



KOHTI CIRCULAR LEAN-KONSEPTIA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden diplomityö

2024

Essi Salmela

Tarkastajat: Dosentti, Tutkijaopettaja Marita Rautiainen

Dosentti, Tutkijatohtori Suvi Konsti-Laakso

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin insinööritieteiden tiedekunta

Tuotantotalous

Essi Salmela

Kohti Circular Lean- konseptia

Tuotantotalouden diplomityö

2024

85 sivua, 5 kuvaa ja 4 taulukkoa

Tarkastajat: Dosentti, Tutkijaopettaja Marita Rautiainen ja Dosentti, Tutkijatohtori Suvi Konsti-Laakso

Avainsanat: kiertotalous, lean-ajattelu, kestävä kehitys

Nykyajan ympäristöongelmat ajavat yhteiskuntia etsimään kestävämpiä ratkaisuja nykyisten lineaaristen talousmallien tilalle sekä ohjaavat yrityksiä huomioimaan oman liiketoimintansa ympäristövaikutuksia. Kiertotalous on noussut esille yhtenä ratkaisuna ympäristön rajallisten resurssien hyödyntämisessä. Lean-ajattelu on taas ollut perinteisen lineaarisen talousmallin kehityksen urauurtava voima, jolla yritykset ovat voineet parantaa tehokkuutta ja kannattavuutta asiakaslähtöisen ajattelun avulla. Tämän tutkielman tarkoituksena on tutkia kiertotalouden ja lean-ajattelun välistä yhteyttä sekä näiden konseptien yhdistämisestä saavutettavia mahdollisia hyötyjä. Tutkimuksessa tunnistetaan mahdollisia yhtäläisyyksiä sekä eroja kiertotalouden ja lean-ajattelun välillä.

Analyysin tueksi tehtiin systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tutkimus osoitti, että kiertotalous ja lean-ajattelu sisältävät paljon samankaltaisia elementtejä, kuten keskittyminen hukkan ja jätteen poistamiseen sekä resurssitehokkuuden korostaminen arvon luomiseksi ja kannattavuuden saavuttamiseksi. Yhdistämällä kiertotalous ja lean-ajattelu voidaan parantaa yrityksen kestävyyttä sekä tehokkuutta ja vastata asiakkaiden tarpeisiin poistamalla jätteitä ja vähentämällä kustannuksia. Konsepteilla on myös useita eroavaisuuksia, joista keskeisin on konseptien kohdistus ja laajuus. Lean-ajattelu keskittyy tarkastelemaan koko tuotantojärjestelmää, kun taas kiertotalous ottaa huomioon laajemman ekologisen ja taloudellisen järjestelmän, korostaen tuotteen koko elinkaarta. Näistä eroavaisuuksista huolimatta kiertotalous ja lean-ajattelu voivat toimia yhdessä hyvänä strategiana yrityksille, jotka etsivät tehokkaita keinoja kestävämmän ja ympäristöystävällisemmän toiminnan saavuttamiseksi.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Engineering Science

Industrial Engineering and Management

Essi Salmela

Towards the Concept of Circular Lean

Master's thesis

2024

85 pages, 5 figures and 4 tables

Examiners: Associate Professor Marita Rautiainen and Post-doctoral Researcher Suvi Konsti-Laakso

Keywords: circular economy, lean, sustainability

Modern environmental challenges are driving societies to seek more sustainable alternatives to current linear economic models and are encouraging businesses to consider the environmental impact of their operations. The circular economy has emerged as one solution for utilizing the planet's limited resources. On the other hand, lean thinking has been a pioneering force in the development of traditional linear economic models, enabling companies to improve efficiency and profitability through customer-focused approaches. The purpose of this thesis is to explore the connection between the circular economy and lean thinking, as well as the potential benefits of combining these concepts. The study identifies possible similarities and differences between the circular economy and lean thinking.

To support the analysis, a systematic literature review was conducted. The research revealed that the circular economy and lean thinking share many similar elements, such as a focus on eliminating waste and emphasizing resource efficiency to create value and achieve profitability. By combining the circular economy with lean thinking, companies can enhance both their sustainability and efficiency, while meeting customer needs by reducing waste and lowering costs. The concepts also have several differences, the most significant being their focus and scope. Lean thinking concentrates on the entire production system, whereas the circular economy considers a broader ecological and economic system, emphasizing the entire lifecycle of a product. Despite these differences, the circular economy and lean thinking can work together as a strong strategy for companies seeking effective ways to achieve more sustainable and environmentally friendly operations.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	7
1.1	Tutkimuskysymys.....	10
1.2	Tutkimuksen rakenne.....	11
2	Käsitteet.....	13
2.1	Lean	13
2.1.1	Vihreä lean.....	20
2.2	Kiertotalous.....	21
2.3	Käsitteiden yhteys.....	24
3	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	26
3.1	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä	26
3.1.1	Tutkimuksen vaiheet.....	27
3.1.2	Edut ja haittapuolet	30
3.2	Tutkimuksen toteutus.....	31
3.2.1	Hakustrategia	32
3.2.2	Seulonta	33
4	Tulokset.....	36
4.1	Tulokset datana	36
4.2	Tutkimuksen nykytila	40
4.3	Kiertotalous- ja lean-strategioiden yhteys	42
4.4	Kiertotalous ja lean-hallinta jätenäkökulmasta.....	46
4.5	Lean-työkalut	51
4.6	Teollisuus 4.0 - näkökulma.....	56
4.7	Uudelleenvalmistus.....	61
4.8	Tuotepalvelujärjestelmät, organisaatiot ja tiedonhallinta näkökulmat	64
5	Pohdinta.....	68
5.1	Mitä yhteistä lean-ajattelulla ja kiertotalousmallilla on?	69
5.1.1	Mitä hyötyä nämä kaksi konseptia yhdistävästä mallista olisi?	70

5.2	Mitä eroavaisuuksia lean-ajattelussa on kiertotalouden periaatteisiin?	71
5.2.1	Kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämisen haasteet.....	72
5.3	Jatkotutkimus	73
6	Yhteenveto.....	75
	Lähteet	77

Kuvioluettelo

Kuvio 1: Tutkimusasetelma

Kuvio 2: Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Kuvio 3: Aineiston hakustrategia

Kuvio 4: Tutkimuksen PRISMA-diagrammi

Kuvio 5: Aineiston avainsanat

Taulukkoluetelo

Taulukko 1: Yleisimpiä Lean-työkaluja

Taulukko 2: Tutkimukseen valittujen artikkelien julkaisuvuodet

Taulukko 3: Tutkimukseen valittujen artikkelien julkaisut

Taulukko 4: Tutkimukseen valittujen artikkelien tutkimusmenetelmät

1 Johdanto

Aikakaudella, jolle tunnuksenomaista on nopea teollistuminen, lisääntyvä kulutus ja kasvava väestönkasvu, kestävän kehityksen käsite on ylittänyt pelkän huolen ympäristön tilasta, ja siitä on tullut välttämättömyys globaalille selviytymiselle. Kestävä kehitys on kehittynyt muotisanasta yritysten perustavanlaatuiseksi välttämättömyydeksi, ja tullut yhdeksi strategisen päätöksenteon kulmakiviksi (Portney, 2015; Schrettle et al., 2014). Nykypäivän globaalissa ympäristössä yritykset tiedostavat yhä enemmän ympäristö-, sosiaali- ja hallintotehtävien integroimisen tärkeyden toimintoihinsa pitkän aikavälin arvon luomiseksi, riskien vähentämiseksi ja sietokyvyn parantamiseksi muuttuvien haasteiden edessä. Se on myös strateginen edellytys kilpailukyvyn ylläpitämiseksi, innovaatioiden edistämiseksi ja sidosryhmien luottamuksen turvaamiseksi ilmastonmuutoksen, resurssien niukkuuden ja sosiaalisen eriarvoisuuden määrittelemällä aikakaudella (Portney, 2015; Schrettle et al., 2014). Kestävä kehitys tarjoaa ratkaisua ongelmiin vastaamalla nykyajan tarpeisiin vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuuksia vastata omiin tarpeisiinsa (Portney, 2015). Se kattaa ympäristölliset, taloudelliset ja sosiaaliset ulottuvuudet, mikä edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa toisiinsa liittyvien haasteiden, kuten ilmastonmuutoksen, luonnonvarojen ehtymisen ja sosiaalisen eriarvoisuuden, käsittelemiseksi.

Yksi kestävyuden omaksumisen lähtökohdista on ymmärtää planeettamme resurssien rajallinen luonne (Portney, 2015). Fossiilisista polttoaineista mineraaleihin ja makeaan veteen, monet olennaiset luonnonvarat ehtyvät hälyttävällä nopeudella, mikä pahentaa ympäristön pilaantumista ja uhkaa ekosysteemejä maailmanlaajuisesti. Lisäksi perinteisissä talousjärjestelmissä vallitseva lineaarinen "ota-tee-hävitä" -malli ylläpitää tätä resurssien ehtymistä ja tuottaa prosessissa valtavia määriä jätettä ja saastumista. Lämpötilojen nousun, jääpeitteiden sulamisen, äärimmäisten sääilmiöiden ja biologisen monimuotoisuuden hupenemisen myötä kestävämmien käytäntöjen seuraukset tulevat yhä selvemmiksi ja vaarantavat ekosysteemejä, toimeentuloa ja ihmisten hyvinvoinnin (Thiele, 2013). Nämä vaikutukset ovat jo ilmeisiä, ja ne vaihtelevat ilmaston aiheuttamista katastrofeista biologisen monimuotoisuuden vähenemiseen ja sosioekonomisiin eroihin. Omaksumalla kestävän kehityksen periaatteita voimme lieventää näitä riskejä, säästää arvokkaita luonnonvaroja ja turvata elämän herkän tasapainon maapallolla. Kestävän maankäytön, vesihuollon ja suojelutoimien avulla

voimme säilyttää biologisen monimuotoisuuden, suojella ekosysteemejä ja varmistaa luonnonjärjestelmien kestävyiden tuleville sukupolville.

Perinteisesti kestävä kehityksen mukainen toiminta ei ole ollut yritysten prioriteetti tai kiinnostuksen kohde. Ympäristönsuojelu on usein liitetty alhaisempaan tuottavuuteen ja kasvaviin kuluihin. Siksi nämä kaksi agendaa on usein aseteltu vastakkain – yritys voi joko suojella ympäristöä tai menestyä ja pysyä kannattavana. Aikaisemmin vihreän ajattelun motiivina on ollut lähinnä ympäristömääräysten ja lakien noudattaminen (Gordon, 2001). Nykyään yritykset eivät kiinnitä huomiota ainoastaan tuotantokysymyksiin, vaan myös ympäristöongelmat ovat tulleet osaksi asialistaa, sillä on yleisesti hyväksytty, että kestävyiden ja taloudellisen suorituskyvyn välillä voi olla molempia hyödyttävä suhde (Bonciu, 2014; Piercy & Rich, 2015). Przychodzen & Przychodzeń (2013) tutkimuksessa havaittiin, että vahvoja yritysvastuun käytäntöjä noudattavat yritykset tuottivat poikkeuksellisia 7,4 % vuositulot ja osoittivat alhaisempaa osakekurssien volatilitteettia, ja yritykset, joilla oli tasapainossa olevat taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristölliset toimet, osoittivat joustavuutta pörssiromahdusten aikana.

Maailmalla on edessään useita ympäristöongelmia, kuten maaperän pilaantuminen, luonnonjärjestelmien saastuminen ja ilmastonmuutos, jotka johtuvat ihmisen toiminnasta, kuten tuotannosta ja kulutuksesta (UNEP, 2021). Kiertotalous (circular economy) on konsepti, joka syntyi tuotantoprosessien ympäristöongelmien lieventämiseksi samalla kuitenkin taloudellisia voittoja ja mahdollisuuksia tuottaen (Kirchherr et al., 2017). Kiertotalous on ehdotus korjaavasta ja uudistuvasta talousmallista, jossa jäte nähdään resurssina ja tehokkuus tulisi viedä mahdollisimman pitkälle (Kirchherr et al., 2017). Toisin kuin lineaarinen malli, kiertotalouden tavoitteena on irrottaa talouskasvu resurssien kulutuksesta edistämällä resurssien uusiutumista, minimoimalla jätettä ja maksimoimalla tuotteiden arvo koko niiden elinkaaren ajan. Kiertotalous on konsepti, jossa tuotteen ja materiaalien koko elinkaari otetaan huomioon hidastamalla, sulkemalla ja kaventamalla materiaalien kiertoa prosesseissa, jotta materiaaleja käytettäisiin mahdollisimman vähän, materiaalit kiertäisivät mahdollisimman pitkään ja niistä saataisiin kaikki mahdollinen hyöty ennen pois heittämistä. Kiertotalous edistää kestäviä tuotanto- ja kulutustottumuksia korostamalla strategioita, kuten pitkäikäisyyttä ja kiertettävyyttä, resurssitehokkuutta ja suljetun kierron järjestelmiä sisältävää tuotesuunnittelua. Tämä ajatusmallin muutos ei ainoastaan säästä luonnonvaroja, vaan myös edistää

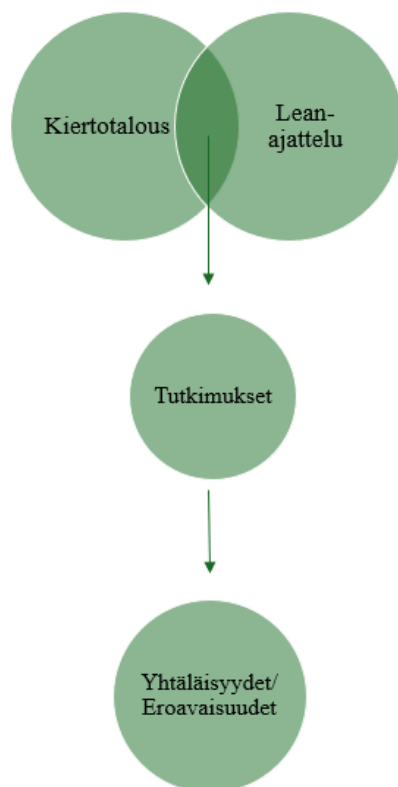
innovaatioita, stimuloi talouskasvua ja parantaa sietokykyä ympäristöhäiriöitä vastaan. (Kirchherr et al., 2017.)

Lisäksi lean-periaatteiden integroiminen kestävän kehityksen aloitteisiin parantaa niiden tehokkuutta ja kannattavuutta (Caldera et al., 2017). Toyotan uranuurtavista valmistuskäytännöistä peräisin olevat lean-periaatteet painottavat kaikenlaisen hukkan eliminointia, jatkuvaa parantamista ja arvon luomista asiakkaan näkökulmasta. Lean on pohjimmiltaan johtamisfilosofia, joka korostaa työntekijöiden osallistumista ja virheiden minimointia luodakseen arvoa asiakkaalle. Täten organisaatiot voivat parantaa resurssien käyttöä, laatua ja tuottavuutta sekä lyhentää sykli- ja läpimenoaikaa. Toisin sanoen lean-ajattelu pyrkii tuottamaan eniten arvoa mahdollisimman pienillä resursseilla (Womack et al., 2007). Näitä lean-ajattelun päämääriä tavoitellaan erilaisten lean-työkalujen kautta. Kestävän kehityksen yhteydessä sovelletut lean-menetelmät virtaviivaistavat prosesseja, vähentävät tehottomuutta ja optimoivat resurssien käyttöä, mikä parantaa ympäristönsuojelun tasoa ja kustannustehokkuutta. Tunnistamalla ja eliminoimalla ei-lisääarvoa tuottavat toiminnot säästävät käytännöt minimoivat ympäristövaikutukset ja lisäävät samalla toiminnan tehokkuutta ja kilpailukykyä. (Womack et al., 2007.)

Useat tutkijat puhuvat kiertotalouden ja lean-periaatteiden synergian mahdollisuuksista vastata kestävän kehityksen haasteisiin eri toimialoilla ja sektoreilla. Suunnittelemalla tuotteita kestäviksi, korjattaviksi ja päivitettäviksi yritykset voivat pidentää niiden käyttöikä ja helpottaa resurssien hyödyntämistä uudelleenvalmistus-, kunnostus- tai kierrätysprosessien avulla. Samaan aikaan lean-käytännöt antavat yrityksille mahdollisuuden minimoida jätettä, optimoida materiaalivirtoja ja parantaa energiatehokkuutta koko arvoketjussa, mikä vähentää entisestään ympäristöjalanjälkeä ja parantaa tuottavuutta ja kannattavuutta. Tutkimuksia, jotka yhdistäisivät nämä kaksi konseptia, löytyy kuitenkin toistaiseksi vähän, ja tutkijat pe- räävät tarvetta lisätutkimuksille näiden konseptien synergioiden löytämiseksi ja hyödyntä- miseksi (Maldonado-Guzmán & Garza-Reyes, 2023). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on- kin selvittää, minkälaisia yhtymäkohtia tai eroavaisuuksia näillä kahdella konseptilla on, ja voisiko kiertotalouden ja lean-periaatteiden omaksuminen tarjota yrityksille hyötyjä tai apu- keinoja kestävän kehityksen saavuttamiseksi.

1.1 Tutkimuskysymys

Tämä tutkimus tutkii lean-filosofian ja kiertotalouskonseptin välistä suhdetta. Tavoitteena on löytää yhteneväisyyksiä näiden kahden konseptin väliltä. Tarkoituksena on lisätä ymmärrystä siitä, mitkä asiat yhdistävät tai erottavat näitä kahta konseptia. Tutkimus tarkastelee lean-ajattelun ja kiertotalouden yhdistämistä tunnistamalla yhteensopivuuden astetta, samanlaisia motiiveja, päällekkäisyyksiä sekä synergiaa näiden kahden käytännön välillä. Lisäksi tarkastellaan lean-konseptin ja kiertotalousmallin mahdollisia eroja, ristiriitoja ja kompromisseja. Tutkimuksen nykytilan kartoittamisen kautta tavoitteena on myös löytää aiheita jatkotutkimukselle aihealueeseen liittyen.



Kuvio 1. Tutkimusasetelma

Täten tutkimukselle on asetettu kaksi tutkimuskysymystä sekä yksi alakysymys:

Tutkimuskysymykset:

1. Mitä yhteistä lean-ajattelulla ja kiertotalousmallilla on?
Alakysymys: Mitä hyötyä nämä kaksi konseptia yhdistävästä mallista olisi?
2. Mitä eroavaisuuksia lean-ajattelulla on kiertotalouden periaatteisiin?

Tutkimusasetelman lähtökohtana pidetään yhteiskuntien sekä yksilöiden vaatimuksia kestävä kehityksen mukaisista periaatteista yhdistettynä yritysten kilpailu- ja kehitysmahdollisuuksiin. Kiertotalous on tällä hetkellä yksi puhutuimmista keinoista kestävä kehityksen saavuttamiseksi, lean-ajattelun ollessa jo valtavirtaa yritysmaailmassa. Yhteneväisyyksiä ja eroja kartoittamalla voitaisiin selvittää mahdollisia hyötyjä, jotka nämä kaksi konseptia yhdistämällä voitaisiin saavuttaa.

Tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi tutkimuksessa käytetään systemaattista kirjallisuuskatsausta. Koska tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistävän tutkimuksen nykytilaa sekä konseptien yhtäläisyyksiä, systemaattinen kirjallisuuskatsaus tarjoaa tutkimusmenetelmän, jolla voidaan parhaiten löytää mahdollisimman kattavasti relevantit tutkimukset rajattuun aihealueeseen liittyen (Vilkkä, 2023). Lisäksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus antaa myös kattavan kuvan siitä mitä aihealueesta on tutkittu mahdollisimman puolueettomasta näkökulmasta. Tutkimuksessa ei ole etukäteen rajattu pois tietynlaisia tutkimuksia, vaan tutkimukseen on otettu mukaan kaikki systemaattisen kirjallisuuskatsauksen hakuvaiheessa löydetyt tutkimukset, jotka tutkivat tutkimusasetelmassa asetettuja aiheita. Tutkimuksen seulontavaiheessa tutkimuksesta rajattiin ainoastaan pois artikkeleja, jotka eivät käsitelleet molempia tai kumpaakaan asetettuja aihealueita tai jotka eivät vastanneet tutkimuksen laatuvaatimuksia.

1.2 Tutkimuksen rakenne

Tämä tutkimus aloitetaan avaamalla tutkimuksen taustoja sekä tutkimusasetelman ja tutkimuskysymysten asettamisella. Tämän jälkeen esitetään tutkimukseen liittyviä keskeisimpiä käsitteitä; lean-ajattelu ja vihreä lean sekä kiertotalous, keskittyen näiden peruseriaatteiden

avaamiseen. Kappaleessa 3. käydään läpi yksityiskohtaisesti tutkimuksen metodologia ja tutkimuksen toteutus vaiheittain. Tämän jälkeen tutkimuksen aineiston tuloksia analysoidaan sekä datana että teoreettisesta näkökulmasta. Tulosten läpikäyntiä seuraa pohdinta, jossa esitellään tärkeimmät johtopäätökset ja vastataan asetettuihin tutkimuskysymyksiin sekä tavoitteisiin. Lopuksi tutkimuksesta koostetaan yhteenveto ja kerrotaan tutkimuksen rajoitteista.

2 Käsitteet

Tässä kappaleessa esitellään tutkimuksen keskeisimmät käsitteet. Tämän kappaleen tarkoituksena on avata lean-ajattelua, vihreän leanin periaatteita ja kiertotalous-käsitteen perusajatuksia sekä avata näiden konseptien esitettyjä yhtymäkohtia.

2.1 Lean

Yksi vaikuttavimmista toiminnanhallinnan suorituskyvyn parantamisen käsitteistä viime vuosina on ollut Lean- konsepti. Lean-konsepti syntyi autovalmistaja Toyotan yrityksestä saada suuren mittakaavan valmistusprosessi toimimaan useiden epäonnistumisien jälkeen. Toyota oli vaikeuksissa myyntilukujen laskiessa ja haki oppeja muista alan yrityksistä analysoidakseen omaan toimintaansa. Tämän analysoinnin tuloksena yritys toimeenpani sarjan erilaisia tekniikoita tehdäkseen valmistuksesta virtaviivaisemman, poistaakseen uudelleen työstämisen, hukkan ja tarpeettoman inventaarion. (Womack et al., 2007.)

Lean- liiketoimintastrategia perustuu viiteen peruseriaatteeseen, jotka johtavat lisäarvoa tuottamattoman toiminnan, eli hukkan, poistamiseen. Nämä periaatteet ovat: (1) arvo, eli asiakkaan kokema arvo tuotteelle tai palvelulle; (2) arvoketju, joka kuvaa tarpeelliset toiminnot, jotta asiakkaan toiveet voidaan toteuttaa; (3) virtaus, joka perustuu fyysisen ympäristön analysointiin ja sen perusteella tehtyihin muutoksiin, jotka voivat parantaa asioiden virtausta prosessien läpi; (4) imu/veto, joka keskittyy asioiden oikea-aikaiseen tekemiseen, jotta vältytään turhalta inventaariolta; (5) täydellisyys, joka viittaa jatkuvaan prosessien kehittämiseen ja parantamiseen. Näiden periaatteiden avulla katetaan ongelmakohtia kattaen koko yrityksen toiminnan. Parhaiten ongelmia selätetään, kun näitä periaatteita integroidaan keskenään, jolloin saavutetaan kokonaisvaltaisia muutoksia. (Mikkonen, 2022.)

Lean-ajattelu alkaa siis arvon määrittämisestä ja arvovirran kartoittamisesta. Arvo määräytyy loppuasiakkaan näkökulmasta. Kartoittamalla tuotteen arvovirtaa voidaan tarpeettomia toimenpiteitä tunnistaa ja poistaa. Seuraavat askeleet ovat virtauksen luominen, vetovoiman luominen ja täydellisyyden tavoittelu. Jätteiden poistamisen ja virtauksen luomisen ansiosta tavarat voivat liikkua sujuvasti ilman keskeytyksiä arvovirtaa ja tuotantoprosesseja voidaan

optimoida. Vetoon perustuva tuotanto vastaa mahdollisimman tarkasti asiakkaiden kysyntään "myy yksi, tee yksi" -periaatteella. Koska lean-metodologia pyrkii jatkuvaan parannukseen, sama prosessi toistetaan yhä uudelleen ja uudelleen, tavoitteenaan saavuttaa täydellisyys ylivoimaisella arvolla ja ilman hukkaa. (Womack et al., 2007.)

Lean-ajattelun ydintavoite on minimoida hukka ja maksimoida arvoa asiakkaille käyttämällä vähemmän. Tähän sisältyy energia, laitteet, aika, tila, materiaalit ja pääoma (Womack et al., 2007). Pohjimmiltaan lean-konsepti pyrkii siis luomaan ylivoimaista laatua ja lisäarvoa asiakkaille minimoimalla jätteen, varaston ja toimitusajat samaan aikaan tehokkuutta ja tuottavuutta lisäämällä (Womack et al., 2007). Lean-ajattelu tähtää korkeaan toimintakykyyn parantamalla tuotantoprosessien kulkua ja nopeutta, ja näin ollen pyrkii tuottamaan parempaa asiakasarvoa poistamalla hukkan kaikista tuotantovaiheista. Lean-periaatteen tärkein tavoite on tuottaa korkealaatuisia tuotteita minimaalisilla kustannuksilla ja ajalla sekä eliminoimalla ei-arvoa tuottavat toiminnot (Mikkonen, 2022). Yleisesti ottaen lean-ajattelun tavoitteena on luoda hyvin organisoitu ja tehokas järjestelmä, joka hyödyntää jatkuvan parannuksen filosofiaa kaikkien hukkien hävittämiseksi ja parhaan arvon tarjoamiseksi asiakkaille (Torkkola, 2015).

Lean-ajattelu tunnetaan parhaiten jatkuvan parantamisen periaatteesta, yrityksestä karsia kaikki tarpeettomat operaatiot ja prosessit sekä kaiken hukkan vähentämisestä (Hines ja Rich, 1997). Lean-ajattelussa tunnistetaan yleisesti seitsemän erilaista hukkaa, jotka voidaan luokitella joko prosessihukaksi tai käyttöhukaksi: (1) ylituotanto (overproduction), (2) odottaminen (waiting), (3) kuljettaminen (transport), (4) tarpeettomat prosessit (unnecessary processing), (5) tarpeeton inventaario (unnecessary inventory), (6) tarpeeton liike (unnecessary motion) ja (7) virheet (defects). Lean-konseptin pääpaino on näiden seitsemän hukkan tunnistamisessa ja hävittämisessä, samalla kun se tarjoaa arvoa asiakkaalle kaikissa prosessin vaiheissa (Caldera et al., 2017). Mikä tahansa muu organisaation toiminta, joka ei ole välttämättä tai ei tuo palvelulle tai tuotteelle lisäarvoa, pidetään hukkana. Tämä tarkoittaa vähimmäismäärän käyttämistä materiaalien ja laitteiden, osien ja tilojen, pääoman sekä työajan osalta (Womack et al., 2007; Caldera et al., 2017). Yleensä asiakkaalle arvoa luovat tekijät on helppo tunnistaa verrattuna ei-lisäarvoa tuottaviin toimintoihin ja niitä ympäröiviin hukkiin. Eri hukkan lajit voivat myös liittyä toisiinsa. Esimerkiksi ylituotannolla on taipumus lisätä odotusaikaa sekä luoda tarpeetonta inventaariota ja virheitä. Keskeinen tavoite hävikin poistamisessa on parhaan mahdollisen asiakastytyvyyden saavuttaminen lean-ajattelun

lähtökohdan mukaisesti (Womack et al., 2007; Torkkola, 2015; Caldera et al., 2017). Hukkaa voidaan esimerkiksi purkaa Kaizen-työkalun avulla, joka kannustaa kaikkia työntekijöitä löytämään ongelmakohtia prosesseista (Hines ja Rich, 1997).

Erilaiset työkalut ja menetelmät kuuluvat keskeisesti lean-ajatteluun ja sen toteuttamiseen yrityksissä. Lean-työkalut tähtäävät erilaisiin tavoitteisiin ja keskittyvät eri asioihin, joten niitä on tärkeää soveltaa tarkoituksenmukaisesti yhdessä ja toisiaan tukevasti. Erilaisia yleisimpiä lean-työkaluja on esitelty taulukossa 1. Pelkkä työkalujen hyödyntäminen ei kuitenkaan riitä tekemään yrityksestä lean-organisaatiota eikä tuomaan esiin lean-ajattelun kaikkia mahdollisia etuja. (Mikkonen, 2022.)

