

**Tuotteen
elinkaarikustannuslaskennan
hyödyntäminen kestäväen kehityksen
tukena**

**Benefits of product life cycle costing in sustainable
development**

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Niko Vilkkö

Työn nimi: Tuotteen elinkaarikustannuslaskennan hyödyntäminen kestävän kehityksen tukena

Vuosi: 2019

Paikka: Lappeenranta

Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous.

40 sivua, 10 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastaja(t): Tiina Sinkkonen

Hakusanat: Elinkaarikustannuslaskenta, Kestävä kehitys, Kustannusjohtaminen, Elinkaariarviointi

Keywords: Life cycle costing, LCC, Sustainable development, Cost accounting, Life cycle assessment, LCA, LCSA

Kestävä kehitys kasvattaa jatkuvasti merkitystään osana yritysten liiketoimintaa. Huomioimalla kestävän kehityksen liiketoiminnassaan yritykset voivat saavuttaa kilpailuetua sekä saada kustannussäästöjä, minkä takia kustannuslaskennan yhdistäminen kestävän kehityksen näkökulmaan on vartenotettava vaihtoehto yrityksille. Työn tavoitteena on selvittää, miten yritys voi yhdistää tuotteen elinkaarikustannuslaskennan ja kestävän kehityksen näkökulman liiketoiminnassaan ja onko se kannattavaa. Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena perustuen elinkaarikustannuslaskentaan, kestävään kehitykseen ja elinkaarijohtamiseen liittyvään kirjallisuuteen sekä näihin kaikkiin liittyviin tieteellisiin artikkeleihin.

Yritys voi hyödyntää elinkaarikustannuslaskentaa ja kestävän kehityksen tukena yhdistämällä elinkaarikustannuslaskennan ja elinkaariarvioinnin mallit. Lisäksi sosiaalinen näkökulma voidaan huomioida sosiaalisen elinkaariarvioinnin avulla. Koko elinkaaren huomioiminen nostaa esille uusia kustannuksia ja vaikutuksia, mitkä yritys voi huomioida päätöksenteossa ja näin saavuttaa taloudellisesti kannattavan tuotteen, jonka negatiiviset ekologiset ja sosiaaliset vaikutukset on minimoitu.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	Tausta	3
1.2	Tavoite ja tutkimuskysymykset	3
1.3	Menetelmät, rajaus ja rakenne	4
2	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA	6
2.1	Määritelmä ja tavoitteet	6
2.2	Tuotteen elinkaari	8
2.3	Elinkaaren eri vaiheiden kustannustekijät ja kustannukset.....	9
3	KESTÄVÄ KEHITYS YRITYKSEN LIIKETOIMINNASSA	11
3.1	Määritelmä ja tavoitteet	11
3.2	Yritysvastuu	12
3.3	Elinkaariarviointi	15
4	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA KESTÄVÄN KEHITYKSEN TUKENA	18
4.1	Elinkaarikustannuslaskennan ja elinkaariarvioinnin yhdistäminen	18
4.2	Elinkaarikustannuslaskennan ja ekologisen sekä sosiaalisen elinkaariarvioinnin yhdistäminen.....	22
4.3	Hyödyt ja haasteet	26
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	30
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	

LYHENTEET

LCA	Elinkaariarviointi (Life cycle assessment)
LCC	Elinkaarikustannuslaskenta (Life cycle costing)
LCI	Elinkaarivarasto (Life cycle inventory)
LCIA	Elinkaarivaikutusten arviointi (Life cycle impact assessment)
LCSA	Elinkaaren kestävyysarviointi (Life cycle sustainability assessment)
MCDM	Monen muuttujan päätöksenteko (Multicriteria decision making)
T&K	Tutkimus ja kehitys
YK	Yhdistyneet kansakunnat

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Kestävä kehitys on määritelty käsitteenä ensimmäisen kerran vuonna 1987 Gro Harlem Brundtlandin raportissa ja vuonna 1992 yhdistyneet kansakunnat asettivat kestävä kehityksen poliittiseksi päätavoitteeksi (WCED 1987; UN 2019a). Noin kolmessa vuosikymmenessä kestävästä kehityksestä on kasvanut megatrendi, joka ohjaa niin yritysten liiketoimintaa kuin myös ihmisten arkielämää. Kestävä kehityksen megatrendin asemaa vahvistaa se, että Scopus-tietokannasta löytyy hakusanalla ”sustainable AND development” 231 800 artikkelia, jotka on julkaistu vuosina 1987-2019 (Scopus 2019). Näissä hakusana on mainittu joko otsikossa, tiivistelmässä tai avainsanoissa.

Kestävä kehityksen saama huomio vaikuttaa nykyään merkittävästi yritysten liiketoimintaan. Lainsäädäntö ja sidosryhmät vaativat yrityksiltä vastuuta liiketoiminnasta, minkä takia yritysten täytyy huomioida kestävä kehitys omassa toiminnassaan. Huomioimalla kestävä kehityksen toiminnassaan yritykset voivat saavuttaa myös kilpailuetua sekä saada kustannussäästöjä (Juutinen & Steiner 2010, s. 39-40). Kustannuslaskennan yhdistäminen kestävä kehityksen näkökulmaan onkin varteenotettava vaihtoehto yritysten toiminnan parantamiseksi.

Elinkaariajattelun (life cycle thinking) suosio on kasvanut kestävä kehityksen merkityksen lisääntyessä. Elinkaariajattelun avulla kestävä kehityksen ja kustannuslaskennan yhdistämiseen saadaan laajempi kokonaiskuva, jolloin tarkastelukohteena on koko tuotteen arvoketju. Näin myös kaikki ekologiset, sosiaaliset ja taloudelliset vaikutukset tulevat huomioiduksi.

1.2 Tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on selvittää, miten yritys voi yhdistää tuotteen elinkaarikustannuslaskennan ja kestävä kehityksen liiketoiminnassaan ja onko se kannattavaa. Tarkoituksena on saada selville, miten koko elinkaaren tarkastelu taloudellisesta, ekologisesta ja sosiaalisesta

näkökulmasta muuttaa tuloksia ja miten yritys voi hyödyntää tuloksia päätöksenteossa. Työn tutkimuskysymykset ovat:

1. *Mitä elinkaarikustannuslaskenta on kestävän kehityksen näkökulmasta?*
2. *Mitä lisäarvoa yritys voi saavuttaa yhdistämällä elinkaarikustannuslaskennan ja kestävän kehityksen näkökulman?*

1.3 Menetelmät, rajaus ja rakenne

Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, jossa hyödynnetään elinkaarikustannuslaskentaan, kestävään kehitykseen sekä elinkaarijohtamiseen liittyvää tieteellistä kirjallisuutta ja näihin aiheisiin liittyviä tieteellisiä artikkeleita. Tieteellisen kirjallisuuden avulla työhön saadaan vahva teoriapohja ja artikkelit vahvistavat tätä tuoden samalla uudempia näkökulmia aiheeseen liittyen.

Elinkaarikustannuslaskennassa tutkitaan koko elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia. Niitä voidaan tarkastella esimerkiksi prosessin, tuotantokoneen tai tuotteen näkökulmasta. Työ on rajattu tarkastelemaan vain tuotteen elinkaarta. Lisäksi kestävää kehitystä tarkastellaan yrityksen näkökulmasta eikä niinkään globaalista näkökulmasta.

Johdannon jälkeen luvussa 2 määritellään elinkaarikustannuslaskenta sekä tarkastellaan sen luonnetta verrattuna perinteisiin kustannuslaskennan työkaluihin. Lisäksi tarkastelukohteena on tuotteen elinkaari ja sen eri vaiheet. Luvun perusteella lukijalle välittyy kuva siitä, mitä elinkaarikustannuslaskenta käytännössä on, miten elinkaarikustannuslaskenta eroaa perinteisestä kustannuslaskennasta sekä mitä erilaisia asioita tulee ottaa huomioon tuotteen elinkaaren eri vaiheissa.

Luvussa 3 kuvataan kestävää kehitystä käsitteenä ja sitä, miten se näkyy yritysten liiketoiminnassa. Lisäksi siinä käsitellään elinkaariarviointia kestävään kehitykseen liittyen sekä yrityksen liiketoiminnan tukena. Lukijalle selvitetään, mitä kaikkea kestävä kehitys - käsitteen alle sisältyy ja mitä eri näkökulmia kestävässä kehityksessä täytyy huomioida. Lukija

myös ymmärtää, miten yritysten täytyy nykyajan liiketoiminnassa huomioida kestävä kehitys osana strategiaa.

Luku 4 pohjautuu lukujen 2 sekä 3 teoretietoon, ja siinä käsitellään eri mahdollisuuksia elinkaarikustannuslaskennan ja kestävä kehityksen yhdistämiseen. Lukija saa kuvan siitä, mitä elinkaarikustannuslaskenta on kestävä kehityksen näkökulmasta ja miten elinkaarikustannuslaskennan ja kestävä kehityksen yhdistäminen käytännössä tapahtuu. Lisäksi luvussa tarkastellaan yhdistelmän tuomia hyötyjä ja haasteita yrityksen liiketoiminnan näkökulmasta, joita havainnollistetaan reaali maailman esimerkkien avulla.

Viimeisessä luvussa esitetään työn keskeisimmät johtopäätökset sekä yhteenveto työstä. Luvussa annetaan myös vastaukset työn alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Lisäksi lopussa esitetään, millaisia jatkotutkimuksia työn aihepiiri tarjoaa.

2 ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA

2.1 Määritelmä ja tavoitteet

Elinkaarikustannuslaskenta (life cycle costing, LCC) on kehitetty jo 1960-luvulla Yhdysvaltain armeijan hankinnan tueksi ja sitä on käytetty enimmäkseen vain armeijassa sekä rakennusallalla kustannuslaskennan työkaluna (Sherif & Kolarik 1981; Woodward 1997). Sherifin ja Kolarikin (1981) mukaan LCC:ta on myös hyödynnetty energian, tavarankuljetuksen ja leasing-toimialalla. LCC:ta pidetään kuitenkin tulevaisuuden työkaluna, vaikka sen hyödyntämisestä ei vielä ole paljon kokemusta. Teknologian jatkuva nopeasti etenevä muutos ja tuotteiden lyhenevä elinkaari tekevät yrityksille LCC:sta merkittävän työkalun (Dunk 2004). LCC:n käyttöönotosta ja sen vaikutuksista kustannusjohtamisen tavoitteisiin ei kuitenkaan ole paljon tietoa (Knauer & Möslang 2018).

Standardin IEC 60300-3-3 (2004) mukaan LCC on taloudellinen analyysi, jossa määritellään tuotteen hankinnan, omistuksen sekä hävittämisen kokonaiskustannukset. Se soveltuu koko elinkaaren tai jonkun elinkaaren osan tarkasteluun. LCC:n tarkoituksena on määrittää riittävätkö tuotantovaiheen tuotot kattamaan tuotantovaihetta edeltävät ja seuraavat kulut. Yrityksen täytyy tunnistaa, missä tuotteen elinkaaren vaiheessa kulut aiheutuvat, jotta voidaan ymmärtää ja hallita tuotteen kokonaiskuluja. Tarkastelemalla koko elinkaaren aikaisia kuluja voidaan tunnistaa ne vaiheet, joissa on mahdollista saada kustannussäästöjä. (Drury 2012, s. 543)

Hunkeler et al. (2008) mukaan on kolme erilaista LCC-tyyppiä: tavallinen LCC (conventional LCC), ekologinen LCC (environmental LCC) ja sosiaalinen LCC (societal LCC). Tyyppien erot johtuvat pääasiassa niiden erilaisesta skaalasta (Taulukko 1). Tavallisen LCC:n näkökulma keskittyy yhteen markkinoiden tekijään, esimerkiksi valmistajaan tai asiakkaaseen, ja vain sisäisiin kustannuksiin. Siinä ei välttämättä ole huomioitu tuotteen hävitysvaihetta eikä edes käyttövaihetta. Ekologisessa LCC:ssa tarkastellaan koko elinkaaren aikaisia kustannuksia yleensä monen tekijän näkökulmasta, kuten toimittajan, valmistajan, asiakkaan ja elinkaaren lopputekijän, ja mukaan otetaan myös osa ulkoisvaikutuksista (Rebitzer & Hunkeler 2003). Sosiaalisessa LCC:ssa taas otetaan huomioon kaikki tuotteen elinkaaren kustannukset koko

yhteiskunnan näkökulmasta. Tässä työssä tarkastellaan ekologista LCC:ta, koska se kattaa tuotteen koko elinkaaren ja on yhteensopiva elinkaariarvioinnin kanssa.

