



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

## **Kiertotalous osana tuotekehitysprojektiä**

Aapo Kuivila

TUOTANTOTALOUS

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Kiertotalous osana tuotekehitysprojektia

Aapo Kuivila

Oulun yliopisto, Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2023, 29 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Kirsi Aaltonen

Kiertotalousajattelu on uusi aihe nykyisessä yhteiskunnassa, mikä on syntynyt ilmastonmuutoksen ja kestäväen kehityksen seurauksena. Viime aikoina kiertotalouden merkitys on kasvanut valtavasti, sillä raaka-aineista on pulaa ja toimitusketjujen varmuus on heikentynyt. Yhteiskunnassa innovatiivisuus on keskeistä ja yritykset sekä organisaatiot, pyrkivät olemaan innovatiivisia, jotta voivat säilyttää kilpailukykyänsä. Tämän takia monet yritykset toteuttavat tuotekehitysprojekteja. Työn tavoitteena on kirjallisuuskatsauksen avulla selvittää, kuinka kiertotalous näkyy tuotekehityksessä ja miten kiertotaloutta edistetään tuotekehitysprojektissa.

Tutkimuksessa selvisi, että organisaatioiden tulee investoida runsaasti resursseja kiertotalouspohjaiseen liiketoimintaan siirtyessä. Kun organisaatioilla on selkeä strategia, ne voivat alkaa implementoida kiertotaloutta myös osaksi tuotekehitystään. Tuotekehitysprojektin jokaisessa vaiheessa voidaan edistää kiertotaloutta. Pääperiaatteina kiertotalouden edistämiseksi on jätteen kierrättäminen, tuotteiden ja materiaalin arvon pitäminen korkealla koko elinkaaren ajan. Tämä näkyy tuotekehityksessä materiaalivirtojen kaventamisella, tuotteen käyttöiän pidentämisellä ja uudelleen käytettävillä komponenteilla.

Työ tarjoaa kokonaiskuvan kiertotaloudesta sekä geneerisestä tuotekehitysprojektista ja siitä, kuinka organisaatiot yhdistävät kiertotaloutta tuotekehitysprojekteihin.

*Asiasanat: kiertotalous, liiketoimintamalli, tuotekehitys, kestävä kehitys*

# ABSTRACT

Circular economy as part of a product development project

Aapo Kuivila

University of Oulu, Degree Programme of Industrial Engineering and Management

Bachelor's thesis 2023, 29 pp.

Supervisor at the university: Kirsi Aaltonen

Circular economy is a new topic today, which has arisen as a result of climate change and sustainable development. Currently, the importance of the circular economy has increased enormously, as there is a shortage of raw materials, and the security of supply chains has weakened. In society, innovation is a growing trend, and many companies and organizations have to be innovative in order to maintain their competitiveness. Because of this, companies implement product development projects. The goal of the work is to use a literature review to find out how the circular economy is reflected in product development and how the circular economy is nourished in a product development project.

The research revealed that organizations must invest a lot of resources when moving to a circular economy business model. When organizations have a clear strategy, they can start implementing the circular economy in product development as well. A circular economy can be promoted at every stage of a product development project. The main principles for promoting the circular economy are recycling waste, keeping the value of products and materials high, and renewing nature. This can be seen in product development by narrowing material flows, extending the product's service life, and using reusable components.

The work provides an overall picture of the circular economy and the generic product development project and how organizations combine the circular economy with product development projects.

*Keywords: circular economy, business model, product development, sustainable development*

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	4
1 JOHDANTO .....	7
2 KIRJALLISUUSKATSAUS .....	9
2.1 Kiertotalous .....	9
2.1.1 Liiketoimintamallin ominaispiirteet .....	10
2.1.2 Siirtyminen kiertotalouteen .....	12
2.2 Tuotekehitys .....	14
2.2.1 Tuotekehitys käsitteenä .....	14
2.2.2 Tuotekehityksen haasteet .....	14
2.2.3 Kiertotalous tuotekehityksessä .....	15
2.3 Geneerisen tuotekehitysprojektin läpivienti .....	16
3 KIERTOTALOUS TUOTEKEHITYSPROJEKTEISSA .....	19
3.1 Suunnitelu .....	19
3.2 Tuotekonseptin luominen .....	20
3.3 Tuotteen suunnittelu .....	20
3.4 Yksityiskohtien tarkentaminen, testaus ja muokkaus .....	21
3.5 Tuotantoon siirtyminen ja elinkaaren jatkuminen .....	21
4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	23
5 LÄHDELUETTELO .....	28

# 1 JOHDANTO

Kiertotalous ja sen ideologia on ollut puheenaiheena yhteiskunnassamme viime vuosina. Kiertotalouden merkitys on suurentunut merkittävästi globaalien ilmiöiden myötä, sillä raaka-aineista on pulaa ja toimitusketjujen epävarmuus on kasvanut. Monet yritykset pitävät kiertotaloutta trendikkäänä ja elinehtona yrityksen tulevaisuudelle. Muutos kestävämpään talousjärjestelmään on vielä suhteellisen uusi asia ja sen tuomat mahdollisuudet kilpailukyvyn kasvamiseksi eivät ole kokonaan tiedossa. Yrityksille sekä organisaatioille on myös tärkeää pysyä innovatiivisena, jotta kansainvälinen kilpailukyky säilyy. Tämän vuoksi yritykset toteuttavat tuotekehitysprojekteja, jotka voivat aiheuttaa huonosti toteutettuna viivästyksiä sekä ylimääräisiä menoja. Parhaimmassa tapauksessa tuotekehitysprojekti tuottavat yrityksille voittoa pitkällä aikavälillä ja antavat kilpailuedun markkinoilla.

Työn tavoitteena on tutkia, kuinka tuotekehityksessä huomioidaan kestävämpi talousjärjestelmä ja kuinka sitä hyödynnetään tuotekehityksessä. Työssä myös tutkitaan eri vaihtoehtoja, kuinka kiertotaloutta pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on asetettu seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Miten kiertotalous näkyy tuotekehitysprojekteissa?
2. Kuinka kiertotaloutta pyritään edistämään yleisesti tuotekehitysprojekteissa?

Työn ensimmäinen osa (luku 2) suoritetaan kirjallisuuskatsauksena, jonka tarkoituksena on syventyä aiheeseen aiemman tutkimuskirjallisuuden näkökulmasta tasolla. Työn toisessa osassa (luku 3) keskitytään tutkimaan kiertotalouden näkyvyyttä generisessä

tuotekehitysprojektissa vaihe vaiheelta. Neljännessä luvussa käydään läpi yhteenveto työstä ja omia pohdintoja koskien työtä.



## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

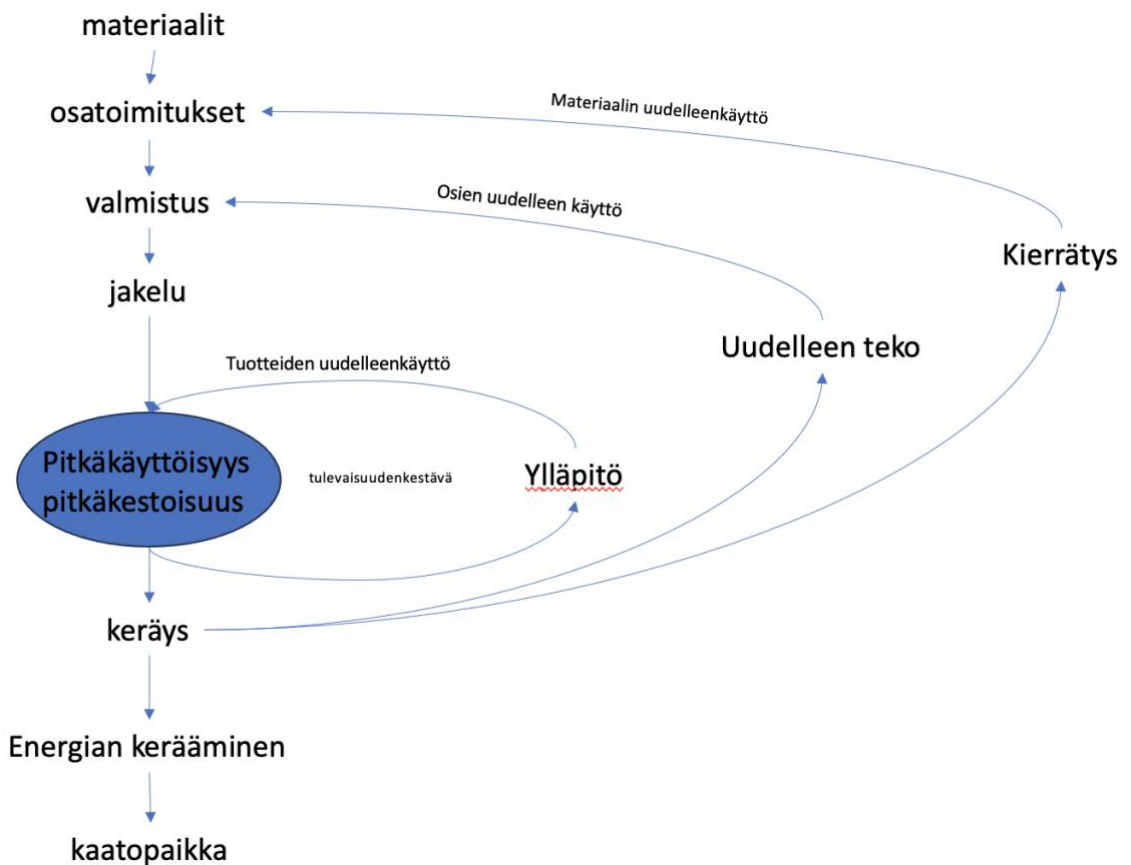
Tässä luvussa käydään läpi työn kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsaus etenee kiertotalouden teoriasta tuotekehityksen ominaisiin piirteisiin, joissa syvennytään aiheeseen. Kirjallisuuskatsauksen lopussa keskitytään tuotekehitysprojektin toteutukseen.

### 2.1 Kiertotalous

Kiertotalous käsitteenä on saanut merkityksen myöhään 1970-luvulla. Kiertotalous on talousjärjestelmä, jossa pyritään luottamaan uusiutuvaan energiaan (EMF, 2013). Kiertotaloutta luonnehditaan taloudeksi, joka on suunnittelultaan korjaavaa ja jonka tavoitteena on pitää tuotteet, komponentit ja materiaalit aina mahdollisimman käyttökelpoisina ja arvokkaina. Tässä mielessä uuden tuotekehityksen (NPD) avulla materiaaliressurit kiertävät koko tuotantojärjestelmän läpi (Marco Antonio Paula Pinheiro, 2018). Kiertotalous nähdään lupaavana lähestymistapana, kun kyse on kestävästä kehityksestä (EMF, 2013). Yritysten kiertotalous merkitsee sitä, että yritysten koko toiminnassa otetaan käyttöön useita arvoa säilyttäviä vaihtoehtoja, joilla pyritään luomaan, säilyttämään ja hyödyntämään omaisuuden ja tuotteiden arvoa. (Diaza ym, 2021)

Jätteen kierrättäminen alkaa silloin, kun tuotetta suunnitellaan. Tarkoituksena on suunnitella tuote niin, että materiaalit, jota käytetään tuotteessa saavat luonnollisen kierron biologisesti sekä teknisesti. Luonnolliset materiaalit eivät ole myrkyllisiä ja ne ovat helppo kierrättää. Tekniset materiaalit suunnitellaan niin, että niiden uusiokäyttö on helppoa, materiaalien laatu on hyvää ja käyttöikä materiaaleille pitkä. (EMF,2013)

Tuotteiden arvon pitkittäminen tapahtuu vahvistamalla tuotteiden resilienssiä eli kykyä sopeutumaan mahdolliseen muutokseen. Resilienssiä vahvistetaan tuotteen komponenttien samankaltaisuudella. Muutoksen tapahtuessa tuotteesta otetaan käyttökelpoiset komponentit talteen ja rakennetaan uudelleen muutoksen vaatimalla tavalla. Vanhat käyttökelvottomat osat pyritään kierrättämään. (EMF,2013)



Kuva 1. Kiertotalouden periaate esitettynä graafilla. (Ellen McArthur Foundation (EMF), 2013.)