Lean-ajattelua voidaan tarkastella jakamalla se kahteen osa-alueeseen, joiden yhtäaikainen soveltaminen on edellytys lean-ajattelun täysien hyötyjen saavuttamiseksi. Ensimmäinen osa-alue käsittää lean-ajattelun teknisen puolen, kuten erilaisten työkalujen ja menetelmien käyttöönoton organisaation toiminnassa. Toinen osa-alue puolestaan liittyy lean-ajattelun ideologiseen arvopohjaan, jonka avulla voidaan luoda toimintakulttuuri, joka tukee esimerkiksi jatkuvan kehittämisen ajattelutapaa. Tämä pehmeämpi osa-alue kattaa myös asiakasarvon korostamisen sekä osallistavan johtamistavan. (Bortolotti et al., 2015; Holmemo et al., 2018.)

Lean-työkalu	Kuvaus	Hyödyt
5s-metodi	Konkreettinen työpaikan tai -tilan organisoimis- ja kehittämistapa, joka perustuu viiteen vaiheeseen: <ul style="list-style-type: none"> - Lajittelu (Sort): poistetaan asiat, joita ei tarvita - Järjestäminen (Straighten): järjestellään jäljellä olevat asiat - Puhdistaminen (Shine): siivotaan ja tarkistetaan työpiste - Standardointi (Standardize): luodaan ja kirjataan tavoitetasot 	Eliminoi hukkaa, joka syntyy huonosti järjestellystä työtilasta. Tällä voidaan myös vaikuttaa suurempiin organisaatiollisiin tavoitteisiin, kuten laatupoikkeamiin, tehokkuustavoitteisiin ja työhyvinvointiin.

	- Ylläpito (Sustain): noudatetaan ja ylläpidetään saavutettua tasoa	
Kanban	Tuotannon ajoitusjärjestelmä tavaravirtojen säätelyyn sekä tehtaan sisällä että ulkopuolisten toimittajien ja asiakkaiden kanssa. Perustuu automaattiseen täydennykseen signaalikorttien kautta, jotka ilmoittavat, milloin tavaroita tarvitaan lisää.	Auttaa määrittämään, mitä pitää tuottaa, milloin ja millaisissa määrissä. Nostaa esille erilaisia tuotantoprosessin ongelmia ja edistää siten parannusten keksimistä ja käyttöönottoa.
Arvovirtakartointus (Value Stream Mapping)	Työkalu, jolla visuaalisesti kartoitetaan tuotannon kulua. Näyttää prosessien nykyisen ja tulevan tilan tavalla, joka korostaa kehitysmahdollisuuksia.	Paljastaa hukan nykyisissä prosesseissa ja tarjoaa etenemissuunnitelman prosessien kehitykselle.
Kaizen	Strategia, jossa työntekijät työskentelevät yhdessä proaktiivisesti saavuttaakseen säännöllisiä, asteittaisia parannuksia prosesseihin.	Yhdistää yrityksen kollektiiviset kyvyt luodakseen alustan jatkuvaan prosessien kehittämiseen ja hukan poistamiseen.
Tuottava kunnossapito (Total Productive Maintenance/TPM)	Kokonaisvaltainen lähestymistapa kunnossapitoon, joka keskittyy ennakoivaan ja ennaltaehkäisevään kunnossapitoon laitteiden käyttäjän maksimoimiseksi. TPM hämärtää huollon ja tuotannon välistä eroa korostamalla voimakkaasti käyttäjien valtuuttamista auttamaan laitteidensa kunnossapidossa.	Luo yhteisvastuun laitteista, mikä kannustaa työntekijöitä osallistumaan enemmän. Oikeassa ympäristössä tämä voi olla erittäin tehokas työkalu tuottavuuden parantamisessa (lisää käyttöikää, lyhentää läpimenoaikoja ja eliminoi vikoja).
Just-In-Time (JIT)	Vetää osia tuotannon läpi asiakkaan kysynnän perusteella sen sijaan, että se työntäisi osia tuotantoon ennustetun kysynnän perusteella. Luottaa moniin lean-	Tehokas työkalu varastotasojen pienentämisessä. Parantaa kassavirtaa ja vähentää tilantarvetta.

	työkaluihin, kuten Continuous Flow, Heijunka, Kanban, Standardized Work ja Takt Time.	
DMAIC-prosessi	<p>Prosessi ongelmanratkaisuun ja prosessien kehittämiseen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Määrittely (Define): määrittellään ratkaistava ongelma huolellisesti - Mittaus (Measure): mitataan tämänhetkinen suorituskyky - Analysointi (Analyze): analysoidaan prosessi sekä juurisyyt - Parantaminen (Improvement): parannetaan prosessia testaamalla ja tutkimalla ratkaisuja - Ohjaus (Control): parannetun prosessin ohjaukseen kehitetään standardoitu prosessi, jota voidaan käyttää ja parantaa jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti 	Systemaattinen menetelmä ongelmanratkaisuun sekä prosessien kehittämiseen prosessien vaihtelun ja virheiden vähentämiseen.
Continous Flow	Valmistus tai prosessi, jossa keskeneräinen työ kulkee sujuvasti tuotannon läpi minimaalisella puskurilla eri prosessin vaiheiden välillä.	Eliminoida monet jätteen muodot kuten varastot, odotusajat ja kuljetukset.
PDCA sykli (Plan, Do, Check, Act)	<p>Iteratiivinen menetelmä prosessien kehityksen toteuttamiseen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suunnittele (Plan): kirjaa suunnitelma ja odotetut tulokset - Tee (Do): toteuta suunnitelma - Tarkista (Check): verifioi saavutetut tulokset 	Antaa prosessien kehitykselle tieteellisen keinon, jossa luodaan ensin hypoteesi, jota testataan, jonka jälkeen tulokset arvioidaan, koetta jatkojalostetaan ja yritetään uudestaan.

	- Korjaa (Act): tarkastele ja arvioi; tee uudestaan	
Juurisyys-analyysi (Root Cause Analysis)	On ongelmanratkaisumenetelmä, joka keskittyy taustalla olevan ongelman ratkaisemiseen sen sijaan, että käytettäisiin pikakorjauksia, jotka hoitavat vain ongelman välittömiä oireita. Yleinen lähestymistapa on kysyä miksi viisi kertaa – jolloin joka kerta on askeleen lähempänä todellisen taustalla olevan ongelman löytämistä.	Auttaa varmistamaan, että ongelma on todella poistettu, koska korjaavat toimet kohdistuvat ongelman alkulähteen eli juurisyyn korjaamiseksi.
SMART-tavoitteet	SMART-tavoitteet ovat: Tarkkoja (Specific), mitattavissa olevia (Measurable), saavutettavia (Attainable), merkityksellisiä (Relevant) ja aikakohtaisia (Time-Specific).	Auttaa varmistamaan, että asetetut tavoitteet ovat tehokkaita ja toimivia.
Poka-Yoke	Keskittyy työvirheiden ja vikojen tunnistamiseen ennen kuin ne johtavat laatuvirheisiin. Menetelmän ydin on siinä, että virheet pyritään tunnistamaan niiden mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta ne eivät etene tuote- tai palvelu- virheiksi asti.	Tavoitteena on nollavirhetilanne, johon pyritään virheiden ennaltaehkäisemisellä ja toiminnan kehittämisellä. Tällä saavutetaan laatuideaali sekä vähennetään virheistä johtuvia kustannuksia.

Taulukko 1. Yleisimpiä Lean-työkaluja

Yksi tärkeä konsepti lean-ajattelussa on mittaaminen. Ilman mittaamista kehittämisen tarpeita sekä kehittämisestä saavutettuja tuloksia voi olla vaikea nähdä. Usein konkreettisen datan näkeminen myös helpottaa viestin ja muutosten läpivientiä. Mittaaminen on lean-ajattelun elementti, joka takaa, että käytännön tason muutokset toiminnassa, ovat linjassa yrityksen tavoitteiden kanssa. Erilaisia mittareita ovat esimerkiksi työtaakka (work-in-

progress) ja läpimenoaika. Mittarit tulisi ensisijaisesti valita niin, että mittaus on mahdollista toteuttaa ja mittauksella on vaikutusta toimintaan. Mittareiden valinnassa on myös hyvä miettiä, mikä on tärkeää asiakkaalle sekä yritykselle. (Feld, 2000; Mikkonen, 2022.)

Vaikka lean-konsepti alun perin kehitettiin tuotantoprosesseja varten, sitä voidaan soveltaa menestyksekkäästi myös muissa prosesseissa ja asiantuntijaorganisaatioissa. Lean-ajattelua voidaan nähdä laajempänä liiketoiminta- ja johtamismallina, josta on hyötyä kaikilla toimialoilla ja yrityksen osa-alueilla, kuten suunnittelussa, hankinnassa, myynnissä ja asiakaspalvelussa. Toimialasta riippumatta yrityksiä askarruttavat usein samat haasteet, kuten asiakastyytyväisyys, kassavirta sekä palvelun tai tuotteen laatu. Lean-ajattelu on erityisen hyödyllinen asiantuntijatyön ongelmakohtien tunnistamisessa ja olemassa olevien prosessien kehittämisessä. Asiantuntijatyötä haittaavat samat tekijät kuin muitakin prosesseja: vaihtelu, ylikuormitus ja hukat. (Torkkola, 2015.)

Asiantuntijaprosessien toimintatavat ovat suuresti yksilöstä riippuvaisia eli vaihtelua tapahtuu runsaasti, mutta lean-ajattelun avulla vaihtelua ja hukkaa voidaan kuitenkin vähentää. Lean-ajattelua sovellettaessa lähtökohtana toimii aina kysymys: Mitä asiakas haluaa tästä prosessista? Se määrittää arvon, johon yrityksen tulee tähdätä. Tarkastelemalla prosessia asiakkaan näkökulmasta, voidaan tunnistaa vaiheet, jotka tuottavat lisäarvoa, ja erottaa ne niistä, jotka eivät tuota lisäarvoa. Tätä lähestymistapaa voidaan soveltaa kaikissa organisaation prosesseissa, kuten asiakaspalvelussa, tuotannossa tai viestinnässä. Pelkästään yhden prosessin seuraaminen ja kehittäminen ei kuitenkaan riitä, vaan asiantuntijatyössä on tärkeää ymmärtää kaikkien prosessien eri vaiheet, jotta niiden väliset syy-seuraussuhteet voidaan hahmottaa ja parantaa näin organisaation toimintamalleja kokonaisvaltaisesti. (Liker, 2013; Torkkola, 2015.)

Asiantuntijaorganisaatiossa lean-ajattelun käytännön soveltaminen tyypillisessä toimistoympäristössä voi olla esimerkiksi parempien tiedonkulun ratkaisujen tai työvälineiden etsiminen tai dokumentinhallinnan parantaminen. Yksi tehokas tapa sujuvoittaa asiantuntijan työtä on työtapojen standardointi. Standardoinnin, eli vakioinnin, tarkoituksena on kuvata, miten työtehtävät tehdään, miten tieto liikkuu ja missä järjestyksessä työ otetaan vastaan. Myös organisaation ja tiimien yhteiset toimintamallit auttavat laadun varmistamisessa sekä helpottavat uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Lean-ajattelun periaatteiden mukaisesti asiakaslähtöisyyden tulisi olla kaiken toiminnan keskiössä, myös asiantuntijaorganisaatioissa. Lean-ajattelussa asiakkaaksi voidaan määritellä myös organisaation sisäinen asiakas.

Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa, että työssä käytettävät järjestelmät eivät ohjaa asiantuntijoiden toimintaa, vaan tukevat juuri niitä kriittisiä tehtäviä, jotka tuottavat asiakkaalle arvoa. (Torkkola, 2015.)

2.1.1 Vihreä lean

Teollisuus on yksi maailman merkittävimmistä kasvihuonekaasupäästölähteistä sekä jätteen aiheuttajista, minkä takia teollisuuden valmistajat etsivät jatkuvasti mahdollisuuksia operaatioidensa parantamiseen, jotka samalla vähentäisivät prosessien ympäristövaikutuksia (Cai et al., 2019; Leong et al., 2019). Tämä on yksi syy, jonka takia lean-ajattelu on viime vuosina myös yhdistetty kestäväen kehityksen periaatteisiin. Erityisesti hukkan vähentämisen periaatteet on liitetty kestäväen kehityksen periaatteisiin. Tässä kontekstissa hukkan on ajateltu liittyvän esimerkiksi päästöjen sekä valmistuksesta syntyvän jätteen vähentämiseen. Näistä ajatuksista on syntynyt käsite: vihreä lean (green lean) (Kalemkerian et al., 2022; Salibi et al., 2022).

Vihreän lean-ajattelun lähtökohtana pidetään kestäväen kehityksen käytäntöjen integrointia lean-valmistuksen ideoihin, mikä johtaa alempiin päästötasoihin, alentaen marginaalisia kuluja johtuen päästöistä. Tämä rohkaisee johtajia investoimaan hukkan ja jätteen vähentämiseen. Vihreän lean-ajattelun tavoite on myös vähentää päästöjen tasoa valmistuksen aikana, päästöjen loppusijoittamisen sijaan. (King ja Lenox, 2001.)

Campos ja Vazquez-Brust (2016) määrittelevät vihreän lean-ajattelun synergiana, joka tuo lisäetuja, kun lean-ajattelua sekä vihreää ajattelua hyödynnetään yhdessä. Jos yritykset hyödyntävät näitä konsepteja erikseen, lisähyötyjä ei voida saavuttaa. Vihreän ajattelun ja lean-käytäntöjen integrointi voi tuoda merkittäviä mahdollisuuksia yrityksille parantaa suoritusta sekä kestäväen kehitystä, mikä luo yritykselle kilpailuetua (Caldera et al., 2017). Franchetti et al. (2009) mukaan lean-käytäntöjä voidaan käyttää ympäristöajattelun tukena sekä tapana saavuttaa yrityksen ympäristötavoitteita. Lean-käytänteet voivat auttaa yrityksiä tunnistamaan mahdollisuuksia kestäväen kehitykseen levittämällä tietoisuutta työntekijöiden keskuudessa sekä lisäämällä tiedon kulkua. Lean-ajattelun implementoinnin sivutuotteena yrityksen vihreät käytännöt voivat parantua. Useat lean-ajattelua hyödyntävät organisaatiot ovatkin vihreämpiä, mutta sama sääntö ei välttämättä päde toisinpäin, sillä useat vihreän

ajattelun kannattajat näkevät lean-ajattelun luonnollisena jatkumona vihreästä ajattelusta (Bhattacharya et al., 2019).

Bhattacharya et al. (2019) kirjallisuuskatsaus leanin ja vihreän ajattelun yhdistämisestä korosti molemmissa konsepteissa esiintyvää hukkan poistamista sekä suorilla että epäsuorilla keinoilla. Suorat keinot sisälsivät esimerkiksi päästöjen vähentämisen ja työntekijöiden suorituksen tehokkuuden lisäämisen ja epäsuorat toimet sisälsivät esimerkiksi paremman laadun ja hukkamateriaalin vähentämisen. Esimerkkinä molempien konseptien mukaisesta hukkan vähentämisestä on kuljetus, joskin sen vähentämiselle on eri konsepteissa eri motiivit (Dües et al., 2013). Lean-ajattelussa kuljetuksen vähentäminen liittyy kulujen karsimiseen ja vihreässä ajattelussa päästöjen vähentämiseen.

Vaikka suurin yhteneväisyys näiden kahden konseptin välillä löytyykin hukkan vähentämisestä, hukkan määrittely on taas puolestaan yksi isoimmista eroista leanin ja vihreän ajattelun välillä. Lean-ajattelussa hukkaa on kaikki toiminta, joka ei lisää arvoa asiakkaan näkökulmasta (Mikkonen, 2022). Vihreät strategiat taas mieltävät ympäristöjätteen resurssien epätehokkaana hyödyntämisenä (Dües et al., 2013). Vaikka vihreä- ja lean-strategia voidaan nähdä yhteensopivina ja toisiaan hyödyttävinä strategioina, niiden välillä on myös eroavaisuuksia, kuten hiilidioksidipäästöjen huomioiminen, jotka voivat estää molempien yhtäaikaista hyödyntämisen kaikissa yrityksen osa-alueissa (Dües et al., 2013).

2.2 Kiertotalous

Kiertotalous konsepti syntyi uutena ajatusmallina vastauksena nykyisen yhteiskunnan ympäristöongelmiin. Kiertotalous konseptin synty johtaa useisiin eri koulukuntiin ja sen nykyinen versio on rakentunut hiljalleen useiden tutkijoiden toimesta. Lähtökohtina kiertotalouden syntymiselle on pidetty ympäristöongelmiin vastaamista kuitenkin samalla taloudellisen hyödyn ja mahdollisuuksien saavuttamista. Yksi tärkeimmistä teorioista, teollinen ekologia, esitti ensimmäisenä ajatuksen, jossa yritykset ja ympäristö ovat yhtä ekosysteemiä, jossa materiaalin, informaation ja energian virtaus sekä resurssien sääntely toimivat yhdessä (Ghissellini et al., 2016). Nykyiseen kansainväliseen suosioonsa talousmallina kiertotalous nousi noin 2010-luvun alussa, jolloin useita tutkimuksia mallin käyttöönotosta julkaistiin ja kiertotalous tuli tunnetummaksi politiikassa sekä kuluttajien keskuudessa (Delchet, 2020).

Kiertotalousmalli nähdään usein vastakohtana perinteiselle lineaariselle talousmallille, joka perustuu resurssien keräämiseen, niiden muokkaamiseen, kulutukseen ja lopulta pois heittämiseen. Näiden vaiheiden aikana päästöihin tai jätteen kertymiseen ei usein juurikaan kiinnitetä huomiota. Kiertotalous tarjoaa tähän vaihtoehdoisen näkökulman, jossa keskitytään minimoimaan ympäristön rapautuminen sekä resurssien ja energian talteen ottaminen tuotteen koko elinkaaren aikana. (Kirchherr et al., 2017; Sauvé et al., 2016.)

Ghisellini et al. (2016) konseptualisoivat kiertotalouden kolmeen eri analyysin tasoon:

1. Mikrotaso, joka sisältää tuotteet, yritykset ja kuluttajat
2. Mesotaso, joka sisältää esimerkiksi ekoteollisuuspuistot, teollisen symbioosin, yhteisön osallistumisen
3. Makrotaso, joka sisältää kaupungit, kunnat, alueet ja valtiot

Eri tasoja tutkiessa, on tärkeä muistaa, että esimerkiksi makroperspektiivissä eri maanosien välillä kiertotalouden implementoinnin tasossa on huomattavia eroja. Esimerkiksi Kiinassa on tehty huomattavia panostuksia kiertotalouden implementointiin muun muassa politiikan, edistyskellisen kierrättämisen sekä erilaisten tuotannon aloitteiden kautta (Zhu et al., 2019). Myös Euroopassa kiinnitetään kiertotalouteen paljon huomiota ja Euroopan Unioni on kehittänyt oman toimintasuunnitelman kiertotalouden saavuttamiseksi sisältäen erilaisia vaiheita tuotteiden suunnittelusta niiden kierrättämiseen ja uudelleen käyttämiseen (European Parliament, 2023).

Kiertotalouteen kuuluu kolme pääperiaatetta:

1. Säilytä ja kasvata luonnon pääomaa kontrolloimalla rajallisten varastojen käyttöä ja tasapainottamalla uusiutuvien resurssien virtaamista
2. Optimoi resurssien saantoja kierrättämällä tuotteita, komponentteja ja materiaaleja korkeimmalla mahdollisella tasolla sekä teknisessä että biologisessa kierrossa
3. Huolehdi systeemien tehokkuudesta löytämällä ja poistamalla haittavaikutuksia

Nämä kolme periaatetta perustuvat kiertotalouden olennaiseen osaan, elinkaarinäkökulmaan (life cycle approach), jossa tuotteen ja materiaalien koko elinkaari otetaan huomioon. Ideana

on hidastaa, sulkea ja kaventaa materiaalien kiertoa prosesseissa, jotta materiaaleja käytettäisiin mahdollisimman vähän, materiaalit kiertäisivät mahdollisimman pitkään ja niistä saataisiin kaikki mahdollinen hyöty ennen pois heittämistä. Yksi olennainen käsite, joka kuvaa materiaalien virtausta kiertotaloudessa, on ”kehdestä kehtoon”, joka toimii lineaarisen kulumallin mukaisen ”kehdestä hautaan” vastakohtana. (Bocken et al., 2016; Ellen MacArthur, 2015.)

Kiertotalous on kuin laaja sateenvarjomalli, jonka alla on useampia käytäntöjä, joita voidaan hyödyntää kiertotalouden eri tasoilla (Kalmykova et al., 2018). Yksi merkittävimmistä kiertotalouden periaatteista on 3R-viitekehys, joka sisältää kolme strategiaa: vähennä (reduce), käytä uudelleen (reuse) ja kierrätä (recycle). Näiden kolmen strategian periaatetta on myös jalostettu pidemmälle, jolloin mukaan on otettu lisää keinoja hidastaa, sulkea ja kaventaa materiaalien kiertoa ekosysteemissä. Esimerkiksi 9R-viitekehys sisältää kuusi muuta strategiaa jo edellä mainitun kolmen lisäksi: kieltäydy (refuse), ajattele uudelleen (rethink), korjaa (repair), kunnosta (refurbish), uudelleenvalmista (remanufacture), käytä uudelleen (repurpose) ja palauta (recover). Mutta nämä lisästrategiat sisältävät kuitenkin samat perusperiaatteet kuin alkuperäiset kolme konseptia, eli älykkäämmän tuotteiden käytön ja valmistuksen, tuotteen ja sen osien elinkaaren pidentämisen sekä materiaalien edistyksellisen soveltamisen (Ghisellini et al., 2016; Kirchherr et al., 2017). Toinen tärkeä strategia kiertotalouden saavuttamiselle on eko-design, jonka päämääränä on suunnitella tuotteita, joiden käyttöikä on mahdollisimman pitkä ja joiden materiaalit ja osat ovat helposti vaihdettavissa ja kierrätettävissä. Myös tuotteiden toiset käyttötarkoitukset ja uudelleen valmistus on otettu huomioon strategiassa. (Hollander et al., 2017.)

Vaikka maailmantalouden evoluutiota pitkään hallinnutta lineaarista tuotantomallia on yritetty parantaa resurssien tehokkaan käytön näkökulmasta, kiihtynyt kuluttaminen ja kasvava talous ovat eksponentiaalisesti kasvattaneet lineaarisen tuotannon haittapuolia. Lineaarinen malli on erittäin tuhlaava ja epätaloudellinen materiaalien ja energian suhteen, sillä se ei onnistu hyödyntämään resursseja arvoketjussa optimoidulla tavalla. Se myös altistaa yritykset hinta- sekä hankintariskeille, joita pitkät ja tehostetun optimoidut maailmanlaajuiset toimitusketjut aiheuttavat. Kiertotalouteen mukautumalla voidaan saavuttaa useita hyötyjä yritys- ja yhteiskuntatasolla ilmeisten ympäristövaikutusten, kuten hiilidioksidipäästöjen pienentymisen ja vähentyneen maankäytön lisäksi. Näihin hyötyihin lukeutuu muun muassa talouskasvu, joka voidaan saavuttaa nousevien kiertotalousaktiviteettien liikevaihdon ja

tehokkaamman resurssi käytön myötä alentuneiden tuotantokustannusten yhdistelmällä; materiaalikustannusten nettosäästöt, jotka saavutetaan paremmalla materiaalien käyttöasteella; työpaikkojen lisääntyminen johtuen lisääntyvästä kuluttamisesta hintojen pudotessa valmistuskustannusten alentuessa sekä kierrätystoimintojen työntensiivisyydestä; uudet innovaatiot, joita syntyy uuden kiertotalousmallin käyttöönoton yhteydessä; hinta- ja hankintariskien pienentyminen, sillä yritykset eivät altistu yhtä paljon heilahteleville raaka-ainehinnoille sekä pitkien toimitusketjujen häiriöille; uudet yrittämisen mahdollisuudet, joille on kysyntää uuden toimintamallin myötä sekä näiden yhteisvaikutuksen kautta saavutettavat suuremmat liikevoittomahdollisuudet. (Ellen MacArthur, 2015.)

Uudet liiketalousmallit ovat olennainen osa kiertotaloudesta saavutettavia hyötyjä. Jotta lineaarisesta mallista voidaan siirtyä kiertotalousmalliin, liiketalousmallien ja suunnittelustrategioiden on kuljettava käsi kädessä. Luultavasti tarvitaan useampia liiketalousmalleja, suunnittelustrategioita, lähestymistapoja, metodeja ja työkaluja auttamaan kiertotalouteen siirtymisessä. Nämä erilaiset liiketalousmallit voivat liittyä kiertotalousmallin ajatukseen materiaalin kierron hidastamisesta, sulkemisesta ja kaventamisesta. Kokonaisuuden huomiointi sekä laajempien seuraamusten tarkastelu ovat olennainen osa kiertotalouden liiketalousmalleissa. (Bocken et al., 2016.)

2.3 Käsitteiden yhteys

Nykyisessä globaalissa maailmantaloudessa, yritysten täytyy selvitä monimutkaisissa ja jatkuvasti muutoksen alla olevissa liiketoimintaympäristöissä, uusien kilpailutekijöiden ilmaantuessa toistuvasti. Perinteisten tekijöiden, kuten hinnan ja laadun ohella, uudet tekijät, kuten ympäristöystävällisyys ja yhteiskuntavastuu, nousevat vahvasti tärkeiksi tekijöiksi kulluttajille (Wiese et al., 2015; Jakhar et al., 2018). Tämä yhdessä hallitusten sekä uusien säännösten kanssa ohjaa yrityksiä tekemään enemmän kestäviä ratkaisuja toiminnassaan (Gordon, 2001). Epäonnistuminen vihreän ajattelun omaksumisessa yrityksessä voi lisätä riskiä ympäristön haittavaikutuksille, lisätä kustannuksia ja vaikuttaa negatiivisesti asiakasvirtoihin sekä yrityksen maineeseen (Duarte & Cruz-Machado, 2013). Kilpailun ollessa globaalia, yritysten on yhä vaikeampaa houkuttaa uusia asiakkaita ja ylläpitää vanhoja asiakassuhteita, joten vastuullisuus- ja kestävyysvaatimusten täyttäminen luo arvokasta kilpailuetua

yrittäjille. Täten kestävyystekijöiden huomioon ottaminen on elintärkeä osa yrityksen talouden ja tuottavuuden mittareissa (Garza-Reyes, 2015).

Yrityksillä on kuitenkin vielä epävarmuuksia siitä, kuinka lineaarisesta talousmallista voi siirtyä kiertotalouden periaatteisiin, ja yritykset kokevat myös monia ongelmia kyseisen prosessin hallinnassa (Rosa et al., 2019). Esimerkiksi Husgafvel et al. (2017) tutkimus osoitti, että Suomen metsäsektorilla yritykset ovat yhä enemmän keskittyneet materiaalin ja energian tehokkuuteen, jotka ovat ratkaisevia kiertotalouden kehitykselle, mutta monet kiertotalouden periaatteet, kuten puun kaskadikäyttö, olivat monille yrityksille vieraita, mikä osoittaa lisäkoulutuksen ja integroinnin tarpeen. Myös muun muassa rakennussektori Suomessa on kohdannut haasteita kiertotalouskäytäntöjen omaksumisessa, erityisesti kierrätysmateriaalien käytössä ja elinkaariajattelun toteuttamisessa (Karhu & Linkola, 2019). Operaatioiden johtamisen on ajateltu olevan yksi olennainen osa yritysten siirtyessä lineaarisesta talousmallista kiertotalouteen, sillä se on tärkeä osa yritysten innovaatio- ja tuotantoprosesseja ja tätä kautta tärkeä linkki jätteen ja päästöjen vähennyksessä (de Sousa Jabbour et al., 2019; Pigosso & McAloone, 2021). Mutta toimivien työkalujen ja strategioiden löytäminen on yhä tärkeää. Useat tekijät puhuvat lean-ajattelun ja kiertotalouden integraation mahdollisuuksista tämän saavuttamiseksi. Sekä lean-ajattelu että kiertotalous pyrkivät lisäämään arvoa asiakkaalle eri tavoin, ja näiden kahden konseptin yhdistämisellä voitaisiin mahdollisesti luoda lisäarvoa tuotteiden elinkaaren kautta eliminoimalla jätettä ja parantamalla resurssien tehokkuutta (Sartal et al., 2020).

Kiertotalous keskittyy resurssien rationalisointiin ja energian kiertokulkuun tuotantojärjestelmien sisällä. Vaikka luonnonvarat ovat niukkoja ja niiden käyttöään päätyttyä jätettä, kiertotaloudessa niiden arvoa pyritään säilyttämään. Kiertotalous tarjoaa uudenlaisen ja vaihtoehtoisen käsityksen tuotannon organisaatio- ja toimintajärjestelmiin sekä kulutukseen keskittyneiden käytettyjen resurssien arvon palauttamiseen. Kiertotalousmallit perustuvat toteutukseen parhaista käytännöistä, jotka tähtäävät resurssien tuottavuuteen ja prosessien tehokkuuteen jätevirtojen arvostamisen kautta. Täten kiertotalouden yhteys lean-ajattelun hukka- sekä arvoajatteluun on selkeä, mutta tutkimusta konseptien yhteydestä on silti vähän. Lean-metodologiat tulevat jatkossakin olemaan yrityksille elintärkeitä, jotta ne voivat säilyttää kilpailukykyä markkinoilla, mutta kiertotalouden huomioiminen voi antaa tukea lean-metodologioiden käyttöön. (Skalli et al., 2022; de Sousa Jabbour et al., 2019; Garza-Reyes, 2015.)