Taulukko 1. LCC-tyypit (mukaillen Hunkeler et al. 2008, s. 5-6)

Näkökulma	Tavallinen LCC	Ekologinen LCC	Sosiaalinen LCC
Tuotejärjestelmä	Elinkaari ilman hävitysvaihetta (joskus myös ilman käyttövaihetta)	Koko elinkaari	Koko elinkaari
Järjestelmän rajoitteet	Vain sisäiset kustannukset	Sisäiset kustannukset sekä ulkoiset kustannukset, jotka odotetaan sisäistyvän	Sisäiset ja ulkoiset kustannukset
Huomioitavat tekijät	Yleensä yksi tekijä	Yksi tai useampi tekijä	Koko yhteiskunta, myös hallitus
Käyttökohde	Yrityksen sisäinen päätöksenteko	Yrityksen sisäinen päätöksenteko ja ulkoinen kommunikaatio	Sisäinen päätöksenteko julkisissa organisaatioissa

Tavalliset kustannusjohtamisen työkalut keskittyvät enimmäkseen tuotteen tuotantovaiheeseen. Tällöin tuotantoa edeltäviä ja tuotannon jälkeen aiheutuvia kustannuksia ei huomioida tuotteen kustannusrakenteessa. Tällaisia kustannuksia ovat esimerkiksi tutkimus- ja kehityskustannukset (T&K -kustannukset) ja hävittämiskustannukset. (Drury 2012, s. 543) Tämä on ongelmallista, sillä usein iso osa kustannuksista tulee tuotantoa edeltävissä tai sitä seuraavissa vaiheissa. Esimerkiksi tuotteen T&K- ja suunnitteluvaihe voi olla todella pitkä ja kallis. Tällöin pitää huomioida, että yrityksen pääoma riittää tähän vaiheeseen, sillä myyntituloja saadaan vasta tämän vaiheen jälkeen. Toisaalta kustannukset voivat olla kiinnitettyinä T&K- ja suunnitteluvaiheeseen. Esimerkiksi, jos tuotteena on ohjelmisto, jonka suunnitteluvaihe on kriittinen, niin suunnitteluvaiheen epäonnistuessa tuotannon jälkeiset kustannukset voivat nousta merkittävästi. Esimerkiksi markkinointikustannukset ja

asiakaspalvelukustannukset nousevat, jos ohjelmiston käyttöönotto ei suju niin kuin pitäisi. Tämän takia elinkaarikustannuslaskennalla on merkittävä rooli kustannusjohtamisessa, koska sen avulla kustannuksista saa paljon laajemman kuvan ja niitä pystytään ennakoimaan paremmin. (Horngren et al. 2012, s. 448)

2.2 Tuotteen elinkaari

Tuotteen elinkaaren määritelmä riippuu usein siitä, minkälaiseen tarkoitukseen tietoa tarvitaan. Standardi IEC 60300-3-3 (2004) määrittelee, että tuotteen elinkaari on aikaväli idean syntymisen hetkestä tuotteen hävittämishetkeen. Horngren et al. (2012) tarkastelevat tuotteen elinkaarta suurpiirteisemmin ja määrittelevät, että tuotteen elinkaari alkaa ideasta ja loppuu siihen, kun asiakaspalvelua tai muuta tukea ei enää tarvita. Hansen et al. (2007) puolestaan määrittelevät tuotteen elinkaaren tarkastelun kolmesta eri näkökulmasta: markkinoinnin, tuotannon sekä kulutuksen näkökulmasta. Markkinoinnin näkökulmassa tarkastellaan markkinoiden kehitystä ja vaiheet määritetään myyntimäärien mukaan. Tuotannon näkökulmassa markkinoiden sijaan keskitytään elinkaarikustannuksiin. Tällöin elinkaari on jaettu neljään vaiheeseen, jotka ovat tutkimus, kehitys, tuotanto ja logistiikan tuki. Kulutuksen näkökulma on näistä kolmesta laajin ja se jakautuu hankinta-, toiminto-, ylläpito- ja hävitysvaiheeseen.

Tässä työssä tuotteen elinkaaren mallina käytetään standardin mallia, koska tuotteen elinkaarta halutaan käsitellä kokonaisuudessaan ideasta hävitykseen. Standardissa IEC 60300-3-3 (2004) tuotteen elinkaari on jaettu kuuteen eri osaan: konseptiin ja määrittelyyn, suunnitteluun ja kehitykseen, tuotantoon, asennukseen, toimintaan ja huoltoon sekä hävittämiseen (Kuva 1). Standardissa on esitetty myös vaihtoehtoinen jako, jossa elinkaari on jaettu vain kolmeen osaan: hankintakustannuksiin, omistuskustannuksiin ja hävityskustannuksiin.

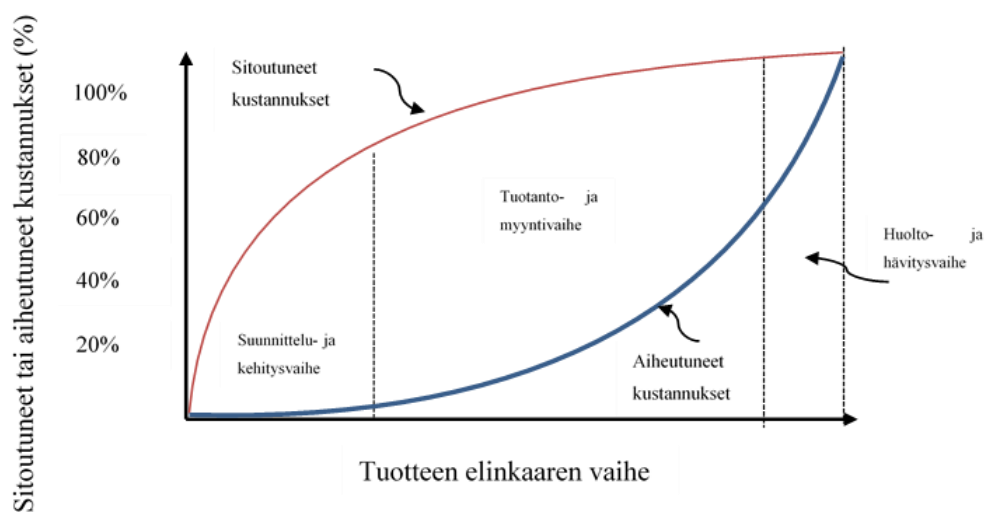


Kuva 1. Tuotteen elinkaari (mukailien IEC 60300-3-3 2004)

Tuotteen elinkaaren pituus vaihtelee merkittävästi myös tuotekohtaisesti. Esimerkiksi autoteollisuudessa tuotteen elinkaari on keskimäärin 12-15 vuotta, kun taas tietokoneilla se on kahdesta kolmeen vuoteen nopeasti kehittyvän teknologian takia. (Horngren et al. 2012, s. 447) Tuotteen elinkaaren pituus riippuu myös siitä, mistä näkökulmasta sitä tarkastelee. Standardin mallia käyttämällä niin auton kuin tietokoneen elinkaari olisi paljon pidempi, koska elinkaari loppuu vasta tuotteen hävitykseen eikä siihen hetkeen, kun tuotteen myynti lopetetaan.

2.3 Elinkaaren eri vaiheiden kustannustekijät ja kustannukset

Tuotteen elinkaaren eri vaiheissa on tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotteen kustannusrakenteeseen ja siksi ne pitää ottaa myös huomioon elinkaarikustannuslaskentaa tehdessä. Tuotteen kokonaiskustannuksia arvioidessa täytyy muistaa se, että kustannukset voivat sitoutua ja aiheutua eri vaiheissa. Sitoutuneet kustannukset ovat kustannuksia, jotka eivät ole vielä aiheutuneet, mutta aiheutuvat tuotteen elinkaaren aikana. Yleensä suurin osa kustannuksista sitoutuu tuotteen suunnitteluvaiheessa, kun taas suurin osa aiheutuu tuotantovaiheessa. (Drury 2012, s. 544) Eri vaiheiden kustannuksien määrä on tuotekohtaista. Jotkut tuotteet vaativat paljon suunnittelua ja kehitystä, jolloin se vaihe täytyy huomioida tarkemmin kustannusrakennetta selvittäessä. Kuvassa 2 esitetään, miten tuotteen kustannukset sitoutuvat ja aiheutuvat eri elinkaaren vaiheissa.



Kuva 2. Aiheutuneiden ja sitoutuneiden kustannusten välinen yhteys (mukaiillen Drury 2012, 544)

Tuotteen elinkaari alkaa määrittelyvaiheesta, jossa päätetään, millainen on tuotteen perusta. Siinä pitää päättää käytettävä teknologia, tunnistaa kustannustekijät ja tehdä erilaisia hankintapäätöksiä. Suunnittelu- ja kehitysvaihe on kriittinen, sillä siinä tehdään päätöksiä mm. sen suhteen, että minkälainen tuotteesta lopulta tulee ja minkälaisesta materiaalista se valmistetaan. Nämä vaikuttavat mm. siihen, miten monimutkainen tuotteen tuotantoprosessi on ja mistä tuotteen raaka-aineet hankitaan. Suunnitteluvaiheessa voikin sitoutua jopa 80 % tuotteen kokonaiskustannuksista kuten kuvasta 2 nähdään (Drury 2012, s. 544).

Tuotanto- ja asennusvaiheissa huomioitavia tekijöitä ovat mm. tuotannon tehokkuus, järjestelmän integrointi sekä tuotantolaitteiden korjaus- tai vaihtopäätökset (IEC 60300-3-3 2004). Tuotannon tehokkuus vaikuttaa lopulliseen tuotantomäärään, jonka perusteella määräytyy yksittäisen tuotteen hinta. Tuotannon ollessa tehotonta yksittäiselle tuotteelle kohdistetut kustannukset nousevat helposti. Järjestelmän ja tuotantolaitteiden toiminta vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi hävikin ja energiakulutuksen määrään. (Park et al. 2002)

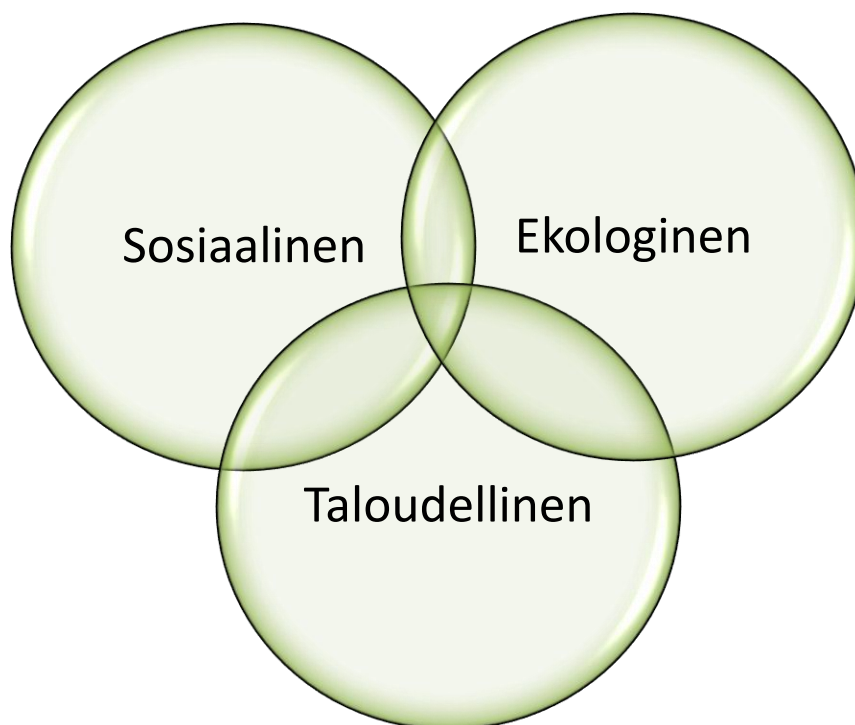
Tuotannon jälkeisiä vaihteita ovat toiminta- ja huoltovaihe sekä hävitysvaihe. Toiminta- ja huoltovaiheessa on tärkeää seurata niihin liittyviä kustannuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi asiakaspalveluun, huoltopalveluun sekä markkinointiin liittyvät kustannukset. (IEC 60300-3-3 2004) Näihin kustannuksiin voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa ja varmistaa etteivät esimerkiksi huoltokustannukset kasva liikaa. Suunnitteluvaiheessa tulee miettiä tuotteen ominaisuuksia ylläpidon suhteen. Kustannukset voidaan minimoida, kun tuote on mahdollisimman yksinkertainen, siinä käytetään standardisoituja osia ja se on helposti uudelleenkoottavissa (Park et al. 2002). Toiminta- ja huoltovaiheessa voi myös miettiä tulisiko tuotetta muuttaa jotenkin, jotta ylimääräiset kustannukset voitaisiin välttää. Knauerin ja Möslangin (2018) mukaan vakuutus- ja takuukustannukset jäävät usein huomioimatta tuotteen kustannusrakenteessa, sillä ne eivät aiheudu vielä tuotteen tuotantovaiheessa. Ne voivat kuitenkin olla merkittävä osa tuotteen kokonaiskustannuksia.

