionary.com/definition/process.html>

CCY. 2019. Yhdistys. [Internet-sivu]. [viitattu 28.4.2019]. Saatavilla: <https://www.cadcamyhdistys.fi/yhdistys>

Dumas, M. 2013. *Fundamentals of Business Process Management*. Berlin, Heidelberg: Springer. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-642-33143-5>

Galbreath, J., 2010. *Sustainable Development in Business: A Strategic View*. Teoksessa: Idowu S., Louche C. (toim.), *Theory and Practice of Corporate Social Responsibility*. Berlin, Heidelberg: Springer. s. 89–105. Saatavilla: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16461-3_6

Gmelin, H. & Seuring, S. 2014. Determinants of a sustainable new product development. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 69. s. 1–9. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.053>

Hammer, M. 2010. What is Business Process Management?. Teoksessa: vom Brocke, J. & Rosemann (toim.), M. Handbook on Business Management 1. Berlin, Heidelberg: Springer. s. 3-16. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-642-45100-3>

Herterich, M.M., Uebernickel, F. & Brenner, W. 2015. The Impact of Cyber-physical Systems on Industrial Services in Manufacturing. *Procedia CIRP*. Vol. 30. s. 323–328. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.110>

Hussain, N., Rigoni, U. & Cavezzali, E. 2018. Does it pay to be sustainable? Looking inside the black box of the relationship between sustainability performance and financial performance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. Vol. 25, Nro. 6. s. 1198-1211. Saatavilla: <https://doi.org/10.1002/csr.1631>

Karniel A. & Reich, Y. 2011. Managing Development Processes. London: Springer. s. 265. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-0-85729-570-5>

Kiritsis, D., 2011. Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things. *Computer-Aided Design*. Vol. 43, nro. 5. s. 479–501. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2010.03.002>

Levy, S. 2018. Extracting value from a concurrent engineering model. *Plant Engineering*. Vol. 72, nro. 2. s. 13-14. Saatavilla: <https://ezproxy.cc.lut.fi/docview/2033289937?accountid=27292>

Munier, N. 2005. Introduction to sustainability – Road to a better future. Dordrecht: Springer. S. 452. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/1-4020-3558-6>

Merriam-Webster. 2019. Method definition. [Internet-sivu]. [viitattu 25.3.2019]. Saatavilla: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/method>

Platzer, A. 2018. Logical Foundations of Cyber-Physical Systems. Cham: Springer. s. 662. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-319-63588-0>

Parhiala, K., Yalcinkaya, M., Singh, V. 2014. Maintenance of Facilities and Aircrafts: A Comparison of IT-Driven Solutions. Teoksessa: Fukuda S., Bernard A., Gurumoorthy B., Bouras A. (toim.), Product Lifecycle Management for a Global Market. PLM 2014. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 442. s. 11-20. Saatavilla: https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-662-45937-9_2

Pasetti Monizza G., Rojas R.A., Rauch E., Garcia M.A.R. & Matt D.T. 2018. A Case Study in Learning Factories for Real-Time Reconfiguration of Assembly Systems Through Computational Design and Cyber-Physical Systems. Teoksessa: Chiabert P., Bouras A., Noël F. & Ríos J. (toim.), Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0. PLM 2018. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 540. Cham: Springer. s. 227-237. Saatavilla: https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-030-01614-2_21

Pekmez, Z. 2016. Key Success Factors for Sustainable Strategic Information Systems Planning and Information Technology Infrastructure. Sarajevo, *Journal of Economic and Social Studies*. Vol. 6, nro. 2. s. 43-55. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.14706/JECOSS166110>

Porter, M.E. & Millar, V.E. 1985. How information gives you competitive advantage. Harvard Business Review. Saatavilla: https://www.gospif.fr/IMG/pdf/how_information_gives_you_competitive_advantage-porter-hbr-1985.pdf

Portney, K.E. 2016. Sustainability. The MIT Press. S. 244. Saatavilla: <https://www.dawsonera.com/abstract/9780262331401>

Pourabdollahian G. & Steiner F. 2014. Environmental and Social Impacts of Mass Customization: An Analysis of Beginning-of-Life Phases. Teoksessa: Grabot, B., Vallespir, B., Gomes, S., Bouras, A. & Kiritsis, D. (toim.), Advances in Production Management Systems. APMS 2014. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 439. Berlin, Heidelberg: Springer. s. 526-532. Saatavilla: https://doi.org/10.1007/978-3-662-44736-9_64

Qureshi, A.J., Gericke, K. & Blessing, L. 2014. Stages in Product Lifecycle: Trans-disciplinary Design Context. *Procedia CIRP*. Vol 21. s. 224–229. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.131>.