3 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Tässä kappaleessa esitellään tutkimusmenetelmänä käytetty systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Kappaleessa käydään läpi systemaattisen kirjallisuuskatsauksen määritelmää ja vaiheita sekä etuja ja haittapuolia. Tässä kappaleessa käydään läpi myös tämän tutkimuksen toteutus systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kautta sen eri vaiheineen.

3.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Kirjallisuuskatsauksilla on keskeinen rooli akateemisessa tutkimuksessa olemassa olevan tiedon keräämiseksi ja eri alojen nykytilan tutkimiseksi. Tutkijat keräävät yleensä saatavilla olevaa näyttöä aiheesta tai ongelmasta ennen uuden tutkimuksen tekemistä arvioidakseen jo saatavilla olevan tutkimuksen tilaa. Joillain tutkijoilla on tapana perustella tutkimuskysymyksen etsiminen pelkästään pintapuolisen ja narratiivisen kirjallisuuden katsauksen perusteella. Monet katsaukset jättävät lukijan tehtäväksi arvioida, miksi kirjoittajat ovat sisällyttäneet tai jättäneet pois joitain artikkeleita, kirjoja tai konferenssipapereita muiden sijasta, ja usein kirjoittajat eivät välttämättä ota huomioon laajempaa näyttöä. Kirjallisuuskatsaus, joka tarjoaa vain mielivaltaisen valikoiman näyttöä, ei kuitenkaan usein edusta täysin kaiken olemassa olevan tiedon tilaa, ja joidenkin tutkimusten valinta muihin verrattuna johtaa lopulta siihen, mitä tilastollisessa analyysissä kutsutaan otosvalinnan harhaksi, joka johtuu ei-satunnaisen datanäytteen valitsemisesta lisäanalyysiä varten. Näin ollen narratiiviset katsaukset eivät useinkaan tarjoa kattavaa taustaa teorian kehittämiseen ja testaamiseen. (Linnenluecke et al., 2020.)

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on yksi menetelmä kirjallisuuskatsauksen tekemiseksi. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen kuuluu systemaattisia ja konkreettisia vaiheita, joiden avulla tutkimus toteutetaan. Systemaattiset arvioinnit eroavat perinteisistä narratiivisista katsauksista omaksumalla kopioitavan, tieteellisen ja läpinäkyvän prosessin, toisin sanoen yksityiskohtaisen niin sanotun ”teknologian”, jonka tavoitteena on minimoida puolueellisuutta tekemällä kattavat kirjallisuushaut julkaistuista ja julkaisemattomista tutkimuksista ja tarjoamalla arviointiketjun tutkijan päätöksistä, menettelyistä ja johtopäätöksistä (Linnenluecke et al., 2020). Perinteisiä kirjallisuuskatsauksia ei voida seurata tai toistaa, koska

prosessia ei ole kuvattu. Systemaattisten ja perinteisten kirjallisuuskatsausten välillä on myös muita eroja. Toisin kuin perinteisessä kirjallisuuskatsauksessa, systemaattinen kirjallisuuskatsaus alkaa katsausprotokollan ja tutkimusongelmien muovaamisesta (Kitchenham, 2004). Se sisältää myös hakustrategian poissulkemis- ja sisällyttämiskriteerit.

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on vastata tiettyihin tutkimuskysymyksiin. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on keino tunnistaa, arvioida ja tulkita kaikki saatavilla oleva tutkimus, joka liittyy tiettyyn tutkimuskysymykseen tai aiheeseen, alueeseen tai kiinnostavaan ilmiöön. Systemaattisia kirjallisuuskatsauksia voidaan käyttää ilmiöiden ymmärtämiseen, tunnistamaan nykyisen tutkimuksen aukkoja ja tarjota puitteet uudelle tutkimukselle. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen prosessilla varmistetaan myös, että tutkija käy läpi riittävän määrän julkaisuja, mikä osaltaan myös vähentää puolueellisuutta. (Kitchenham, 2004; Okoli & Schabram, 2010.)

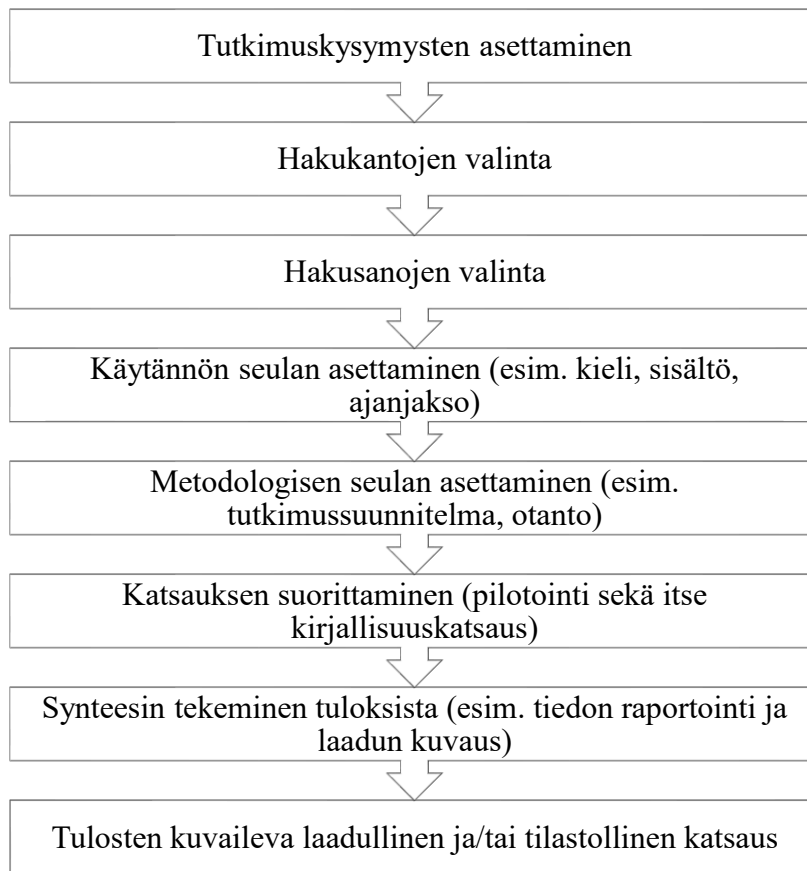
Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on tutkimusmenetelmä, jossa pyritään löytämään kattavalla hakuprosessilla kaikista tarkoituksenmukaisimmat alkuperäistutkimukset, joiden avulla tutkimuskysymykseen pystytään vastaamaan. Systemaattisella kirjallisuuskatsauksella pyritään luomaan yhteenveto siitä, mitä aiheesta tiedetään tai ei vielä tiedetä. Tavoitteena on yhdistää tietoa yksittäisistä tutkimuksista. Tutkimusprosessi systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on yleensä tasapainottelua tiedon kattavuuden, osuvuuden ja tarkkuuden välillä. (Vilka, 2023.)

3.1.1 Tutkimuksen vaiheet

Vaikka systemaattiset kirjallisuuskatsaukset eivät ole vielä yleisiä johtamistieteissä, suosituksia tutkimuksen vaiheista on olemassa (Linnenluecke et al., 2020). Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen prosessi voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen. Ensimmäinen on katsauksen suunnittelu, toinen vaihe on katsauksen suorittaminen ja kolmas vaihe sisältää tulosten raportoinnin. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus aloitetaan asettamalla tutkimuskysymys, joka sopii käytettävään menetelmään eli systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Tämä edellyttää kiinnostavan aiheen kannalta olennaisten avainkäsitteiden, muuttujien ja teemojen tunnistamista. Tutkimuskysymyksen tulee olla täsmällinen, kohdennettu ja hyvin määritelty ohjatakseen haku- ja valintaprosessia tehokkaasti. On myös tärkeää päättää sisällyttämiskriteerit sen varmistamiseksi, että tarkastettavaksi valittu kirjallisuus on

relevanttia ja täyttää ennalta määritellyt kriteerit. Tutkimuskysymystä miettiessä olisi myös hyvä välttää kysymyksiä, joista on jo olemassa useita laadukkaita kirjallisuuskatsauksia. Tutkijan tulee myös päättää kirjallisuuskatsauksessa käytettävät tietokannat, joista aineiston haku toteutetaan. Tietokantojen lisäksi aineistoa voidaan hakea myös akateemisista lehdistä, konferenssijulkaisuista ja harmaasta kirjallisuudesta. Tietokantojen tulisi olla kuitenkin valittuun aihealueeseen sopivia sekä sisältää laadukasta ja luotettavaa aineistoa. Koska systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on luoda yhteenvetoa siitä mitä tiedetään tai ei vielä tiedetä, liian tarkka rajaus ei ole myöskään tarkoituksen mukaista. (Kitchenham, 2004; Okoli & Schabram, 2010; Vilkka, 2023.)

Tärkeä osa systemaattista kirjallisuuskatsausta on hakusanojen valinta. Avainsanojen, Boolean operaattoreiden ja hakusuodattimien avulla voidaan tarkentaa hakua ja tunnistaa asiaankuuluvat artikkelit. Tutkimuksen tarkoitus on olla laadullinen tutkimus ja laadullisessa tutkimuksessa aineisto tulee valita harkinnan varaisesti, ja aineiston määrä on pieni (Puusa et al., 2020). Jotta relevantit tutkimukset löydetään hakukannoista, oikeiden hakusanojen löytäminen vaatii testaamista sekä tulosten läpikäyntiä. Myös tulosten laajuus vaikuttaa käytäviin hakusanoihin sekä aineiston muuhun rajaamiseen. Aineiston rajaaminen tulee pohtia huolella, sillä se vaikuttaa suoraan aineiston laajuuteen. Aineistoa pystyy tarvittaessa rajaamaan esimerkiksi hakusanoja muuttamalla tai lisäämällä, rajoittamalla julkaisujen julkaisu-aikaa, rajaamalla tiettyyn tieteen- tai liiketoiminnanalaan, rajaamalla julkaisujen kielen tai rajaamalla julkaisun tutkimusmenetelmän. Aineiston rajausten perusteleva tulee tehdä huolella (Vilkka, 2023). Hakuja kannattaa myös niin sanotusti pilotoida tekemällä testihaikuja ja käydä läpi niiden tuloksia. Hakutuloksia läpikäymällä jo hakuvaiheessa, on mahdollista suorittaa haun hiomista tarkemmaksi ja relevantimmaksi (Puusa et al., 2020). Haun suorittamisen jälkeen seuraava vaihe on seuloa ja valita tutkimukset ennalta määritettyjen mukaanotto- ja poissulkemiskriteerien perusteella (Okoli & Schabram, 2010). Tämä sisältää yleensä otsikoiden ja tiivistelmien seulonnan mahdollisesti merkityksellisten artikkelien tunnistamiseksi, minkä jälkeen suoritetaan koko tekstin tarkistus, jolla arvioidaan kelpoisuus osallistumiskriteerien perusteella. Aineistolle tulee tehdä myös laadun arviointia sekä pohtia sen luotettavuutta, pätevyyttä ja eettisyyttä (Vilkka, 2023). Aineiston rajaamisen kuvaamisen avuksi voidaan käyttää erilaisia havainnointityökaluja, kuten PRISMA-diagrammia. PRISMA-diagrammi on yleisesti kirjallisuuskatsauksissa käytetty kaavio, joka kuvaa tietoa valintaprosessin hakutulosmäärästä tiedonhaun alkuvaiheesta lopullisiin tuloksiin (Vilkka, 2023).



Kuvio 2. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus vaiheittain Salmisen (2004) mallia mukaillen

Kun aineisto on kerätty, aineiston tiedot tulee raportoida ja analysoida. Tietojen poimimiseen kuuluu järjestelmällinen keskeisten tietojen, kuten tutkimuksen mallin, näytteiden tai tapausten ominaisuuksien, tulosten ja keskeisten havaintojen, poimiminen kustakin tutkimuksesta. Empiirisestä tutkimuksesta saatujen tulosten analysointi on yksi tutkimuksen tärkeimmistä vaiheista. Aineiston analyysin alkuvaiheessa aineistosta saattaa nousta esiin usein toistuvia teemoja ja näitä havaintoja kannattaa hyödyntää tutkimuksen erivaiheessa sekä tutkimuskysymyksen hiomisessa. Aineiston analyysin tavoite on luoda mielekäs kokonaisuus, jonka avulla päädytään perusteltuun tulkintaa ja johtopäätöksiin koskien tutkittavaa ilmiötä. Aineiston analyysin tavoitteena on tulkita, ymmärtää ja kuvailla tutkimuskohdetta. (Puusa et al., 2020.)

Analyysi voi sisältää narratiivisen synteessin, temaattisen analyysin, meta-analyysin tai muita kvantitatiivisia menetelmiä datan ja tutkimuskysymyksen luonteesta riippuen. Syntetisoidut havainnot tulee tulkita tutkimuskysymyksen, tulosten rajoitusten tai tulevan tutkimuksen

vaikutusten perusteella. On tärkeää tunnustaa kirjallisuuden kaikki mahdolliset rajoitukset ja antaa suosituksia näiden rajoitusten korjaamiseksi tulevissa tutkimuksissa. (Puusa et al., 2020; Okoli & Schabram, 2010; Kitchenham, 2004.)

Sisältöanalyysissä voi käyttää menetelmällistä lähestymistapaa, eli käyttää erilaisia taulukoita tai kuvioita tiedon jäsentämiseen. Aineiston jäsentely ja luokittelu on tärkeää myös aineiston sisältöjen vertailun kannalta, erityisesti kirjallisuuskatsauksessa (Vilkka, 2023). Aineistosta tehdyt havainnot tulee purkaa osiin ja tarkastella niitä kriittisesti esitiedon avulla. Aineistoa tulisi myös käydä läpi useamman kerran, jotta siitä saisi mahdollisimman paljon havaintoja ja löytää vastauksia asetettuihin kysymyksiin (Puusa et al., 2020). Tutkimuksen eri vaiheiden jälkeen edellisiin vaiheisiin on hyvä palata, jotta tutkimuksen fokus säilyy oikeissa asioissa (Vilkka, 2023). Tällä tavalla tutkimuksen eri osiot myös keskustelevat paremmin keskenään ja saadaan aikaiseksi onnistunut tutkimuskokonaisuus. Tutkimuksen kirjoittamisen loppuvaiheessa on myös tärkeää viimeistellä tutkimus tekstinä, jotta tutkimuksen teksti on johdonmukainen kokonaisuus (Vilkka, 2023).

3.1.2 Edut ja haittapuolet

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on tehokas keino tiivistää aiempien tutkimusten tulokset ja arvioida niiden johdonmukaisuutta (Salminen, 2011). Lisäksi se voi paljastaa aikaisemman tutkimuksen puutteita ja tuoda esiin uusia tutkimusaiheita. Kuten kaikessa tutkimuksessa, systemaattisen kirjallisuuskatsauksen arvo riippuu tiukoista menetelmistä ja raportoinnin selkeydestä sekä tieteellisten strategioiden soveltamisesta mahdollisten virheiden ja harhan rajaamiseksi (Linnenluecke et al., 2020). Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on tärkeää kriittisyys, järjestelmällisyys, tarkkuus sekä läpinäkyvyys (Vilkka, 2023). Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemisessä on tärkeää pitää hyviä muistiinpanoja ja selostaa tutkimuksen etenemistä tarkasti. Yksi systemaattisen kirjallisuuskatsauksen eduista onkin sen läpinäkyvyys ja siitä johtuva puolueettomuus. Tuloksista voi myös täten nousta esille erilaisia näkökulmia, joita tutkimukseen lähettäessä ei ollut harkittu, mikä lisää tutkimuksen objektiivisuutta. (Salminen, 2011; Vilkka, 2023). Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla tutkijat voivat myös tehokkaasti syntetisoida olemassa olevaa tietoa, tunnistaa aukkoja kirjallisuudessa ja löytää ideoita uusista tutkimussuunnista (Okoli & Schabram, 2010).

Systemaattisilla kirjallisuuskatsauksilla on keskeinen rooli tiedon edistämässä, näyttöön perustuvan käytännön tiedottamisessa ja päätöksenteon ohjaamisessa monilla eri aloilla.

Vaikka systemaattinen kirjallisuuskatsaus on erittäin jäsennelty ja tarkka tutkimusmenetelmä, tulee silti muistaa, että tutkijan oma näkökulma ja konteksti ovat myös systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa mukana läpi tutkimuksen (Puusa et al., 2020). Yksi systemaattisen kirjallisuuskatsauksen huonoista puolista onkin sen riippuvuus tutkijan kyvyistä (Okoli & Schabram, 2010). Esimerkiksi vääränlaisten synonyymien käyttäminen hakusanoissa voi johtaa siihen, että tuloksista jää pois useita merkittäviä artikkeleita. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus sisältää perusteellisen haun nimetyistä tietokannoista, mutta joissakin tapauksissa lisäkirjallisuus, jota ei ehkä ole saatavilla näiden tietokantojen kautta, vaatii myös perusteellisen prosessin kaiken merkityksellisen tiedon analysoimiseksi ja syntetisoimiseksi (Linnenluecke et al., 2020). Muita haittapuolia systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ovat sen aikaa vievyys sekä riski siitä, ettei tarpeellista aineistoa löydy. (Salminen, 2011; Vilka, 2023)

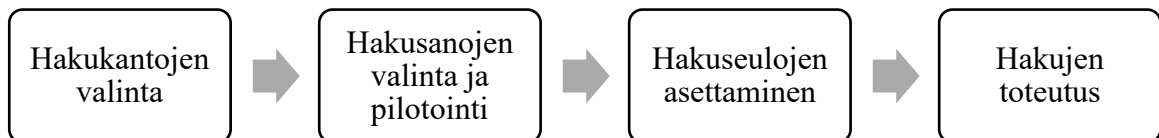
Myös lopullisen aineiston heterogeenisyys voi olla ongelma. Systemaattiset kirjallisuuskatsaukset sisältävät usein tutkimuksia, joissa on erilaisia menetelmiä, populaatioita, interventioita ja tuloksia, mikä voi tuoda analyysiin heterogeenisyyttä. Tämä heterogeenisyys saattaa rajoittaa kykyä yhdistää tietoja meta-analyysiä varten tai rajoittaa lopullisia johtopäätöksiä havaintojen synteestistä, jolloin tutkijalta edellytetään huolellista tulkintaa ja varovaisia johtopäätöksiä. (Okoli & Schabram, 2010.)

3.2 Tutkimuksen toteutus

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi tämän tutkimuksen toteutusta sekä raportoidaan tuloksia. Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty systemaattista kirjallisuuskatsausta tutkimusmenetelmänä, sillä se mahdollistaa puolueettomuuden sekä antaa kattavan kuvan siitä mitä aihealueesta on tutkittu. Tutkimus on toteutettu systemaattisen kirjallisuuskatsauksen vaiheiden mukaisesti aloittaen tutkimuskysymysten ja tutkimuksen taustojen asettamisesta liittyen kiertotalouden ja lean-ajattelun yhteneväisyyksiin, eroavaisuuksiin sekä näiden konseptien yhdistämisestä saataviin mahdollisiin hyötyihin. Seuraavana vaiheena tutkimuksessa on ollut hakustrategian suunnittelu sekä toteutus.

3.2.1 Hakustrategia

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on löytää kaikista oleellisimmat tutkimukset valittuun aihealueeseen liittyen. Täyttääkseen tämän tavoitteen, seuraavanlaista hakustrategiaa hyödynnettiin tutkimuksessa.



Kuvio 3. Aineiston hakustrategia Salmisen (2004) mallia mukailten.

Vaikka hakustrategian toteuttaminen lopullista aineistoa varten on tutkimuksen vaiheena suoraviivainen, hakustrategian suunnittelu ja pilotointi vaativat syklistä palaamista edellisiin vaiheisiin, jotta tutkimuksen fokus säilyy oikeissa asioissa sekä hausta saadaan aikaa haluttuja tuloksia (Vilka, 2023). Näin toimittiin myös tässä tutkimuksessa. Tutkimusstrategiassa lähdettiin liikkeelle hakukantojen valinnalla.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin seuraavia hakukantoja:

- Web Of Science
- Scopus
- ScienceDirect

Nämä hakukannat valittiin, koska ne sisältävät kattavasti laadukkaita artikkeleita eri aihealueista. Koska tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa, mitä kyseisestä aihealueesta on tutkittu, hakukantoja ei rajoitettu vain tietyn alan julkaisuja sisältäviin hakukantoihin. Valitut kyseiset tietokannat ovat myös eräitä suosituimpia ja laajimmin käytettyjä tietokantoja akateemiseen tutkimukseen ja julkaisuun. Näissä tietokannoissa on myös kattavat vaihtoehdot erilaisten hakujen toteuttamista varten. Hakuprosessi suoritettiin englannin kielellä mahdollisimman kattavan otannan saamiseksi.

Haut hakukannoista toteutettiin erilaisia hakusanoja hyödyntäen. Hakuja rajoitettiin sisällyttämällä hakutuloksiin vain artikkelit pois lukien kirjat, kirjojen kappaleet, pääkirjoitukset

sekä early access- ja proceeding-artikkelit. Tuloksien tuli myös olla englanninkielisiä ja kokonaan luettavissa ja saatavilla.

Tarvittavaa aineistoa haettiin erilaisia hakusanoja käyttäen. Tutkimuksen aikana variaatioita eri hakusanoista ja niiden yhdistelmistä kokeiltiin parhaiden hakutuloksien löytämiseksi. Tutkimuksessa toteutettiin niin kutsuttuja pilotointahakua, jotta löydettäisiin optimaalinen määrä artikkeleita halutusta aihealueesta. Artikkeleiden lopullinen haku suoritettiin seuraavilla hakusanoilla:

”Circular Economy” AND ”Lean”

tai hakusanoilla:

”Circular” AND ”Economy” AND ”Lean”

Molemmissa tapauksissa hakusanat yhdistettiin Boolean operaattorilla AND, jotta saataisiin tuloksia artikkeleista, joissa on tutkittu molempia aihealueita yhdessä. Muita hakusanoja kokeillessa, hakutulokset eivät tuottaneet optimaalisia tuloksia joko artikkelien määrään tai tutkimuskysymyksiin vastaamisen suhteen. Koska tämän tutkimuksen valittua aihealuetta on tutkittu suhteellisen vähän, käytetyt yleiset hakusanat toivat tuloksiksi kattavasti aiheeseen liittyviä tutkimusartikkeleita. Spesifimmät hakusanat tai useamman hakusanan yhdistelmät eivät tuottaneet sopivaa aineistoa hakutuloksista.

Hakusanoja käytettiin hakukentissä: ”All fields” sekä ”Title, abstract and keywords”. Nämä katsottiin olevan hakukentistä ne, jotka lähimpänä vastasivat toisiaan, hakukenttien ollessa erilaisia eri hakukannoissa.

3.2.2 Seulonta

Kun haut hakukannoista oli suoritettu, siirryttiin tulosten seulontaan, jossa tarkoituksena oli löytää tuloksista relevantit artikkelit tutkimukseen. Seulonnan toteuttamiseksi, hakutulokset kirjattiin Excel-työkaluun. Tutkimuksen haut suoritettiin valituista hakukannoista tammi-kuussa 2024. Alkuperäiset tulokset kustakin hakukannasta mainituilla rajoitteilla olivat seuraavat:

- Web Of Science 117 kpl
- Scopus 77 kpl

- ScienceDirect 44 kpl

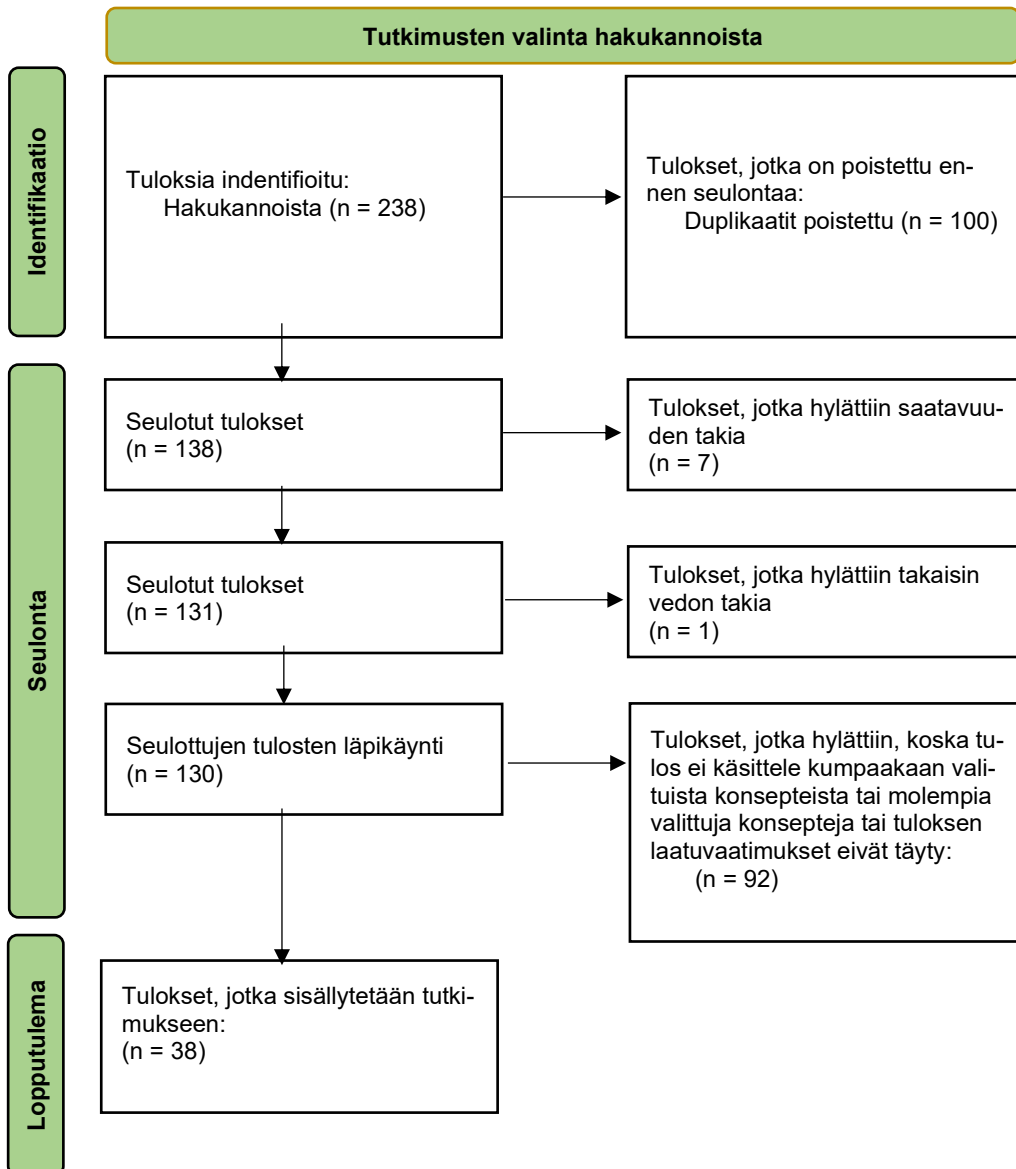
Seulonta aloitettiin karsimalla duplikaatit eri hakukannoista. Duplikaattien karsimisen jälkeen tuloksia oli jäljellä 138 kappaletta. Myös pääsy koko artikkeliin tarkistettiin ja jos artikkeli ei ollut kokonaan luettavissa tai saatavilla, se karsittiin pois tuloksista. Yhden artikkelin julkaisu oli vedetty takaisin, joten myös kyseinen tutkimus karsittiin pois tuloksista.

Seuraavaksi artikkelit käytiin läpi lukemalla artikkeleiden tiivistelmät. Tässä vaiheessa keskityttiin arvioimaan sitä, tutkitaanko artikkelissa asiaa, jota tutkimuskysymyksissä on kysytty. Tärkeimpänä kriteerinä artikkeleille oli se, tutkittiinko molempia tutkimuksen alla olevia konsepteja yhdessä. Useita artikkeleita aineistosta karsiutui, koska ne käsittelivät vain yhtä halutuista konsepteista. Joissain artikkeleissa tutkimus ei myöskään käsitellyt lainkaan haluttuja konsepteja. Esimerkiksi monissa artikkeleissa kiertotalous sisältyi hakusanoihin, mutta tutkimus käsitteli käytännössä yleisesti kestävästä kehitystä. Kaikkien tulosten artikkeleiden sisältö ei ollut selkeää pelkän tiivistelmän lukemisen jälkeen, jolloin näitä artikkeleita käytiin uudelleen läpi lukemalla koko artikkeli.