Hävitysvaiheessa tulee selvittää, miten ja mihin tuote hävitetään. Tuotteen suhteen pitää miettiä erilaisia kierrätysmahdollisuuksia ja niiden vaikutuksia kustannusrakenteeseen. Kustannustekijöitä, jotka vaikuttavat päätökseen ovat mm. kierrätys-/hävitysmaksut, energiankulutus ja siitä aiheutuvat kustannukset sekä jätemaksut. (Park et al. 2002)

3 KESTÄVÄ KEHITYS YRITYKSEN LIKETOIMINNASSA

3.1 Määritelmä ja tavoitteet

Kuuluisin määritelmä kestäväälle kehitykselle on Brundtlandin raportissa vuonna 1987 esitetty määritelmä: Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa (WCED 1987). Kestävä kehitys perustuu siihen ajatukseen, että yhdistetään kolme näkökulmaa: sosiaalinen, ekologinen ja taloudellinen näkökulma (Kuva 3), vaikka sana kestävyys yhdistetäänkin usein vain ympäristöasioihin (Kates et al. 2005; Chandler 2017, s. 285). Elkington (1999) määritteli tälle yhdistelmälle termin ”kolmoistilinpäätös” (triple bottom line). Kolmoistilinpäätöksessä tarkastellaan taloudellisessa näkökulmassa tulosta, sosiaalisessa näkökulmassa ihmisiä ja ekologisessa näkökulmassa planeettaa. Monet yritykset ja virastot ovat omaksuneet kolmoistilinpäätöskonseptin osaksi toimintaansa, esimerkiksi Yhdistyneet kansakunnat (YK). (Wilson 2015)



Kuva 3. Kestävän kehityksen näkökulmat (mukaiillen Margni & Sonnemann 2015, s. 11)

Nykyään kaikkien yritysten tulee toiminnassaan huomioida kestävä kehitys. Tätä säätelevät lainsäädäntö, valtioiden väliset sopimukset sekä ihmisten arvomaailma. Kestävää kehitystä sovelletaan kansainvälisesti, alueellisesti ja paikallisesti. Kansainvälisessä kestävässä kehityksessä tärkein toimija on YK. (Benn & Bolton 2011, s. 210) YK on asettanut 17 tavoitetta, joita kohti valtioiden ja niiden asukkaiden tulisi pyrkiä. Tavoitteet liittyvät kaikkiin kolmeen näkökulmaan: taloudelliseen, sosiaaliseen ja ekologiseen. Sosiaaliset tavoitteet liittyvät muun muassa ruuan, terveydenhuollon sekä koulutuksen mahdollisuuden takaamiseen kaikille. Lisäksi tasa-arvon edistäminen on yksi YK:n tärkeistä tavoitteista. Ekologiset tavoitteet pyrkivät ympäristönsuojeluun ja ilmastomuutoksen hallintaan. Näiden kahden näkökulman lisäksi taloudellisessa näkökulmassa tavoitellaan kestävää taloudellista kasvua sijoittamalla vihreisiin yrityksiin ja kehittämällä uusia kestävämpiä tapoja tehdä asioita. (UN 2019b)

Yleisten tavoitteiden takia myös yrityksiltä vaaditaan kestävä kehityksen huomioimista ja vaatimukset tulevat luultavasti kiristymään. Näin ollen, yritysten tulisi ennakoida tulevaa ja ottaa kestävä kehitys osaksi strategiaansa.

3.2 Yritysvastuu

Yritysvastuu tarkoittaa yksinkertaisuudessaan sitä, että yritys huomioi kestävä kehityksen toiminnassaan ja toimii sen edistämiseksi (Juutinen & Steiner 2010, s. 20-21). Yrityksen näkökulmasta yritysvastuu on kuitenkin sitä, miten yritys vastaa omien sidosryhmiensä vaatimuksiin (Basu & Palazzo 2008). Tämän takia yritysvastuun käsitettä pidetään ristiriitaisena. Yritysten toimiessa vastuullisesti vain oman taloudellisen hyödyn takia yritysvastuun perusidea laiminlyödään. (Chandler 2017, s. 4) Näin ollen, yritysten pitäisi toteuttaa yritysvastuuta myös ekologisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta.

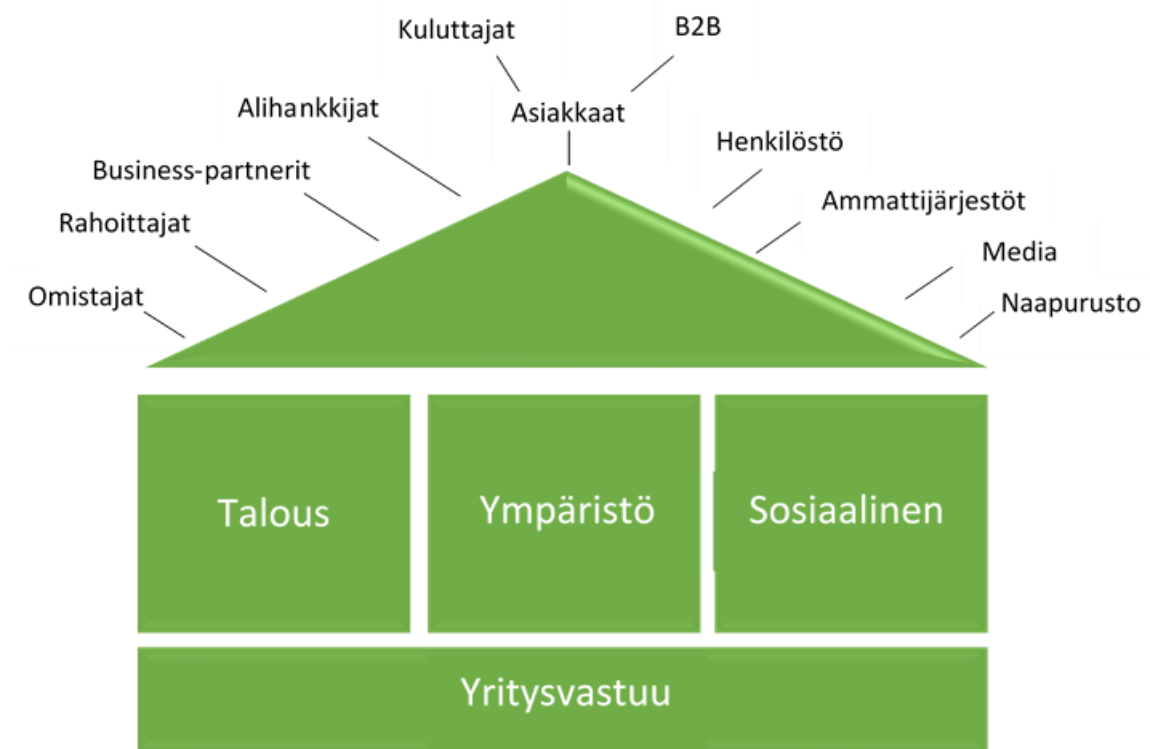
Carrollin (1991) mukaan yritysvastuu rakentuu taloudellisista vastuista, lakivelvoitteista, eettisistä vastuista ja vapaaehtoisista vastuista (Kuva 4). Yrityksen taloudellinen vastuu on antaa riittävä tuotto omistajille, ja lait sekä säännökset antavat yritykselle raamit, jossa toimia. Eettinen vastuu tarkoittaa sitä, että yritys ei vahingoita liiketoiminnallaan omia sidosryhmiään eli yritys tekee sen, mikä on oikein ja reilua. Vapaaehtoiset vastuut ovat oleellisin osa

yritysvastuuta. Ne ovat ennakoivia ja strategisia toimia, jotka hyödyttävät yritystä itseään sekä yhteiskuntaa. (Carroll 1991; Juutinen & Steiner 2010, s. 22)



Kuva 4. Yritysvastuun hierarkia (mukaihen Carroll 1991)

Yrityksen näkökulmasta sidosryhmät ovat merkittävin osa yritysvastuuta. Sidosryhmät ovat tahoja, joihin yritys vaikuttaa omalla toiminnallaan tai, jotka vaikuttavat yrityksen toimintaan (Juutinen & Steiner 2010, s. 82). Yrityksillä on useita erilaisia sidosryhmiä, jotka tulee ottaa huomioon taloudellisesta, ekologisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta ajatellen (Kuva 5). Nykypäivänä sidosryhmät esittävät tarkkoja vaatimuksia kestävän kehityksen suhteen. Ottaessa yritysvastuun osaksi strategiaa tuleekin miettiä, mitä sidosryhmien vaatimuksia priorisoidaan. Esimerkiksi, jos ajattelee yritysvastuuta vain yrityksen sisäisenä asiana, laiminlyödään kaikkien muiden sidosryhmien äänet paitsi yrityksen ja sen omistajien. Tällöin jää esimerkiksi asiakkaiden ääni kuulematta, vaikka he ovat yksi vaikutusvaltaisimmista sidosryhmistä. Kuitenkaan kaikkia sidosryhmiä ei voi ottaa yhtä tarkasti huomioon, sillä silloin päätöksenteosta tulee erittäin monimutkaista. Yritykset voivat priorisoida sidosryhmiä hyödyntämällä yksinkertaista matriisimallia, jossa verrataan sidosryhmien kiinnostuksen tasoa heidän vaikutusmahdollisuuteen. (Juutinen & Steiner 2010, s. 83-86; Chandler 2017, s. 73-75; Öberseder et al. 2013)



Kuva 5. Esimerkki yrityksen sidosryhmistä (mukaiillen Juutinen & Steiner 2010, s. 83)

Huomioimalla omat sidosryhmänsä yritys pystyy parantamaan kilpailukykyään. Esimerkiksi asiakkaiden huomioiminen on kilpailukyvyn ylläpidon kannalta erittäin tärkeää. Kestävää kehitystä arvostavat asiakkaat kaipaavat myös yrityksiltä samanlaista arvomaailmaa kuin heillä itsellään. Tuotteiden vastatessa kuluttajien ja asiakkaiden tarpeisiin, yritys pystyy pitämään asiakkaansa sekä markkinansa, ja kasvattamaan markkinaosuuttaan. (Juutinen & Steiner 2010, s. 39) Vaikka Öberseder et al. (2011) mukaan asiakkaat ovat usein positiivisia vastuullisten yritysten tuotteita kohtaan, se ei kuitenkaan näy heidän ostokäyttäytymisessään. Useille kuluttajille hinta on ratkaiseva tekijä, joten hinnan ei tulisi olla reilusti kalliimpi kuin vastaavilla tuotteilla. Kääntöpuolena on se, että osa asiakkaista voi boikotoida yrityksen tuotteita, mikäli se ei toimi vastuullisesti. Joka tapauksessa on erittäin todennäköistä, että yritykselle syntyy taloudellisia haittoja, jos se ei huomioi sidosryhmiään ollenkaan (Werther & Chandler 2006, s. 25).

Huomioimalla yritys vastuu strategiassa voidaan saavuttaa myös muita etuja. Vähentämällä omia päästöjä, voidaan myös saavuttaa kustannushyötyjä. Esimerkiksi tehostamalla yrityksen

sähkö- ja lämpöenergian käyttöä saavutetaan sekä kestävä kehityksen kannalta että kustannuksien kannalta etuja. Lisäksi nykyaikana yrityksen vastuullisuus voi toimia ratkaisevana tekijänä työntekijän valitessa työnantajaa. (Juutinen & Steiner 2010, s. 41) Näin yritys on kiinnostavampi työnantaja ja luultavasti saa rekrytoitua parempia osaajia yritykseen.

Yrityksen täytyy olla vastuullinen jokaisella liiketoiminnan osa-alueella. Negatiivisia ekologisia ja sosiaalisia vaikutuksia, esimerkiksi päästöjä ja huonoja työoloja, voi syntyä kaikissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. Siitä syystä on tärkeää tarkastella koko elinkaaren aikaisia vaikutuksia yritys vastuuta toteuttaessa. Seuraavaksi esitellään yksi mahdollinen työkalu koko elinkaaren tarkastelun tueksi.

3.3 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi (Life cycle assessment, LCA) on standardisoitu ISO 14040-sarjaan ensimmäistä kertaa vuonna 1997 ja sen jälkeen sitä on uusittu useaan kertaan. Uusin versio standardista ISO 14040 vuodelta 2006 on määritellyt, että LCA tarkoittaa tuotteen ympäristöasioiden ja ympäristövaikutusten kokoamista ja arviointia koko elinkaaren ajalta.