### 2.1.1 Liiketoimintamallin ominaispiirteet

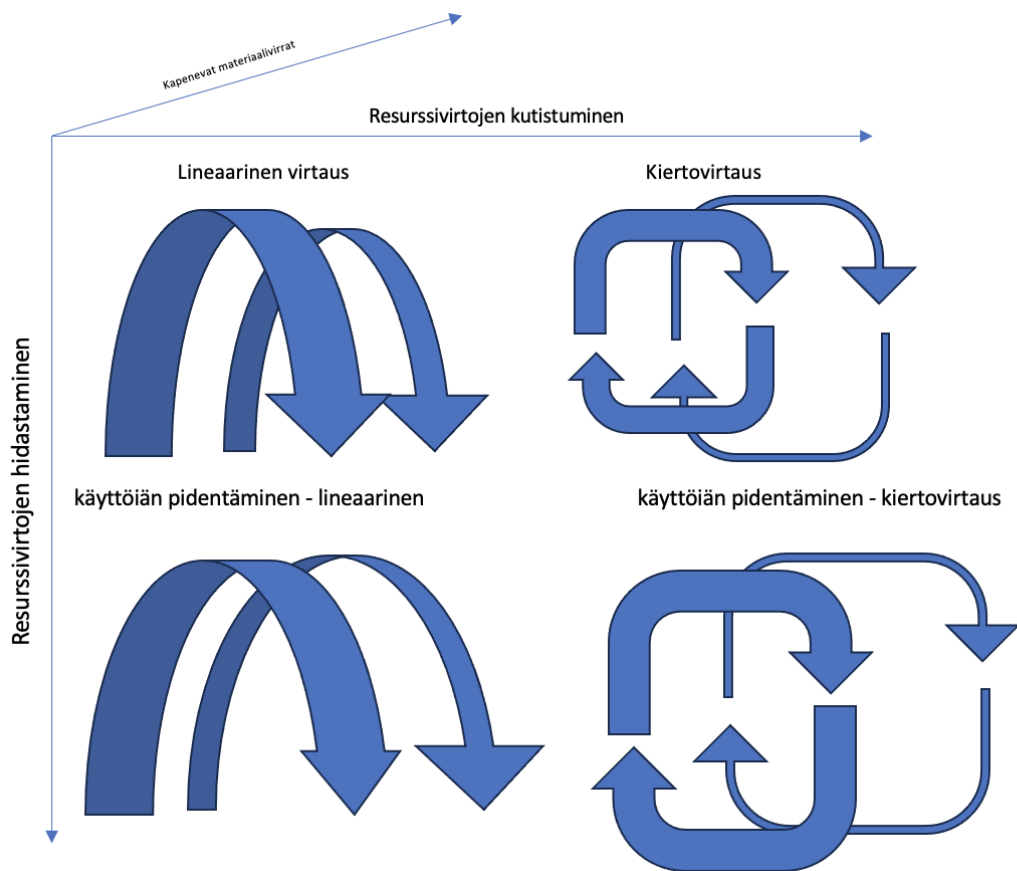
Kiertotaloudella on omanlainen syklinen liiketoimintamalli, joka pyrkii uudistamaan nykyistä lineaarista liiketoimintamallia. Kun lineaarista ja syklistä mallia verrataan toisiinsa, huomataan selkeä ero materiaalivirroissa. Linearisessa mallissa ajattelutapana toimii ”cradle-to-crave” käsite, joka ottaa huomioon tuotteen elinkaaren alkaen materiaalin keräyksestä tuotteen hävittämiseen asti. Lineaarinen liiketoimintamalli on edesauttanut kiertotalouden liiketoimintamallia resurssien tehokkaaseen käyttöön.

Kiertotalouden liiketoimintamallissa pyritään vaikuttamaan kolmella eri tavalla tuotteen materiaalivirtaan. (Bocken, 2016)

Syklisessä toimintamallissa pyritään seuraamaan termiä ”cradle-to-cradle”, jossa pyritään pitämään tuotteen elinkaari mahdollisimman pitkänä ja saada tuote uusiokäyttöön. Syklisessä mallissa pyritään kierrättämään uudelleen. Tuotteen elinkaaren loppupäässä pyritään maksimoimaan tuotteesta jäävät komponentit uusia tuotteita varten, jonka tuloksena on mahdollisesti resurssien sulkeutunut silmukka. (Bocken, 2016)

Liiketoimintamallissa pyritään myös vaikuttamaan tuotteiden elinkaaren pituuteen, jossa resurssien käyttöä hidastetaan, ja tällöin tuotteen elinkaarisilmukka suurenee ja tuotteen käyttöikä pidentyy.

Kiertotalouden liiketoimintamallissa pyritään myös kaventamaan materiaalivirtaa. Tämä tarkoittaa resurssien vähentämistä ja koko tuotantoketjun tehostamista. Kun tuotteen elinikää pidennetään ja pyritään kierrättämään mahdollisimman paljon tuotteen materiaaleja, materiaalivirta kaventuu automaattisesti. Materiaalivirran kaventuminen on kytköksissä tuotekehitykseen, jonka avulla tuote käyttää vähemmän raaka-aineita ja materiaaleja. (Bocken, 2016)



Kuva 1. Mallinnus lineaarisen ja syklisen materiaaliavirran eroista (Bocken, 2016)

### 2.1.2 Siirtyminen kiertotalouteen

Siirtyminen kiertotalouspohjaiseen liiketoimintamalliin vaatii resursseja. Organisaation tulisi lisätä strategiaansa ja visioonsa kestävän kehityksen ajattelumalli, joka edesauttaa organisaation yksilöitä asennoitumaan tulevaan muutokseen. Liiketoimintamallin muuntaminen vaatii investointeja, jotta organisaation tulevat tuotteet tukevat kiertotalouden liiketoimintamallin ominaispiirteitä. Tämä vaatii myös organisaation verkostoa tukemaan kiertotaloutta. Epävarmuus siirryttäessä kiertotalouteen on huomioitava, sillä mikään organisaatio ei halua yllättäviä kustannuksia. Organisaation tulee vakuuttaa oma verkostonsa siitä, että tuleva muutos hyödyttää kaikkia taloudellisesti. Tämän takia verkostoituneet organisaatiot tekevät sopimuksia, joilla varmistetaan molemminpuolinen hyöty. Nämä sopimukset edesauttavat kaikkia

organisaatioita investointien onnistumisessa sekä vähentävät itsekkäiden toimintojen riskiä. Muutokseen tapahtuvat investoinnit tulevat olemaan isoja. Suhteutettuna suurilla organisaatioilla on etuna suuremmat resurssit muutosten implementointiin. Resursseja vaativat esimerkiksi järjestelmätason toiminnot sekä tutkimus ja kehitys (R&D). Muutoksen aikana voi ilmetä ongelmia, joita juuri isommat organisaatiot pystyvät hoitamaan. Esimerkiksi sopimustilanteissa, joita vaaditaan kiertotalouteen siirtymisessä, on isommilla organisaatioilla huomattava neuvottelu-etu. Nämä asiat on otettava huomioon kiertotalouteen siirtymisessä. (Tom Lahti, Joakim Wincent, Vinit Parida, 2018)



Kuva 2. Kiertotalouden liiketoimintalli sekä tuotekehitys kuvailtuna (Bocken, 2016)