Lopullista seulontaa tehtäessä kaikki jäljellä olevat artikkelit luettiin läpi ja erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, vastaavatko artikkelien tutkimukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja minkälaista kontribuutiota artikkelit ovat tuoneet konseptien yhteiseen tutkimukseen. Tässä vaiheessa aineistosta karsiutui vielä 92 kpl artikkeleita.

Aineiston tutkimuksista toteutettiin myös läpikäynnin yhteydessä laadun arviointia, tutkimusten pätevyyden ja vakuuttavuuden arvioimiseksi. Arviointia suoritettiin kriteereillä liittyen tutkimuksen eri osioihin. Tutkimusmetodologian kohdalla arvioitiin, kuinka selkeästi käytetty tutkimusmenetelmä oli kuvattu ja liittyvätkö tutkimustulokset esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Lopputulosten kohdalla arvioitiin sitä, esittääkö artikkeli sekä positiiviset että negatiiviset tulokset kunnollisesti ja raportoitiinko tutkimuksen rajoitteet selkeästi. Laadun arvioinnissa otettiin myös huomioon se, oliko tutkimuksesta tehty vertaisarviointia.

Alla esitettyssä PRISMA-diagrammissa aineiston seulonnan tulosten määrät on esitetty tiedonhaun alkuvaiheesta lopullisiin tuloksiin aineiston valintaprosessin selkeyttämiseksi.



Kuvio 4. Tutkimuksen PRISMA-diagrammi

Tutkimuksen aineiston artikkelien aiheiden pääkohtien listaamisen sekä aiheiden kategorisoinnin apuna käytettiin myös tekoälyohjelmaa (ChatGPT). Tekoälyä pyydettiin luomaan lyhyitä listoja lopullisen aineiston artikkelien pääkohdista syötteellä: ”Summarize three main points for each of these articles”. Tekoälyn luomia listoja ei käytetty tutkimuksessa sellaisenaan vaan listoja käytettiin lopullisen aineiston tutkimusten aihealueiden kartoittamiseen ja visualisointiin. Tekoälyä (Google Translator & ChatGPT) käytettiin myös sanojen ja lauseiden kielen kääntämiseen varmistamaan kielellisen ilmaisun oikeellisuutta.

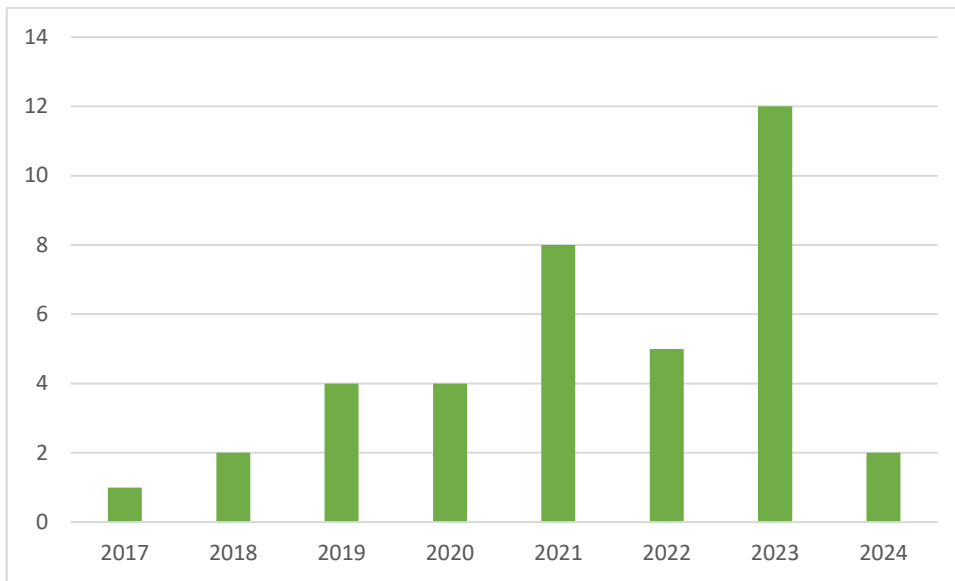
4 Tulokset

Tässä kappaleessa käydään läpi systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kautta saadut tulokset. Tutkimuksen tulokset kuvataan ensin datana, mitä seuraa tulosten artikkelien sisältöanalyysi.

4.1 Tulokset datana

Aineiston hausta löydettiin yhteensä 38 kappaletta artikkeleita, jotka otettiin mukaan tutkimukseen. Jokainen tutkimus tarkasteltiin analysoimalla tutkimuksen kontekstia, tutkimuskysymyksiä ja empiirisiä tuloksia. Nämä artikkelit sisälsivät erilaisilla tutkimusmetodeilla toteutettuja tutkimuksia eri aihealueilta.

Artikkelien julkaisuvuodet on esitetty Taulukossa 2. Aineistohakujen aikana julkaisuvuotta ei rajoitettu ja lopullisen aineiston artikkelien julkaisuvuodet sijoituivat välille 2017–2024. Julkaisujen määrä on trendiltään nouseva, poikkeuksena vuosi 2022, jolloin julkaisuja oli vähemmän kuin edellisellä vuonna. Koska haut toteutettiin tammikuussa 2024, kyseisen vuoden julkaisujen määrä on pieni. Julkaisujen nousevasta määrästä voi päätellä kyseisen aihealueen tutkimuksen olevan nousujohteista myös tulevina vuosina. Vanhin aineiston julkaisu on vuodelta 2017, mikä kertoo aiheen tutkimuksen olevan melko uutta. Jos tarkastellaan koko haetun aineiston hakutuloksia ennen seulontaa, vanhin aineiston artikkeli on vuodelta 2014 ja samanlainen nouseva trendi voidaan myös havaita.



Taulukko 2. Tutkimukseen valittujen artikkelien julkaisuvuodet

Seulotun aineiston artikkelit on julkaistu 23:ssä eri lehdessä. Kyseiset julkaisut on esitelty Taulukossa 3. Nämä julkaisut kattavat monia eri aloja, kuten teollisuuden, kestävän kehityksen sekä teknologian toimialoja. Taulukosta voi todeta, että useimmat julkaisut sisältävät vain yhden tai kaksi seulotun aineiston artikkeleista. Ainoana poikkeuksena on julkaisu ”Journal of Cleaner Production”. Kyseisessä lehdessä on julkaistu seitsemän (18 %) lopullisen aineiston artikkeleista. Nämä erityyppiset lehdet, joissa artikkelit on julkaistu, korostavat sitä, kuinka lean-ajattelu voi olla tärkeä työkalu kestävän kehityksen näkökulmasta ja kuinka kiertotalous on nouseva konsepti erilaisten operaatioiden hallinnassa.



Taulukko 3. Tutkimukseen valittujen artikkelien julkaisut

Lopullisen aineiston artikkelit sisälsivät tutkimuksia, jotka oli toteutettu yhteensä seitsemällä erilaisella tutkimusmetodilla. Yleisin tutkimusmetodi oli tapaustutkimus (34 %). Myös kyselytutkimukset (15 %) sekä kirjallisuuskatsaukset (16 %) olivat toistuvia. Useita-kategoriiaan (24 %) sisältyy artikkeleja, jotka hyödynsivät useita erilaisia tutkimusmetodeja tutkimuksessaan. Yleisin yhdistelmä eri tutkimusmetodeja koostui kirjallisuuskatsauksesta yhdistettynä kysely-, tapaus- tai kohderyhmätutkimustapaan. Aineisto sisälsi myös kaksi tutkimusta, jossa oli hyödynnetty kolmea eri tutkimustapaa. Näissä kahdessa tutkimuksessa kirjallisuuskatsaus ja kohderyhmätutkimus oli yhdistetty vielä kolmanteen tutkimustapaan; kysely- tai tapaustutkimukseen. Suuri tapaustutkimusten määrä oli odotettavissa, sillä tutkimusaihe on vielä tuore, jolloin tapaustutkimukset ovat melko yleisiä.

Aineiston avainsanat-kuvio esittää yleisimmät avainsanat ja niiden esiintyvyyden. Taulukossa avainsanat ovat klusteroitu sen mukaan, kuinka usein ne lopullisessa aineistossa esiintyvät. Myös avainsanojen yhteydet toisiin avainsanoihin on korostettu. Klusterointi toteutettiin VOSviewer-työkalun avulla syöttämällä lopullisen aineiston artikkelien avainsanat työkaluun. Klusterointia hyödyntämällä aineistossa toistuvien teemojen ja aihealueiden löytäminen oli helpompaa. Aineistossa oli yhteensä 28 kappaletta erilaisia avainsanoja, jotka esiintyivät aineistossa vähintään kolme kertaa. Vain yhden tai kaksi kertaa esiintyneet avainsanat jätettiin pois klusteroinnista selkeyden vuoksi. Selkeästi yleisin avainsana oli ”circular economy”, jonka jälkeen yleisimmät avainsanat olivat ”sustainability”, ”green” ja ”management”. Lean-ajattelusta oli käytetty useampaa erilaista avainsanaa, kuten ”lean manufacturing”, ”lean management” ja ”lean six sigma”, jonka takia sen esiintyvyys näyttää klusteroinnissa todellista pienemmältä. Jos kaikki lean-ajatteluun viittaavat yksittäiset avainsanat otetaan huomioon, lean-käsite oli toiseksi yleisin avainsana lopullisessa aineistossa.

4.2 Tutkimuksen nykytila

Kiertotalouden sekä leanin konsepteja on tutkittu aiemmin kattavasti omina aihealueinaan, mutta tutkimuksia, jotka yhdistäisivät nämä kaksi aihealuetta, löytyy toistaiseksi vähän (Hernandes de Paula e Silva et al., 2024; Maldonado-Guzmán, & Garza-Reyes, 2023; Nadeem et al., 2023; Hernandez Marquina et al., 2021; Bocken & Coffay, 2022; Nascimento et al., 2022; Afum et al., 2022). Varsinkin empiirisiä tutkimuksia erilaisilta aloilta ja konteksteista kaivattaisiin, jotta yrityksillä olisi malleja, joista ottaa mallia näiden konseptien samanaikaiseen implementointiin (Kalemkerian et al., 2024; Nadeem et al., 2023; Maldonado-Guzmán & Garza-Reyes, 2023; Porto et al., 2023; Ajayi, 2023; Bocken & Coffay, 2022; Lim et al., 2022; Marrucci, 2022; Afum et al., 2022; Nascimento et al., 2022; Dahmani et al., 2021; Sartal et al., 2020; González Chávez et al., 2019; Piyathanavong et al., 2019; Kurilova-Palisaitiene et al., 2018). Tutkimuksien lähtökohtana pidetään usein ajatusta siitä, että kiertotalous on kasvava trendi ja suunta, johon tulisi pyrkiä, ja lean-metodologioita pidetään yhtenä ratkaisuna kiertotalouden saavuttamiseksi (Hernandes de Paula e Silva et al., 2024; Kalemkerian et al., 2024; Porto et al., 2023; Ajayi, 2023; Bastos et al., 2023; Bonamigo et al., 2023; Pawlik et al., 2022; Afum et al., 2022). Erityisesti erikokoiset ja eri tuotannon alojen yritykset ovat olleet tutkimuksen kohteena, mikä voi johtua lean-ajattelun jo olemassa olevasta suuresta suosiosta tuotannon ja valmistuksen alalla, mutta nekin tarvitsevat silti lisää

empiiristä tutkimusta aiheesta (Ghaithan et al., 2023; Nadeem et al., 2023; Skalli et al., 2023; Farrukh et al., 2023; Akkalatham & Taghipour, 2021; Kurdve & Bellgran, 2021; Caldera et al., 2019; Piyathanavong et al., 2019).

Useat tutkijat korostavat tarvetta paikallisille tutkimuksille, jotta paikallisilla yrityksillä olisi toimivia työkaluja ja toimintamalleja, joiden on osoitettu olevan tehokkaita juuri siinä ympäristössä, jossa yritykset toimivat (Ajayi, 2023; Afum et al., 2022; Marrucci, 2022; Akkalatham & Taghipour, 2021; Piyathanavong et al., 2019). Edistystä onkin tapahtunut jonkin verran tuotantoliitännäisessä tutkimuksessa, mutta globaalit ongelmat ovat yhä merkittäviä ja olemassa olevia (Hedlund et al., 2020). On tärkeää ymmärtää, että lineaarisesta tuotantojärjestelmästä kiertotalouteen siirryttäessä, muutos on koko talouden kattavaa, perustavanlaatuista muutosta; siksi laajamittainen kiertotalouteen siirtyminen voi auttaa ratkaisemaan suuriakin nykyisen talousmallin ongelmia ja luomaan edellytykset uuteen pitkän taloudellisen kehityksen sykliin siirtymiselle (Sartal et al., 2020). Tämän takia tutkijat korostavat tarvetta kansainväliseen tutkimukseen, jossa otetaan huomioon suurempi kokonaisuus.

Monet tutkijat keskittyvät tästä syystä lean-työkalujen ja erityisesti arvovirtojen tutkimiseen. Arvovirtojen kartoitus ja tutkiminen nähdään kriittisenä osana kiertotalouden implementointia lean-malliseen tuotantoon, koska sillä voidaan saavuttaa taloudellisia hyötyjä sekä edistää vihreää siirtymää. Tutkimus on tärkeää myös siksi, koska kaikista taloudellisesti tehokkaimmat arvovirrat eivät välttämättä ole kiertotalouden periaatteiden mukaisia, joten molemmista näkökulmista optimaalisimpien arvovirtojen löytäminen on tärkeää. (Kalemkerian et al., 2024; Nascimento et al., 2022; Hernandez Marquina et al., 2021; Hedlund et al., 2020.)

Lean- ja kiertotalouskonseptin yhdistävää tutkimusta on tehty useilta eri aloilta. Tutkimuksissa korostuvat erityisesti erilaisen valmistuksen ja tuotannon alat, mutta tutkimuksia on tehty myös esimerkiksi maatalouden ja vähittäismyynnin aloilla. Tutkimuksissa tuotannon aloista korostuu erityisesti autoala, mikä voi johtua lean-konseptin kytköksistä autoalaan. Myös tuotepalveluliiketalousmalleja on tutkittu lean- ja kiertotalouskontekstissa. Suosittu tutkimuksen aihe on myös yhdistää lean-ajattelu ja kiertotalous Teollisuus 4.0-konseptiin, joka viittaa joukkoon digitaalisia laitteita ja teknologioita, jotka vaikuttavat kaikkiin arvoketjuihin liittyen tiedon keräämiseen, analysointiin, tallentamiseen ja viestintään tukien yrityksen kapasiteetin kehittämistä (Skalli et al., 2023). Teollisuus 4.0 nähdään teknologisena apuvälineenä, jolla voitaisiin helpommin yhdistää lean-konsepti kiertotalouteen (Nascimento et al., 2022). Uudenlaisessa liiketoimintaympäristössä toimiminen vaatii yrityksiltä

myös digitaalista muodonmuutosta, minkä takia näiden kolmen konseptin yhdistäminen nähdään hyödyllisenä tutkimuksen alana (Gatell & Avella, 2024).

Muita esille nousseita näkökulmia olivat kiertotalouden ja lean-ajattelun hyödyntäminen jätteen ja hukkan vähentämisessä sekä uudelleenvalmistuksen kehittämisessä. Näissä näkökulmissa lean-käytännöt nähdään muun muassa mahdollisuutena parantaa jo olemassa olevia kiertotalouden strategioita (mm. Bastos et al., 2023; Sartal et al., 2020). Myös tuotepalvelujärjestelmät, organisaationäkökulma ja viestinnän rooli ovat olleet tutkimuksen kohteita (Romero & Rossi, 2019; González Chávez et al., 2019; Agyabeng-Mensah et al., 2021; Nujen et al., 2023).

Koska lean-konseptin ja kiertotalouden yhdistäminen on tutkimusaiheena verrattain tuore, tutkijoilla on useita ehdotuksia minkälaista tutkimusta aiheesta tulisi tehdä. Useimmat tutkijat peräänkuuluttavat tarvetta saada enemmän kvantitatiivisia tutkimuksia, jotta tutkimusten tuloksia voitaisiin paremmin yleistää. Teoreettisia malleja luoneet tutkijat kaipaavat käytännön tutkimuksia; testausta ja simulaatioita, teorioiden vahvistamiseksi. Osa tutkijoista kaipaava spesifimpää tutkimusta erilaisten lean-työkalujen käytöstä kiertotalousalan yrityksissä tai lean-konseptin testaamisesta jossain muussa kiertotalouden konseptissa kuin uudelleenvalmistuksessa, kun taas osa tutkijoista kaipaava kokonaisvaltaisempaa tutkimusta, joka ottaisi huomioon kaikki sidosryhmät myös yritysten ulkopuolelta. Myös sosiaalisen näkökulman mukaan ottamista kaivataan kestävyuden ja tehokkuuden rinnalle. (Bocken & Coffay, 2023; Ghaithan et al., 2023; Lim et al., 2022; Bastos et al., 2023; Kurilova-Palisaitiene et al., 2018; Afum et al., 2022.)

4.3 Kiertotalous- ja lean-strategioiden yhteys

Kuten aiemmassa kappaleessa mainittiin, kiertotalouden periaatteiden yhdistäminen lean-ajattelun käytäntöihin on saanut viime vuosina kasvavaa huomiota toimialojen pyrkiessä lisäämään kestäväää kehitystä toiminnan tehokkuutta ylläpitäen. Useat tutkijat ovat miettineet näiden kahden lähestymistavan mahdollista yhdistämistä ja selvittäneet kuinka organisaatiot voivat tehokkaasti toteuttaa näitä strategioita.

Yksi keskeisistä panostuksista keskusteluun kiertotalouden ja lean-ajattelun integroimisesta on Nadeem et al. (2023) esittelemä viitekehys, joka on suunniteltu erityisesti teollisuuden

pienille ja keskisuurille yrityksille (pk-yrityksille). Kyseisessä viitekehyksessä korostetaan kestäväen kehityksen sisällyttämistä lean-käytäntöihin tinkimättä resurssitehokkuudesta ja jätteiden vähentämisestä. Ottamalla käyttöön viitekehysten pk-yritykset voisivat mukauttaa toimintansa kiertotalouden periaatteisiin ja siten parantaa kilpailukykyään ja kestävyyttään. Kehys ei ainoastaan käsittele lean-ajattelun perinteisiä tavoitteita, kuten toiminnan tehottomuuden vähentämistä, vaan myös integroi kiertotalouden keskittymisen resurssien regenerointiin ja suljetun kierron järjestelmiin, mikä tarjoaa kokonaisvaltaisen lähestymistavan kestäväen tuotantoon. Yhdistämällä kiertotalouden luonnonpääoman säilyttämisen keskeisen tavoitteen lean-ajattelun arvovirtauskartoitukseen ja optimoimalla resurssien käyttö kysyntävetoisen tuotannon avulla, viitekehys tarjoaisi rakenteellisen menetelmän, jolla pk-yritykset voisivat systemaattisesti sisällyttää kiertotalouden osaksi valmistustoimintaansa. Samanlaisiin tuloksiin lean-ajattelun ja kiertotalouden integroinnista päätyivät myös Ciliberto et al. (2021), joiden tutkimus yhdisti nämä kaksi konseptia Teollisuus 4.0-teknologioiden avulla. Tällaisten viitekehysten tarve johtuu siitä, että kiertotalouden käyttöönotto on maailmanlaajuisesti vähäistä, ja vain 7,2 % taloudesta toimii tällä hetkellä kiertotalousmallin mukaisesti, mikä johtuu suurelta osin käytännön menetelmien puutteesta (Nadeem et al., 2023).

Vastaavasti Kalemkerian et al. (2022) ehdottavat kiertävää lean-lähestymistapaa, joka yhdistää vihreän leanin käytännöt kiertotalouden strategioihin. Tämä lähestymistapa keskittyy resurssitehokkuuden parantamiseen ja jätteen minimoimiseen korostaen luonnollista linjaa lean-johtamisen jätteen vähentämistavoitteiden ja kiertotalouden resurssien kierrätystavoitteiden välillä. Kalemkerian et al. (2022) mukaan vihreät lean-käytännöt eivät riittävästi hyödynnä jätettä arvon luomiseksi, joten vihreä lean ei yksinään riitä kiertotalouden saavuttamiseen. Kiertotalouden periaatteiden integroiminen vihreä lean-metodologiaan voidaan saavuttaa siirtämällä fokusta jätteen vähentämisestä arvon luomiseen. Tutkijoiden mukaan on tärkeää, että yritykset omaksuvat holistisen näkökulman resurssiin liittyen, jotta jäte voidaan nähdä arvokkaana resurssina. Näiden strategioiden yhdistämisen uskotaan tuovan merkittäviä ympäristö- ja toimintahyötyjä, mikä tekisi siitä houkuttelevan ehdotuksen yrityksille, jotka pyrkivät parantamaan kestävyyttään säilyttäen samalla kilpailuetunsa. Samalla linjalla ovat Gatell & Avella (2024), jotka vievät vihreän ja kiertävän leanin ajatusta pidemmälle ja esittävät sen tueksi digitaalisia teknologioita, jotka auttavat tuotantoprosessien tarkistamisessa ja optimoinnissa, jätteen vähentämisessä ja ympäristövaikutusten minimoimisessa.

Vihreä lean six sigma -käytäntöjen roolia kiertotalouteen siirtymisen tukemisessa pohtivat myös Farrukh et al. (2023), jotka korostavat luonnonvarojen ja henkisen pääoman merkitystä tässä prosessissa. Heidän tutkimuksensa viittaa siihen, että yhdistetty lähestymistapa, joka sisältää vihreän lean six sigman ja kiertotalouden käytännöt, voi johtaa parempaan ympäristö- ja toiminnalliseen suorituskykyyn erityisesti resurssivaltaisilla aloilla. Tämä lähestymistapa olisi erityisen tärkeä teollisuudenaloilla, jotka ovat voimakkaasti riippuvaisia luonnonvaroista, joissa resurssien tehokas käyttö ja jätteiden minimointi ovat kriittisiä sekä kestävyden että kannattavuuden kannalta. Vihreän ja kiertävän lean six sigma -käytäntöjen tehokas toteuttaminen riippuu monista tekijöistä, kuten johtajuudesta, poliittisista päätöksistä, teknisistä innovaatioista ja sidosryhmien osallistumisesta. Lean- ja vihreä lean six sigma -käytännöt yhdessä voisivat edesauttaa kiertotalouden saavuttamista, vähentämään jätettä ja saastumista sekä parantamaan resurssien kierrätystä, mutta tämä vaatii myös yrityksiltä holistista lähestymistapaa ja jatkuvaa kehittämistä. Muut tutkijat ovat tutkineet, kuinka yrityksiä voisi auttaa tässä muutoksessa ja esimerkiksi Lim et al. (2022) ovat kehittäneet tähän tarkoitukseen CEEP-viitekehityksen (circular economy embedded production), joka tehtävänä on auttaa johtajia muutoksessa liittyen vihreän leanin ja kiertotalouden yhdistämiseen.

Schmitt et al. (2021) tarkastelevat perinteistä lean-valmistusmallia, jota usein kritisoidaan sen liiallisesta keskittymisestä tehokkuuteen ja kustannusten vähentämiseen. Työssään he ehdottavat, että lean-käytäntöjen tulee kehittyä sisältämään kiertotalouden periaatteet pitkän aikavälin kestävyden saavuttamiseksi. Tutkijat kannattavat monitasoista lähestymistapaa, joka yhdistäisi kiertoajattelun koko tuotannon elinkaarisuunnittelusta hävittämiseen. Tutkimus korostaa, että lean- ja kiertotalousnäkökulmien integroiminen kolmella tasolla, tuote-, prosessi- ja järjestelmätasolla, on tärkeää. Tutkimus väittää, että vaikka lean-valmistus keskittyy tyypillisesti sisäisiin operatiivisiin tehokkuuksiin, kiertotalouslähestymistapa laajentaa tätä näkökulmaa ottamalla huomioon tuotteiden ja järjestelmien koko elinkaaren. Tämä systeeminen muutos on tutkijoiden mukaan välttämätön, jotta voitaisiin ylittää perinteisen lean-tuotannon rajoitukset, sillä ne jättävät huomioimatta valmistusprosessien laajemmat ympäristövaikutukset.

Afum et al. (2022) käsittelevät edelleen lean-johtamisen ja kiertotuotantojärjestelmien välistä vuorovaikutusta erityisesti pk-yrityksissä. Heidän tutkimuksensa mukaan lean-johtaminen voi toimia kriittisenä kiertotuotannon mahdollistajana, mikä johtaisi suurempaan

jätteettömyys asteeseen, kilpailuetuun vihreän arvon kautta ja parantaisi sosiaalista mainetta. Tutkimus todistaa, että lean-ajattelu tarjoaa toimivan mekanismin kiertotalousjärjestelmien käyttöönoton käynnistämiseen, ja näin ollen osoittaa, että nämä lähestymistavat ovat hyvin keskenään yhteensopivia. Tutkimuksen malli ohjaa pk-yritysten johtajia kehittyvissä maissa arvioimaan tuotantoprosessinsa kokonaisvaltaisesti, jotta he voivat sovittaa lean-ajattelun ja kiertotalousjärjestelmät yhteen. Afum et al. (2022) tutkimus korostaa lean-ajattelun potentiaalia edistää kiertotalouden käytäntöjen onnistunutta toteuttamista erityisesti kehittyvissä talouksissa, joissa pk-yrityksillä on keskeinen rooli talouskehityksessä. Onnistunut integraatio, erityisesti kehittyvissä talouksissa, vaatii kulttuuristen ja käyttäytymistekijöiden kehittämistä myös Akkalatham & Taghipourin (2021) tutkimuksen mukaan.

Sitä vastoin Maldonado-Guzmán & Garza-Reyes (2023) kyseenalaistavat, onko kiertotalouden käytäntöjen integrointi lean-tuotantoon todella kannattavaa kestävän suorituskyvyn kannalta. Heidän havaintonsa viittaavat siihen, että vaikka on olemassa merkittäviä haasteita, kuten välttämättömyys tehdä merkittäviä muutoksia liiketoimintaprosesseihin, kiertotalouden käytäntöjen käyttöönoton pitkän aikavälin hyödyt, kuten kestävän kehityksen ja jätteiden vähentäminen, ovat kiistattomat. Tutkimuksen mukaan lean-käytännöillä on positiivinen vaikutus sekä kiertotalouteen että kestävään suorituskykyyn. Erityisesti lean-käytännöt parantavat kiertotaloutta, joka puolestaan edistää kestävää suorituskykyä, eli kiertotalous toimii osittain välikätenä lean-ajattelun ja kestävyuden saavuttamisen välillä, vaikkakin tutkimuksessa korostetaan, että kiertotalouden rooli on käytännössä erittäin pieni. Tämä näkökulma lisää keskusteluun kriittistä ulottuvuutta ja korostaa mahdollisia kompromisseja ja vaikeuksia, joita yritykset voivat kohdata yrittäessään yhdistää kiertotalouden ja lean-ajattelun.

Toinen tärkeä painopistealue on sellaisten arviointityökalujen kehittäminen, joilla mitataan yritysten kypsyysastetta lean-ajattelun ja kiertotalouden periaatteiden integroinnissa. Silva et al. (2024) tutkimuksessa korostettiin, että yritykset kohtaavat usein haasteita arvioidessaan edistymistään kohti kiertotalouden virtauksia, ja kypsyysmallit (Maturity Models) tarjoaisivat hyödyllisen kehyksen käytäntöjen seurannalle ja parantamiselle ajan myötä. Tutkimuksessa kehitetty Lean-Circular Maturity Model (LCMM) tarjoaa yrityksille itsearviointityökalun, jonka avulla ne voivat arvioida edistymistään prosessien parantamisessa, tuotteen elinkaaren hallinnassa ja kestävyudessa. Tämän mallin avulla yritykset voisivat tunnistaa kehittämiskohteita, tehdä tietoon perustuvia päätöksiä ja seurata edistymistään kohti kevyen

ja kiertotalouden tavoitteiden saavuttamista. Tällaisten viitekehysten avulla yritykset voisivat ymmärtää paremmin nykyistä asemaansa ja toimia, joita tarvitaan kestäväen kehityksen käytäntöjensä parantamiseksi. (Silva et al., 2024). Tällaisien arviointimallien puolesta puhuvat myös Sartal et al. (2020), joiden mukaan kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämisessä tärkeää on räätälöidä kiertotalous- ja lean-strategiat pk-yritysten erityistarpeisiin haasteiden voittamiseksi.