LCA:ssa on neljä eri vaihetta: tavoitteiden ja laajuuden määrittely, varastoanalyysi, vaikutusten arviointi sekä tulkinta (Kuva 6). LCA:n tavoitteet ja laajuus riippuvat siitä, mitä varten sitä aiotaan käyttää. Tavoitteita määriteltessä tulee miettiä, mikä on arvioinnin päämäärä, miksi arviointi tehdään ja ketä varten se tehdään. Laajuutta määriteltessä tulee tutkia tuotejärjestelmää ja sen perusteella tehdään rajoitteita. LCA:n toistuvan luonteen takia arvioinnin laajuus voi muuttua tutkimuksen aikana. Tavoitteita ja laajuutta asettaessa määritetään myös analyysin toiminnallinen yksikkö (functional unit), joka on tarkastelukohteena analyysissä. Toiminnallinen yksikkö voi olla esimerkiksi, että pakataan 1 litra maitoa. (ISO 14040 2006; Klöpffer & Grahl 2014, s. 27-28; Hunkeler et al. 2008, s. 42)



Kuva 6. Elinkaariarviointiprosessi (mukaillen ISO 14040 2006)

Seuraavassa vaiheessa analysoidaan elinkaarivarastoja (Life cycle inventory, LCI). LCI:lla tarkoitetaan datavarastoja, jotka sisältävät dataa siitä, mitä tuotejärjestelmään menee sisään ja mitä tulee ulos. Eli mitä resursseja tuotetta varten tarvitaan ja mitä itse tuotteen lisäksi tuotteen elinkaaren aikana syntyy. Esimerkkejä näistä ovat energia ja raaka-aineet sekä jätteet ja päästöt. LCI-analyysissä tutkitaan fysiikan peruskaavoja hyödyntäen esimerkiksi, kuinka paljon uudelleenkäytettävää energiaa on mahdollista tuottaa ja kuinka paljon tuotetta maksimissaan muodostuu raaka-aineista. (ISO 14040 2006; Klöpffer & Grahl 2014, s. 64)

Elinkaarivaikutusten arviointi (Life cycle impact assessment, LCIA) -vaiheessa on tarkoitus arvioida mahdollisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä käyttäen hyväksi LCI-analyysin tuloksia. Arvioinnissa LCI-analyysin tuloksien avulla kategorisoidaan eri ympäristövaikutukset ja asetetaan niille omat mittarit. ISO 14040 (2006) mukaan LCIA sisältää kolme pakollista vaihetta:

1. Kategorioiden ja mittareiden valinta
2. LCI-analyysin tulosten sijoittaminen kategorioihin
3. Kategorioiden mittareiden tulosten laskenta

Näiden kolmen vaiheen jälkeen saadaan tulokset eri mittareista ja LCIA on valmis. Pakollisten vaiheiden lisäksi laskentavaiheessa voidaan tarvittaessa tarkentaa tuloksia normalisoimalla tuloksia ja asettamalla niille eri painoarvoja. Normalisoinnissa eri kategorioiden tulokset asetetaan samaan mittakaavaan ja sen avulla voidaan tutkia tulosten epäjohdonmukaisuuksia. Painoarvot lasketaan, jotta voidaan arvioida eri tuloksien merkittävyyttä toiminnalle. (ISO 14040 2006; Hauschild & Huijbregts 2015, s. 6)

LCA:n viimeinen vaihe on elinkaaren tulkinta. Tulkintavaiheessa selvitetään, mitkä LCIA:n ja LCI-analyysin tulokset ovat merkittävimpiä. Tulkinnan tavoitteena on saada aikaan tulokset, joiden perusteella tehdään johtopäätökset, selitetään rajoitteet ja annetaan suosituksia. Tärkeintä on kuitenkin tarkastaa, että alussa määritellyt tavoitteet ja laajuus ovat toteutuneet. (Klöpffer & Grahl 2014, s. 330; ISO 14040 2006)

LCA:ta voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Sen ehkä yleisin käyttötarkoitus on tunnistaa mahdollisuuksia parantaa tuotteen ekologista tehokkuutta sen elinkaaren eri vaiheissa. Tämän lisäksi sitä voidaan hyödyntää informaatiolähteenä päätöksenteon tukena liittyen yrityksen kestävään liiketoimintaan. Se voi tukea strategista suunnittelua, tuotesuunnittelua sekä markkinointia. (ISO 14040 2006) Ilman koko elinkaaren aikaista arviointia, tieto mahdollisista ympäristöasioista voi jäädä vaillinaiseksi. LCA:ta on kuitenkin kritisoitu siitä, että siinä ei huomioida kestävä kehityksen sosiaalista näkökulmaa ja sitä varten tarvittaisiin toinen työkalu. Toisaalta ongelmia on myös herättänyt se, että LCA:n määritelmää ei ole ymmärretty oikein ja sen takia on saatu erilaisia tuloksia näennäisesti samanlaisille tuotteille. (Curran 2014, s. 190-192) Lisäksi Milá i Canals et al. (2007) mukaan yksi merkittävimmistä LCA:n rajoitteista on se, että kaikkien vaikutukset pitää ottaa huomioon kvantitatiivisesti, jolloin esimerkiksi biodiversiteetin häviämistä ei huomioida ollenkaan LCA:n LCIA:ssa.

4 ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA KESTÄVÄN KEHITYKSEN TUKENA

4.1 Elinkaarikustannuslaskennan ja elinkaariarvioinnin yhdistäminen

Elinkaarikustannuslaskennalla (life cycle costing, LCC) ja elinkaariarvioinnilla (life cycle assessment, LCA) on eri tavoitteet ja ne vastaavat eri kysymyksiin, joten niissä tulee myös käyttää eri metodeja. Usein malleja käytetäänkin erikseen toisistaan. Tällöin kuitenkin ekonomisen ja ekologisen näkökulmien väliset vuorovaikutussuhteet sivuutetaan. Ekonomiset ja ekologiset tavoitteet voivat olla kilpailevia, neutraaleja tai täydentäviä toisiaan kohtaan. LCA:n ja LCC:n yhdistelmässä olisikin olennaista, että molempien tavoitteet täyttyvät. Erojen takia niiden yhdistäminen vaatii enemmän kuin, että taloudellisia kustannuksia tarkasteltaisiin vain yhtenä uutena virtana LCA-prosessissa. (Norris 2001; Bierer et al. 2015; Bierer et al. 2013)

LCC:n hyödyntäminen kestävästä kehityksestä tukena vaatii sitä, että käytetään ekologista LCC:ta. Ekologinen LCC on peruseriaatteiltaan samanlainen kuin LCA eli sille tulee määrittää toiminnallinen yksikkö ja sillä tulee olla samanlaiset järjestelmän rajoitteet kuin LCA:lla. Ekologinen LCC tarkastelee mikroekonomisia oikeita rahavirtoja eikä se tarkastele ulkoisia tai makroekonomisia kustannuksia, joten se ei mene päällekkäin LCA:n kanssa. (Klöppfer 2008; Klöppfer & Ciroth 2011)

LCC:n ja LCA:n yhdistäminen rakentuu Bierer et al. (2013) mukaan kahdeksasta eri vaiheesta:

- Tavoitteen ja laajuuden määrittely
- Järjestelmän rajoitteiden ja arviointiperiodien määrittely
- Mittareiden, arviointimetodien määrittely
- Rakenteellinen analyysi ja mallinnus
- Ympäristöskenaarioiden määrittely
- Datan yhdistäminen ja ennustaminen
- LCC:n ja LCA:n laskeminen
- Tuloksien analysointi

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään *tutkimuksen tarkoitus ja laajuus* arvioitavan tuotejärjestelmän mukaisesti. Laajuus vaihtelee sen perusteella, halutaanko ottaa mukaan koko verkosto vai vain jokin osa siitä, esimerkiksi vain raaka-ainetoimittaja. Vaiheessa tulee huomioida se, että tuotejärjestelmät, joita tarkastellaan voivat vaihdella. LCC:ssa yleensä tarkastellaan yksittäistä tuoteyksikköä tai jotain tiettyä tuotesarjaa (esimerkiksi erilaisia autoja), kun taas LCA:ssa tarkastellaan yleensä vain yksittäisiä tuoteyksiköitä. Näin ollen, joko LCC-analyysi tulee tehdä vain yhdelle tuoteyksikölle tai LCA-analyysi usealla tuoteyksikölle eli analyyseissa tulee olla sama toiminnallinen yksikkö. Tutkimuksen tarkoitus ja laajuus vaihtelee LCC:n ja LCA:n välillä, koska niissä tarkastellaan asiaa eri näkökulmista. Niissä on kuitenkin yhteyksiä, joita voidaan hyödyntää yhdistelmää mallinnettaessa. (Bierer et al. 2015; Hunkeler et al. 2008, s. 39; Dong et al. 2014)

Järjestelmän *rajoja ja arviointiperiodeja määrittäessä* tulee huomioida erilaiset tuotteen elinkaaren vaiheet ja ottaa ne käsittelyyn, jotka liittyvät haluttuun tutkimukseen. On tärkeää varmistaa, että samat elinkaaren vaiheet otetaan huomioon molemmissa analyyseissa. Tämä vaatii sitä, että LCC:ssa pitää käsitellä tuotteen fyysistä elinkaarta eikä esimerkiksi markkinaelinkaarta. Määrittäessä arviointiperiodeja LCC:lla ja LCA:lla ne ovat yleensä erilaiset, koska relevanteilla taloudellisilla ja ekologisilla vaikutuksilla on yleensä eripituinen vaikutusaika. Esimerkiksi kasvihuonekaasujen vaikutusaika on erittäin pitkä verrattuna auton elinkaareen. (Bierer et al. 2015; Hunkeler et al. 2008, s. 37-38)

Seuraavaksi *määritellään mittarit ja arviointimetodit* edellisessä vaiheessa määriteltyjen rajojen ja periodien puitteissa. Mittarit ja metodit valitaan suurimmaksi osaksi erikseen molemmille analyyseille. Perinteinen elinkaariarviointi ei ota sisäisiä eikä ulkoisia ekonomisia näkökohtia huomioon, minkä takia myöskään työkalujen mittarit eivät ole yhteneväisiä. LCA käyttää hyödyksi fyysisiä määriä kuten massaa, energiaa ja volyymia, kun taas LCC mittaa kaikki rahallisena arvona. LCC:ssa tulisi käyttää rahan tulovirtoja ja menovirtoja liikevaihdon ja kustannuksien sijaan sekä huomioida esimerkiksi hinnanmuutokset ja inflaatio. LCA:ssa mahdollisia mittareita ovat esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen määrä ja pienhiukkaspäästöjen määrä. Lisäksi LCA-analyysissa voidaan huomioida esimerkiksi raaka-aineiden kulutuksen väheneminen ja miten se vaikuttaa prosessin tehokkuuteen. Mittareita määriteltessä on oltava tarkka sen kanssa, ettei laske vaikutuksia kahteen kertaan: ympäristövaikutuksena ja

kustannustekijänä. Tuplaantuneet kustannukset voidaan estää niin, että sisäistetään kustannukset esimerkiksi keräämällä informaatiota siten, että ympäristövaikutukset ovat tiedossa päätöksentekohetkellä. (Bierer et al. 2015; Swarr et al. 2011; Hunkeler et al. 2008, s. 37; Hoogmartens et al. 2014)

Tavoitteiden, laajuuden ja mittareiden määrittämisen jälkeen *järjestelmä mallinnetaan* niiden perusteella. Yhdistelmän monimutkaisuuden takia se jaetaan tuotteen elinkaaren mukaan osiin, joita käsitellään tarkemmin. (Bierer et al. 2015) Monet ovat hyödyntäneet mallinnuksessa ylimääräistä työkalua. Esimerkiksi Auer et al. (2017) hyödyntävät yhdistelmän mallinnuksessa Eco-Care -matriisia, jotta he saavat visualisoitua yhdistelmän tuomat parannukset tuotannon tehokkuuteen. Zhang et al. (1999) lisäsivät yhdistelmään asiakaslähtöisen tuotekehityksen (Quality Function Deployment, QFD) ja Hoogmartens et al. (2014) käyttivät kustannus-hyötyanalyysia (Cost-Benefit Analysis, CBA) tarkentaakseen taloudellista näkökulmaa.