Bockenin (2014) mukaan organisaatioiden johtajat näkevät ekologiset innovaatiot liiketoimintamahdollisuutena. Tämä johtuu siitä, että kiinnostus ekologisuutta kohtaan on noussut huomattavasti ihmisten keskuudessa. (EMF,2013) Esimerkiksi IKEA on pyrkinyt edistämään kiertotaloutta avaamalla pilotti projektina toimivan käytettyjen tavaroiden kaupan (second-hand store) (IKEA, 2022). Kaupan tuotteet tulevat kierrätyskeskuksista, joissa ne entisöivät ja korjaavat tuotteet. IKEA on tämän jälkeen kehittänyt Secon hand - palvelun, jonne asiakkaat pystyvät palauttamaan IKEA-kalusteita, joita he eivät enää tarvitse. (World Economic Forum, 2020)

## **2.2 Tuotekehitys**

### **2.2.1 Tuotekehitys käsitteenä**

Tuotekehitys on uuden tuotteen luomista, jo olemassa olevan tuotteen kehittämistä ja yksilöityjä tuotteiden tekemistä asiakkaille. Tuotekehitys on sarja prosesseja, joka alkaa markkinaraon tunnistamisella, jolloin uusi tuote voidaan kehittää. Prosessit jatkuvat tuotteen tuotantoon ja myyntiin loppuasiakkaille (Majava, J, 2014). Kokonaista tuotekehitysprosessia Ulrich ja Eppinger (2016) kuvaavat kuusivaiheiseksi projektiksi. Monet yritykset pystyvät tekemään voittoa tunnistamalla uudenlaisen tuotteen mahdollisuuden ja kehittämään sitä tarpeiden mukaan. Tuotekehityksen kuuluu ratkaista suunnittelu, valmistus sekä markkinointiongelmat. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

### **2.2.2 Tuotekehityksen haasteet**

Hyvän tuotteen kehittäminen on haastavaa. On olemassa tietynlaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat tuotekehityksen haastavuuteen. Kompromissien teko tuotekehityksen aikana tuottaa haasteita, sillä jos tuotteeseen lisätään komponentteja, se saattaa vaikuttaa tuotteen

valmistuskustannuksiin. Tällaisten kompromissien tunnistaminen on vaikeaa, mutta hyödyllistä. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Päätöksenteko tuottaa haasteita tuotekehityksessä. Jatkuva kilpailu, kilpailijoiden kehitys ja yhteiskunnan muuttuva dynamiikka tuottaa aikapaineita päätöksenteolle, jolloin täydellistä tietoa päätöksestä ei ole ja riskit tuotteen epäonnistumisesta nousevat. Myös yksityiskohdat tuotteessa monimutkaistavat tuotekehitystä, jos tuotteessa on useita pieniä yksityiskohtia, silloin jokaisesta yksityiskohdasta tulee tehdä erillinen päätös. Päätöksen teko jatkuvasti muuttuvassa maailmassa on valtava vastuu. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Tuotekehitys vaatii myös investointeja. Uudenlaisen tuotteen suunnittelu, kehittäminen, sen rakentaminen ja markkinoiminen voi viedä valtavasti rahaa. Yrityksen kannalta on hyvä luoda tuote, joka tyydyttää asiakasta ja tuotteen valmistushinta on kohtalainen. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Sosiaaliset ominaisuudet luovat tuotekehitykselle haasteita. Tuotekehitys alkaa ideasta, jota harvoin kehittää vain yksi ihminen. Yleensä projekteille luodaan ryhmä, jonka jälkeen he alkavat kehittämään ideaa. Ryhmä voi olla monimuotoinen, joilla on erilaisia kokemuksia ja taitoja. Tärkeintä luoda yhteisöllisyyttä ryhmän sisällä, jotta se tyydyttäisi tarpeita yksilön tasolla. Nämä voivat tuottaa haasteita, mutta onnistuessaan, tuotteen onnistuminen maksimoidaan. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

### **2.2.3 Kiertotalous tuotekehityksessä**

Kiertotalouden integroiminen tuotekehitykseen alkuvaiheesta lähtien on tärkeää, sillä on hyvin hankalaa lähteä muokkaamaan tuotetta, kun tuotemääritys on tehty. Suunnittelu strategiana on luoda pitkäikäinen tuote, joka käyttää vähän uusia raaka-aineita. Tuote tulisi perustua luotettavuuteen ja kestävyys. Luotettavuus tulee ilmi tuotteen käytön aikana, jolloin tuote tulisi toimia koko käyttöikänsä läpi ilman vikoja. Kestävyys on tuotteen fyysistä kestävyyttä. Tuote kestää fyysiset kolhut ja käytön ilman tuotteen hajoamista. Yritykset pystyvät testaamaan tuotteitaan normaalikäytössä ennen julkaisemista. Tuotteen kokonaisvaltainen suunnittelu, joka huomioi kiertotalouden

periaatteita, auttaa myös helpottamaan tuotteen korjauksia ja ylläpitoa, mukautuvuutta ja kokoonpanoa tuotteen käyttöään aikana. (Bocken, 2016)

## **2.3 Geneerisen tuotekehitysprojektin läpivienti**

Tuotekehitystä toteutetaan yleensä projekteina. Projektille on tärkeää, että sen kehitysprosessit ovat määritelty tarkasti, jotta projektia olisi helpompi valvoa laatua, koordinoita, suunnitella, parantaa, sekä johtaa. Geneerisessä tuotekehitysprojektissa pyritään määrittelemään vaiheet, joita projekti käy läpi. Vaiheiden aikana tuote käy läpi tarkistuspisteitä, joiden avulla varmistetaan tuotteen laatu. Tämä toimii yleissuunnitelmana, jossa kunkin projektiryhmän jäsenen roolit ovat määritelty. Geneerisessä tuotekehitysprojektissa on 6 vaihetta. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Ensimmäisessä vaiheessa alkaa tuotteen suunnittelu. Kun organisaatio on huomannut markkinaraon, alkavat he suunnitella uudenlaista tuotetta. Organisaation tulee tutkia käytettävissä oleva teknologia sekä tekniikka suunnittelun alkaessa. Projektin rahoitus ja käytettävät tulisi määrittellä alustavasti tässä vaiheessa. Suunnitteluvaiheen tavoitteena on saada konsepti, näkemys tulevasta tuotteesta ja määrittellä markkinasegmentti, joka toimii suunnanantajana projektiryhmälle. Suunnittelu yleensä sisältää laajan valikoiman tuoteideoita, joista projektiryhmä kaventaa vaihtoehtoja jatkokehitystä ja testausta varten, jolloin myös automaattisesti tuotteesta saadaan spesifimpi. Suunnitteluvaiheessa tulisi myös tunnistaa tuotantorajoitukset ja määrittellä toimitusketjustrategioita. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Toisessa vaiheessa laajennetaan ensimmäisen vaiheen toimintoja. Tuotteen konseptia aletaan kehittämään tarkemmin. Projektiryhmä kerää asiakkaiden tarpeet ja tunnistaa samankaltaisten tuotteiden uhan eli kilpailukyyn. Ryhmän tulee tässä vaiheessa arvioida tuotteen toteutettavuus, valmistuskustannukset ja tuotannon kannattavuus. Tuotteelle pitää myös tutkia patenttiin liittyvät asiat ja muut tuotteeseen liittyvät riskit. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)