Kiertotalouden periaatteiden yhdistäminen lean-johtamiseen tarjoaa lupaavan tien yrityksille, jotka pyrkivät kestäväen kehitykseen toiminnan tehokkuuden ylläpitämisessä. Tarkastetuissa artikkeleissa käsitellyt viitekehukset ja lähestymistavat tarjoavat arvokkaita näkemyksiä siitä, kuinka näitä strategioita voidaan yhdistää tehokkaasti. Vaikka haasteita, kuten systeemisten muutosten, resurssien puute, muutosvastarinta, tekniset haasteet ja mahdollisten kompromissien tarve, on, Circular Lean -lähestymistavan käyttöönoton pitkän aikavälin hyödyt – kuten jätteen vähentäminen, resurssitehokkuuden parantaminen, laadun parannukset, kustannussäästöt ja kestäväen kehityksen parantaminen – ovat merkittäviä (Skalli et al., 2023). Hyödyntämällä kiertotalouden ja lean-ajattelun välisiä synergiaetuja yritykset voivat parantaa ympäristötehokkuuttaan ja saada kilpailuetua yhä enemmän kestäväen kehityksen huomioivilla markkinoilla. Tutkimuksista käy selväksi, että kiertotalouden ja lean-johtamisen yhdistäminen ei ole vain teoreettinen mahdollisuus vaan käytännön välttämättömyys tulevaisuudessa menestyä pyrkiville yrityksille. Teollisuuden kehittyessä näiden integroitujen strategioiden onnistuneesta täytäntöönpanosta tulee todennäköisesti pitkän aikavälin menestyksen ja kestävyuden avaintekijä. (Skalli et al., 2023; Skalli et al., 2024; Hedlund et al., 2020.)

4.4 Kiertotalous ja lean-hallinta jätteenäkökulmasta

Kiertotalouden periaatteiden yhdistäminen lean-ajatteluun erityisesti jätteen ja hukan yhteydessä on noussut kriittiseksi strategiaksi kestäväen teollisen toiminnan saavuttamiseksi. Näiden jätteiden minimoimiseen ja resurssitehokkuuden optimointiin tähtäävien lähestymistapojen synteisiä tarkastellaan useissa tieteellisissä artikkeleissa.

Kiertotalouden käsite on luontaisesti sidottu resurssien tehokkaaseen käyttöön, jossa painotetaan voimakkaasti jätteen vähentämistä, materiaalien uudelleenkäyttöä ja käytöstä poistettujen tuotteiden kierrätystä. Lean-johtaminen, joka on perinteisesti keskittynyt jätteiden

vähentämiseen tuotantoprosessissa, on tiukasti linjassa näiden tavoitteiden kanssa, mikä tekee kiertotalouden ja lean-ajattelun integroinnista loogisen askeleen yrityksille, jotka pyrkivät parantamaan kestävyyttä säilyttäen samalla tehokkuuden. Esimerkiksi eräs maatalousmetsätalouden biomassan talteenoton toimitusketjun hallintaa koskeva tutkimus (Bastos et al., 2023) korostaa tehokkaan tiedonkulun merkitystä biomassan talteenotto prosessien optimoinnissa. Tutkijat ehdottavat verkkopohjaista alustaa käytännön työkaluna paremman resurssienhallinnan ja päätöksenteon tueksi sekä tiedonvaihdon ja sidosryhmien välisen koordinoinnin tehostamiseksi, mikä vähentäisi lopulta jätettä ja parantaisi resurssien hyödyntämistä maatalousmetsätaloussektorilla (Bastos et al., 2023). Tutkijoiden mukaan tämä lähestymistapa parantaa toimitusketjun tehokkuutta, vähentää inhimillisiä virheitä ja tukee ympäristön kestävyyttä vähentämällä jätettä ja parantamalla biomassan energian hyödyntämistä. Se myös heijastaa kiertotalouden ja lean-ajattelun integroinnin laajempaa potentiaalia tehokkaamman resurssienhallinnan saavuttamiseksi eri toimialoilla. Tiedon kulkemisen tärkeyttä korostavat myös Nujen et al. (2023), joiden mukaan yrityksen sisäisten ja ulkoisten tietoesiteiden voittaminen on erittäin kriittistä kiertotalouden ja lean-periaatteiden integroimisessa organisaatioon.

Sartal et al. (2020) pieniin ja keskisuuriin yrityksiin (pk-yrityksiin) keskittyneessä tutkimuksessa tarkastellaan kiertotalouden periaatteiden integrointia painottaen erityisesti veden kiertokulun parantamista tuotantolaitosten tuottavuutta heikentämättä. Tutkimus korostaa haasteita, joita pk-yritykset kohtaavat kiertokäytäntöjen omaksumisessa, ja ehdottaa viitekehystä, joka yhdistää lean-periaatteet kiertotalouden strategioihin vedenkäytön optimoimiseksi ja jätteen vähentämiseksi teollisissa prosesseissa. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että lean- ja kiertotalous-aloitteiden yhdistelmä voi merkittävästi vähentää veden käyttöä noin 45 % parantaen samalla veden kiertoa ja lisäksi työtuottavuutta 20 % täten lisäksi yritysten suoritus- ja kilpailukykyä. Sartal et al. (2020) tutkimus korostaa, kuinka tärkeää on räätälöidä kiertotalous- ja lean-strategiat pk-yritysten erityistarpeisiin, jotka usein kohtaavat resurssirajoituksia, joita suuremmilla organisaatioilla ei ole.

Samoin Lim et al. (2022) vihreä lean-näkökulmasta asiaa tutkiva artikkeli esittelee yrityksille viitekehysten, joka yhdistää kiertotalous-periaatteet lean-käytäntöihin toiminnan kestävyuden parantamiseksi. Tutkijat väittävät, että tämä lähestymistapa voi johtaa merkittävästi jätteen vähentämiseen, parempaan resurssitehokkuuteen ja pitkän aikavälin kestävyysvalmistusprosesseissa korostaen synergiaa lean-ajattelun ja kiertotalous-strategioiden

välillä (Lim et al., 2022). CEEP-kehys (circular economy embedded production), joka on tutkimuksen esittämä menetelmä, sisältää kolme vaihetta, jotka auttavat johtajia tunnistamaan parannusmahdollisuuksia ja tarjoavat strategisia suuntaviivoja. Tutkimus osoittaa, että CEEP-menetelmä vähentää jätteitä ja parantaa resurssitehokkuutta, todistaen sen käytännön soveltuvuuden sekä tehokkuuden. CEEP-kehys mahdollistaa jäteresurssien hyödyntämisen tuotannossa ja käsittelee, miten kiertotalouden ratkaisut ja vihreä lean-käytännöt voisivat täydentää toisiaan. Vaikka vihreä lean-strategiat ovat suurempia ja tehokkaampia tuotanto-toiminnoissa, kiertotalous-strategiat ovat sopivampia kestävyuden parantamiseen laajemmissa tuotantoketjuissa. Lim et al. (2022) viitekehys tukee sekä pieni- että suurikokoisia kiertoja ja keskittyy yhteistyöhön koko toimitusketjussa. Tämä tutkimus viittaa myös monein muin tavoin siihen, että kiertotalouden ja lean-ajattelun integrointi ei ole vain mahdollista, vaan myös erittäin hyödyllistä kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamisen kannalta.

Näiden integroitujen strategioiden täytäntöönpanossa voi olla kuitenkin haasteita. Caldera et al. (2019) tutkimus, jossa arvioidaan mahdollistajia ja esteitä kestävien liiketoimintakäytäntöjen menestyksekkäälle toteuttamiselle lean-ajattelun omaavissa pk-yrityksissä, tunnistaa keskeiset tekijät, jotka vaikuttavat kiertotalous- ja lean-käytäntöjen omaksumiseen. Tutkimuksessa tarkastellut lean-strategiat sisälsivät muun muassa 5S-metodin, cellular manufacturing-konseptin, Just-In-Time-tuotannon (JIT), Kaizenin, vetoperiaatteen, kokonaisvaltaisen tuottavuuden ylläpidon (TPM), arvovirtakartoituksen (VSM) ja SMED-konseptin. Näitä strategioita analysoitiin niiden vaikutuksen perusteella kiertotalouden-käytäntöihin, kuten yritys vastuuseen, kierrätykseen, vähentämiseen, uudelleenkäyttöön ja jätteiden käsittelyyn. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että lean-työkalut voivat tehokkaasti tukea kiertotalouden toteuttamista pk-yrityksissä. Kuitenkin useat esteet haittaavat kestävien liiketoimintakäytäntöjen käyttöönottoa, kuten rahoituksen, ajan ja tiedon puute sekä kestävien käytäntöjen toteuttamiseen liittyvät riskit. Tutkimuksessa todettiin myös, että nykyiset säännökset ja organisaatiokulttuurit aiheuttavat haasteita, ja taloudellisten resurssien puute on merkittävin este. Tutkijat korostavat kannustavan organisaatiokulttuurin, resurssien saatavuuden ja sidosryhmien välisen yhteistyön tarvetta esteiden voittamiseksi ja näiden käytäntöjen onnistuneeksi integroimiseksi (Caldera et al., 2019). Tämä havainto on yhdenmukainen muun kirjallisuuden kanssa, joka usein korostaa organisaation valmiuden ja sidosryhmien sitoutumisen merkitystä kestävä kehityksen aloitteiden onnistuneessa toteuttamisessa.

Toiminnallisella tasolla vihreä lean -käytäntöjen integrointi tuotantotiloihin on toinen kriittinen tutkimuskohde. Aiheesta tehty tutkimus käsittelee erityisiä lean-työkaluja ja -tekniikoita, kuten 5s-metodia, arvovirtakartoitusta ja Kanbania, joita voidaan mukauttaa tukemaan kiertotalouden tavoitteita, kuten materiaalien vähentämistä, uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja energian talteenottoa. Kurdve & Bellgranin (2021) tutkimus keskittyy jätteen vähentämiseen ja resurssitehokkuuteen, ja se osoittaa, kuinka lean-käytäntöjä voidaan muutella edistämään kiertokulkua tuotantotoiminnassa. Tutkimus korostaa Green Performance Map -kartoituksen kehittämistä, joka auttaisi työntekijöitä tunnistamaan ja priorisoimaan ympäristön parannuksia, samankaltaisesti kuin Lean-käytännöissä käytettävät gemba-kävelyt. Tämä toiminnallinen painopiste nähdään erityisen tärkeänä aloilla, joilla jätehuolto on merkittävä haaste, kuten maataloudessa. Näissä tilanteissa kiertotalouden integroiminen auttaa tukemaan vihreän leanin tuotannon hallintaa tuotantotasolla. Tulokset osoittavat, että vaikka jotkut vihreän leanin ratkaisut, jotka eivät suoraan vastaa kiertotalouden määritelmiä, ovat myös tarpeen, kiertotalouslähestymistapa on hyödyllinen ympäristösuorituskyvyn parantamisessa silloin, kun jätteiden juurisyiden poistaminen ja eliminointi ei ole mahdollista. Tämä ajatus on linjassa esimerkiksi (Nascimento et al., 2022) tutkimuksen kanssa, jonka mukaan lean-työkalut, kuten arvovirtakartoitus, tarjoaa mahdollisuuden hallita tätä kokonaisuutta paremmin.

Nigeriassa sadonkorjuun jälkeisten hävikkien ehkäisyä koskevassa tutkimuksessa tarkastellaan lean-ajattelun ja kiertotalouden käytäntöjen roolia jätteen vähentämisessä (Ajayi, 2023). Tutkimuksessa korostetaan, että vaikka hävikin syyt, kuten tuholaishyökkäykset ja ilmastomuutos, ovat usein viljelijöiden ja kuluttajien hallinnan ulkopuolella, lean-johtamisen ja toimitusketjun yhteistyön soveltaminen voi merkittävästi vähentää tätä hävikkä. Tutkija korostavat lean-tekniikoiden, kuten Just-In-Time-tuotannon, potentiaalia jätteen minimoimiseksi ja toimitusketjun tehokkuuden parantamiseksi, ja samalla he keskustelevat kiertotalous-strategioiden, kuten kompostoinnin ja kierrätyksen, tärkeydestä orgaanisen jätteen hallinnassa. Tutkimus tarjoaa empiiristä näyttöä siitä, miten lean-johtamisen periaatteet ja kiertotalouden konseptin omaksuminen voivat auttaa vähentämään hävikkä vihannestoimitusketjuissa. Tutkimuksen mukaan lean-johtamisen periaatteiden soveltaminen vähensi vihannesten hävikin määrää 21 %. Ajayi, (2023) tutkimus havainnollistaa kiertotalouden ja lean-ajattelun integraation monipuolisuutta eri sektoreilla, joilla kullakin on ainutlaatuiset jätehuollon haasteensa.

Thaimaan teräskierrätysmarkkinat ovat toinen ala, jolla tarkastellaan samaa integraatiota. Empiirisessä tutkimuksessa tutkitaan ympäristömyönteiseen käyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä näillä markkinoilla ja keskustellaan siitä, miten lean-ajattelun ja kiertotalouden käytäntöjä voidaan integroida edistämään kierrätystä, vähentämään jätettä ja lisäämään kestävyttä (Akkalatham & Taghipour, 2021). Kyseinen tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, jossa löydettiin positiivinen suhde lean- ja kiertotalouskonseptien välillä. Tutkimus ei paljastanut yksityiskohtia siitä, mitä lean-työkaluja tai kiertotalousmalleja tutkittavissa yrityksissä hyödynnettiin, mutta muut samankaltaiset tutkimukset (mm. Marrucci et al., 2020; Gutierrez et al., 2020; Porto et al., 2023), jossa lean-työkaluja on tarkasteltu tarkemmin, ovat linjassa tulosten kanssa. Tulokset osoittivat, että lean-ajattelun soveltaminen kiertotalouskontekstissa voisi tuottaa taloudellisia sekä ympäristöhyötyjä. Suurin osa tutkimuksen tulosten hyödyistä liittyi päästöjen ja materiaalien vähentämiseen hukkan ja jätteen minimoimisen seurauksena. Akkalatham & Taghipourin (2021) tutkimus korostaa kulttuuristen ja käyttäytymistekijöiden roolia onnistuneessa integroinnissa, erityisesti aloilla, joilla kierrätys ja jätehuolto ovat kestävän kehityksen kriittisiä osia.

Rakennusallalla kiertotalouden periaatteiden soveltaminen elementtirakennuksiin tarjoaa myös eri näkökulman jätehuoltoon. Aiheesta tehdyssä tutkimuksessa käytetään kiertotalouden viitekehystä jätteen vähentämiseen, materiaalien uudelleenkäyttöön sekä mukautuvuuden ja purkamisen suunnitteluun liittyvien strategioiden tutkimiseen (Minunno et al., 2018). Tutkijat tunnistavat useita keskeisiä strategioita, jotka voivat tehostaa elementtirakennusten kiertokulkua, mukaan lukien lean-tuotantoketjujen käyttö ja jätteen vähentämistekniikat. Minunno et al. (2018) tutkimus korostaa kiertotalouden ja lean-ajattelun integroinnin potentiaalia rakentamisessa, jossa suunnittelu- ja materiaalivalinnat voivat vaikuttaa merkittävästi kestävän kehityksen tuloksiin.

Myös toiminnallisten ympäristön kestävyuden lähestymistapojen omaksuminen Thaimaan valmistussektorilla tarjoaa lisätodisteita kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämiseen liittyvistä eduista ja haasteista. Piyathanavong et al. (2019) tutkimus korostaa näiden käytäntöjen toteuttamisen vaikeutta alalla, jolle on ominaista vaihteleva tekninen kehitys ja ympäristötietoisuus. Myös perinteisten rakennusten monimutkaisuus ja vaihtelevuus sekä niiden paikallaan rakentaminen ei-standardeista komponenteista rajoittavat lean-tuotantotekniikoiden ja työkalujen käyttöönottoa. Thaimaan yritykset kohtaavat usein esteitä, jotka johtuvat rajallisista resursseista ja puutteellisesta koulutuksesta. Pääasialliset syyt näiden

lähestymistapojen omaksumiseen ovat sisäiset motiivit, kuten yrityspolitiikka, ympäristötietoisuus ja energiansäästön tuomat kustannussäästöt. Myös ulkoiset tekijät ja sidosryhmien osallistuminen ovat huomattavasti puutteellisia, mikä vaikuttaa laajempaan omaksumiseen ja vaikutuksiin. Näistä haasteista huolimatta tutkijat korostavat jätehuollon ja resurssitehokkuuden merkitystä valmistuksen kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tutkijoiden mukaan tehokas käyttöönotto vaatisi sisäisiä ponnisteluja, mutta myös ulkoista tukea, joiden lisäksi tarvitaan myös merkittäviä investointeja ja asianmukaista koulutusta. (Piyathanavong et al., 2019.)

Tutkimukset osoittavat, että vaikka kiertotalouden ja lean-ajattelun välillä on merkittäviä synergioita jätehuollon suhteen, näiden käytäntöjen tehokkaaseen yhdistämiseen vaadittavat erityisstrategiat ja lähestymistavat vaihtelevat toimialan ja kontekstin mukaan. Esimerkiksi rakentamisessa esivalmistuksen ja suunnittelun käyttö purkamiseen tarjoaa käytännöllisen ratkaisun kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämiseen, mikä mahdollistaa tehokkaamman jätehuollon ja resurssien hyödyntämisen (Minunno et al., 2018). Sitä vastoin maataloussektorilla painopiste on sadonkorjuun jälkeisten hävikkien vähentämisessä ja keinojen löytämisessä orgaanisen jätteen kierrättämiseksi (Ajayi, 2023), mikä korostaa alakohtaisten strategioiden tarvetta. Kaiken kaikkiaan kiertotalouden ja lean-ajattelun ja jätehuollon onnistunut yhdistäminen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa otetaan huomioon kunkin sektorin ainutlaatuiset haasteet ja mahdollisuudet (Sartal et al., 2020). Hyödyntämällä näiden lähestymistapojen välisiä synergioita teollisuudenalat voisivat paitsi vähentää ympäristövaikutuksiaan, myös parantaa toimintansa tehokkuutta ja kilpailukykyä kestävyystietoisilla markkinoilla (Skalli et al., 2024).

4.5 Lean-työkalut

Kiertotalouden periaatteiden ja lean-ajattelun integrointi lean-työkalujen sekä erityisesti arvovirtakartoituksen (VSM) hyödyntämisen kautta tunnustetaan yhä useammin tehokkaaksi strategiaksi kestäväen kehityksen edistämiseksi erilaisissa teollisissa ja organisaatioissa. Useat tutkimuksen artikkelit käsittelevät sitä, kuinka kiertotalouden tavoitteita voidaan edistää lean-työkalujen mukauttamisen avulla.

Marquina et al. (2021) tutkimuksessa väitetään, että arvovirtakartoitus, jota perinteisesti käytetään optimoimaan lineaarisia tuotantoprosesseja tunnistamalla ja eliminoimalla jätettä,

voidaan mukauttaa tehokkaasti tukemaan myös kiertojärjestelmiä. Tutkimuksessa luodaan yhteys arvon ja jätteen käsitteiden välille kiertotalouden ja lean-tuotannon viitekehyksissä, mikä johtaa erityisten mittareiden kehittämiseen kiertotalousjärjestelmien arvioimiseksi taloudellisista, sosiaalisista, ympäristöllisistä ja kiertotalouden näkökulmista. Tutkijat osoittavat, kuinka arvovirtakartoitus pystyy selvittämään perinteisessä valmistuskokoonpanossa materiaalivirtojen lisäksi myös kiertokulkuja liittyen tuotteiden uudelleenkäyttöön, uudelleentulotukseen ja kierrätykseen. Näin arvovirtakartoitus auttaa tunnistamaan alueita, joilla resursseja voidaan käyttää tehokkaammin, mikä vähentää hukkaa ja jätettä ja parantaa tuotantoprosessien kestävyyttä. Tapaustutkimus myös paljastaa, että kiertotaloustuote, joka on tuotettu suljetun kierron prosessien, kuten kunnostuksen tai uudelleentulotuksen, kautta, ei välttämättä ole aina parempi kuin lineaarinen tuote; joten kattava arviointi useista eri näkökulmista on tarpeen. Tämä takia mukautettu arvovirtakartoitus on lean-työkaluna yrityksille arvokas työkalu eri suljetuista kiertoprosesseista koostuvien järjestelmien arviointiin. Tämä arvovirtakartoituksen mukautettu ja laajennettu sovellus on erityisen arvokasta yritysten etsiessä enemmän tapoja sisällyttää toimintaansa kiertotalouden periaatteet, muuttaa jätettä resursseiksi ja pidentää tuotteiden elinkaarta (Marquina et al., 2021).

Samaan tapaan Nascimento et al. (2022) tutkimus esittelee uuden arvovirtakartoitusmallin, joka on räätälöity Teollisuus 4.0 -ympäristöihin. Kyseinen tutkimus tarkastelee, kuinka Teollisuus 4.0 voidaan yhdistää lean-ajatteluun tukemaan kiertotalouden tavoitteita. Kirjoittajat ehdottavat digitaalisten teknologioiden integrointia arvovirtakartoitukseen kiertoprosessien jäljitettävyyden ja läpinäkyvyyden parantamiseksi erityisesti monimutkaisissa järjestelmissä, kuten digitaalisessa valmistuksessa. Esimerkiksi 3D-tulostuksen kierrätystehtaassa digitaaliset työkalut yhdistettynä arvovirtakartoitukseen voivat auttaa materiaalivirtojen reaaliajassa seuraamisessa, kierrätysprosessin optimoinnissa ja materiaalihukan vähentämisessä. Tutkimus osoittaa, että lean-työkalujen ja kiertotalouden integroiminen katalysoi siirtymistä lineaarisista tuotantojärjestelmistä kiertotalousjärjestelmiin, auttaen yrityksiä hallitsemaan paremmin kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. Tämä lähestymistapa ei ainoastaan lisää kiertojärjestelmien tehokkuutta, vaan tarjoaisi myös vankan kehyksen nykyaikaisten tuotantoympäristöjen monimutkaisuuden hallintaan, jossa digitaaliset ja fyysiset prosessit kietoutuvat syvästi yhteen. (Nascimento et al., 2022.)

Gutierrez et al. (2020) tutkimus tarjoaa erilaisen näkökulman tutkimalla, miten lean-työkaluja voidaan soveltaa tieteellisten tutkimuslaboratorioiden yhteydessä. Tutkimuksessa lean-

työkaluna käytettiin 5s-metodia ja kiertotalouden strategiana hyödynnettiin vihreää hankintaa, uudelleenjakelua, vähentämistä (reduce), jakamista (share) sekä jätteiden käsittelyn hallintaa. Tutkimuksen lopputelemana jätteiden hallinta ja turvallisuus laboratorioissa lisääntyivät sekä tavoite jätteen vähentämisestä toteutui. Tutkijat tähdentävät vastuullisen hankinnan ja jätehuollon merkitystä laboratoriotoinnin ympäristövaikutusten vähentämisessä. Tutkimus alleviivaa lean-työkalujen laajempaa sovellettavuutta eri sektoreilla ja osoittaa, kuinka valmistuksessa perinteisesti käytettyjä periaatteita voidaan mukauttaa edistämään kestävä kehitystä myös tutkimus- ja koulutusympäristöissä. Tutkimus korostaa, että lean-työkalut voivat edistää kiertotalouden tavoitteita teollisen kontekstin ulkopuolella ja edistää kestävä kehityksen kulttuuria erilaisissa organisaatioympäristöissä (Gutierrez et al., 2020). Myös Caldera et al. (2019) tutkimus, joka tutki lean-työkalujen, kuten, 5s-metodin, Just-In-Time-tuotannon ja Kaizenin, vaikutusta perinteisempien pk-yrityksien kiertotalouskäytäntöihin, päätyi yhtäläiseen lopputulokseen lean-työkalujen positiivisesta vaikutuksesta.

Marrucci et al. (2020) analyysi laajentaa keskustelun vähittäiskauppasektorille, jossa lean-ajattelun ja kiertotalouden periaatteita sovelletaan elintarvike- ja pakkausjätteen hallinnan optimointiin. Tässä tutkimuksessa analysoitiin tapaustutkimusta, jossa arvioitiin ja parannettiin supermarketin jätehuoltojärjestelmää yhdistämällä lean-menetelmiä, erityisesti DMAIC-mallia, ja kiertotalousstrategioita, kuten hiilijalanjälkeä ja jätehuoltoa. Käyttämällä lean-työkaluja, tutkimuksessa suoritettiin perusteellinen ja standardoitu analyysi supermarketin jätehuoltojärjestelmästä, minkä avulla tunnistettiin järjestelmän heikkoudet. Yhdistämällä DMAIC-mallin ja hiilijalanjälkianalyysin, tutkimus saavutti merkittävän vähennyksen supermarketin kokonaisvaltaisissa ympäristövaikutuksissa. Virtaviivaistamalla näitä prosesseja ja parantamalla jätehuoltokäytäntöjä vähittäiskauppa pystyi merkittävästi pienentämään hiilijalanjälkeään sekä saavuttamaan huomattavia taloudellisia säästöjä. Tutkimuksessa painotettiin myös tiedon ja tietoisuuskampanjoiden keskeistä roolia parannusten edistämässä. Lean-työkalujen soveltaminen kiertotalousperiaatteisiin yhdistämällä osoittaa niiden monipuolisuuden ja tehokkuuden kestävä kehityksen haasteiden tunnistamisessa ja niihin vastaamisessa eri toimialoilla. Se myös osoittaa, kuinka lean-työkaluja voidaan käyttää paitsi toiminnan tehokkuuden parantamiseen myös laajempien ympäristötavoitteiden saavuttamiseen. (Marrucci et al., 2020.)

Hedlund et al. (2020) tarjoavat kattavan tarkastelun arvovirtakartoituksen kehityksestä ja sen mahdollisuuksista tukea kiertotalousaloitteita. Kirjoittajat väittävät, että vaikka perinteinen

arvovirtakartoitus keskittyy lineaaristen tuotantoprosessien optimointiin, sitä voidaan laajentaa kattamaan tuotteen koko elinkaaren mukaan lukien sen käytön, huollon, tuotteen käyttöön pidentämisen, uudelleenvalmistuksen, kierrätyksen ja hävittämisen. Tämä laajennettu arvovirtakartoituksen muoto esitetään tehokkaana työkaluna yrityksille, jotka haluavat siirtyä lineaarisesta taloudesta kiertotalouteen. Laajentamalla arvovirtakartoituksen jätteenhallintasektorille, tutkimus pyrkii löytämään mahdollisuuksia parantaa jätteenhallintakäytäntöjä ja tunnistamaan uusia liiketoimintamahdollisuuksia, jotka liittyvät jätteeksi katsottaviin materiaaleihin. Tutkimus korostaa arvovirtakartoituksen arvon uudelleenmäärittelyn tärkeyttä siten, että se sisältää paitsi tuotannossa luotavan välittömän arvon, myös kiertoprosesseilla talteen otettavan arvon. Näin tekemällä arvovirtakartoituksesta tulee tutkijoiden mukaan kattava työkalu, joka sopii yhteen kestäväen kehityksen ja resurssitehokkuuden tavoitteiden kanssa. Tutkimus kuitenkin nostaa esiin myös markkinadynamiikan ja kierrätyksen esteitä, kuten taloudelliset kannustimet. Vaikka jätteiden hävittämiskustannusten nousussa on suurempi taloudellinen motivaatio siirtyä kierrätykseen, nykyiset liiketoimintamallit ja rajoitukset saattavat estää tätä muutosta. (Hedlund et al. 2020.)

Myös Porto et al. (2023) tutkivat lean-työkalujen, kuten SIPOC, arvovirtakartoitus ja prosessimallinnus, soveltamista jätteenkeräysorganisaatioiden tehokkuuden ja tuottavuuden parantamiseen. Tutkijat käsittelevät lean-käytäntöjen toteuttamisen haasteita resurssirajoitteissa ympäristöissä, joissa painopiste on kierrätettävien materiaalien keräyksen ja lajittelun optimoinnissa. Kuten Kurdve & Bellgranin (2021) tutkimus lean-työkalujen hyödyistä jätteiden käsittelyssä, myös tämä tutkimus korostaa lean-työkalujen mahdollisuuksia tukea kiertotalouden tavoitteita, myös niissä tilanteissa, joissa resurssit ja teknologia ovat rajalliset. Näiden työkalujen käyttöönotto johti merkittäviin tuottavuuden parannuksiin, kuten varastomäärien, läpimenoaikojen ja käsittelyaikojen vähenemiseen. Tämä lähestymistapa ei ainoastaan parantanut jätehuolto prosessien tehokkuutta, vaan myös lisäsi sosiaalisia ja taloudellisia tuloksia jätteenkeräilyorganisaatioille, joilla on ratkaiseva rooli kierrätysteollisuudessa (Porto et al., 2023). Vaikka tutkimuksessa todetaan, että tulokset voivat vaihdella riippuen käsiteltävän jätteen tyypistä ja organisaation automaatiotasosta, tutkijoiden mukaan näitä työkaluja voidaan soveltaa samankaltaisiin jätteenkeräilyorganisaatioihin, erityisesti kehitysmaissa, tuottavuuden ja taloudellisen kestävyuden parantamiseksi.