Neljännessä vaiheessa *määritetään ympäristöskenaariot* LCA:n elinkaarivaikutusarvioinnin datan mukaisesti. Ympäristönäkökohdista ja niiden vaikutuksista on suositeltavaa tehdä esimerkiksi erilaisia skenaarioanalyysieja, joissa tarkastellaan pessimistisiä sekä optimistisiä skenaarioita taloudellisten ja ekologisten muuttujien perusteella. Skenaarioiden määrittämisen jälkeen LCC:sta ja LCA:sta *kerätty data yhdistetään*. Dataa tulee yleensä todella monesta eri lähteestä, jolloin niiden yhdistäminen voi olla vaikeaa. Toisaalta haasteita aiheuttaa myös se, että kustannusdata voi olla epävakaampaa kuin LCA:n fyysisistä määreistä koostuva data. Kustannusdataa kerätään eri valuutoissa ja eri aikaväleissä, joten dataa pitää muuttaa siten, että se on määritetty yhdessä valuutassa ja nykyarvon mukaisesti. (Bierer et al. 2013; Swarr et al. 2011)

Yhdistämisen onnistuessa on kuitenkin mahdollista saavuttaa synergiaetuja. Potentiaali kasvaa sen perusteella, kuinka hyvin elinkaarivarastojen dataa voidaan hyödyntää LCC:ssa ja mitä enemmän ympäristökustannuksia saadaan sisällytettyä LCC:hen, sitä paremmin tietokanta tukee yhdistettyä käyttöä. Ongelmia kuitenkin aiheuttaa se, että elinkaarivarastoiden datasta ei voida johtaa kustannuksia esimerkiksi ympäristöjohtamiselle, tuotekehitykselle eikä markkinoinnille. Ne tulee yhdistää ja ennustaa jonkin muun datan perusteella. (Bierer et al. 2013; Swarr et al. 2011)

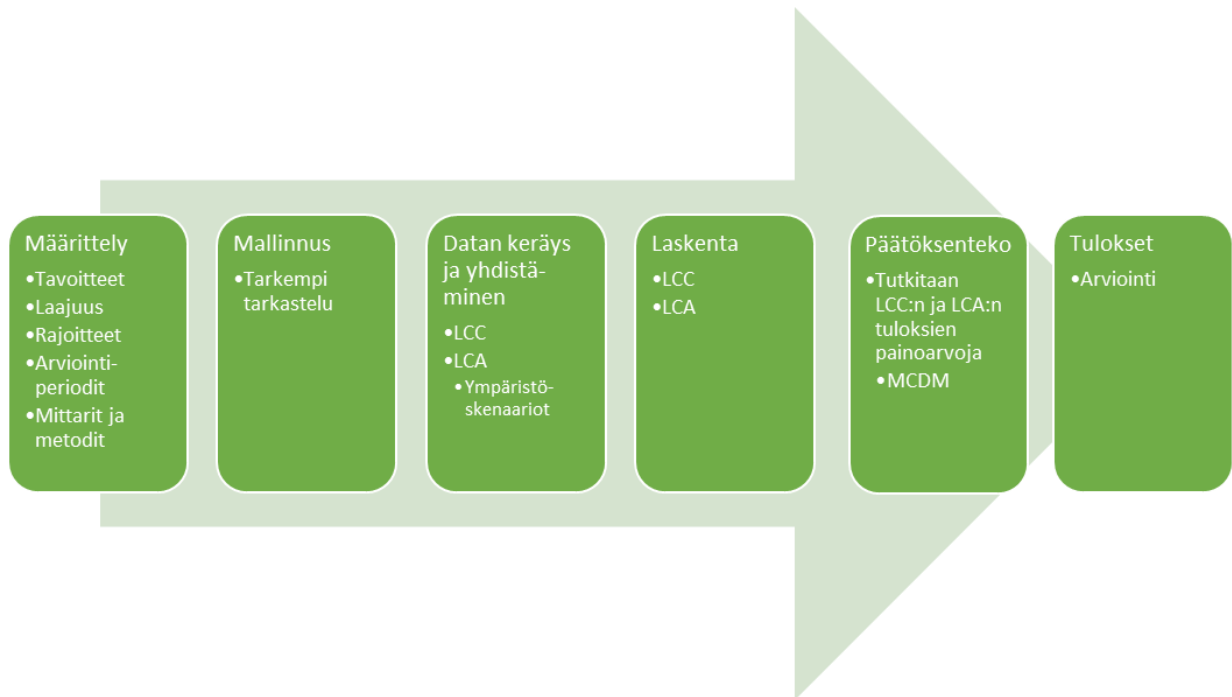
Kuudennessa vaiheessa yhdistetyn ja ennustetun datan perusteella *lasketaan LCC ja LCA*. Edellä mainitut asiat, jotka tulee huomioida LCA:n ja LCC:n yhdistelmässä vaikuttavat siihen, että elinkaarikustannusten laskemisesta tulee monimutkaista. Tämän vuoksi LCA:n, LCC:n tai varsinkaan niiden yhdistelmää varten ole esitetty yhtä ja ainoaa laskutapaa. Olemassa olevat kaavat yhdistelmälle on luotu siten, että LCC:n kaavaa on muokattu niin, että se on yhteensopiva LCA:n kanssa. Se, miten LCA:n ja LCC:n data tulee yhdistää ja miten kokonaiselinkaarikustannukset tulisi laskea on tuonut esiin monia eriäviä mielipiteitä.

Hunkeler et al. (2008) esittävät LCC:lle kaavan (Liite 1), jossa määritellään elinkaarikustannukset huomioiden ympäristönäkökulmat. Heijungs et al. (2013) kritisoiivat tätä kaavaa pitäen sitä liian epäselvänä, esimerkiksi siinä ei kerrota miten μ lasketaan. He esittävätkin vaihtoehdoisen kaavan (Liite 1), jossa esimerkkinä käytetään tuolin elinkaarta. Heijungs et al. (2013) kaavassa on etuja verrattuna Hunkeler et al. (2008) kaavaan: se sisältää samoja symboleja kuin LCA, se ottaa huomioon kustannukset siten, ettei samoja asioita lasketa kahta kertaa ja siinä voidaan halutessa huomioida ympäristöverot.

Moreau ja Weidema (2015) taas kritisoiivat Heijungs et al. (2013) kaavaa. Heidän mielestään LCC pitää yhdistää LCA:n laskennalliseen rakenteeseen kuten Heijungs et al. (2013) kaavassa, mutta he ovat eri mieltä elinkaarikustannusten laskutavasta. Heijungs et al. (2013) ovat tuoliesimerkissään määritelleet tuolin päällä istumisen arvon nollassi, jolloin tuotteen käyttövaiheen arvosta tulee negatiivinen ja tämän vuoksi he tulkitsevat sen elinkaarikustannuksena. Moreaun ja Weideman (2015) mielestä tämä on virheellinen tapa ajatella asiaa ja he korjaavat artikkelissaan laskukaavat siten, että istumisella on vuosittainen hinta, jolloin käyttövaiheessa ei tapahdu arvonalennusta. Näiden esimerkkien perusteella voidaan todeta, että LCC:n ja LCA:n yhdistämisessä on todella paljon erilaisia tekijöitä, jotka pitää huomioida ja sen takia elinkaarikustannusten laskemisesta tulee hankalaa. Yhdistelmälle olisikin laskennan selkeyttämiseksi hyvä standardoida jokin tietty tapa.

Viimeisenä laskelmien *tulokset analysoidaan ja hyödynnetään niitä päätöksenteossa*. On hyödyllistä käyttää usean muuttujan päätöksentekoa (multicriteria decision making, MCDM), jotta saadaan parhaalla mahdollisella tavalla huomioitua sekä taloudellinen sekä ekologinen näkökulma. Lisäksi eri sidosryhmillä on erilaiset mieltymykset ja MCDM on hyödyllinen, jotta

tärkeimmät sidosryhmät saadaan huomioitua. (Bierer et al. 2015; Dong et al. 2014) MCDM:n tuloksien mukaan saadaan analyysin lopulliset tulokset, joiden perusteella yritys voi kehittää liiketoimintaansa.



Kuva 7. LCC:n ja LCA:n yhdistämisprosessi

LCC:n ja LCA:n yhdistämisprosessi (Kuva 7) vaatii monien eri tekijöiden huomioimista työkalujen erojen takia. Yhdistelmä on monimutkainen ja se vaatii yritykseltä resursseja. Kuitenkin yhdistelmä tarjoaa tarkan analyysin, joka huomioi niin taloudellisen näkökulman kuin ekologisen näkökulman ja antaa selvät raamit päätöksenteolle kestävän kehityksen strategian tueksi.

4.2 Elinkaarikustannuslaskennan ja ekologisen sekä sosiaalisen elinkaariarvioinnin yhdistäminen

Elinkaaren kestävyys arviointi (Life cycle sustainability assessment, LCSA) on malli, jossa LCC:n ja LCA:n lisäksi on otettu sosiaalinen näkökulma huomioon Sosiaalisen elinkaariarvioinnin (Social life cycle assessment, SLCA) avulla (Kuva 8). Mallissa

huomioidaan siis kaikki kestävän kehityksen kolme näkökulmaa: taloudellinen, ekologinen ja sosiaalinen. (Klöpffer 2008)



Kuva 8. LCSA

SLCA:ta voidaan pitää erillisenä perinteisestä LCA:sta (ekologisesta LCA:sta). Se keskittyy ympäristövaikutusten sijaan sosiaalisiin vaikutuksiin ja sen tavoitteena on arvioida positiivisia sekä negatiivisia vaikutuksia koko tuotteen elinkaaren ajalta. Vaikutukset voivat liittyä yritysten käyttäytymiseen, sosioekonomisiin prosesseihin tai vaikutuksiin sosiaaliseen pääomaan. SLCA:n pohjimmainen päämäärä on parantaa sidosryhmien sosiaalisia olosuhteita, joihin tuotteen elinkaari vaikuttaa. Se on tarkoitettu päätöksenteon tueksi, jotta saadaan valittua sosiaalisesti myönteisimmät vaihtoehdot tuotteen elinkaaren aikana. SLCA:n ei ole kuitenkaan tarkoitus tukea päätöksentekoa siinä suhteessa, että kannattaako tuotetta valmistaa vai ei. (Jorgensen et al. 2010; Benoit & Mazjin 2009)

SLCA-prosessi rakentuu samoista tekijöistä kuin perinteinenkin LCA eli tavoitteen ja laajuuden määrittelystä, LCI-analyysistä, LCIA:sta ja tulkinnasta. Niissä on kuitenkin joitakin merkittäviä eroja prosessin eri vaiheissa. Erot johtuvat suurimmaksi osaksi siitä, että niiden painopiste on erilainen. SLCA:ssa ulkoiset sidosryhmät ovat suuremmassa roolissa, sillä dataa analyysia varten kerätään enemmän heiltä. Sen takia myös datan laatu eroaa perinteisestä LCA:sta. SLCA:ssa hyödynnetään enemmän semikvantitatiivista ja kvalitatiivista dataa. Datan laadun takia SLCA:ssa käytetäänkin usein kvalitatiivista arvojärjestystä ja pisteytystä kvantitaavisten mittareiden sijaan. Perinteisessä LCA:ssa ei myöskään huomioida yleensä positiivisia vaikutuksia toisin kuin SLCA:ssa. (Benoit & Majzin 2009; Klöpffer 2008)

Tärkeä pointti SLCA:ssa on se, että tietyissä tapauksissa analyysissa tulee huomioida tutkittavan kohteen maantieteellinen sijainti, jota perinteisessä LCA:ssa ei yleensä huomioida. Esimerkiksi Hunkeler (2006) analysoi sosiaalisia vaikutuksia perustuen siihen, kuinka pitkä

aika menee tuotteen tietyn osan työstämiseen. Sitä verrattiin siihen, kuinka monta tuntia työntekijän tulee työskennellä, jotta hänellä riittää varat elämän perusasioihin (ruoka, asuminen). Tätä varten tulee ottaa huomioon maantieteellinen sijainti, jotta tiedetään, millainen hintataso siellä on. (Benoit & Mazjin 2009; Hunkeler 2006)

Sidosryhmien kategorisointi on tärkeä osa SLCA:ta. Benoit ja Majzin (2009) mukaan sidosryhmät jaetaan viiteen eri kategoriaan: työntekijöihin, paikalliseen yhteisöön, yhteiskuntaan, asiakkaisiin ja arvoketjun tekijöihin. Arvioinnin keskeisimmät sidosryhmät voivat vaihdella riippuen siitä, mihin sidosryhmiin tuotteen elinkaari vaikuttaa eniten. Sidosryhmäkategorioiden perusteella määritellään vaikutuskategoriat ja näiden molempien perusteella määritellään tarkentavat alakategoriat, joiden perusteella rakennetaan SLCA:n elinkaarivarasto. Taulukossa 2 esitellään esimerkki SLCA:n kategorisoinnista.