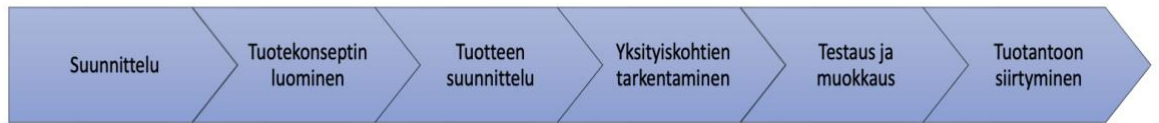
Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan tuote ja kehitetään alustava komponentti ja materiaalisuunnittelu. Tuotteen teollinen suunnittelu alkaa, jolloin on mahdollista kehittää tuotearkkitehtuuria. Projektiryhmän on tunnistettava tärkeiden komponenttien valmistajat ja tehdä laadullista arviota ostoista. Projektiryhmä määrittelee lopullisen kokoonpanokaavion tuotteelle. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Neljännessä vaiheessa alkaa projektiryhmällä yksityiskohtien suunnittelu, jolloin kehitetään markkinointisuunnitelma tuotteelle. Silloin määritellään materiaalit sekä osat tuotteelle. Ryhmä määrittelee laadun ja tuotantoprosessit. Komponenttien ja työkalujen hankinta alkaa. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Viidennessä vaiheessa alkaa tuotteen testaus sekä sen seurauksena uudelleentarkennus tuotteessa, jos sitä vaaditaan. Tässä vaiheessa testataan tuotteen yleistä suorituskykyä, luotettavuutta ja kestävyyttä. Tarkoituksena on selvittää, toimiiko tuote suunnitellulla tavalla ja täyttääkö se asiakkaan tarpeita. Testeissä arvioidaan ympäristövaikutuksia ja tuotteelle hankitaan tarvittavat hyväksynnät sekä sertifikaatit, jos sellaisiin on tarvetta. Testauksien jälkeen tuotteeseen suoritetaan muutoksien implementoiminen. Tähän vaiheeseen kuuluu myös tarkennus markkinointi ja myynti suunnitelmasta, joka helpottaa tuotteen julkaisemista myyntiin. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Viidennessä vaiheessa tuote siirretään tuotantoon. Tällöin organisaatio aloittaa tuotantojärjestelmän täyden toiminnan. Valmistetut tuotteet kuljetetaan ensisijaisille asiakkaille. Tämän jälkeen ne arvioidaan huolellisesti, jotta mahdollisimmat puutteet tulevat esiin. Arvioinnin jälkeen siirrytään laajaan jatkuvaan tuotantoon ja jakeluun. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Näiden vaiheiden aikana on projektiryhmälle tärkeää dokumentoida kaikki, sillä projektin jälkeen organisaation johto arvioi projektin onnistumisen, mutta ryhmä pystyy arvioimaan omaa suoritustaan. Tärkeää tuotekehitysprosessissa on pitää tarkastuspisteitä joka vaiheen jälkeen, jotta laadullisesti tuote sekä koko projekti voidaan viedä onnistuneesti loppuun. Tarkoituksena on tunnistaa ja huomioida tapoja, joilla voi parantaa tulevien projektien läpivientiä. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)



Kuva 3. Tuotekehitysprosessimalli Ulrich & Eppingerin mukaan (mukaillen Ulrich & Eppinger, 2016, s.14)

## **3 KIERTOTALOUS TUOTEKEHITYSPROJEKTEISSA**

Tässä luvussa käsitellään, minkälaista kiertotalous on tuotekehitysprojekteissa yleisesti, ja kuinka sitä pystytään edistämään. Kiertotaloutta käsitellään vaihe vaiheelta generisen tuotekehitysprojektin pohjalta (Kuva 2.). Luvussa pyritään peilaamaan Bockenin syklistä materiaalivirtaa, joissa erilaiset toiminnot vaikuttavat materiaalivirtoihin (Kuva 1). Luku käsittelee myös kiertotalouden tulevaisuutta tuotekehityksessä.

Kestävä tuotekehitys tarkoittaa tuotteen näkökulmasta suljettua materiaalivirran järjestelmää, jossa mukana on materiaalitehokkuus, tuotteen käyttöiän pidentäminen sekä tuotteiden kierrätys. Tuotteen ekologisen suunnittelun tavoitteena on materiaalin tehokas ja nopea kierrätys, jotta ne saadaan takaisin ekonomiseen järjestelmään (Marco Antonio Paula Pinheiro, 2018)

### **3.1 Suunnitelu**

Kun organisaatio ryhtyy suunnittelemaan tuotetta, se implementoi kiertotalousajattelun osaksi koko tuotekehitysprojektia. Tämä on tärkeää, sillä mitä pidemmälle projekti etenee sitä vaikeampi tulevaan tuotteeseen, on tehdä suurempia muutoksia. (EMF,2013) Suunnitteluvaiheessa tuotteeseen tehdyt muutokset ovat huomattavasti halvempia kuin projektin loppuvaiheissa. Projektin onnistumisen kannalta on oleellista keskittyä parantamaan tuotekehitysprojektin alkuvaiheiden suorituskykyä. Kun organisaatiot suunnittelevat tuotetta, ympäristötavoitteina ovat jätteen ja päästöjen vähentäminen. Tämä edesauttaa materiaalivirran ohenemista, (Kuva 1). (Bocken, 2014)

Vaikka suunnitteluvaihe on enemmän keskittynyt tuotteen käytönaikaisiin prosesseihin eli valmistukseen ja tuotantoon, on organisaation suunniteltava tuotteen elinkaaren myöhemmät prosessit kuten tuotteen huolto, kierrätys ja uudelleenvalmistus, jotta materiaalivirtoja saadaan muokattua kiertotalouden mallin tyyliseksi. (Mitsutaka Matsumoto ym, 2016)

### **3.2 Tuotekonseptin luominen**

Kun tuotekonseptia luodaan, suunnittelu tarkentuu ja syvenee. Asiakkaiden tarpeet yleensä heijastuvat asiakkaiden arvoista ja kulutuskäyttäytymisestä. Niiden huomioiminen on tärkeää, kun uutta tuotetta luodaan. Kun konseptia luodaan, pyritään siihen, että kaikki organisaation asianomaiset olisivat mukana suunnittelemassa relevantteja prosesseja liittyen projektiin. (McKinsey&Company, 2016)