Rachuri, S., Subrahmanian, E., Bouras, A., Fenves, S. J., Fofou, S., & Sriram, R. D. 2008. Information sharing and exchange in the context of product lifecycle management: Role of standards. *Computer-Aided Design*. Vol. 40, nro. 7. s. 789–800. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2007.06.012>

Rankin, W.J. 2011. Minerals, Metals and Sustainability - Meeting Future Material Needs. CSIRO Publishing. s. 49-50. Saatavilla: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011A4266/minerals-metals-sustainability/alternative-definitions>

Schleich, B., Anwer, N., Mathieu, L. & Wartzack, S. 2017. Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals*. Vol. 66, nro. 1. s. 141–144. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.040>

Seidel, S., Recker, J. & vom Brocke, J. 2012. Green Business Process Management. Teoksessa: Green Business Process Management. s. 3–13. Saatavilla: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-27488-6_1

Stark, J. 2018. Product lifecycle management (Volume 3): The Executive Summary. Springer International. S. 137. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-319-72236-8>

Stark, J. 2005. Product Lifecycle Management – 21st Century paradigm for product realization. 1. painos. London: Springer. S. 443. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/b138157>

Stark, J. 2011. Product Lifecycle Management - 21st Century paradigm for product realization. 2. painos. London: Springer. s. 573. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-0-85729-546-0>

Stark, J. 2007. Global Product - Strategy, Product Lifecycle Management and the Billion Customer Question. London: Springer. s. 224. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-1-84628-915-6>

Stark, R. & Lindow, K. 2017. Sustainability dynamics. Cham: Springer. s. 21-31. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-6115>

STAT. 2018a. Vuoden 2017 teollisuustuotannon arvo 86,5 miljardia euroa. [Internet-sivu]. [viitattu 6.4.2019]. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/tti/2017/tti_2017_2018-11-01_tie_001_fi.html

STAT. 2018b. Suomen kasvihuonepäästöt 2017. [Internet-sivu]. [viitattu 6.4.2019]. Saatavilla: https://tilastokeskus.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_kat_001_fi.html

STAT. 2018c. Teollisuuden energiankäyttö. [Internet-sivu]. [viitattu 6.4.2019]. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/tene/2017/tene_2017_2018-11-19_tie_001_fi.html

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2008. Product lifecycle management. 3. painos. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 257. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-540-78172-1>

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. PDM - Tuotetietojen hallinta. Helsinki: Talentum Media. s. 201.

TEM. 2019. Yhteiskuntavastuu. [Internet-sivu]. [viitattu 4.4.2019]. Saatavilla: <https://tem.fi/yhteiskuntavastuu>

Thiele, L.P. 2013. Sustainability. Polity Press. s. 246. Saatavilla: <https://www.dawsonera.com/abstract/9780745676579>

UN. 2019a. Social Sustainability. [Internet-sivu]. [viitattu 25.3.2019]. Saatavilla: <https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/our-work/social>

UN. 2019b. Goal 8: Decent Work and Economic Growth. [Internet-sivu]. [viitattu 10.4.2019]. Saatavilla: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/economic-growth/>

UN. 2019c. Goal 9: Build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation. [Internet-sivu]. [viitattu 25.3.2019]. Saatavilla: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/infrastructure-industrialization/>

Venghaus (Sucuoglu) E. & Stark R. 2018. Understanding PLM and PLM Customizing: A Theoretical Fundament for a Conceptual Approach. Teoksessa: Chiabert P., Bouras A., Noël F., Ríos J. (toim.), Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0. PLM 2018. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 540. Cham: Springer. s. 670-680. Saatavilla: https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-030-01614-2_61

Weske, M. 2007. Business Process Management. Berlin, Heidelberg: Springer. s. 372. Saatavilla: <https://doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.1007/978-3-540-73522-9>

Wuest, T., Wellsandt, S. & Thoben, K.D. 2016. Information Quality in PLM: A Production Process Perspective. Teoksessa: Bouras, A., Eynard, B., Fougou, S. & Thoben, K.D. (toim.), Product Lifecycle Management in the Era of Internet of Things. PLM 2015. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 467. s. 826–834. Saatavilla: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9_75

Xu, X., Fang, S. & Gu, X. 2006. A Framework for Product Lifecycle Management System. Teoksessa: 2006 International Conference on Management Science and Engineering. Lille. 5.-7.10.2006. s. 526-530. Saatavilla: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cc.lut.fi/document/4104955>