Taulukko 2. SLCA:n kategorisointi

Sidosryhmäkategoria	Vaikutuskategoria	Alakategoria
Työntekijät	Ihmisoikeudet	Lapsityö, pakkotyö, työtunnit, reilu palkka
Paikallinen yhteisö	Työolosuhteet	Turvalliset ja terveelliset asuinolosuhteet, pääsy materiaalisiin ja immateriaalisiin resursseihin
Yhteiskunta	Terveys ja turvallisuus	Korruptio, teknologian kehitys
Asiakkaat	Kulttuuriperintö	Palaute, läpinäkyvyys, yksityisyys
Arvoketjun tekijät	Hallinto, sosioekonominen jälkiseuraus	Toimittajasuhteet, reilu kilpailu, sosiaalisen vastuun promootio

LCSA-analyysin prosessi on peruseriaateiltaan samanlainen kuin LCC-LCA-yhdistelmässäkin. Myös LCSA-yhdistelmässä yksi tärkeimmistä huomioitavista asioista on se, että järjestelmän rajat ovat kaikissa kolmessa työkalussa samanlaiset. Optimaalisinta olisi se,

että kaikissa työkaluissa pystyttäisiin käyttämään samaa LCI:ta. Ongelmia tuottaa se, että SLCA monimutkaistaa työkalua, koska siinä pitää ottaa myös huomioon sijainti. Lisäksi datan laatu aiheuttaa ongelmia mittareiden valinnassa ja tuloksien arvostuksessa. Finkbeiner et al. (2010) tutkivat sosiaalista ulottuvuutta ja saivat tulokseksi 150 erilaista sosiaalista tavoitetta ja mittaria. Näistä mittareista kuitenkin vain pieni osa pystyttiin suoraan liittämään tuotteisiin tai prosesseihin. Toisaalta SLCA on myös jäljessä kehityksessä verrattuna LCC- ja LCA-työkaluihin, minkä takia SLCA:ssa on merkittäviä data-aukkoja varsinkin kvantitatiivisen datan osalta. Vaikutusten mittaaminen määrällisesti on vielä merkittävä ongelma SLCA:ssa ja sitä varten tarvitaan vielä tutkimusta. (Klöpffer 2008; Heijungs et al. 2013)

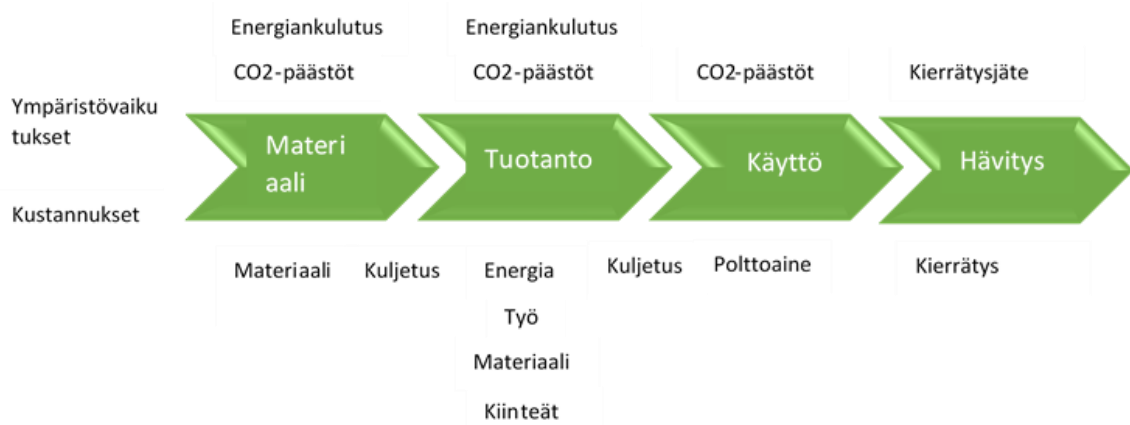
LCSA:ssa on yksi muuttuja enemmän verrattuna LCC-LCA-yhdistelmään, joten myös arviointi monimutkaistuu. Finkbeiner et al. (2010) mukaan arvioinnissa tulee asettaa skaalat ja tavoitetasot kaikille mittareille sekä painoarvot niille. Painoarvot tulee määrittää jokaisen eri ulottuvuuden (taloudellinen, ekologinen ja sosiaalinen) sisällä mittarien esimerkiksi ilmastonmuutoksen ja saasteiden välillä sekä myös kaikkien kolmen ulottuvuuden välille. Klöpfferin (2008) mukaan painotusta kolmen ulottuvuuden välille ei kuitenkaan pitäisi tehdä, koska silloin lähestymistavan läpinäkyvyys häviää. Lähestymistavan etuja on se, ettei siinä ole merkityksettömiä kestävyyspisteitä, jolloin etujen ja haittojen syyt ovat selvät ja siinä ei koskaan pitäisi olla kompensatiota ulottuvuuksien välillä. Finkbeiner et al. (2010) perustelevat painotuksen sillä, että ei pidä sivuuttaa sitä, että reaali maailmassa painotusta tapahtuu ulottuvuuksien välillä joka tapauksessa. He kuitenkin suhtautuvat painotukseen erittäin varovasti eivätkä suosittele ulottuvuuksien painottamista yksittäisellä pisteellä.

Klöpffer (2008) esittää kuitenkin vaihtoehdoisen rakenteen LCSA:lle, jossa LCA:han on lisätty LCC ja SLCA LCIA:han vaikutuskategorioiksi. Silloin on käytössä vain yksi elinkaarivarastomalli, joka yksinkertaistaa analyysia. ”Uusi LCA” voisi mahdollistaa tulevaisuudessa ekologisen LCC:n ja SLCA:n standardisoimisen perinteisen LCA:n tueksi, jotta taloudelliset ja sosiaaliset näkökulmat saataisiin myös huomioitua ekologisten lisäksi.

4.3 Hyödyt ja haasteet

Yhdistämällä LCC:n ja kestävän kehityksen yritys voi saavuttaa niin taloudellisia, ekologisia kuin sosiaalisia hyötyjä. Taloudellisia hyötyjä voidaan saavuttaa esimerkiksi minimoidulla resurssien kulutuksella tai differoinnin tuomalla lisäarvolla tuotteelle. Ekologisia ja sosiaalisia hyötyjä saavutetaan esimerkiksi huomioimalla ekologiset ja sosiaaliset vaikutukset paremmin ja tekemällä näin yrityksen liiketoiminnasta kestävämpää. Lisäksi yhdistelmän avulla voidaan löytää tekijöitä, joita aikaisemmin ei ole huomioitu laisinkaan. Seuraavaksi käsitellään yhdistelmän hyötyjä reaali maailman case-esimerkkejä hyödyntäen.

LCC:n ja kestävän kehityksen yhdistämisen yksi päätarkoituksista on antaa päätöksentekoa tukevia tuloksia. Tuotteen elinkaaren eräs kriittisimmistä tekijöistä on materiaalin valinta, jonka oikein valitsemalla voidaan saavuttaa merkittäviä taloudellisia ja ekologisia hyötyjä. Simoes et al. (2016) tutkivat kolmen uudenlaisen auton multimediajärjestelmän alustan taloudellista ja ekologista suorituskykyä verrattuna vanhoihin järjestelmiin LCC-LCA-yhdistelmän avulla. Tutkimuksen päätavoite oli selvittää mahdollisuuksia korvata teräs alustan pääasiallisena materiaalina sekä välttää ruuvien käyttöä. Kolme eri autonvalmistajaa olivat kehittäneet uudenlaisen alustan: Nissan, Volkswagen ja Opel. Nissanin uusi alusta oli metallinen ilman ruuveja, ja osa teräsosista korvattiin alumiinilla. Volkswagen esitti kaksi vaihtoehtoa, joista toinen oli valmistettu muovista ja toinen metallista ilman ruuveja, jossa osa teräsosista oli korvattu alumiinilla. Opelin uusi alustamalli oli muovinen ja lisäksi Opelin tapauksessa tutkittiin, kumpi olisi ekotehokkaampi tuotantosijainti uudelle alustamallille Portugali vai Singapore. Tutkimuksessa LCA:ssa käytettiin mittareina ilmastonlämpenemisen potentiaalia (hiilidioksidipäästöt per yksikkö) ja kumulatiivista energian tarvetta (MJ per yksikkö). Taloudellisen näkökulman arvioinnissa käytettiin ekologista LCC:ta, jossa otettiin kaikki tuotteen elinkaaren aikana syntyvät suorat kustannukset huomioon. Tutkimuksessa selvinneet vaikutukset ja kustannukset esitellään kuvassa 9.



Kuva 9. Multimediajärjestelmän elinkaari ja sen aikana havaitut kustannukset sekä ympäristövaikutukset (mukaillen Simoes et al. 2016)

Tutkimuksessa selvisi sekä taloudellisia että ekologisia hyötyjä verrattuna vanhoihin alustoihin. Kaikissa uusissa malleissa ympäristövaikutukset vähenivät, pääasiassa alustan painon pienentymisen ja osien määrän vähentymisen takia. Alustan painon pienentyminen vähentää auton polttoainekulutusta, jolloin käyttövaiheen taloudelliset ja ekologiset vaikutukset pienentyvät. Uusien materiaalien valmistuksessa on kuitenkin suuremmat hiilidioksidipäästöt ja suurempi energiankulutus kuin teräksessä, niiden energiantensiivisemmän valmistusprosessin takia. Kuitenkin, kun ottaa tuotteen koko elinkaaren huomioon ympäristövaikutukset vähenevät. Painon pienentymisen ja osien määrän vähentymisen vuoksi myös kustannukset pienenevät suurimmassa osassa uusista malleista. Vaikka alumiini ja muovi ovat kalliimpia raaka-aineita kuin teräs, niin uusissa malleissa tuotantolinja yksinkertaistuu, käyttövaiheessa polttoainekulutus pienenee ja alumiinista valmistettujen alustojen kierrätys tehostuu, jolloin kokonaiskustannukset pienenevät. Lisäksi Opelien Portugalissa tuotetun muovialustan kuljetuskustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin Singaporessa tuotetun alustan. Volkswagenin muovialustassa ja Opelien Singaporessa valmistettavassa muovialustassa pienentyneet kustannukset eivät kuitenkaan kata kallistunutta raaka-aineen hintaa. (Simoes et al. 2016)

Edellisessä esimerkissä tulevat esiin hyvin LCC:n ja kestävä kehityksen näkökulman yhdistämisen hyödyt. Ilman tuotteen koko elinkaaren huomioimista uudet alustamallit vaikuttavat taloudellisesti ja ekologisesti huonommalta vaihtoehdolta. Kuitenkin tässä tapauksessa varsinkin otettaessa käyttövaihe huomioon suurin osa alustamalleista on

molemmista näkökulmista parempia vaihtoehtoja. Uudet alustamallit parantavat myös yrityksen resurssitehokkuutta. Yhdistelmän avulla tuotekehityksessä yritys voi tehdä parempia päätöksiä esimerkiksi materiaalinvalinnassa, kuten tässä tapauksessa, ja siten saavuttaa taloudellisia ja ekologisia hyötyjä.

Käyttämällä LCSA:ta analyysin tulokset voivat muuttua sosiaalisen näkökulman vuoksi. Franze ja Ciroth (2011) tutkivat ruusujen kasvatusta kahdessa eri sijainnissa: Alankomaissa sekä Ecuadorissa. Alankomaissa ruusut kasvatettiin automatisoidussa kasvihuoneessa ja Ecuadorissa foliokasvihuoneessa. Automatisoidut kasvihuoneet Alankomaissa ovat ekologisesti merkittävästi huonompi vaihtoehto muun muassa ilmaston lämpenemisen vuoksi. Kun sosiaalinen näkökulma otetaan huomioon, niin Ecuador puolestaan jää pahasti jälkeen huonojen työolojen vuoksi. Ecuadorissa viikoittaiset työtunnit ylittävät 70 tuntia ja palkka on reilusti alle minimipalkan. Lisäksi siellä käytetään lapsityövoimaa ja yritys on korruptoitunut. Myös Onat et al. (2016) tutkimuksessa sosiaalinen näkökulma toi uusia tuloksia. Tutkimuksessa hyödynnettiin LCSA:ta neljän eri autotyypin vertailussa (polttomoottori, ladattava ja ei-ladattava hybridi sekä sähköauto). Analyysissa havaittiin, että sähköautojen ja ladattavien hybridien akkutuotanto vaikuttaa työllisyyteen merkittävästi. Kestävät innovaatiot vaativat uusia työntekijöitä ja näin ollen vaikuttavat sosiaaliseen näkökulmaan positiivisesti.

LCSA antaa laajemman kuvan, kun arvioidaan koko elinkaarta. Ilman sosiaalista näkökulmaa kriittisiä tekijöitä voi jäädä huomioimatta, kuten Franzen ja Cirothin (2011) esimerkissä, joka voi vaikuttaa yrityksen liiketoimintaan merkittävästi. Jos tuotanto on maassa, jossa on lapsityövoimaa, sillä voi olla suuri vaikutus yrityksen brändiin sekä se voi johtaa tuotteiden boikotointiin. Myös mahdollinen tuotannon siirtäminen aiheuttaa suuria kustannuksia yritykselle. Näin ollen, laajempi analyysi, joka sisältää myös sosiaalisen näkökulman kannattaa tehdä heti alussa suurien kustannuksien säästämiseksi.