Kalemkerian et al. (2023) esittelevät sarjan tapaustutkimuksia, joissa arvovirtakartoitusta on sovellettu kiertotuotantoprosessien arvioimiseen ja parantamiseen. Myös tässä

tutkimuksessa esitellään uusi viitekehys nimeltä Circular Value Stream Mapping (C-VSM), joka yhdistää kiertotalouden periaatteet lean-työkaluihin parantaakseen kestäväen kehityksen suorituskykyä organisaation toiminnassa. Tutkijoiden mukaan tämä työkalu auttaa tunnistamaan parannusmahdollisuuksia maatalous- ja elintarviketuotannossa visualisoimalla resurssit ja jätteet ja tarjoaa sekä laadullista että määrällistä tietoa päätöksenteon tueksi organisaation siirryttäessä kiertotalousmalliin. Se sisältää ominaisuuksia nykytilan arvioimiseksi ja tulevaisuuden parannusten ennakoimiseksi, keskittyen resurssien tehokkaaseen hallintaan ja ympäristövaikutusten vähentämiseen. Tutkijat osoittavat, kuinka arvovirtakartoituksen avulla voidaan tunnistaa kehittämiskohteita tuotantojärjestelmissä ja seurata edistymistä kohti kiertotalouden tavoitteita. Tapaustutkimukset korostavat arvovirtakartoituksen sopeutumiskykyä monimutkaisten, kiertävien järjestelmien hallinnan työkaluna ja korostavat jatkuvan parantamisen merkitystä kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa sekä osoittavat sen tehokkuuden ympäristövaikutusten vähentämismahdollisuuksien tunnistamisessa ja sidosryhmien yhteistyön edistämässä. Kalemkerian et al. (2023) artikkeli tarjoaa myös käytännön esimerkkejä siitä, kuinka arvovirtakartoitusta voidaan soveltaa todellisissa olosuhteissa, tarjoten arvokasta oivallusta yrityksille, jotka haluavat toteuttaa kiertotalouden periaatteita toiminnassaan.

Tutkimuksia lean-työkaluihin liittyen vertaillen tulee esiin useita yhteisiä teemoja. Keskeinen yhtäläisyys on arvovirtakartoituksen tunnustaminen monipuoliseksi työkaluksi, jota voidaan mukauttaa tukemaan kiertotalousaloitteita eri sektoreilla. Olipa kyseessä valmistus, tutkimusala, vähittäiskauppa tai jätehuolto, arvovirtakartoitus tarjoaa puitteet materiaalivirtojen visualisointiin ja optimointiin, tehostumuuksien tunnistamiseen ja kestäväen kehityksen tavoitteiden tukemiseen (Marrucci et al., 2020; Gutierrez et al., 2020; Hedlund et al., 2020; Porto et al., 2023). Tutkimukset osoittavat yhdessä, että arvovirtakartoitusta voidaan laajentaa perinteisten sovellusten lisäksi kiertotoimintoihin, mikä tekee siitä kriittisen työkalun organisaatioille, jotka siirtyvät kestävämpiin käytäntöihin.

Tutkimukset eroavat kuitenkin myös keskittyessään tiettyihin toimialoihin ja siinä, missä määrin ne integroivat digitaalisia teknologioita arvovirtakartoitukseen. Esimerkiksi, Nascimento et al. (2022) tutkimus korostaa digitalisaation roolia arvovirtakartoituksen tehostajana, muut julkaisut keskittyvät enemmän perinteisiin arvovirtakartoitus-sovelluksiin pienin muutoksin kiertotalouden periaatteiden sisällyttämiseksi. Myös arvovirtakartoituksen soveltamisen monimutkaisuus kiertotalous järjestelmiin vaihtelee. Jotkut tutkimukset, kuten Porto

et al. (2023) jätteenkerääjäorganisaatioita koskeva tutkimus, käsittelevät lean-työkalujen käyttöönoton haasteita resurssirajoitteisissa olosuhteissa, kun taas toiset, kuten Nascimento et al. (2022) 3D-tulostuksen tapaustutkimukset, tutkivat arvovirtakartoituksen edistyneempiä sovelluksia teknisesti kehittyneissä ympäristöissä.

Tutkimukset edistävät kuitenkin merkittävästi meneillään olevia pyrkimyksiä integroida kiertotalouden periaatteet lean-johdamisen käytäntöihin. Yhdessä tutkimukset korostavat arvovirtakartoituksen ja muiden lean-työkalujen soveltuvuutta kestävä kehityksen tavoitteiden tukemiseen ja osoittavat niiden soveltuvuuden eri sektoreilla. Näistä tutkimuksista saadut tulokset voivat ohjata organisaatioita niiden pyrkimyksissä siirtyä lineaarisista prosesseista kiertokulkuisiin prosesseihin, mikä lopulta edistäisi kestävämpiä ja tehokkaampia tuotantojärjestelmiä pitkän aikavälin kestävyuden saavuttamiseksi.

4.6 Teollisuus 4.0 - näkökulma

Useat tutkijat ovat tutkineet kiertotalouden periaatteiden, lean-ajattelun ja Teollisuus 4.0 -teknologioiden risteyskohtaa ja miten näitä lähestymistapoja voitaisiin integroida kestävyuden ja toiminnan tehokkuuden parantamiseksi erilaisissa teollisuuden ja organisaation yhteyksissä.

Skalli et al. (2023) artikkelissa tutkitaan synergiaetuja ja haasteita, jotka liittyvät kiertotalouden, lean-ajattelun ja Teollisuus 4.0:n yhdistämiseen. Tutkimuksessa tunnistetaan keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat tämän integroidun lähestymistavan onnistuneeseen toteutukseen, ja korostetaan teknologisen valmiuden, organisaatiokulttuurin ja sidosryhmien osallistumisen merkitystä. Tutkijat väittävät, että vaikka nämä viitekehykset ovat yksittäin tehokkaita, niiden integrointi, erityisesti Teollisuus 4.0:n yhteydessä, voi johtaa merkittäviin kestävä kehityksen etuihin, kuten jätteen vähentämiseen, resurssitehokkuuteen ja parantuneeseen prosessinhallintaan. Tutkimuksessa esiteltiinkin uusi paradigma nimeltään Circular Lean Six Sigma 4.0 (CLSS4.0), joka perustuu lean-työkaluun DMAIC, ja jonka tehtävänä on auttaa johtajia arvioimaan CLSS4.0 ajureita ja esteitä, ohjaten heitä sen onnistuneessa käyttöönotossa. Tutkimuksen mukaan organisaatioilla on useita asioita, jotka kannustavat omaksumaan CLSS4.0-mallin, kuten odotettavissa olevat parannukset operatiivisessa ja ympäristösuorituskyvyssä, kasvavat asiakastarpeet, kilpailuetu, yrityspolitiikat ja markkinakasvu. Nämä tekijät vastaavat näiden eri konseptien yhteisiä tavoitteita, kuten

asiakastyytyväisyyden ja tulojen kasvattamista sekä jätteen, vikojen ja hävikkiin vähentämistä. Skalli et al., (2023) tutkimuksessa havainnoitiin myös esteitä, kuten riittämättömät aineelliset resurssit (kuten rahoitus, henkilöstö ja laitteet) ja aineettomat resurssit (kuten taidot ja menetelmät), tietosuojaongelmat, tekniset haasteet ja hallinnan tuen puute. Muutosvastarinta, epäonnistumisen pelko, kulttuurimuutosten vaikeudet, tiedonjakamisen alustojen puute, asiantuntijakonsulttien tarve ja standardoinnin puute ovat myös tärkeitä esteitä. Noin 50 % näistä esteistä liittyy ihmisiin, mikä korostaa kulttuuristen ja ajattelutavan muutosten merkitystä organisaatioissa. Tärkeitä keinoja esteiden lieventämiseksi suositeltiin yhteistyötä akateemisten instituutioiden kanssa, paikallisten ekosysteemien luomista ja yliopistojen tukea. Lisäksi valtion rahoitus ja institutionaalinen tuki tunnistettiin elintärkeiksi rekrytoinnissa, koulutuksessa, teknologian hankinnassa ja ylläpidossa.

Toisessa Skalli et al. (2024) artikkelissa tarkastellaan käytäntöön perustuvaa lähestymistapaa sen arvioimiseksi, kuinka näiden käsitteiden integrointi vaikuttaa kestäväan organisaatiosuorituskykyyn. Tutkimus korostaa, että lean-periaatteiden yhdistäminen kiertotalouden strategioihin Teollisuus 4.0 -teknologioiden tukemana voi merkittävästi parantaa valmistusprosessien kestävyttä. Tutkimus tarjoaa empiiristä näyttöä useilta valmistavilta yrityksiltä, jotka osoittavat, kuinka nämä integroidut käytännöt johtavat ympäristövaikutusten väheneeseen, kustannussäästöihin ja tuotteiden laadun paranemiseen. Tulokset osoittavat, että sekä lean-ajattelulla että kiertotaloudella on myönteinen ja suora vaikutus kestäväan organisaatiosuorituskykyyn. Erityisesti lean-ajattelu ja kiertotalous parantavat kestäväan organisaatiosuorituskykyä yksittäin. Tutkijat korostavat digitaalisten työkalujen, kuten reaaliaikaisen data-analytiikan ja automaation, roolia näiden integroitujen strategioiden tehokkaan toteuttamisen mahdollistajana (Skalli et al., 2024).

Ciliberto et al. (2021) keskittyvät kehittämään puitteita siirtymiselle kiertotalouteen tuotantoympäristöissä hyödyntämällä vähäpäästöisiä valmistuskäytäntöjä ja Teollisuus 4.0 -teknologioita. Tutkijat ehdottavat mallia, joka yhdistää kiertotalouden periaatteet lean-työkaluihin, kuten arvovirtakarttoitus (VSM) ja Just-In-Time (JIT), joita tukevat Teollisuus 4.0 -teknologiat, kuten Internet of Things (IoT) ja big data -analytiikka. Tutkimuksen mallin tavoitteena oli optimoida resurssien käyttöä, minimoida hukka ja luoda suljetun kierron tuotantojärjestelmiä. Tutkimus osoittaa, että lean-työkalut ja -strategiat voivat edistää kiertotalouden käytäntöjen omaksumista, erityisesti pienissä ja keskikokoisissa yrityksissä. Kestävä tuotanto kuvataan monimutkaisena strategiana, joka vaatii koko toimitusketjun osallistumista,

korostaen kokonaisvaltaisen lähestymistavan tarvetta saavuttaa keskinäisiä hyötyjä tuottajien, toimittajien ja asiakkaiden välillä. Tutkimuksessa todettiin, että lisäksi päättäjien ja yritysten välinen vuorovaikutus on ratkaisevan tärkeää, sillä se voi joko tukea tai estää siirtymistä kiertotalousmalleihin. Tutkimus alleviivaa myös jatkuvan parantamisen ja reaaliaikaisen seurannan tarvetta kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi Teollisuus 4.0:n yhteydessä (Ciliberto et al., 2021).

Gatell & Avella (2024) esittelevät Digital Green Lean -konseptin, joka yhdistää lean-johdamisen, kiertotalouden ja digitaaliset teknologiat edistämään kestävää organisaatiokulttuuria. Tutkijat selvittävät, kuinka Teollisuus 4.0 -työkalut, kuten additive manufacturing ja digital twins, voivat tukea lean-käytäntöjen toteuttamista ja samalla edistää kiertotalouden periaatteita. Lähtökohtana nähtiin se, että kiertotalous uutena johtamistyylinä voisi vaikuttaa jo olemassa oleviin lean-käytänteisiin yrityksissä. Kiertotaloudesta tulee tässä yhteydessä enemmän olemassa olevien prosessien muokkaaja kuin uusi liiketoimintamalli minkä takia kiertotalouden vaikutuksia olisi hyvä ymmärtää. Integroimalla Teollisuus 4.0 ja kiertotalous oli tutkimuksessa merkittävä vaikutus lean-johdajuuteen ja -kulttuuriin, mutta organisaatioiden oli otettava ne käyttöön kattavalla lähestymistavalla, joka ottaa huomioon organisaation yksilölliset tarpeet sekä ottaa työntekijät mukaan prosessiin. Tutkimus korostaa johtajuuden roolia tämän muutoksen ajajana ja korostaa strategian kehittämistä, selkeitä tavoitteita ja jatkuvan parantamisen kulttuuria. Näiden perusteella kehitetyssä Digital Green Lean -konseptissa käytetään digitaalisia teknologioita tuotantoprosessien tarkistamiseen ja optimointiin, jätteen vähentämiseen ja ympäristövaikutusten minimoimiseen, vaikka tässäkin tunnistettiin olevan myös omat haasteensa. (Gatell & Avella, 2024.)

Ghaithan et al. (2023) tutkimus tarjoaa empiirisen analyysin näiden kolmen käsitteen, kiertotalouden, Teollisuus 4.0:n ja lean-tuotannon, yhteisvaikutuksesta valmistusyritysten kestäväen kehityksen suorituskykyyn. Tutkimuksessa käytetään kattavaa suorituskykymittareita arvioidakseen kiertotalouden periaatteiden integroinnin tehokkuutta lean-käytäntöihin ja Teollisuus 4.0 -teknologioihin. Tulokset osoittivat, että Teollisuus 4.0:lla ja lean-valmistuksella on positiivisia välittäjävaikutuksia kiertotalouden onnistuneen toteuttamisen mahdollistajana kohti organisaatioiden parempaa suorituskykyä kestäväen kehityksen näkökulmasta. Tulokset myös osoittivat, että tämä integrointi parantaa merkittävästi resurssitehokkuutta, jätteen vähentämistä ja ympäristövaikutuksia samankaltaisesti, kuten Nascimento et al. (2022) tutkimuksessa kiertotalousprosesseihin siirtymisessä arvovirtakartoituksen avulla

Teollisuus 4.0 ympäristössä. Vastaukseksi tutkimuskysymykseen siitä, onko lean-ajattelulla vaikutusta kiertotalouden periaatteisiin ja kestäväen kehityksen suorituskykyyn, saatiin että näiden suhde oli erittäin merkittävä. Samoin tutkimuksessa todettiin vahva yhteys kiertotalouden ja lean-tuotannon välillä halutun kestävyuden saavuttamiseksi, mikä vahvistaa aiempien tutkimusten merkkejä positiivisesta ja täydellisestä suhteesta kestävyuden ja lean-tuotannon työkalujen välillä. Lisäksi tämä tutkimus korosti kiertotalouden merkitystä lean-tuotannon periaatteiden ohella organisaation taloudellisen menestyksen saavuttamiseksi. Edelleen lean-tuotannon käyttöönotto auttaisi organisaatioita, jotka ovat kiertotaloussuuntautuneita ymmärtämään paremmin markkinoita ja yhdistämään sen menestymisen muihin sidosryhmiin, ja tällainen lähestymistapa voi taata kiertotalouden menestymisen kannattavana työkaluna yrityksille. Ghaithan et al. (2023) artikkelissa käsitellään myös näiden käsitteiden välisen strategisen linjauksen tärkeyttä ja tukea tukevan organisaatorakenteen tarvetta halluttujen kestäväen kehityksen tulosten saavuttamiseksi. Tutkimuksen tulokset tarjoavat päätöksentekijöille keinoja Teollisuus 4.0-tekniikoiden, kiertotalouden ja lean-valmistuksen käyttöönotosta ja sen tarpeellisuudesta kestäväen kehityksen saavuttamiseksi. Tutkimus auttaa päätöksentekijöitä tekemään asianmukaisia päätöksiä nykyisten markkinoiden säätelemiseksi kohti ympäristöystävällisempiä järjestelmiä sekä organisaatioita ymmärtämään paremmin työkaluja, joita he voivat ottaa käyttöön kestäväen kehityksen saavuttamiseksi lean-ajattelun ja kiertotalouden avulla. Lisäksi Ghaithan et al. (2023) mukaan tutkimus auttaa organisaatioita tekemään päätöksiä uusista investoinneista hyödyntäen asianmukaisia työkaluja ja järjestelmiä, jotka maksimoivat yleisen ja pitkän aikavälin kestäväen kehityksen.

Artikkelissa "Lean 4.0 in Port Management" tutkijat tutkivat Lean 4.0:n soveltamista satama-alalla. Merisatamat nähdään erityisen sopiviksi kiertotalouden käytäntöjen toteuttamiseen niiden roolin vuoksi materiaalien ja resurssien hallinnassa teollisuuden ja kaupunkialueiden välillä (Bonamigo et al., 2023). Lean 4.0 integroi edistyksellisiä teknologioita ja laitteita, jotka parantavat energiatehokkuutta ja vähentävät päästöjä, edistäen kiertotaloutta materiaalin uudelleenkäytön, vähentämisen, kierrätyksen ja uusien teknologioiden investointien avulla. Bonamigo et al. (2023) tutkimus korostaa, miten Lean 4.0 voi tukea kiertotalouden käytäntöjen kehittämistä satamissa tehostamalla, vähentämällä jätettä ja lisäämällä kestävyyttä. Tutkijat käsittelevät Lean 4.0:n käyttöönoton haasteita satamasektorilla, kuten digitaalisen infrastruktuurin tarvetta ja sidosryhmien kohdistamista. Tutkijat väittävät, että Lean 4.0 tarjoaa satamille varteenotettavan tavan siirtyä kohti kiertotaloutta sekä ympäristö- ja taloudellisia hyötyjä (Bonamigo et al., 2023).

Dahmani et al. (2021) keskittyvät tuotesuunnittelun rooliin kiertotalouden tavoitteiden saavuttamisessa Teollisuus 4.0:n puitteissa. Tutkimus tarkastelee olemassa olevaa kirjallisuutta ehdottaakseen viitekehystä, joka synergiaa lean-suunnittelun, ekosuunnittelun ja Teollisuus 4.0-teknologioiden käyttöä. Tämä viitekehys pyrkii tuottamaan parempia ja ekologisesti tehokkaita tuotteita keskittymällä kestäviin käytäntöihin koko tuotteen elinkaaren ajan, suunnittelusta hävittämiseen. Lean-suunnittelu auttaa minimoimaan jätteen ja optimoimaan prosessit, ekosuunnittelu varmistaa ympäristönäkökohtien sisällyttämisen alusta alkaen, ja Teollisuus 4.0-teknologiat tarjoavat edistyksellisiä työkaluja digitaalisiin simulointeihin ja parannuksiin. Tutkijat väittävät, että älykäs tuotesuunnittelu digitaalisten teknologioiden tukena on ratkaisevan tärkeää luotaessa ekotehokkaita tuotteita, jotka voidaan helposti purkaa, käyttää uudelleen tai kierrättää. Tutkimus esittelee erilaisia suunnittelustrategioita, kuten modulaarisuutta ja purkamisen suunnittelua, joita tehostavat Teollisuus 4.0 -työkalut, kuten additive manufacturing ja digital twins. Tutkimus alleviivaa, että näiden suunnittelustrategioiden integroiminen lean-ajattelun ja kiertotalouden periaatteisiin voi johtaa kestävämpiin tuotantojärjestelmiin, jotka vähentävät ympäristövaikutuksia ja parantavat resurssitehokkuutta sekä johtaa myös parempaan tuottavuuteen ja asiakastyytyväisyyteen. Dahmani et al. (2021) mukaan tärkeää oli huomata, että näitä strategioita tulisi räätälöidä vastaamaan erityisiä asiakastarpeita ja resurssirajoituksia, vaikka niitä pystyisikin toteuttaa peräkkäin ja samanaikaisesti. Tässä yrityskohtainen mukauttaminen tulee jälleen esille konseptien yhdistämiseen pyrkimyksessä.

Keskeinen yhtäläisyys tutkimuksissa on Teollisuus 4.0:n tunnustaminen sekä lean-ajattelun että kiertotalouden käytäntöjen mahdollistajaksi. Tutkimuksissa korostetaan, että digitaaliset teknologiat, kuten IoT, big data-analytiikka ja kyberfyysiset järjestelmät, ovat ratkaisevassa roolissa lean-työkalujen tehokkuuden lisäämisessä ja kiertotalouden malleihin siirtymisen helpottamisessa (Skalli et al., 2023; Skalli et al., 2024; Dahmani et al., 2021; Bonamigo et al., 2023; Ghaithan et al., 2023; Ciliberto et al., 2021; Gatell & Avella, 2024). Nämä teknologiat mahdollistavat reaaliaikaisen seurannan, ennakoivan ylläpidon ja resurssien optimoinnin, mikä on välttämätöntä kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Tutkimukset eroavat kuitenkin myös keskittyessään tiettyihin toimialoihin ja siinä, missä määrin ne tutkivat näiden käsitteiden integrointia. Esimerkiksi kun jotkin tutkimukset, kuten Bonamigo et al. (2023) artikkeli, keskittyvät Lean 4.0:n sektorikohtaisiin sovelluksiin, toiset, kuten Ghaithan et al. (2023) ja Ciliberto et al. (2021) kestävä tuotannon tutkimukset, ottavat

laajemman lähestymistavan ja tutkivat näiden käsitteiden integrointia eri teollisuudenaloilla. Lisäksi artikkeleissa on erilaisia painotuksia johtajuudelle ja kulttuurinmuutokselle, ja esimerkiksi Gatell & Avella (2024) tutkimuksessa korostetaan johtajuuden roolia näiden käsitteiden integroinnissa, kun taas toisissa, kuten Dahmani et al. (2021) tutkimuksessa, keskitytään enemmän toteutuksen teknisiin näkökohtiin.

Tutkimukset kuitenkin lisäävät ymmärrystä siitä, kuinka kiertotalouden periaatteet, lean-ajattelu ja Teollisuus 4.0 -teknologiat voidaan integroida kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Ne korostavat yhdessä tämän integroinnin mahdollisuuksia parantaa resurssitehokkuutta, vähentää jätettä ja parantaa ympäristönsuojelun tasoa eri aloilla. Kun yritykset ja organisaatiot kohtaavat edelleen resurssien niukkuuden ja ympäristön pilaantumisen haasteita, näistä tutkimuksista saadut oivallukset voivat ohjata kestävämpien ja tehokkaampien tuotantojärjestelmien kehittämistä.

4.7 Uudelleenvalmistus

Kiertotalouden periaatteiden ja lean-johtamiskäytäntöjen yhdistäminen erityisesti uudelleenvalmistuksen yhteydessä tarjoaa sekä mahdollisuuksia että haasteita kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamiselle. Muutamissa aineiston tutkimuksissa tarkastellaan tätä integraatiota eri näkökulmista keskittyen lean-käytäntöjen soveltamiseen uudelleenvalmistusprosesseissa, niiden toteuttamisen esteisiin ja datalähtöisten lähestymistapojen rooliin ekologisen suorituskyvyn parantamisessa.

Jiang et al. (2019) keskittyvät data-analytiikan käyttöön uudelleenvalmistusprosessien ekologisen suorituskyvyn arvioimiseksi ja parantamiseksi. Tutkijat ehdottavat tietopohjaista viitekehystä, joka yhdistää ympäristönsuojelun indikaattorit uudelleenvalmistustoimintoihin. Tutkimuksessa tunnistetaan keskeiset suorituskykyyn vaikuttavat tekijät, kuten energiansäästö, prosessikustannukset ja elinkaarensa loppuun tulleiden tuotteiden uudelleenvalmistusaste. Hyödyntämällä reaaliaikaista dataa, viitekehys antaisi yrityksille mahdollisuuden seurata ja optimoida ympäristövaikutuksiaan ja siten sovittaa uudelleenvalmistustoiminnot kiertotalouden tavoitteisiin. Tutkimus korostaa jatkuvan seurannan ja palautesilmukoiden merkitystä jätteen vähentämisessä, resurssien kulutuksen minimoimisessa ja uudelleenvalmistusprosessien yleisen kestävyuden parantamisessa. Tutkijoiden mukaan optimoimalla tuotantoteknologiaa, omaksumalla lean-uudelleenvalmistuksen käytäntöjä sekä lisäämällä

uudelleenvalmistettujen tuotteiden yleistä hyväksyntää voidaan parantaa ekologista suorituskykyä. Jing et al. (2019) mukaan tulokset tarjoavat näkemyksiä uudelleenvalmistusyrityksille niiden käytäntöjen parantamiseksi ja strategioiden kehittämiseksi.

Toisessa uudelleenvalmistus tutkimuksessa Pawlik et al. (2022) tutkivat, kuinka lean-tuotannon periaatteita voidaan mukauttaa uudelleenvalmistuksen ainutlaatuisiin haasteisiin. Tutkimus esittelee useita tapaustutkimuksia autoteollisuudesta, joissa uudelleenvalmistustoiminta on näkyvästi esillä. Tutkijat tunnistavat erityisiä lean-käytäntöjä, kuten 5S, Kanban ja visuaalinen hallinta, jotka on onnistuneesti otettu käyttöön tuottavuuden parantamiseksi ja jätteen vähentämiseksi uudelleenvalmistusympäristöissä. Tutkimuksessa käsitellään kuitenkin myös lean-käytäntöjen soveltamisen esteitä uudelleenvalmistuksessa, mukaan lukien palautettujen tuotteiden laadun vaihtelu ja purkamisprosessien monimutkaisuus. Myös tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että vaikka lean-käytännöt voivat parantaa merkittävästi uudelleenvalmistustoimintoja, niitä on mukautettava huolellisesti uudelleenvalmistusympäristön luontaisiin haasteisiin vastaamiseksi. Tutkijoiden mukaan tutkimuksessa kehitetyt matriisit helpottavat näiden lean-menetelmien käyttöönottoa, mikä edistää parempaa tuotannosuunnittelua ja -ohjausta uudelleenvalmistusoperaatioissa.

Kurilova-Palisaitiene et al. (2018) tutkimus esittää yleiskatsauksen uudelleenvalmistajien kohtaamiin haasteisiin ja ehdottaa mahdollisia lean-parannuksia näiden haasteiden voittamiseksi. Tutkijat korostavat useita keskeisiä kysymyksiä, kuten palautettujen tuotteiden olosuhteiden arvaamattomuutta, erikoistyövoiman tarvetta ja suuresta vaihtelusta johtuvaa prosessien standardointivaikeutta. Näiden haasteiden voittamiseksi tutkimus ehdottaa seitsemää lean-pohjaista parannusta; standardoituja operaatioita, jatkuvaa virtausta, Kanban-järjestelmiä, tiimityötä, työntekijöiden moniosaamista, tehdaspohjan optimointia ja yhteistyötä toimittajien kanssa. Näiden strategioiden käyttöönotto voisi mahdollisesti lyhentää läpimenoaikoja 83–99 %. Tutkimus väittää, että lean-työkalut voivat asianmukaisesti muokattuna auttaa vastaamaan haasteisiin parantamalla prosessin vakautta, lyhentämällä läpimenoaikoja ja parantamalla tuotteiden laatua. Esimerkiksi standardisoitujen työohjeiden ja poikkitoimisten tiimien käyttöönotto voi auttaa vähentämään käsittelyaikojen vaihtelua ja parantamaan kokonaistehokkuutta. Tutkimus korostaa, että onnistunut lean-toteutus uudelleenvalmistuksessa edellyttää syvällistä ymmärrystä uudelleenvalmistusprosessin erityispiirteistä ja halukkuutta mukauttaa lean-työkaluja näiden ominaisuuksien mukaisiksi. Tutkimus alleviivaa myös läpimenoaikojen lyhentämisen merkitystä uudelleenvalmistuksessa, ei pelkästään

operatiivisen tehokkuuden vuoksi, vaan myös kiertotalouden periaatteiden noudattamiseksi. Pitkät läpimenoajat uudelleenvalmistuksessa voivat johtaa tarpeettomaan raaka-aineiden louhintaan, vaarallisten materiaalien käsittelyn viivästyminen ja tuotteiden palautumisen hidastumiseen seuraavaan hyödylliseen elinkaareen. Siksi läpimenoaikojen parantaminen on välttämätöntä, jotta uudelleenvalmistusprosessit voivat olla kestävämpiä ja tehokkaampia kiertotalouden puitteissa. (Kurilova-Palisaitiene et al., 2018.)