Organisaatio kartoittaa tässä vaiheessa omat toimitusketjunsä sekä tuotannon sekä tekee laillisia sopimuksia koko verkostonsä kanssa, jotta kaikki osapuolet sitoutuvat tuleviin prosesseihin. Yleensä verkosto koostuu materiaalitoimittajista, osien toimittajista ja sopimusvalmistajista. Sopimukseen sisältyy esimerkiksi kestävien materiaalin käyttäminen ja päästöjen vähentäminen ja muuten kestäviin toimintoihin sitoutuminen. Kun toimitusketjuja ja tuotantoa suunnitellaan, on organisaatioiden arvioitava tarkasti näiden ekologisuus ja kuinka se tulee vaikuttamaan lopputuotteeseen. (Mitsutaka Matsumoto ym, 2016)

### **3.3 Tuotteen suunnittelu**

Tuotteen suunnittelussa määritellään käytettävät materiaalit. Materiaalien tulisi olla ekologia, joiden kierrätys olisi mahdollista sekä materiaalin hankkiminen ei tuota paljon päästöjä luontoon. Materiaalin valinnassa organisaatiot ovat kriittisiä. Valintaan vaikuttavat muun muassa geologinen paikka, yhteistuotanto materiaalille, monopolientarjonta, poliittinen vakaus toimittajamaassa ja kierrätettävyyttä. (S.I. Hallstedt, ym, 2017)

Myös markkinointisuunnitelma luodaan tuotteelle. Organisaatio voi markkinoida tuotetta juuri ekologisuuden ja kestävyuden avulla, sillä asiakaskunta on yhä enemmän kiinnostunut kuluttamaan ekologia ja kestäviä tuotteita. (EMF,2013)

### **3.4 Yksityiskohtien tarkentaminen, testaus ja muokkaus**

Kun organisaatio on saanut tuotteen suunniteltua, alkaa yksityiskohtien tarkentuminen. Tuotteen osion tarkasteluun liittyen organisaatio pyrkii helpottamaan tuotteen kokoonpanoa ja purkamista. Tällöin tuotteen kuntoa on helpompi ylläpitää vähemmällä raaka-aine materiaaleilla. Myös tuotteen kierrätys helpottuu, sillä jo käytetyn tuotteen toimivat osat voidaan ottaa käyttöön uudelleen. Tällöin pidennämme ja suljemme materiaaliavirran kiertoa (Kuva 1). (Bocken, 2016)

Organisaatio haluaa pitää tuotteen arvon korkealla mahdollisimman pitkään. Kuten luvussa 2.3, tuotetta testataan tuotteen yleistä suorituskykyä, luotettavuutta ja kestävyyttä. Myös tuotteen ympäristövaikutuksia mitataan ja organisaatio katsoo, pääseekö tuote ympäristö tavoitteisiin. Ympäristötavoitteet asetetaan tuotetta suunniteltaessa. Tuotteeseen tehdään tarvittavat muutokset, jos tavoitteisiin ei päästä. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

### **3.5 Tuotantoon siirtyminen ja elinkaaren jatkuminen**

Tuote valmistuessaan siirrytään täyteen tuotantoon. Tuotanto on silloin valmiiksi suunniteltu aikaisemmissa vaiheissa ja tässä vaiheessa tuotannon suorituskyvyn ylläpitäminen on tärkeää. Tuotannossa on hyvä olla indikaattoreita, jotka mittaavat kiertotalouden tehokkuutta kuten jätteen määrää tuotannossa. Nämä ovat osoittautuneet tehokkaiksi, sillä ne viestivät järjestelmällisesti ja johdonmukaisesti tietyn ajanjakson välein. Nämä indikaattorit voivat antaa ekonomisemman sekä kestävämmän tavan toteuttaa tuotantoa. (C. Rattanapana ym, 2012)

Kun tuote on täydessä tuotannossa, seuraavana vaiheena organisaatio pyrkii sulkemaan materiaalivirran syklin eli maksimoimaan tuotteesta tulevat raaka-aineet uuteen tuotteeseen ja kierrättää käyttökelpoisen materiaalin, jotta jätettä syntyy mahdollisimman vähän. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

Organisaatio pyrkii vaikuttamaan asiakkaisiinsa siten, että he kierrättäisivät käytetyt tuotteet, jotta se minimoisi jätteen määrää. Organisaatio voi markkinoinnin avulla sekä tuotesuunnittelulla vaikuttaa asiakkaisiinsa. Projektin ”päätyttyä” organisaatio reflektoi onnistumistaan ja arvioi projektin onnistumista. Organisaatiot pyrkivät jatkuvaan kehitykseen. Dokumentointi ja arviointi on hyvä työkalu kehitykseen. (Ulrich, K. & Eppinger, 2016)

## 4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli saada selville, miten tuotekehitysprojektit ottavat huomioon kiertotalouden sekä pystyvätkö he edistämään kiertotaloutta projektien läpiviennissä. Työ eteni kirjallisuuskatsauksena, jossa tutkittiin kiertotaloutta sekä geneeristä tuotekehitystä teorian pohjalta. Työssä pyrittiin yhdistämään nämä tekijät ja vaiheittain tutkia kiertotalousajattelua tuotekehitysprojektissa. Tutkimuksen ohella ilmi tulee haasteet, joita organisaatio kohtaa siirtyessään kiertotalouden liiketoimintamalliin.

Organisaation siirtyminen lineaarisesta liiketoimintaympäristöstä kiertotalouteen on haasteellista. Se vaatii organisaatioilta tarkkaa suunnittelua sekä tutkimusta aiheeseen liittyen sekä resursseja. Kiertotalouden periaatteiden soveltaminen tuotekehitykseen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari suunnittelusta sen elinkaaren loppuun. Kiertotalouden liiketoimintamallin omaksuminen on edellytys organisaatiossa, jos he haluavat hyödyntää kiertotaloutta tuotekehityksessä. Työssä esitellään strateginen viitekehys organisaatiolle, kuinka he siirtyvät kohti kiertotaloutta. (Kuva 2.) Kun yritys alkaa tekemään tuotekehitysprojektia, tulisi heidän ensimmäisenä alkaa suunnitella ja käyttää kestäviä ratkaisuja.