Yhdistämällä LCC:n ja kestävän kehityksen yritys voi oman toiminnan kehittämisen lisäksi myös auttaa asiakkaitaan tekemään kestävämpiä valintoja. Kestävien tuotteiden hankintahinta on monesti kalliimpi kuin perinteisten tuotteiden, mutta kun ottaa huomioon tuotteen koko elinkaaren ne voivatkin olla halvempia (esimerkiksi energiansäästölamput ja vähäpäästöiset autot) (Klöppfer & Ciroth 2011). Lisäämällä analyysin tulokset markkinoinnin tueksi voidaan

tukea asiakkaita tekemään kestävämpiä valintoja. Näin sekä yritys että asiakas hyötyvät LCC:n ja kestävä kehityksen yhdistelmästä. Yrityksen liiketoiminta on kannattavaa ja asiakas saa taloudellisesti ja ekologisesti paremman vaihtoehdon. Lisäksi yrityksen brändi paranee ja sidosryhmät pysyvät tyytyväisempinä, kun kestävä kehitys huomioidaan liiketoiminnassa.

LCC:n ja kestävä kehityksen yhdistelmän hyötyjä varjostaa kuitenkin sen haasteellisuus. LCC:n ja LCA:n yhdistämisen haasteena on niiden peruseriaatteiden erilaisuus. Erilaiset tavoitteet ja laajuudet aiheuttavat päällekkäisyyksiä, jolloin päätöksenteko vaikeutuu. Datan määrä aiheuttaa myös haasteita sen hallinnassa. Datan saatavuus voi myös aiheuttaa ongelmia, ellei yrityksessä ole aikaisemmin ollut LCA:ta tai LCC:ta käytössä.

Lisäksi kuten aikaisemmin on todettu LCSA-malli ei ole täydellinen SLCA:n alkukantaisuuden ja datan puutteen takia. Sama asia nousi esille myös monessa case-tutkimuksessa. Onat et al. (2016), Hong Dong ja Thomas Ng (2016) sekä Tarne et al. (2018) tutkimuksissa havaittiin, että SLCA:n dataa ei ollut saatavissa tai se oli kvantitatiivisen datan sijaan kvalitatiivista tai semi-kvantitatiivista. Datan puute voi vaikuttaa tutkimuksen laatuun ja päätöksenteon oikeellisuus voi vaarantua, jos kaikkia sosiaalisia tekijöitä ei oteta huomioon. Tarne et al. (2018) ja Zheng et al. (2018) mukaan ongelmaksi ilmeni myös se, että ulottuvuuksien väliset yhteydet vaikeuttavat päätöksentekoa (esimerkiksi ekologinen tuote on kalliimpi kuin ei-ekologinen). LCSA, ja varsinkin SLCA vaatii siis vielä kehitystä ennen kuin siitä saadaan kaikki hyöty irti.

Kuitenkin LCC:n ja kestävä kehityksen yhdistämisen implementoinnin onnistuessa saavutetaan merkittäviä hyötyjä. Kestävä kehitys on pakko huomioida nykyisin liiketoiminnassa, jotta yritys pärjää markkinoilla. Taloudellista näkökulmaa ei kuitenkaan tule unohtaa, koska hinta on vielä merkittävin tekijä useimpien asiakkaiden ostopäätöksessä ja jos asiakkaat eivät osta ekologisia tuotteita, niin myöskään yhteiskunnalliset kestävä kehityksen tavoitteet eivät edisty. Toisaalta ilman LCA:n tai SLCA:n analyysia tärkeät ympäristönäkökulmat, jotka voivat tuoda esiin merkittäviä kustannuksia voivat jäädä huomioimatta. Tätä varten LCC:n ja kestävä kehityksen yhdistelmä on hyvä vaihtoehto, sillä onnistuessaan se tarjoaa kattavaa informaatiota ja dataa jäsenetyssä muodossa. Lisäksi se stimuloi innovaatioita, jotka auttavat yrityksiä olemaan resurssitehokkaampia ja pienentämään tuotteidensa kustannuksia.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää, miten yritys voi yhdistää elinkaarikustannuslaskennan ja kestäväen kehityksen näkökulman liiketoiminnassaan ja onko se kannattavaa. Tarkoituksena oli saada selville, miten koko elinkaaren tarkastelu taloudellisesta, ekologisesta ja sosiaalisesta näkökulmasta muuttaa tuloksia ja miten yritys voi hyödyntää tuloksia päätöksenteossa. Ensin työssä tarkasteltiin elinkaarikustannuslaskennan ja kestäväen kehityksen teoriaa, minkä jälkeen syvennyttiin tarkastelemaan elinkaarikustannuslaskennan ja kestäväen kehityksen näkökulman yhdistelmää tieteellisten artikkelien perusteella. Yhdistelmän hyötyjä ja haasteita pyrittiin konkretisoimaan reaali maailman esimerkkien avulla. Työssä käsiteltiin aihetta kahden eri tutkimuskysymyksen avulla, joista ensimmäinen oli:

1. Mitä elinkaarikustannuslaskenta on kestäväen kehityksen näkökulmasta?

Kestävä kehitys on kasvanut nykypäivän yhdeksi merkittävämmäksi trendiksi ja sen takia niin hallitusten, yritysten kuin myös yksityisten ihmisten tulee huomioida kestävä kehitys jokapäiväisessä elämässään. Yrityksien osalta kestäväen kehitystä toteutetaan yritys vastuun kautta, johon vaikuttavat eniten yrityksen sidosryhmät. Yritysten huomioidessa ekologisen ja sosiaalisen näkökulman, yleensä kustannukset kasvavat. Kasvavat kustannukset ovat ongelma yrityksen liiketoiminnan kannalta, koska silloin yleensä myös tuotteen hintaa tulee kasvattaa, jotta saadaan katettua kaikki kustannukset. Ongelmana on se, että ainakin vielä tällä hetkellä asiakkaat preferoivat ennemmin halvempaa tuotetta kuin kestäväen kehityksen mukaista tuotetta. Yksi ratkaisu ongelmaan on elinkaarikustannuslaskennan hyödyntäminen kestäväen kehityksen tukena. Elinkaariajattelun hyödyntäminen antaa laajemman kuvan kuin perinteinen kustannuslaskenta, jolloin saadaan kattavampi kuva kokonaiskustannuksista.

Kestäväen kehityksen näkökulman ja LCC:n yhdistämiselle on eri vaihtoehtoja. LCC:n voi yhdistää LCA:n kanssa ja vaihtoehtoisesti yhdistelmään voi lisätä sosiaalisen näkökulman SLCA:n avulla. Lisäksi näiden työkalujen analyysia voi vahvistaa tukemalla niitä muilla työkaluilla esimerkiksi asiakaslähtöisellä tuotekehityksellä tai kustannus-hyötyanalyysilla. LCC:n ja kestäväen kehityksen näkökulman yhdistelmässä tulee käyttää ekologista LCC:ta, jotta järjestelmän rajat ja laajuus on yhteneväinen muiden työkalujen kanssa.

LCC:n ja LCA:n yhdistelmässä on tärkeää ymmärtää työkalujen erilaisuus. LCC tarkastelee tuotteen elinkaaren taloudellisia kustannuksia ja LCA tuotteen elinkaaren aikana ilmentyviä ympäristövaikutuksia, joten esimerkiksi mittarit ja datan laatu eroavat toisistaan. Lisäksi tarkastelun aikaväli on yksi merkittävä tekijä yhdistämisessä, sillä relevantit ekologisten ja taloudellisten tekijöiden vaikutusajat eroavat toisistaan. LCSA:ssa mukaan tulee sosiaalinen näkökulma, jolloin analyysiin tulee vielä yksi muuttuva tekijä mukaan ja arviointi monimutkaistuu. Monen muuttujan päätöksenteko -työkalut kuitenkin auttavat yritystä valitsemaan oman liiketoimintansa kannalta parhaan vaihtoehdon.

Työn toinen tutkimuskysymys oli:

2. Mitä lisäarvoa yritys voi saavuttaa yhdistämällä elinkaarikustannuslaskennan ja kestävän kehityksen näkökulman?

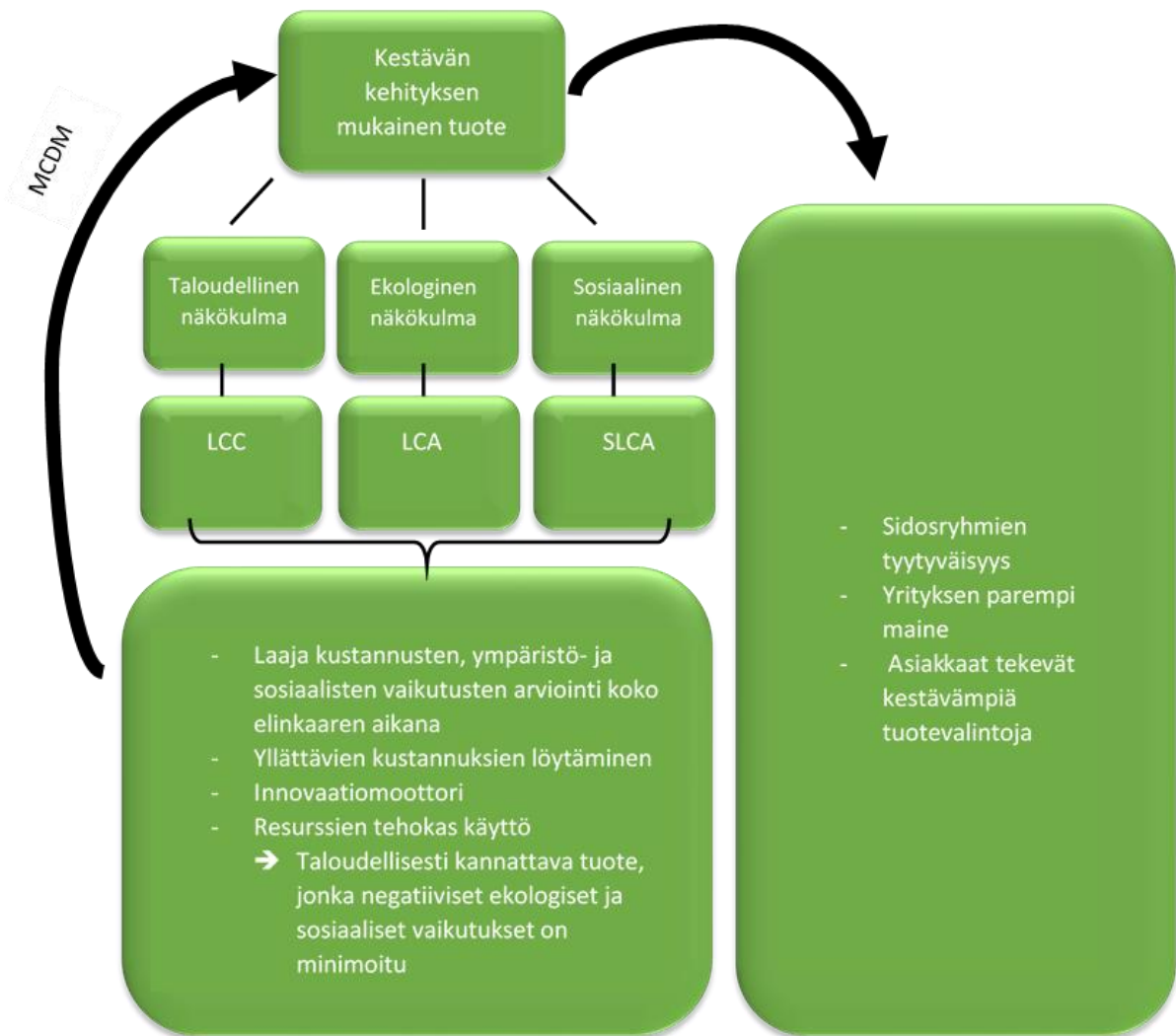
Kestävän kehityksen ja LCC:n yhdistelmällä voidaan saavuttaa niin taloudellisia kuin ekologisia ja sosiaalisia hyötyjä. Yhdistelmä sopii parhaiten erilaisten tuotteiden, materiaalien ja tuoteprosessien vertailuun, jolloin voidaan vertailla niiden tehokkuutta kolmesta eri näkökulmasta ja näin tehdä päätöksiä niiden suhteen. Yrityksen halutessa kestävämpiä tuotteita minimoituilla kustannuksilla yhdistelmän avulla saa valittua juuri oikeat tekijät sen tueksi.

Työssä esitellyissä tutkimuksissa nousi myös esille koko elinkaaren huomioimisen hyödyt. Monissa tapauksissa ekologisen näkökulman huomioiminen nosti valmistuskustannuksia, mutta käyttövaiheessa kustannukset pienenevät merkittävästi, jolloin ekologinen tuote oli halvempi vaihtoehto. LCSA:n sosiaalinen näkökulma tekee arvioinnista monimutkaisempaa, mutta sen huomioiminen tekee tuotteesta kestävämmän. Sosiaalisen näkökulman huomioiminen monesti muuttaa tutkimuksen tuloksia. Vaihtoehto, joka on taloudellisesti ja ekologisesti paras vaihtoehto ei välttämättä ole sosiaalisesta näkökulmasta ollenkaan hyvä vaihtoehto. LCSA:n avulla kaikki kestävän kehityksen kolme näkökulmaa tulevat huomioiduksi ja näin ollen se on kattavin ja hyödyllisin vaihtoehto yrityksille.