Yksi tärkeimmistä uudelleenvalmistus tutkimusten yhtäläisyyksistä on sen tunnustaminen, että sekä lean-käytännöillä että kiertotalouden periaatteilla on yhteinen tavoite jätteen vähentäminen ja resurssitehokkuus. Tutkimuksissa korostetaan lean-käytäntöjen mahdollisuuksia parantaa uudelleenvalmistusprosessien kestävyttä minimoimalla hukka ja optimoimalla resurssien käyttöä. Nämä tulokset ovat linjassa esimerkiksi Hedlund et al. (2020) sekä Marquina et al. (2021) tutkimusten kanssa lean-työkalujen, erityisesti arvovirtakartoituksen, positiivisesta merkityksestä uudelleenvalmistuksessa. Tutkijat kuitenkin myöntävät myös, että lean- käytäntöjen soveltaminen uudelleenvalmistuksessa ei ole yksinkertaista johtuen uudelleenvalmistusympäristöjen ainutlaatuisista haasteista, kuten tuotteiden laadun vaihtelusta ja purkamisprosessien monimutkaisuudesta (Jiang et al., 2019; Pawlik et al., 2022; Kurilova-Palisaitiene et al., 2018).

Keskeinen ero tutkimusten välillä on niiden lähestymistapa näihin haasteisiin. Jiang et al. (2019) artikkelissa korostetaan tietopohjaisten lähestymistapojen roolia ekologisen suorituskyvyn jatkuvassa seurannassa ja parantamisessa, mikä viittaa siihen, että data-analytiikan integrointi lean-käytäntöihin voi tarjota dynaamisemmän ja reagoivamman tavan hallita uudelleenvalmistusprosesseja. Sitä vastoin Pawlik et al. (2022) ja Kurilova-Palisaitiene et al. (2018) keskittyvät enemmän lean-työkalujen käytännön toteutukseen ja tarpeeseen mukauttaa nämä työkalut uudelleenvalmistuksen erityisvaatimuksiin. Pawlik et al. (2022) tarjoaa empiirisiä näkemyksiä lean-käytäntöjen soveltamisen eduista ja esteistä, kun taas Kurilova-Palisaitiene et al. (2018) tarjoaa konseptuaalisemman analyysin uudelleenvalmistuksen haasteista ja mahdollisista lean-parannuksista.

Toinen ero on erilaisten lean-työkalujen painottaminen. Pawlik et al. (2022) artikkeli korostaa tiettyjen lean-käytäntöjen, kuten 5S:n ja Kanbanin, onnistunutta käyttöönottoa uudelleenvalmistuksessa, kun taas Kurilova-Palisaitiene et al. (2018) artikkeli käsittelee lean-periaatteiden laajempaa soveltamista, kuten standardointia ja monialaisia tiimejä, mahdollisina ratkaisuuina uudelleenvalmistuksen haasteisiin. Tämä ero heijastaa erilaisia

keskittymisasteita käytännöllisiin ja käsitteellisiin lähestymistapoihin lean-käytäntöjen yhdistämiseksi uudelleenvalmistukseen.

Tutkimukset korostavat yhdessä lean-ajattelun mahdollisuuksia parantaa uudelleenvalmistusprosessien kestävyyttä, mutta korostavat myös tarvetta mukauttaa näitä käytäntöjä huolellisesti uudelleenvalmistuksen ainutlaatuisiin haasteisiin vastaamiseksi. Koska uudelleenvalmistus on edelleen ratkaisevassa roolissa kiertotalouden tavoitteiden edistämässä, näistä tutkimuksista saadut oivallukset voivat ohjata sekä organisaatioita että tutkijoita kehittämään tehokkaampia ja kestävämpiä uudelleenvalmistusprosesseja.

4.8 Tuotepalvelujärjestelmät, organisaatiot ja tiedonhallinta näkökulmat

Aineisto sisälsi joitakin tutkimuksia, jotka eivät kuuluneet mihinkään aiempaan aihealueeseen. Nämä tutkimukset ovat tutkineet kiertotalouden periaatteiden ja lean johtamiskäytäntöjen yhdistämistä eri näkökulmista keskittyen Circular Lean Product-Service Systems (CLPSS) -suunnitteluun, organisaation haasteisiin kiertotalouden periaatteiden toteuttamisessa ja lean-johtamisen rooliin tämän siirtymän helpottamisessa.

González Chávez et al. (2019) tutkivat CLPSS:n (Circular-Lean-Product-Service Systems) käsitettä yhdistämällä kiertotalouden ja lean-periaatteet tuotepalvelujärjestelmiin. Viime vuosina palveluihin suuntautuneet järjestelmät ovat olleet nousussa perinteisen valmistukseen verrattuna. Tämä siirtymä on tuonut mukanaan konseptin, jota kutsutaan tuotepalvelujärjestelmiksi (PSS), joka yhdistää kilpailuetua tuottavat arvopalvelut perinteisiin tuotetarjontoihin luodakseen suuremman arvon ja edistääkseen resurssitehokkuutta ja kestävyttä (González Chávez et al., 2019). Vaikka PSS on kasvanut ja saanut merkittävää huomiota akateemisessa kirjallisuudessa ja teollisuuskeskusteluissa, alkuperäiset ympäristöhyödyt, jotka liitettiin PSS:ään, ovat heikentyneet ajan myötä. Tutkijat väittävät, että kiertotalouden yhdistäminen lean-ajatteluun tuotepalvelujärjestelmissä voi parantaa resurssitehokkuutta, vähentää jätettä ja pidentää tuotteiden elinkaarta. Artikkelissa ehdotetaan CLPSS-suunnitelukehystä, joka sisältää lean-ajattelun ja kiertävät periaatteet tuotteen elinkaaren eri vaiheissa – elinkaaren alussa, keskivaiheessa ja elinkaaren lopussa. Viitekehys validoitiin alusrakennusteollisuuden tapaustutkimuksilla ja tutkijoiden mukaan tapaustutkimusten tulokset osoittavat sen soveltuvuuden ja tehokkuuden tosielämässä (González Chávez et al., 2019).

Myös Romero & Rossi (2019) ovat tutkineet kiertotalouden ja lean-periaatteiden yhdistämistä tuotepalvelujärjestelmiin. Artikkelissa "Towards Circular Lean Product-Service Systems" tutkijat syventävät CLPSS:n käsitettä ja korostavat kiertotalouden ja lean-periaatteiden yhteensopivuutta PSS:n kontekstissa. Tutkijoiden mukaan CLPSS yhdistää aineelliset kiertävät tuotteet aineettomiin lisäarvopalveluihin, joita tukevat suljetun kierron verkostot ja infrastruktuuri. Tutkimus käsittelee kuinka CLPSS voi vähentää materialisaatiota vähentämällä jätteen ja resurssien kulutusta korjaavien ja uudistavien toimintajärjestelmien avulla. Tutkijat väittävät, että CLPSS voi irrottaa talouskasvun ympäristövaikutuksista luomalla liiketoimintaekosysteemejä, joissa tuotteet on suunniteltu helpottamaan huoltoa, korjausta ja kierrätystä. Tämä lähestymistapa ei ainoastaan minimoisi neitseellisten materiaalien kulutusta, vaan myös lisäisi arvoa, jota asiakkaille tarjotaan pidentämällä tuotteiden elinkaarta sekä loisi uusia tulovirtoja tuotteiden jäännösarvon pidentämisen kautta. Mallin haasteina ovat tuotteiden ja palveluiden välisten suhteiden ymmärtäminen niiden elinkaarien aikana sekä suljetun kierron arvoketjun tai verkoston koordinointi. Tutkijoiden mukaan haasteista huolimatta mallin tavoitteena on siirtyä erillisistä arvolupauksista integroituihin tuote-palveluratkaisuihin, itsenäisistä tuotteista ja palveluista kokonaisvaltaisiin tuote-palveluekosysteemeihin ja nähdä kestävyys pelkän vaatimuksen sijasta uutena tulonlähteenä palvelullistamisen kautta kiertotalousmallin mukaisesti. (Romero & Rossi, 2017.)

Yksi näkökulma lean-ajattelun ja kiertotalouden yhdistämiseen liittyy tiedonhallintaan sekä organisaatioon ja prosesseihin. Nujen et al. (2023) artikkeli tietoesteistä siirryttäessä kiertotalouteen käsittelee haasteita, joita organisaatiot kohtaavat toteuttaessaan kiertotalouden periaatteita, erityisesti organisaatioiden sisäisiä ja välisiä tietoesteitä. Vaikka siirtyminen kiertotalouteen on tärkeää kestävyuden kannalta, yritykset kamppailevat usein kiertotalouskäytäntöjen tehokkaassa toteuttamisessa. Nykyinen olemassa oleva tutkimus keskittyy enimmäkseen teknisiin ja ulkoisiin tekijöihin, jättäen sisäiset organisaatiokysymykset huomiotta. Nujen et al. (2023) tutkimus käsittelee tätä aukkoa käyttämällä lean-ajattelua organisaation oppimismallina tunnistaakseen ja ratkaistakseen haasteita, jotka estävät kiertotalous-siirtymää. Tutkimus korostaa poikkitoiminnallisen oppimisen (cross-functional learning), tiimien ajankohtaisen osallistumisen (timely involvement of teams), tehokkaan sisäisen viestinnän ja tiedonhallintakäytäntöjen, kuten tiedon uudelleenikäytön ja säilyttämisen, tärkeyttä. Samalla tavalla myös Bastos et al. (2023) alleviivasivat tiedon oikea-aikaista saatavuutta sekä liikkumista. Nujen et al. (2023) tutkimus havaitsi, että tehottomat viestintäkäytännöt ja huono tiedonhallinta ovat merkittäviä esteitä kiertotalouden toteuttamisessa. Tutkijat

korostavat, että vaikka lean-ajattelun käytännöt voivat tukea siirtymistä kiertotalouteen edistämällä jatkuvaa parantamista ja jätteiden vähentämistä, tämän integraation onnistuminen riippuu merkittävien tietoesteiden voittamisesta. Näitä esteitä ovat kiertotalouden käsitteiden ymmärtämisen puute, muutosvastarinta ja riittämätön osastojen välinen yhteistyö. Tutkimus painottaa organisaation oppimisen ja tiedon jakamisen tarvetta kiertotalouden käytäntöjen onnistuneen omaksumisen mahdollistamiseksi samalla tavalla, kuten Maldonado-Guzmán & Garza-Reyes (2023) tutkimus korostaa inhimillisten lean-käytänteiden omaksumista kiertotalouden mahdollistamiseksi. Lean-ajattelu, kun sitä sovelletaan organisaation oppimismallina, voi auttaa yrityksiä uudelleenjärjestämään toimintojaan ja nopeuttamaan siirtymistä kiertotalouteen. (Nujen et al., 2023.)

Agyabeng-Mensah et al. (2021) tutkivat organisaatioidentiteetin suhdetta kiertotalouden ja lean-johtamiskäytäntöjen omaksumiseen. Tutkimus väittää, että organisaation identiteetti – sen itsenäisyys ja arvot – on ratkaisevassa roolissa määriteltäessä sen sitoutumista kestävään kehitykseen. Yritykset, jotka pitävät itseään kestävä kehityksen innovoijina tai johtajina, omaksuvat todennäköisemmin kiertotalouden ja lean-johtamisen käytännöt (Agyabeng-Mensah et al., 2021). Tutkimuksessa todettiin sisäisen ja ulkoisen oppimisen vaikuttavat positiivisesti lean-käytäntöjen omaksumiseen, joka puolestaan vaikutti positiivisesti ja merkittävästi kiertotalouden periaatteiden omaksumiseen organisaatiossa. Oppiminen tuki kestävien käytäntöjen toteuttamista, mikä edisti suorituskykyä ja organisaation identiteettiä. Tutkimus korostaa myös organisaatioiden välisen oppimisen ja yhteistyön merkitystä näiden käytäntöjen toteuttamiseen liittyvien haasteiden voittamisessa. Jatkuvan oppimisen ja sopeutumisen kulttuuria edistämällä organisaatiot voisivat tehokkaammin integroida kiertotalouden ja lean-ajattelun periaatteet toimintaansa (Agyabeng-Mensah et al., 2021). Tutkimuksen tulokset ovat linjassa Farrukh et al. (2023) tutkimuksen kanssa, jossa myös todettiin henkilöstöhallinnon sekä työntekijöiden mukaan ottamisen suuri vaikutus kiertotalouden sekä lean-ajattelun implementoinnissa.

Bocken & Coffay (2023) esittelevät käytännönläheisen lähestymistavan lean-ajattelun ja kiertotalouden periaatteiden yhdistämiseen kokeellisen viitekehyksen kautta. Tutkijat ehdottavat työkalua, joka yhdistää lean startup -periaatteita tehokkaaseen ajatteluun ohjaamaan organisaatioita kehittämään ja testaamaan kiertotalouden liiketoimintamalleja. Kiertotalousaloitteet ovat olennaisia ilmastonmuutoksen ja resurssipulan ratkaisemiseksi, mutta kiertotalouden liiketoimintamallien kokeileminen on epävarmaa ja haastavaa, missä lean-startup-

periaatteet voivat auttaa (Bocken & Coffay, 2023). Tutkimuksen työkalu on suunniteltu auttamaan organisaatioita tunnistamaan mahdollisuuksia kiertotalouskäytäntöihin, kokeilemaan uusia ideoita ja mittaamaan onnistuneita aloitteita. Tutkimuksen viitekehys toimii siis samankaltaisena apuna organisaation johtamiselle kuin esimerkiksi Dahmani et al. (2021) tutkimuksessa kehitetty Lean Eco 4.0-viitekehys päätöksenteon avuksi. Bocken & Coffay, (2023) tutkimus väittää, että soveltamalla lean-periaatteita, kuten iteratiivista testausta, jatkuvaa parantamista ja jätteiden minimoimista, organisaatiot voivat nopeuttaa siirtymistään kiertotalouteen.

Yhtäläisyys tutkimusten välillä on tunnustus siitä, että sekä kiertotaloudella että lean-johtamisella on yhteinen tavoite jätteen vähentäminen ja resurssitehokkuus ja kaikki korostavat lean-käytäntöjen mahdollisuuksia tukea siirtymistä kiertotalouteen minimoimalla hukkaa, optimoimalla resurssien käyttöä ja lisäämällä tuotantojärjestelmien kestävyyttä (González Chávez et al., 2019; Romero & Rossi, 2017; Nujen et al., 2023; Agyabeng-Mensah et al., 2021; Bocken & Coffay, 2023). Tutkijat kuitenkin tunnustavat myös, että näiden käytäntöjen integrointi on haasteellista, erityisesti organisaatiokulttuurin, tiedon esteiden sekä jatkuvan oppimisen ja sopeutumisen tarpeen osalta.

Tutkimukset keskittyvät kiertotalouden ja lean-ajattelun integraation eri puoliin. Romero & Rossi (2017) ja González Chávez et al. (2019) artikkelit keskittyvät Circular Lean -tuotepalvelujärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen tarjoamalla puitteita ja tapaustutkimuksia, jotka osoittavat näiden käsitteiden käytännön soveltamisen. Sen sijaan Nujen et al. (2023), Agyabeng-Mensah et al. (2021) ja Bocken & Coffay (2023) artikkelit keskittyvät enemmän organisaatioon ja prosessiin liittyviin haasteisiin kiertotalouden periaatteiden toteuttamisessa lean-johtamisen yhteydessä. Esimerkiksi, kun Nujen et al. (2023) tutkimus korostaa tiedon esteitä ja organisaation oppimisen tärkeyttä, Bocken & Coffay (2023) tutkimuksessa esitellään käytännönläheisempää, kokeellisempaa lähestymistapaa lean- ja kiertotalousperiaatteiden integroimiseen.

Toinen ero on eri analyysitasojen painottaminen. Circular Lean -tuotepalvelujärjestelmä-artikkeleissa on strategisempi ja systeemisempi lähestymistapa, ja niissä keskitytään siihen, kuinka kiertotalous- ja lean-periaatteet voidaan integroida liiketoimintamalleihin ja tuotteiden elinkaareen. Organisaatioon ja tiedonhallintaan liittyvät tutkimukset taas tarkastelevat laajemmin sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä, jotka vaikuttavat näiden käytäntöjen omaksumiseen.

5 Pohdinta

Kiertotalouden ja lean-ajattelun käsitteet ovat saaneet huomiota viime vuosina, kun organisaatiot etsivät kestäviä ja tehokkaita toimintastrategioita. Kiertotalous korostaa tuotantoprosessien sulkemista maksimoimalla resurssitehokkuuden ja minimoimalla jätteen, lean-ajattelu keskittyy jätteen poistamiseen ja prosessien parantamiseen optimaalisen tehokkuuden ja arvon tuottamisen saavuttamiseksi. Näitä konsepteja on tutkittu kattavasti omina aihealueina, mutta nämä kaksi konseptia yhdistävää tutkimusta on toistaiseksi tehty vähän. Tämän tutkimuksen aineistoon valikoitui 38 tutkimusartikkelia, jotka on toteutettu viime vuosina eri aloilla sekä erilaisista näkökulmista käsin.

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kiertotalouden ja lean-ajattelun integrointi voi johtaa huomattaviin hyötyihin erityisesti resurssi-intensiivisillä toimialoilla. Esimerkiksi autoteollisuus, joka on perinteisesti ollut lean-käytäntöjen tukikohta, omaksuu yhä enemmän kiertotalousperiaatteita kestävyuden parantamiseksi. Uudelleenvalmistuksen ja suljetun kierron toimitusketjujen käyttö tällä alalla osoittaa, miten kiertotalous voi täydentää lean-ajattelua pidentämällä tuotteiden elinkaarta ja vähentämällä materiaali-jätettä. Myös muussa teollisuudessa on tutkittu, miten kiertotalous voidaan integroida lean-viitekehykseen suunnittelemalla tuotteita purkamista ja kierrätystä varten. Tämä lähestymistapa ei ainoastaan vähennä jätettä, vaan se myös tukee lean-ajattelun tehokkuustavoitteita yksinkertaistamalla tuotteiden elinkaaren loppuvaiheiden käsittelyä. Vastaavasti esimerkiksi rakennusteollisuudessa kiertotalous -periaatteiden integrointi lean-rakennusmenetelmiin on osoittanut potentiaalia vähentää materiaali-jätettä ja parantaa rakennusprojektien kestävyyttä. Tutkimusta on tehty myös esimerkiksi maatalousalalla, jossa hävikin vähentäminen on onnistunut konsepteja integroimalla sekä kaupanalalla, jossa saavutettiin samanlaisia tuloksia.

Yritykset kaipaavat kuitenkin enemmän empiirisiä tutkimuksia, yhdistääkseen Circular-Lean-konseptin lupaavat edut omiin käytäntöihinsä. Kuten tutkimus osoitti, integrointi tulee räätälöidä yritysten tarpeisiin, jotta muutos on mahdollinen. Kiertotalouden ja lean-ajattelun onnistunut yhdistäminen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa otetaan huomioon kunkin sektorin ainutlaatuiset haasteet ja mahdollisuudet.

5.1 Mitä yhteistä lean-ajattelulla ja kiertotalousmallilla on?

Tutkimuksesta kävi ilmi, että kiertotaloudella ja lean-ajattelulla on useita yhtäläisyyksiä. Sekä kiertotalous että lean-ajattelu asettavat etusijalle jätteen vähentämisen, vaikkakin eri näkökulmista. Lean-ajattelu keskittyy poistamaan kaikenlaisen jätteen, joka ei lisää arvoa asiakkaalle, kuten ylimääräisen tuotannon, odotusajat ja virheet. Kiertotalous laajentaa jätteen määritelmää kattamaan paitsi prosessien tehottomuuden myös ympäristöjätteen. Tämä sisältää materiaali-jätteen vähentämisen kierrätyksen, uudelleenkäytön ja uudelleentalmistuksen avulla, tavoitteenaan suljettu kierto, jossa tuotteet ja materiaalit palaavat jatkuvasti takaisin tuotantoprosessiin. Konseptit yhdistämällä pystytään saavuttamaan merkittäviä säästöjä jätteen määrissä sekä nostamaan jätteen uudelleenkäyttöastetta.

Resurssitehokkuus on myös keskeinen periaate molemmissa viitekehyksissä. Lean-ajattelu pyrkii optimoimaan resurssien käytön virtaviivaistamalla prosesseja, vähentämällä vaihtelua ja parantamalla laatua. Vastaavasti kiertotalous pyrkii käyttämään resursseja mahdollisimman tehokkaasti, edistäen ajatusta, että tuotteet tulisi suunnitella pitkäikäisiksi, korjattaviksi ja kierrätettäviksi, jotta resurssit pysyisivät käytössä mahdollisimman pitkään. Jo jonkin aikaa olemassa ollut vihreä lean-konsepti, on yhdistänyt lean-ajattelun kestävään kehitykseen resurssitehokkuuden kautta, mutta vihreä lean-konsepti ei ole yksinään pystynyt ottamaan huomioon kokonaisvaltaisempaa kiertotalousnäkökulmaa. Kiertotalousnäkökulman yhdistäminen vihreään leaniin onkin tuottanut positiivisia tuloksia erityisesti jätenäkökulmasta. Tulokset ovat osoittaneet, että vaikka jotkut vihreän leanin ratkaisut, jotka eivät suoraan vastaa kiertotalouden määritelmiä, ovat myös tarpeen, kiertotalouslähestymistapa on hyödyllinen ympäristösuorituskyvyn parantamisessa silloin, kun jätteiden juurisyyden poistaminen ja eliminointi ei ole mahdollista.

Jatkuva parantaminen on yhteinen tavoite sekä kiertotaloudessa että lean-ajattelussa. Lean-ajattelussa tätä kutsutaan usein "Kaizeniksi," joka tarkoittaa prosessien asteittaista parantamista. Kiertotalous sisältää myös jatkuvaa parantamista, mutta ympäristövaikutuksiin keskittyen, rohkaisten yrityksiä jatkuvasti etsimään uusia tapoja vähentää ekologista jalanjälkeään innovoimalla tuotteiden elinkaaren, materiaalien käytön ja energiatehokkuuden ympärillä. Molemmat käsitteet omaksuvat myös järjestelmälähtöisen ajattelun, vaikka ne soveltavat sitä eri konteksteissa. Lean-ajattelu tarkastelee koko tuotantojärjestelmää tunnistaakseen ja poistaakseen tehottomuuksia, kun taas kiertotalous ottaa huomioon laajemman ekologisen

ja taloudellisen järjestelmän, korostaen tuotteen koko elinkaarta ja yhteyksiä tuotannon, kulutuksen ja jätehuollon välillä.

5.1.1 Mitä hyötyä nämä kaksi konseptia yhdistävästä mallista olisi?

Kiertotalous -periaatteiden integrointi lean-käytäntöihin voi merkittävästi parantaa liiketoiminnan kestävyttä. Yhdistämällä kiertotalouden painopisteen resurssien kiertävyydestä ja lean-ajattelun painotuksen hukan vähentämisessä ja tehokkuudessa, yritykset voivat saavuttaa kokonaisvaltaisemman lähestymistavan kestävyteen. Tämä integrointi voi johtaa tuotantojärjestelmien kehittämiseen, jotka eivät ainoastaan minimoi jätettä, vaan myös uudistavat luonnonjärjestelmiä, vähentäen kokonaisympäristövaikutusta. Kiertotalouden strategioiden, kuten uudelleenvalmistuksen, parantaminen lean-ajattelun avulla vaatii kuitenkin lean-työkalujen mukauttamisen uudelleenvalmistusympäristön luontaisiin haasteisiin. Esimerkiksi pitkät läpimenoajat uudelleenvalmistuksessa voivat johtaa tarpeettomaan raaka-aineiden lounintaan, vaarallisten materiaalien käsittelyn viivästymiseen ja tuotteiden palautumisen hidastumiseen seuraavaan hyödylliseen elinkaareen, jolloin lean-työkalujen hyödyntäminen läpimenoaikojen lyhentämiseen voi parantaa koko uudelleenvalmistuksen prosessia kiertotalouden näkökulmasta.

Kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistäminen voi parantaa yrityksen taloudellista resilienssiä vähentämällä riippuvuutta raaka-aineista ja lieventämällä toimitusketjun häiriöihin liittyviä riskejä. Kiertotalous mallissa materiaalit käytetään uudelleen ja kierrätetään, mikä voi suojata yrityksiä raaka-aineiden hintavaihteluilta. Kun tämä yhdistetään lean-ajattelun tehokkuuteen ja toiminnan kustannusten vähentämiseen, voidaan luoda vankempi ja kestävämpi liiketoimintamalli. Konseptien yhdistämisessä voi auttaa Teollisuus 4.0-näkökulman hyödyntäminen. Tutkimuksissa korostetaan, että digitaaliset teknologiat ovat ratkaisevassa roolissa lean-työkalujen tehokkuuden lisäämisessä ja kiertotalouden malleihin siirtymisen helpottamisessa, koska ne mahdollistavat esimerkiksi reaaliaikaisen seurannan, ennakoivan ylläpidon ja resurssien optimoinnin, mikä on välttämätöntä kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Yritykset, jotka onnistuneesti yhdistävät kiertotalouden ja lean-ajattelun, voivat erottautua markkinoilla tarjoamalla tuotteita, jotka eivät ole ainoastaan kustannustehokkaita ja korkealaatuisia, vaan myös ympäristön kannalta kestäviä. Tämä voi houkutelaa

ympäristötietoisia kuluttajia ja avata uusia markkinoita, erityisesti kun kestävyysmääräykset kiristyvät ja kuluttajien mieltymykset siirtyvät kohti vihreämpiä tuotteita.

Kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistäminen voi myös johtaa positiivisiin sosiaalisiin ja ympäristövaikutuksiin, kuten vähentyneeseen jätteen syntyyn, alhaisempiin kasvihuonekaasupäästöihin ja vihreiden työpaikkojen luomiseen. Tämä kokonaisvaltainen lähestymistapa voi edistää globaalien kestävyystavoitteiden saavuttamista edistämällä vastuullisia kulutus- ja tuotantotapoja.

5.2 Mitä eroavaisuuksia lean-ajattelussa on kiertotalouden periaatteisiin?

Keskeinen ero kiertotalouden ja lean-ajattelun välillä on niiden kohteessa ja laajuudessa. Lean-ajattelu keskittyy pääasiassa toimintojen tehokkuuden parantamiseen olemassa olevassa lineaarisessa tuotantomallissa, missä resurssit otetaan käyttöön, käytetään ja hävitetään. Sen päätavoite on tuottaa asiakkaalle arvoa mahdollisimman vähäisellä jätteellä. Kiertotalous puolestaan haastaa lineaarisen mallin, kannattaen systeemistä muutosta kohti uudistavaa taloutta. Kiertotalous keskittyy sulkemaan resurssikierron, pidentämään tuotteiden elinkaarta ja vähentämään ympäristövaikutuksia. Lean-ajattelun arvolupaus keskittyy kustannusten vähentämiseen ja prosessien tehokkuuteen, mikä suoraan kääntyy suuremmiksi voitoiksi ja paremmaksi asiakastyytyväisyydeksi. Kiertotalous puolestaan laajentaa arvolupaus ympäristön kestävyteen ja yhteiskunnallisiin hyötyihin, jotka eivät välttämättä aina johda välittömiin taloudellisiin voittoihin, mutta edistävät pitkän aikavälin kestävyttä ja yhteneväisyyttä yhä tiukempien ympäristömääräysten kanssa.

Eroja löytyy myös käytetyistä työkaluista ja mittaamisesta. Lean-ajattelu toteutetaan tyypillisesti hyvin määriteltyjen työkalujen ja tekniikoiden avulla, kuten Just-In-Time-tuotanto, 5s-metodi, Kanban ja arvovirtakartoitus, jotka keskittyvät tuotantoprosessien optimointiin. Kiertotaloudessa ei kuitenkaan ole vakiintunutta työkalusarjaa, vaan se sisältää laajemman joukon strategioita, kuten ekosuunnittelun, teollisen symbioosin ja tuote-palvelujärjestelmät, jotka vaativat sektorien välistä yhteistyötä ja innovointia. Lean-ajattelun menestystä mitataan usein tehokkuuteen liittyvillä keskeisillä suorituskykyindikaattoreilla, kuten lyhentyneillä läpimenoajoilla, alhaisemmilla varastotasoilla ja parantuneella laadulla. Kiertotalouden menestysmittarit ovat kuitenkin monipuolisempia ja sisältävät ympäristöindikaattoreita, kuten vähentynyt hiilijalanjälki, lisääntynyt materiaalin kiertotalous ja alhaisempi resurssien

käyttö. Näiden mittareiden hyödyt vaativat usein pidempiä aikajäniteitä verrattuna lean-ajattelun välittömiin tuloksiin. Esimerkiksi kiertotaloustuote, joka on tuotettu suljetun kierron prosessien, kuten kunnostuksen tai uudelleenvalmistuksen kautta, ei välttämättä ole aina parempi kuin lineaarinen tuote; joten kattava arviointi useista eri näkökulmista on tarpeen. Tämä takia yritykset tarvitsevat kunnollisia mittareita, kuten tutkimuksessa esiin tullut mukautettu arvovirtakartoitus, joka on lean-työkaluna yrityksille arvokas työkalu eri suljetuista kiertoprosesseista koostuvien järjestelmien arviointiin.