Tuotekehitysprojektissa on vaiheita, joissa jokaisessa pystytään edistämään kiertotaloutta. Taulukossa 1 on vaiheita sekä vaiheiden sisällyttämiä asioita, joita tulee ottaa huomioon, kun organisaatio pyrkii edistämään kiertotaloutta. Suunnitteluvaiheessa tuotteen purku ja korjaaminen on oleellista, jotta tuotteen komponentit ovat helppo purkaa ja tarvittaessa korjata tai vaihtaa. Tämä tarkoittaa standardoituja ja helposti saatavilla olevia komponentteja. Materiaalivalinta kuuluu myös suunnitteluvaiheeseen. Kiertotaloutta edistetään materiaaleilla, jotka ovat kierrätettäviä, biohajoavia tai niiden ympäristövaikutukset ovat vähäiset. Materiaalit tulisi myös olla vähemmän alttiita kulumiselle, jotta tuotteen käyttöikä pidentyisi. Myös pakkausmateriaalit tulisi valita huolellisesti, jotta se minimoisi pakkausjätettä.

Tuotantovaiheessa pyritään kestäväan valmistukseen, missä pyritään valitsemaan kestäviä ja energiatehokkaita valmistusprosesseja. Tuotantovaiheessa olevat materiaalit tulisi hankkia paikallisesti, jolloin tuetaan paikallista taloutta sekä vähennetään kuljetuksiin liittyviä päästöjä. Tuotteen jakeluvaiheessa on pyrkimys optimoida tehokas kuljetus, jotta päästöt ja energiankulutus vähentyisi.

Tuotteen käyttövaiheessa tuote tulisi olla energiatehokas loppuasiakkaan käytössä. Loppuasiakkaita tulisi kouluttaa tuotteen käyttöä varten ohjeilla, miten tuotetta pitäisi käyttää ja huoltaa, jotta niiden käyttöikä pidentyisi. Käyttövaiheessa on myös hyvä tutkia tuotteen yhteiskäyttöä, pystyykö niiden avulla pidentämään käyttöikää. Loppuasiakkailta pyritään saamaan palautetta, jolloin tuotetta pystytään kehittämään tai hyödyntää tätä tietoa uudessa tuotteessa.

tuotteen käyttöiänloppuvaiheessa pyritään saada jatkuvuutta tuotteen elinkaarelle. Tässä vaiheessa tulisi hyödyntää prosesseja, jossa kierrätetään ja käytetään tehokkaasti materiaalit, joita voi käyttää uudestaan. Tällöin pystytään perustamaan käänteinen logistiikkaketju. Laajennettu tuotehallinta auttaa kokonaisvaltaisesti elinkaaren suunnittelussa. Erilaiset tuotehallinnan ohjelmistot pystyvät seuraamaan tuotantoa, jakelua ja varastonhallintaa. Näiden ohjelmistojen avulla yritys voi parantaa huomattavasti tehokkuuttaan ja myös kehittää prosesseja ympäristöystävällisemmäksi.

Kun tuotekehitysprojekti on saatu päätökseen, pyritään arvioimaan projektin onnistuminen. Tiedostetaan mitä pystytään tehdä paremmin. Pyritään panostamaan innovointiin ja tutkimukseen, jotta löytyisi ympäristöystävällisempiä ja tehokkaampia tuotantoprosesseja ja materiaaleja. Pyrkimys on myös saada arviointi kiertotalouden mittakaavassa eli hyödynnetään keskeisiä suoritusindikaattoreita.



<b>Vaihe</b>	<b>Asioita, joihin kiinnittää huomiota, jotta voi edistää kiertotaloutta</b>
suunnitteluvaihe:	Suunnittelu purkamista ja korjaamista varten, materiaalivalinta, Tuotteen käyttöiän pidentäminen, minimaalinen pakkaus, innovointi ja tutkimus
Tuotantovaihe:	Kestävä valmistus, kierrätysmateriaalit ja paikallinen hankinta
Jakeluvaihe:	Tehokas kuljetus
Käyttövaihe:	Energiatehokkuus, käyttäjäkoulutus, jakamis- ja leasing mallit ja sidosryhmien sitouttaminen
Käyttöiän loppuvaihe:	Kierrätyksen hyödyntäminen, laajennettu tuotehallinta, käänteinen logistiikkaketju, innovointi ja tutkimus, takaisinotto-ohjelmat, elinkaariarviointi ja projektin arviointi

Taulukko 1. Tuotekehitysprojektin vaiheet ja vaiheiden sisällyttämät asiat, joihin pitää kiinnittää huomiota, kun edistetään kiertotaloutta.

Työssä tutkittiin, miten tuotekehitys siirtyy kohti kiertotaloutta. Työssä oli kolme materiaalivirran näkökulmaa tuotekehitykseen. Materiaalivirran ohentaminen, pidentäminen sekä materiaalivirran syklin sulkeminen. Ohentaminen tarkoitti materiaalivirran vähentämistä, kun tuotetta tuotetaan. Tuotteen käyttöeliniän pidentämisellä pystytään vaikuttamaan materiaalivirran hidastumiseen eli pidentymiseen. Syklin sulkeminen tarkoittaa tuotteen elinkaaren sulkemista käyttöiän jälkeen ja saada tuotteesta maksimoitu materiaali uudestaan tuotantoon. Lisääntyvää uusiokäyttöä ja

kierrätystä voisi parantaa nostamalla kierrätysorganisaatiot yhtä tärkeiksi kuin toimittajaorganisaatiot. Tällä tavoin yhteistyö heidän kanssaan voisi olla tehokkaampaa.

Tuotekehityksessä yhteistyö on osoittautunut tärkeäksi. Projekteissa sidosryhmien kanssa kommunikointi ja asiakkaiden tarpeet ovat olennaisessa osassa onnistumisen kannalta. Tämä on haasteellista, jos asiakkaita on monia ja kaikilla on erilaiset tarpeet tuotteelle. Myös korkean suorituskyvyn ylläpitäminen on tuotekehitysprojektin läpiviennissä olennaista. Asianmukainen arviointi ja dokumentaatio kannustaa ylläpitämään tehokasta suorituskykyä.

Tulevaisuudessa kiertotalous lisääntyy ja vaatii vähemmän resursseja, sillä useammat organisaatiot alkavat tukea kiertotaloutta. Kiertotalouteen liittyen ollaan tekemässä koko ajan uusia tutkimuksia ja yhteiskunnan nykytilan takia on jopa kannustavaa tehdä tutkimusta kestävämpään suuntaan tuotekehityksessä. Esimerkiksi sopimuksien teko helpottuu, sillä useammat toimittajat haluavat olla mukana edistämässä kestävä kehitystä. Myös teknologian kehitys auttaa organisaatioita käyttämään vähemmän raaka-aineita, kierrättämään suurinta osaa materiaaleista sekä pidentämään omien tuotteiden käyttöikä. Lisäksi tulevaisuudessa poliittiset päätökset tulevat tukemaan ekologisuuksiä sekä kestävyttä, jolla voi olla tehokas vaikutus organisaatioilla siirtyä kiertotalouden liiketoimintamalliin.