Lisäksi LCC:n ja kestävän kehityksen yhdistelmällä voidaan tukea asiakasta tekemään kestävämpiä valintoja. Kestävillä tuotteilla on usein kalliimpi hankintahinta kuin perinteisillä tuotteilla, mutta ottaessa koko elinkaaren huomioon kokonaiskustannukset voivat olla pienemmät. Yritys voi markkinoinnissa hyödyntää LCC:n ja kestävän kehityksen tuloksia, jolloin yrityksen myynti kasvaa ja asiakkaat tekevät kestävämpiä valintoja.

LCC:n ja kestävän kehityksen yhdistelmässä kuitenkin riittää vielä haasteita. Suurimmat haasteet syntyvät yhdistelmän monimutkaisuudesta, datanhallinnasta ja näkökulmien päällekkäisyydestä. Yhdistelmän monimutkaisuuden takia yhdistelmän implementointi voi kestää pitkään ja vaatia paljon resursseja. Lisäksi SLCA:n kehitys on vielä alkuvaiheessa ja se sisältää data-aukkoja, minkä takia analyysi jää vaillinaiseksi. Näkökulmien päällekkäisyys on ehkä suurin ongelma ja se vaikuttaa molempiin työkaluihin. Päätöksenteko vaikeutuu huomattavasti näkökulmien erilaisten suhteiden takia.

Kuvaan 10 on koottu elinkaarikustannuslaskennan ja kestävän kehityksen yhdistelmässä käytettävät työkalut ja niiden tuomat hyödyt.



Kuva 10. Elinkaarikustannuslaskennan ja kestävän kehityksen työkalut ja hyödyt

Jatkotutkimuksessa voisi selvittää, miten LCC+LCA-yhdistelmä tai LCSA implementoidaan osaksi yrityksen järjestelmiä. Tutkimuksessa voitaisiin tarkastella, miten implementointi onnistuu, jos LCA ja LCC ovat jo erikseen käytössä tai jos ei kumpikaan ole tai vain toinen on käytössä yrityksessä. Työssä selvitettäisiin implementoinnin haasteita ja sen kustannuksia eri skenaarioissa. Sen avulla yritykset voisivat helpommin tutustua, sopiiko yhdistelmä heidän yrityksensä työkaluksi ja päätös käyttöönotosta helpottuisi.

LÄHTEET

Auer, J., Bey, N. & Schäfer, J-M. 2017. Combined Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing in the Eco-Care-Matrix: A case study on the performance of a modernized manufacturing system for glass containers. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 141. s. 99-109.

Basu, K. & Palazzo, G. 2008. Corporate social responsibility: A process model of sensemaking. *Academy of Management Review*. Vol. 33. nro 1. s. 122-136.

Benn, S & Bolton, D. 2011. Key Concepts in Corporate Social Responsibility. London: SAGE. 246 s.

Benoit, C. & Mazjin, B. 2009. Guidelines for social life cycle assessment of products. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Belgium: Druk in de weer. 103 s.

Bierer, A., Meynerts, L. & Götze, U. 2013. Life cycle assessment and life cycle costing – methodical relationships, challenges and benefits of an integrated use. Teoksessa: Nee, A., Song, B. & Ong, S. Re-engineering Manufacturing for Sustainability. Heidelberg: Springer. 719 s.

Bierer, A., Götze, U., Meynerts, L. & Sygulla, R. 2015. Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 108. s. 1289-1301.

Carroll, A. B. 1991. The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. *Business Horizons*. Vol. 34. nro 4. s. 39-48.

Chandler, D. 2017. Strategic corporate social responsibility: sustainable value creation. 4th ed. Los Angeles: SAGE. 448 s.

Curran, M.A. 2014. Strengths and Limitations of Life Cycle Assessment. Teoksessa: Klöpffer, W. Background and Future Prospects in Life Cycle Assessment. Dordrecht: Springer. 262 s.

Dong, J., Chi, Y., Zou, D., Fu, C., Huang, Q. & Ni, M. 2014. Energy-environment-economy assessment of waste management systems from a life cycle perspective: Model development and case study. *Applied Energy*. Vol. 114. s. 400-408.

Drury, C. 2012. *Management and Cost Accounting*. 8th ed. Cengage Learning. 850 s.

Dunk, A. S. 2004. Product life cycle cost analysis: the impact of customer profiling competitive advantage, and quality of IS information. *Management Accounting Research*. Vol 15. nro 4. s. 401-414.

Elkington, J. 1999. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone. 410 s.

Finkbeiner, M., Schau, E., Lehmann, A. & Traverso, M. 2010. Towards life cycle sustainability assessment. *Sustainability*. Vol. 2. nro 10. s. 3309-3322.

Franze, J. & Citroth, A. 2011. A comparison of cut roses from Ecuador and the Netherlands. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 16. nro 4. s. 366-378.

Hansen, D. R., Mowen, M. M. & Guan, L. 2007. *Cost Management: Accounting and Control*. 6th ed. South-Western College Pub. 832 s.

Hauschild, M. & Huijbregts, M. 2015. *Life Cycle Impact Assessment*. Dordrecht: Springer Netherlands. 339 s.

Heijungs, R., Settanni, E. & Guinée, J. 2013. Toward a computational structure for life cycle sustainability analysis: unifying LCA and LCC. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 18. nro 9. s. 1722-1733.

Hong Dong, Y. & Thomas Ng, S. 2016. A modelling framework to evaluate sustainability of building construction based on LCSA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 21. nro 4. s. 555-568.

Hoogmartens, R., Van Passel, S., Van Acker, K. & Dubois, M. 2014. Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 48. s. 27-33.

Hornigren, C., Datar, S. & Rajan, M. 2012. Cost accounting: a managerial emphasis. 14th ed. Harlow: Pearson Education cop. 892 s.

Hunkeler, D. 2006. Societal LCA Methodology and Case Study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 11. nro 6. s. 371-382.

Hunkeler, D., Lichtenwort, K. & Rebitzer, G. 2008. Environmental life cycle costing. Boca Ranton, FL: Pensacola, FL: CRC Press; SETAC cop. 191 s.

IEC 60300-3-3. 2004. Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing. International Electrotechnical Commission IEC. 59 s.

ISO 14040. 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Standards Organization. 20 s.

Jorgensen, A., Finkbeiner, M., Jorgensen, M. & Hauschild, M. 2010. Defining the baseline in social life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 15. nro 4. s. 376-384.

Juutinen, S. & Steiner, M. 2010. Strateginen yritysvastuu. Helsinki: WSOYpro. 315 s.

Kates, R. W., Parris, T. M. & Leiserowitz, A. 2005. What is sustainable development? *Environment*. Vol. 47. nro 3. s. 8-21.

Klöppfer, W. 2008. Life Cycle Sustainability Assessment of Products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 13. nro 2. s. 89-95

Klöppfer, W. & Ciroth, A. 2011. Is LCC relevant in a sustainability assessment? *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 16. nro 2. s. 99-101.

Klöppfer, W. & Grahl, B. 2014. Life cycle assessment (LCA): a guide to best practice. Weinheim: Wiley: VCH cop. 396 s.

Knauer, T. & Möslang, K. 2018. The adoption and benefits of life cycle costing. *Journal of Accounting & Organizational Change*. Vol. 14. nro 2. s. 188-215.

Margni, M. & Sonnemann, G. 2015. Life Cycle Management. Dordrecht: Springer. 353 s.

Milá i Canals, L., Bauer, C. Depestele, J., Dubreuil, A., Freiermuth Knuchel, R., Gaillard, G., Michelsen, O., Mueller-Wenk, R. & Rydgren, B. 2007. Key Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment Within LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 12. nro 1. s. 5-15.

Moreau, V. & Weidema, B. 2015. The computational structure of environmental life cycle costing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 20. nro 10. s. 1359-1363.

Norris, G. 2001. Integrating life cycle cost analysis and LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 6. nro 2. s. 118-120.

Onat, N., Kucukvar, M., Tatari, O. & Egilmez, G. 2016. Integration of system dynamics approach toward deepening and broadening the life cycle sustainability assessment framework: a case for electric vehicles. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 21. nro 7. s. 1009-1034.

Park, J. H., Seo, K. K. & Lee, K. I. 2002. Approximate Product Life Cycle Costing Method for the Conceptual Product Design. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 51. nro 1. s. 421-424.

Rebitzer, G. & Hunkeler, D. 2003. Life cycle costing in LCM: Ambitions, opportunities, and limitations – Discussing a framework. *International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 8. nro 5. s. 253-256.

Scopus. 2019. Analyze search results. [Verkkodokumentti] [Viitattu 6.2.2019] Saatavilla: <https://www-scopus-com.ezproxy.cc.lut.fi/term/analyzer.uri?sid=7be33cd20f60e957fe06e8cbcf480972&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28Sustainable+development%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=38&count=231974&analyzeResults=Analyze+results&txGid=ae2a7841a537388fb03f4336d7eb4828>

Sherif, Y. S. & Kolarik, W. J. 1981. Life cycle costing: concept and practice. *The International Journal of Management Science*. Vol. 9. nro 3. s. 287-296

Simoës, C., Figueiredo de Sá, R., Ribeiro, C., Bernardo, P., Pontes, A. & Bernardo, C. 2016. Environmental and economic performance of a car component: assessing new materials, processes and designs. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 118. s. 105-117.

Swarr, T., Hunkeler, D., Klöpffer, W., Pesonen, H. & Citroth, A. 2011. Environmental life-cycle costing: a code of practice. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 16. nro 5. s. 389-391.

Tarne, P., Lehmann, A., Kantner, M. & Finkbeiner, M. 2018. Introducing a product sustainability budget at an automotive company –one option to increase the use of LCSA results in decision-making processes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 23 s. 1-19.

The United Nations. 2019a. Agenda 21. [Verkkodokumentti] [Viitattu 6.2.2019] Saatavilla: <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21>

The United Nations. 2019b. About the sustainable goals. [Verkkodokumentti] [Viitattu 12.2.2019] Saatavilla: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.

Wilson, J. P. 2015. The triple bottom line. *International Journal of Retail & Distribution Management*. Vol. 43. nro 4/5. s. 432-447.

Werther, W. & Chandler, D. 2006. *Strategic corporate social responsibility: Stakeholders in a global environment*. Los Angeles: SAGE. 415 s.

Woodward, D. G. 1997. Life cycle costing – theory, information acquisition and application. *International Journal of Project Management*. Vol. 15. nro 6. s. 335-344.

Zhang, Y., Wang, H.-P. & Zhang, C. 1999. Green QFD-II: A life cycle approach for environmentally conscious manufacturing by integrating LCA and LCC into QFD matrices. *International Journal of Production Research*. Vol. 37. nro 5. s. 1075-1091.

Zheng, X., Easa, S., Yang, Z. Ji, T. & Jiang, Z. 2019. Life-cycle sustainability assessment of pavement maintenance alternatives: methodology and case study. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 213. s. 659-672.

Öberseder, M., Schlegelmilch, B. & Murphy, P. 2013. CSR practices and consumer perceptions. *Journal of Business Research*. Vol. 66. nro 10. s. 1839-1851.

Öberseder, M., Schlegelmilch, B. & Gruber, V. 2011. "Why Don't Consumers Care About CSR?": A Qualitative Study Exploring the Role of CSR in Consumption Decisions. *Journal of Business Ethics*. Vol. 104. nro 4. s. 449-460.

Liite 1. LCC:n kaavoja

Hunkeler et al. (2008) kaava:

$$LCC = \sum_{E_1}^{E_n} \sum_{P_1}^{P_i} (\mu_i \times \sum_{K_1}^{K_p} \sum_{V_1}^{V_q} lkm_p \times C_p) \quad (1),$$

missä

E = Elinkaaren vaihe

P = Prosessi

μ = Prosessin skaalauskerroin

K = Kustannustekijä

V = Virta

lkm = Lukumäärä

C = Kustannukset

Heijungs et al. (2013) kaava:

$$l = \sum_j -v_j \quad (2),$$

missä

l = Elinkaarikustannukset

v = Arvonnousu

j = Prosessi

v lasketaan kahden matriisin avulla:

$$v = A_m^T 1 + B_m^T 1 \quad (3),$$

missä

A_m = Skaalattu matriisi, jossa huomioidaan tuotteen kustannukset ilman ympäristökustannuksia

B_m = Skaalattu matriisi, jossa huomioidaan tuotteen ympäristökustannukset