5.2.1 Kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämisen haasteet

Yksi keskeisistä haasteista kiertotalouden ja lean-ajattelun integroinnissa on tarvittava kulttuurinen ja organisatorinen muutos. Jopa 50 % integroinnin esteistä liittyy ihmisiin (Skalli et al., 2023), mikä korostaa kulttuuristen ja ajattelutavan muutosten merkitystä organisaatioissa. Lean-ajattelu voi kuitenkin auttaa yrityksiä uudelleenjärjestämään toimintojaan ja nopeuttamaan siirtymistä kiertotalouteen, kun sitä sovelletaan oppismallina organisaatioissa. Vaikka lean-ajattelun on laajalti omaksuttu useilla toimialoilla, kiertotalous edustaa paradigman muutosta, joka vaatii organisaatioita uudelleenarvioimaan koko arvoketjunsä ja liiketoimintamallinsa. Tämä voi olla haastavaa, erityisesti yrityksille, joilla on syvään juurtuneet lineaariset käytännöt. Kiertotalouden toteuttaminen yhdessä lean-ajattelun kanssa voi vaatia merkittäviä alkuinvestointeja uusiin teknologioihin, infrastruktuuriin ja koulutukseen. Monille yrityksille, erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille, nämä resurssirajoitukset voivat olla merkittävä este integraatiolle. Lisäksi tuottojen saavuttaminen kiertotalous-käytäntöjen kautta voi kestää pidempään kuin lean-ajattelun välittömät hyödyt, mikä tekee siitä vaikeamman myydä sidosryhmille. Myös kiertotalousmahdollisuuksien tunnistaminen lean-tuotannon yrityksissä voi olla hankalaa, samoin kuten konseptien integrointiin vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen yrityksissä. Näiden esteiden voittamiseksi on kuitenkin kehitetty työkaluja, kuten CEEP-viitekehys, mutta yritykset tarvitsevat silti lisää käytännön menetelmiä. Esteiden poistamiseksi tärkeää on myös tarkastella lean- ja kiertotalousnäkökulmien integroimista kaikilla yrityksen tasoilla: tuote-, prosessi- ja järjestelmätasolla, jotta kokonaisvaltainen muutos voidaan saavuttaa.

Kiertotalouden ja lean-ajattelun integroitujen strategioiden menestyksen mittaamisen monimutkaisuus voi olla huolestuttavaa. Vaikka lean-ajattelun mittarit ovat vakiintuneita,

kiertotalouden laajemmat ympäristö- ja sosiaaliset indikaattorit ovat vaikeampia kvantifioida ja vaativat usein pitkäaikaisempaa seurantaa. Lisäksi kiertotalous-strategioiden toteutus vaatii usein yhteistyötä eri toimialojen ja toimitusketjujen välillä, mikä lisää monimutkaisuutta. Kestävyyteen liittyvässä sääntelykehyksessä tapahtuu yhä myös muutoksia, ja kiertotalouskäytäntöjen markkinakannustimet eivät ole aina selkeitä. Yritykset voivat epäröidä sitoutua täysin kiertotalouden ja lean-ajattelun integrointiin ilman selkeitä sääntelykehyksiä ja markkinasignaaleja, jotka palkitsevat kestävätkäytännöt. Tämä epävarmuus voi aiheuttaa epäilyksiä tarvittavien investointien tekemisestä molempien strategioiden yhtäaikaiseen toteuttamiseen. Tutkijat ovatkin yrittäneet kehittää mittareita, jotka mittaisivat konseptien integroinnin ja hyötyjen tasoja, mutta yritykset tarvitsevat silti lisää räätälöityjä ratkaisuja haasteiden ylipääsemiseksi.

5.3 Jatkotutkimus

Kiertotalouden ja lean-ajattelun käsitteet, vaikka ne ovatkin erilaisia lähtökohdiltaan ja painotuksiltaan, jakavat yhteisen tavoitteen jätteen vähentämisestä ja resurssitehokkuudesta. Yhdistämällä molempien lähestymistapojen vahvuudet yritykset voivat saavuttaa merkittäviä taloudellisia, ympäristöön liittyviä ja sosiaalisia hyötyjä. Näiden käsitteiden integrointi vaatii kuitenkin merkittävien haasteiden voittamista, mukaan lukien kulttuuriset muutokset, resurssirajoitukset ja toteutuksen monimutkaisuus. Konseptien yhdistäminen saattaa myös vaatia kompromisseja, sillä tehokkain tapa prosessinäkökulmasta ei välttämättä tarkoita tehokkainta tapaa kiertotalouden näkökulmasta.

Kun globaali liiketoimintaympäristö vaatii yhä enemmän kestävyyttä, kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistäminen edustaa tehokasta strategiaa yrityksille, jotka pyrkivät pysymään kilpailukykyisinä samalla kun ne edistävät laajempia yhteiskunnallisia tavoitteita. Tämän yhdistämisen mahdolliset hyödyt—kestävyyden parantaminen, taloudellisen resilienssin parantaminen, kilpailuetu sekä positiiviset sosiaaliset ja ympäristövaikutukset—osoittavat, että sekä yritykset että yhteiskunta voivat hyötyä yhdistetyn lähestymistavan omaksumisesta. Tulevat tutkimukset ja käytännön toteutukset ovat ratkaisevan tärkeitä, jotta ymmärretään, kuinka parhaiten navigoida haasteiden läpi ja maksimoida synergiat näiden kahden mullistavan käsitteen välillä. Tulevassa tutkimuksessa lean-ajattelun ja kiertotalouden integroinnista tulisi keskittyä tutkimuksessa esiin tulleisiin aukkoihin. Ensinnäkin tarvitaan lisää

empiirisiä tutkimuksia eri teollisuudenaloilta teoreettisten mallien ja viitekehysten vahvistamiseksi, erityisesti sellaisilla aloilla kuten maatalous, vähittäiskauppa ja palvelualat, joissa lean-käytännöt ovat vähemmän tutkittuja kiertotalouden kontekstissa. Tutkimukset, joissa tarkastellaan lean-ajattelun ja kiertotalouden yhdistämisen pitkäaikaisia ympäristö- ja talousvaikutuksia, ovat välttämättömiä niiden yhteisarvon todistamiseksi lyhytaikaisten hyötyjen lisäksi. Lisäksi tarvitaan enemmän tutkimusta lean-työkalujen mukauttamisesta tukemaan kiertotalouskäytäntöjä, erityisesti monimutkaisissa toimitusketjuissa. Mesotason tutkimuksista on tällä hetkellä puute. Tällä tasolla tärkeimpiä kiertotalouden käytäntöjä ovat teolliset ekopuistot ja teolliset symbioosit, jotka tarjoavat hedelmällisen kentän tutkimukselle lean-näkökulmasta. Näissä ympäristöissä yhden yrityksen jäte on toisen yrityksen prosessien syöte. Olisi mielenkiintoista tutkia, miten lean-ajattelu, joka pyrkii minimoimaan jätteet nolnaan, käyttäytyisi ympäristössä, jossa kaikki jäte ei olekaan täysin ei-toivottua. Kiertotalouden strategioista tutkimuksia löytyi useimmiten vähennys ja uudelleenvalmistus strategioihin liittyen, joten muiden kiertotalous-strategioiden tutkiminen lean-kontekstissa voisi tuoda esille erilaisia yhtymäkohtia ja hyötyjä yrityksille.

Lisäksi tulevien tutkimusten tulisi tutkia lean-ajattelun ja kiertotalouden integroinnin toteuttamisen sosiokulttuurisia näkökohtia, kuten muutosjohtamista ja henkilöstön koulutusta, jotta ihmisistä johtuvia haasteita voidaan vähentää. Myös digitaalisten teknologioiden, kuten teollisuus 4.0-konsepti, rooli tämän integraation edistämässä tarjoaa laajan tutkimusalueen, erityisesti kiertotalouden arvoketjujen optimoinnissa data-analytiikan ja automaation avulla.

6 Yhteenveto

Tämä tutkimus lähti liikkeelle tarpeesta ymmärtää, kuinka kiertotalouden periaatteita ja lean-ajattelua voidaan yhdistää tehostamaan resurssien käyttöä ja vähentämään ympäristövaikutuksia. Lean-ajattelu, joka keskittyy tuottavuuden ja tehokkuuden parantamiseen, on jo pitkään ollut keskeinen lähestymistapa yritysten toiminnan tehostamisessa. Kiertotalous puolestaan tähtää suljetun kierron luomiseen, jossa resurssien uudelleenkäyttö ja jätteiden minimoiminen ovat keskeisiä tavoitteita. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten nämä kaksi lähestymistapaa voidaan yhdistää, ja mitkä ovat niiden yhtymäkohdat ja potentiaaliset hyödyt sekä mahdolliset eroavaisuudet.

Tutkimus toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena, jossa analysoitiin olemassa olevia tutkimuksia, jotka käsittelevät kiertotalouden ja lean-ajattelun yhdistämistä. Tutkimuksen aikana käytiin läpi useita tieteellisiä artikkeleita, jotka käsitelivät aihetta eri näkökulmista, kuten kestävän kehityksen, tuotannon tehostamisen ja resurssien kierrättämisen näkökulmasta. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemiseen käytettiin alan keskeisten tietokantojen hakua ja tutkimusten arviointia, jotta saatiin kattava kuva tutkimuskentän nykytilasta.

Tämän tutkimuksen rajoituksista on tärkeää mainita kirjallisuuskatsaukseen liittyvät rajoitteet. Ensinnäkin joitakin tärkeitä tutkimuksia ei ehkä ole löydetty käytettyjen hakusanojen ja tietokantojen valinnan vuoksi. Toiseksi tiedon seulonnassa ja kokoamisessa on luontaista subjektiivisuutta. Kolmanneksi tieteellinen kirjallisuus julkaisee yleensä enemmän myönteisiä tuloksia, mikä johtaa siihen, että kielteisiä tuloksia jää usein julkaisematta. Tämä tutkimus on pyrkinyt lieventämään näitä mainittuja seikkoja käyttämällä useaa hyvin tunnettua tietokantaa, suorittamalla pilotointihakuja sekä seulontavaiheen laadunarviointia.

Tutkimustulokset osoittavat, että lean-ajattelulla ja kiertotaloudella on useita yhtymäkohtia, erityisesti jätteiden vähentämisen, prosessien tehostamisen ja resurssien käytön optimoinnin osalta. Molemmat lähestymistavat pyrkivät minimoimaan hukkaa ja lisäämään arvoa koko tuotantoketjussa. Lean-ajattelun perinteisiä työkaluja, kuten arvovirtakartoitusta, voidaan soveltaa myös kiertotalouden kontekstissa, auttaen tunnistamaan kohtia, joissa resursseja voidaan uudelleentalmistaa tai kierrättää. Lisäksi kiertotalouden periaatteet, kuten

tuotteiden elinkaaren pidentäminen ja uudelleenvalmistus, voivat täydentää lean-ajattelun periaatteita ja edistää ympäristöystävällisempiä tuotantoprosesseja. Konseptien yhdistäminen tarjoaa monenlaisia mahdollisia hyötyjä yrityksille, kuten liiketoiminnan kestävyuden ja taloudellisen resilienssin parantamisen.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että vaikka lean-ajattelulla on potentiaalia tukea kiertotaloutta, niiden välillä on myös eroavaisuuksia ja käytännön toteuttamisen haasteita. Konseptien suurimmat erot johtuvat niiden kohteesta ja laajuudesta kiertotalouden keskittyessä kokonaisvaltaiseen yhteiskunnalliseen muutokseen ja lean-ajattelun keskittyessä prosessitsoon. Suurimpiin konseptien yhdistämisen haasteisiin kuuluvat erityisesti organisatoriset muutokset, kuten työntekijöiden kouluttaminen ja muutosvastarinnan hallinta, sekä teknologisten ratkaisujen ja mittaamisen hyödyntämisen kiertotalouden tukemisessa.

Kokonaisuutena tutkimus osoittaa, että lean-ajattelun ja kiertotalouden yhdistäminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia kestävien ja tehokkaiden tuotantoprosessien kehittämisessä. Tulevaisuudessa tarvitaan kuitenkin lisää empiiristä tutkimusta siitä, miten nämä lähestymistavat voidaan yhdistää käytännön tasolla ja millaisia uusia työkaluja ja menetelmiä tarvitaan tämän integraation tukemiseksi.

Lähteet

- Afum, E., Li, Y., Han, P., & Sun, Z. 2022. Interplay between lean management and circular production system: implications for zero-waste performance, green value competitiveness, and social reputation. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 33, nro. 7, s. 1213–1231.
- Agyabeng-Mensah, Y., Tang, L., Afum, E., Baah, C. & Dacosta, E. 2021. Organisational identity and circular economy: Are inter and intra organisational learning, lean management and zero waste practices worth pursuing? *Sustainable production and consumption*. Vol. 28, s. 648–662.
- Akkalatham, W. & Taghipour, A. 2021. Pro-environmental behavior model creating circular economy in steel recycling market, empirical study in Thailand, *Environmental Challenges*. Vol. 4, art. nro. 100112. ISSN 2667-0100.
- Ajayi A.P. 2023. Lean and circular economy relevance in post-harvest loss prevention: Nigerian retailers' perceptions. *International Journal of Integrated Supply Management*. Vol. 16, nro. 1, s. 82 – 105.
- Bastos, T., Teixeira, L.C., Matias, J.C.O. & Nunes, L.J.R. 2023. Agroforestry Biomass Recovery Supply Chain Management: A More Efficient Information Flow Model Based on a Web Platform. *Logistics*. Vol. 7, nro. 3, art. nro. 56.
- Bhattacharya, A., Nand, A. & Castka, P. 2019. Lean-green integration and its impact on sustainability performance: a critical review. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 236, art. nro. 117697.
- Bocken, N. & Coffay, M. 2023. The Circular Experimentation Workbench – a Lean and Effectual Process. *Circular economy and sustainability*. Vol. 3, nro. 3, s. 1361–1383.
- Bocken N., Pauw I., Bakker C. & Grinten B. 2016. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. Vol. 33, nro. 5, s. 308-320.

- Bonamigo, A., Arcanjo, P., Goncalves, M., Pereira, N. & Cunha da Silveira, D. 2023. Lean 4.0 in port management: an alternative to support the development of the circular economy in the sector. *Acta Logistica*. Vol. 10, nro. 2, s. 291–304.
- Bonciu, F. 2014. The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. *Romanian Journal of European Affairs*. Vol. 14, nro. 4, s. 78-91.
- Bortolotti, T., Boscari, S. & Danese, P. 2015. Successful lean implementation: Organizational culture & soft lean practices. *International Journal of Production Economics*. Vol. 160(C), s. 182-201.
- Cai, W., Lai, K.H., Liu, C., Wei, F., Ma, M., Jia, S., Jiang, Z. & Lv, L. 2019. Promoting sustainability of manufacturing industry through the lean energy-saving and emission-reduction strategy. *Science of the Total Environment*. Vol. 665, s. 23-32.
- Caldera, H. T. S., Desha, C. & Dawes, L. 2017. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 167, s. 1546-1565.
- Caldera, H. T. S., Desha, C. & Dawes, L. 2019. Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in ‘lean’ SMEs. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 218, s. 575–590.
- Campos, L.M.S. & Vazquez-Brust, D.A. 2016. Lean and green synergies in supply chain management. *Supply Chain Management*. Vol. 21, nro. 5, s. 627-641.
- Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A. & Ioppolo, G. 2021. Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *Business strategy and the environment*. Vol. 30, nro. 7, s. 3255–3272.
- Dahmani, N., Benhida, K., Belhadi, A., Kamble, S., Elfezazi, S. & Jauhar, S. K. 2021. Smart circular product design strategies towards eco-effective production systems: A lean eco-design industry 4.0 framework. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 320, art. nro. 128847.
- Delchet, K. 2020. *Circular economy: from waste reduction to value creation*. London: ISTE.
- de Sousa Jabbour, A. B. L. S, Luiz, J. V. R., Luiz, O. R., Jabbour, C. J. C., Ndubisi, N. O., de Oliveira, J. H. C. & Junior, F. H. 2019. Circular economy business models and operations management. *Journal of Cleaner Production*. Vol 235, s. 1525-1539.

- Duarte, S. & Cruz-Machado. 2013. Modelling lean and green a review from business models. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 4, nro. 3, s. 228-250.
- Dües, C.M., Tan, K.H. & Lim, M. 2013. Green as the new lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 40, s. 93-100.
- Ellen MacArthur. 2015. Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. Report from Ellen MacArthur Foundation. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.11.2023]. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>.
- European Parliament. 2023. Circular economy: definition, importance, and benefits. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 26.11.2023]. Saatavilla: https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=eu%20circular%20economy%20action%20plan&at_topic=Circular_Economy&at_location=FI&gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFj-WMfsVnu-laINkmbEL_FCKqS4nUPKeWk1zXJ6iP4f9mCtd389bawxoCxfwQAvD_BwE.
- Farrukh, A., Mathrani, S. & Sajjad, A. 2023. Green-lean-six sigma practices and supporting factors for transitioning towards circular economy: A natural resource and intellectual capital-based view. *Resources Policy*. Vol. 84, art. nro. 103789.
- Feld, W. M. 2000. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. Taylor & Francis Group, Baton Rouge.
- Franchetti, M., Bedal, K., Ulloa, J. & Grodek, S. 2009. Lean and green: industrial engineering methods are natural stepping stones to green engineering. *Industrial Engineer*. Vol. 41, nro. 9, s. 24-30.
- Garza-Reyes, J. A. 2015. Lean and green—a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 102, s. 18-29.
- Ghaithan A.M., Alshammakhi Y., Mohammed A. & Mazher K.M. 2023. Integrated Impact of Circular Economy, Industry 4.0, and Lean Manufacturing on Sustainability Performance of Manufacturing Firms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 20, nro. 6, art. nro. 5119.

Gatell, I. & Avella, L. 2024. Impact of Industry 4.0 and circular economy on lean culture and leadership: Assessing digital green lean as a new concept, *European Research on Management and Business Economics*. Vol. 30, nro. 1, art. nro. 100232. ISSN 2444-8834.

Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 114, s. 11-32.

González Chávez, A., Romero, D., Rossi, M., Luglietti, R. & Johansson, B. 2019. Circular Lean Product-Service Systems Design: A Literature Review, Framework Proposal and Case Studies. *Procedia CIRP*. Vol. 83, s. 419-424. ISSN 2212-8271.

Gordon, P. 2001. *Lean and green: profit for your workplace and the environment*. Portland, Berrett-Koehler Publishers.

Gutierrez, J., Santaolalla A., Tercjak, A., Rojo, N., Encinas, D., Gomez-de-Balugera, Z. & Gallastegui, G. 2020. Creating a Green Chemistry Lab: Towards Sustainable Resource Management and Responsible Purchasing. *Sustainability*. Vol. 12, nro. 21, art. nro. 8934.

Hedlund, C., Stenmark, P., Noaksson, E. & Lilja, J. 2020. More value from fewer resources: how to expand value stream mapping with ideas from circular economy. *International Journal of Quality and Service Sciences*. Vol. 12, nro. 4, s. 447–459.

Hernandes de Paula e Silva, M., Mergulhão, R., Vieira, J., Pampanelli, A., Salvador, R. & Silva, D. 2024. Lean-circular maturity model (LCMM) for companies' self-assessment in terms of process, product and life cycle thinking. *Waste management*. Vol. 173, s. 172-183. ISSN 0956-053X.

Hernandez Marquina, M., Zwolinski, P. & Mangione, F. 2021. Application of Value Stream Mapping tool to improve circular systems, *Cleaner Engineering and Technology*. Vol. 5, art. nro. 100270. ISSN 2666-7908.

Hines, P. & Rich, N. 1997. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 17, nro. 1, s. 46-64.

Hollander, M., Bakker, C. & Hultink, E.J. 2017. Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of industrial ecology*. Vol. 21, nro. 3, s. 517–525.

- Holmemo, M.D., Rolfsen, M. & Ingvaldsen, J.A. 2018. Lean thinking: outside-in, bottomup? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*. Vol. 29, nro 1-2, s. 148-160.
- Husgafvel, R., Linkosalmi, L., Hughes, M., Kanerva, J. & Dahl, O. 2018. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. *Journal of cleaner production*. Vol. 181, s. 483–497.
- Jakhar, S. K., Rathore, H. & Mangla, S. K. 2018. Is lean synergistic with sustainable supply chain? An empirical investigation from emerging economy. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 139, s. 262-269.
- Jiang, Z., Ding, Z., Zhang, H., Cai, W. & Liu, Y. 2019. Data-driven ecological performance evaluation for remanufacturing process. *Energy conversion and management*. Vol. 198, art. nro. 111844.
- Kalemkerian, F., Santos, J., Tanco, M., Garza-Reyes, J.A. & Viles, E. 2022. Analysing the alignment between the Green Lean and Circular strategies: towards a Circular Lean approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 33, nro. 6, s. 1059–1079.
- Kalemkerian, F., Pozzi, R., Tanco, M., Creazza, A. & Santos, J. 2024. Unlocking circular economy potential: evaluating production processes through circular value stream mapping in real case studies. *Management of Environmental Quality*. Vol. 35, nro. 3, s. 610–633.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M. & Rosado, L. 2018. Circular economy—From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 135, s. 190-201.
- Karhu, J. & Linkola, L. 2019. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 297, nro. 012024.
- King, A. A. & Lenox, M. J. 2001. Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. *Production and Operations Management*. Vol. 10, nro. 3, s. 244-256.
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 127, s. 221-232.

- Kitchenham, B. 2004. Procedures for performing systematic reviews. ISSN:1353-7776. Elokuu 2004, 33, 1-126. Keele, UK, Keele University.
- Kurdve, M. & Bellgran, M. 2021. Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 278, art. nro. 123223.
- Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E. & Poksinska, B. 2018. Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 172, s. 3225–3236.
- Leong, W.D., Teng, S.Y., How, B.S., Ngan, S.L., Lam, H.L., Tan, C.P. & Ponnambalam, S.G. 2019. Adaptive analytical approach to lean and green operations. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 235, s. 190-209.
- Liker, J. 2013. *Toyotan tapaan*. 3. painos. Jyväskylä: Bookwell Oy
- Linnenluecke, M. K., Marrone, M. & Singh, A. K. 2020. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*. Vol. 45, nro. 2, s. 175-194.
- Lim, M. K., Lai, M., Wang, C. & Lee, S. Y. 2022. Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 30, s. 130–144.
- Maldonado-Guzmán, G. & Garza-Reyes, J. A. 2023. Beyond lean manufacturing and sustainable performance: are the circular economy practices worth pursuing? *Management of Environmental Quality*. Vol. 34, nro. 5, s. 1332–1351.
- Marrucci, L., Marchi, M. & Daddi, T. 2020. Improving the carbon footprint of food and packaging waste management in a supermarket of the Italian retail sector. *Waste Management*. Vol. 105, s. 594–603.
- Mikkonen, T. 2022. *Lean käytäntöön: opas tieto- ja palvelutyön kehittämiseen*. 1. painos. Helsinki: Kauppakamari.
- Minunno, R., O’Grady, T., Morrison, G.M., Gruner, R.L. & Colling, M. 2018. Strategies for Applying the Circular Economy to Prefabricated Buildings. *Buildings*. Vol. 8, art. nro. 125.
- Nadeem, S. P., Garza-Reyes, J. A. & Anosike, A. I. 2023. A C-Learn framework for deploying Circular Economy in manufacturing SMEs. *Production Planning & Control*. s. 1–21.

- Nascimento, D. L. de M., Quelhas, O. L. G., Moyano-Fuentes, J., Tortorella, G. L. & Maqueira, J. M. 2022. Circular value stream mapping 4.0: Proposed general model and application to a digital 3D printing recycling factory. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 34, s. 600–612.
- Nujen, B. B., Kvalsheim, N. P., Mwesiumo, D., Reke, E. & Powell, D. 2023. Knowledge obstacles when transitioning towards circular economy: an industrial intra-organisational perspective. *International Journal of Production Research*. Vol. 61, nro. 24, s. 8618–8633.
- Okoli, C. & Schabram, K. 2010. A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*. Vol. 10, nro. 26.
- Pawlik, E., Ijomah, W., Corney, J. & Powell, D. 2022. Exploring the Application of Lean Best Practices in Remanufacturing: Empirical Insights into the Benefits and Barriers. *Sustainability* 2022. Vol. 14, nro. 1, art. nro. 149.
- Pereira Librelato, T., Pacheco Lacerda, D., Henrique Rodrigues, L. & Rafael Veit, D. 2014. A process improvement approach based on the Value Stream Mapping and the Theory of Constraints Thinking Process. *Business Process Management Journal*. Vol. 20, nro. 6, s. 922–949.
- Piercy, N. & Rich, N. 2015. The relationship between lean operations and sustainable operations. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 35, nro. 2, s. 282–315.
- Pigosso, D. C. & McAloone, T. C. 2021. Making the transition to a circular economy within manufacturing companies: the development and implementation of a self-assessment readiness tool. *Sustainable Production and Consumption*. Vol. 28, s. 346-358.
- Piyathanavong, V., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Maldonado-Guzmán, G. & Mangla, S. K. 2019. The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 220, s. 507–528.
- Portney, K. E. 2015. *Sustainability*. 1. painos. Cambridge, The MIT Press.

- Porto, R. N., Yamane, L. H., Baldam, R. de L. & Siman, R. R. 2023. Practical Solutions to Enhance the Productivity of Waste Picker Organizations Through the Application of Lean Tools. *RGSA : Revista de Gestão Social e Ambiental*. Vol. 17, nro. 9, art. nro. e03287.
- Przychodzen, J. & Przychodzen, W. 2013. Corporate sustainability and shareholder wealth. *Journal of environmental planning and management*. Vol. 56, nro. 4, s. 474–493.
- Puusa, A., Juuti P. & Aaltio I. 2020. *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät*. Helsinki: Gaudeamus. Print.
- Romero, D. & Rossi, M. 2017. Towards Circular Lean Product-Service Systems. *Procedia CIRP*. Vol. 64, s. 13–18.
- Rosa, P., Sassanelli, C. & Terzi, S. 2019. Towards Circular Business Models: A systematic literature review on classification frameworks and archetypes. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 236, art. nro. 117696.
- Salibi, J., Rodrigues, A., Lima, P. & Souza, F. 2022. Lean and the circular economy: A systematic literature review. Vol 7, s. 23-46.
- Salminen, A. 2011. *Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasa, Vaasan yliopisto.
- Sauvé, S., Bernard, S. & Sloan, P. 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*. Vol. 17, s. 48-56.
- Sartal, A., Ozelik, N. & Rodriguez, M. 2020. Bringing the circular economy closer to small and medium enterprises: Improving water circularity without damaging plant productivity. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 256, art. nro. 120363.
- Schmitt, T., Wolf, C., Lennerfors, T.T. & Okwir, S. 2021. Beyond “Leaneer” production: A multi-level approach for achieving circularity in a lean manufacturing context. *Journal of cleaner production*. Vol. 318, art. nro. 128531.
- Schrettle, S., Hinz, A., Scherrer -Rathje, M. & Friedli, T. 2014. Turning sustainability into action: Explaining firms’ sustainability efforts and their impact on firm performance. *International Journal of Production Economics*. Vol. 147, s. 73–84.

Skalli D., Charkaoui A. & Cherrafi A. 2022. Assessing interactions between Lean Six-Sigma, Circular Economy and industry 4.0: toward an integrated perspective. *IFAC PapersOnLine*. Vol. 55, nro. 10, s. 3112–3117.

Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Shokri, A., Garza-Reyes, J. A. & Antony, J. 2023. Analysis of factors influencing Circular-Lean-Six Sigma 4.0 implementation considering sustainability implications: an exploratory study. *International Journal of Production Research*. Vol. 62, nro. 11, s 1–28.

Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Shokri, A., Garza-Reyes, J. A. & Antony, J. 2024. Analyzing the integrated effect of circular economy, Lean Six Sigma, and Industry 4.0 on sustainable manufacturing performance from a practice-based view perspective. *Business strategy and the environment*. Vol. 33, nro. 2, s. 1208–1226.

Thiele, L. P. 2013. *Sustainability*. Cambridge, Polity Press.

Torkkola, S. 2015. *Lean asiantuntijatyön johtamisessa*. Helsinki, Alma Talent.

United Nations Environment Programme. 2021. *Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. [Verkkójulkaisu]. Nairobi. [Viitattu 9.12.2023]. Saatavilla: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>.

Vilkka, H. 2023. *Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina*. Helsinki, Art House.

Wiese, A., Luke, R., Heyns, G. J. & Pisa, N. M. 2015. The integration of lean, green and best practice business principles. *Journal of Transport and Supply Chain Management*. Vol. 9, nro. 1, s. 1-10.

Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. 2007. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production-- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. New York, Free Press.

Zhu, J., Fan, C., Shi, H. & Shi, L. 2019. Efforts for a circular economy in China: A comprehensive review of policies. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 23, nro. 1, s. 110-118.