Työn suorittaminen kirjallisuuskatsauksena tuki aihepiiriä. Kiertotalous on suhteellisen uusi aihe tuotekehityksessä. Lähteinä pyrin löytämään tuoreita artikkeleita sekä kirjallisuutta, josta pystyy koostaa kokonaisvaltaisen tutkimuksen. Aihe on ajankohtainen, sillä nyky-yhteiskunnassa on suurta epävarmuutta raaka-aineista. Aihe kuuluu nykyhetken trendeihin ja kiertotalous tulee tulevaisuudessa lisääntymään myös tuotekehityksessä.

Työn luotettavuuteen liittyen käytin verkkodokumentteja, mutta myös relevantteja kirjoja aiheeseen liittyen. Pyrin työssä ajankohtaisuuteen ja tarkoituksena ottaa ajankohtaisia lähteitä. Tämä voi vaikuttaa heikentävästi työn luotettavuuteen.

Työn rajoitteita pohdittaessa tutkimus on suhteellisen kapea, koska tuotekehitysprojekteja on useita erilaisia ja projektien läpivienti on aina yksilöllinen. Tutkimusta pystyy syventämään menemällä yksityiskohtaisesti läpi projektien vaiheet ja tarttua esimerkiksi erilaisiin arviointi työkaluihin projekteissa. Myös tuotehallinnan erilaiset sovellukset sekä työkalut ovat monella organisaatiolla käytössä, joten niiden tutkiminen olisi antanut työlle lisää syvyyttä. Työtä myös pystyy jatkamaan valitsemalla esimerkkiyrityksiä, jotka tekevät tuotekehitysprojekteja ja tutkimalla heidän käytäntöjään implementoida kiertotalousajattelua projekteihin. Heidän haastattelemisensa olisi tuonut myös tarkempaa tietoa ja uusia näkökulmia tutkimukseen. Näitä yksityiskohtaisempia lisätutkimuksia ei tehty työn laajuuden vuoksi.

Tutkimuksessa ei oteta kantaa, mikä on parhain vaihtoehto edistää kiertotaloutta tai millä tavoin organisaatiot pystyvät maksimoimaan voittonsa. Myös eri organisaatioiden toimialoilla kiertotalouden toimintamalliin siirtyminen voi tuottaa erilaisia haasteita kuin pelkästään työssä mainitut haasteet.

## 5 LÄHDELUETTELO

Bocken, Journal of Industrial and Production Engineering. (2016). Product design and business model strategies for circular economy. Saatavissa: (<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/21681015.2016.1172124?needAccess=true&role=button>) [Viitattu 30.3.2023].

Bocken, N. (2014). The front-end of eco-innovation for eco-innovative small and medium-sized companies. Journal of Engineering and Technology Management. Saatavissa: ([https://www.researchgate.net/publication/259135242\\_The\\_front-end\\_of\\_eco-innovation\\_for\\_eco-innovative\\_small\\_and\\_medium\\_sized\\_companies](https://www.researchgate.net/publication/259135242_The_front-end_of_eco-innovation_for_eco-innovative_small_and_medium_sized_companies)) [Viitattu 27.3.2023].

Diaza, A., Schöggbl, J.-P., Reyesd, T., & Baumgartner, R. J. (2021). Sustainable product development in a circular economy: Implications for products, actors, decision-making support and lifecycle information management. Sustainable Production and Consumption, 26, 1031–1045. [Viitattu 0.5.2023].

Ellen McArthur Foundation (EMF). (2013). Towards the Circular Economy [Online document]. Ellen McArthur Foundation. Saatavissa: (<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>) [Viitattu 15.3.2023].

Hallstedt, S.I., & Isaksson, O. (2017). Material criticality assessment in early phases of sustainable product development. Journal of Cleaner Production, 161, 40–52. [Viitattu 15.3.2023].

IKEA. (2022). [Verkkosivu] Saatavissa: (<https://www.ikea.com/fi/fi/customer-service/services/buy-back-resell/>) [Viitattu 27.3.2023].

Lahti, T., Wincent, J., & Parida, V. (2018). A Definition and Theoretical Review of the Circular Economy, Value Creation, and Sustainable Business Models: Where Are We Now and Where Should Research Move in the Future? [viitattu 19.3.2023].

Majava, J., Nuottila, J., Haapasalo, H., & Law, K. M. Y. (2014). Customer Needs in Market-Driven Product Development: Product Management and R&D Standpoints. *Technology and Investment*, 5(1), 16–25. Saatavissa: ([https://www.scirp.org/pdf/TI\\_2014020715542855.pdf](https://www.scirp.org/pdf/TI_2014020715542855.pdf)) [viitattu 19.3.2023].

Marco Antonio Paula Pinheiro, Bruno Michel Roman Pais Seles, Paula De Camargo Fiorini, & Daniel Jugend (2018). The role of new product development in underpinning the circular economy. [viitattu 3.4.2023].

Matsumoto, M., Masui, K., Fukushige, S., & Kondoh, S. (2016). Sustainability Through Innovation in Product Life Cycle Design. Saatavissa: (<https://web-p-ebsohost-com.pc124152.oulu.fi:9443/ehost/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzEyMDM5MzZfX0FO0?sid=c6466c95-be23-4b03-b0a7-63556fb51a54@redis&vid=0&format=EB&rid=1>) [viitattu 27.3.2023].

McKinsey & Company. (2016). Developing products for a circular economy. Saatavissa: (<https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Developing%20products%20for%20a%20circular%20economy/Developing-products-for-a-circular-economy.pdf>). [viitattu 27.3.2023].

Rattanapana, C., Tachapattaworakul, T., & Ounsanehab, W. (2012). Development of Eco-efficiency Indicators for Rubber Glove Product by Material Flow Analysis. [viitattu 27.3.2023].

Ulrich, K. & Eppinger S. (2016). *Product Design and Development* (6th ed.). McGraw-Hill. Saatavissa: (<https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019/03/202-Product-Design-and-Development-Karl-T.-Ulrich-Steven-D.-Eppinger-Edisi-6-2015.pdf>) [viitattu 19.3.2023].

World Economic Forum. (2020). IKEA opens pilot second-hand store in Sweden. Saatavissa: (<https://www.weforum.org/agenda/2020/10/ikea-opens-pilot-second-hand-store-sweden-circular-economy/>) [viitattu 19.3.2023].