



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Uuden teknologian arvoketjun mallintaminen: case kiinteän elektrolyytin akut

Mikko Huuhka

TUOTANTOTALOUS

Diplomityö

Maaliskuu 2021



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Uuden teknologian arvoketjun mallintaminen: case kiinteän elektrolyytin akut

Mikko Huuhka

Ohjaajat: DI Tero Leppänen & TkT, dosentti Pekka Tervonen

TUOTANTOTALOUS

Diplomityö

Maaliskuu 2021

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintvö, diplomintvö) Tuotantotalous		Pääaineopinnoien ala (lisensiaatintvö)	
Tekijä Mikko Huuhka		Työn ohiaaia vliobistolla DI Tero Leppänen & TkT, dosentti Pekka Tervonen	
Työn nimi Uuden teknologian arvoketjun mallintaminen: case kiinteän elektrolyytin akut			
Opintosuunta Tuotantotalous	Työn laji Diplomityö	Aika Maaliskuu 2021	Sivumäärä 75 s.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kiinteäelektrolyyttiset akut ovat verrattain uusi akkuteknologia, jonka viimeaikaista kehitystä on ajanut sähköisten kulkuneuvojen yleistymisen niin julkisissa kulkuneuvoissa kuin yksityisautoilussa ja muussa kulkemisessa. Kiinteäelektrolyyttiset akut eroavat perinteisistä litiumioniakuista esimerkiksi turvallisuudellaan, ympäristöystävällisyydellään, varastointikapasiteetillaan ja energiatiheyksiltään. Eräs valmistustapa näille kiinteäelektrolyyttisille akuille on painettavan elektroniikan valmistusmenetelmät rullalta rullalle -prosessissa.</p> <p>Tässä diplomityössä keskityttiin tutkimaan painettavien, kiinteäelektrolyyttisten akkujen arvoketjujen mallintamista Oulun liiketoimintaekosysteemissä. Pohja tälle kvalitatiiviselle tutkimukselle luotiin aiheelle relevantin kirjallisuuskatsauksen sekä case-esimerkkien avulla, sekä keräämällä aineistoa kiinteäelektrolyyttisistä akuista ja niiden painettavista valmistusmenetelmistä. Tiedonkeruumenetelminä empiirisessä tutkimuksessa käytettiin työpajaa sekä aihepiirin tutkijoiden vapaamuotoisia haastatteluja. Tapaustutkimuksen tuloksena saatiin mallinnettua Oulussa kehitettävälle painettavalle, kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle kolme skenaariomallia sekä näihin skenaarioihin pohjautuvat arvoketjumallit.</p> <p>Työn tuloksena saadut arvoketjuskenaarioiden mallit voivat auttaa niiden mukaisella tavalla vaadittua vastuun ottavaa yritystä tai muuta toimijaa hahmottamaan tarvittavia arvoja luovia toimintoja ja niiden huomioimista, sekä vaadittua liiketoimintaekosysteemin sitouttamista arvoketjuun esimerkiksi toimitus- tai akkuverkoston muodossa. Skenaariot voivat auttaa myös oman toiminnan merkityksen huomioimista tämän liiketoimintaekosysteemin kontekstissa. Tutkimuksen tulokset koskevat spesifisesti Oulun aluetta ja sen liiketoimintaekosysteemiä, mutta tuloksia voitaisiin soveltaa samankaltaisiin kohteisiin, joissa yritys tai muu toimija haluaa ottaa vastuun painettavien, kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistuksesta ja akkuteknologian kehityksestä tai muiden uusien teknologioiden kohdalla.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT FOR THESIS

University of Oulu Faculty of Technology

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Industrial Engineering & Management		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Mikko Huuhka		Thesis Supervisor M.Sc. (Tech) Tero Leppänen & D.Sc (Tech), Adjunct Professor Pekka Tervonen	
Title of Thesis Value chain modelling for a new technology: case solid-state batteries			
Major Subject Industrial Engineering & Management	Type of Thesis Master's Thesis	Submission Date March 2021	Number of Pages 75 pp.
Abstract <p>Solid-state batteries are a comparatively new battery technology and the driver for its recent development has been the generalization of electronic vehicles in public as well as in private transportation and other ways of movement. Solid-state batteries differ from conventional lithium-ion batteries by example with their safety, environmental friendliness, storage capacity and energy density. A certain manufacturing method for these batteries are the methods of printed electronics in roll-to-roll process.</p> <p>The focus of this thesis was studying the value chain modelling of printed solid-state batteries in Oulu business ecosystem. The background for this qualitative study was created with the help of relevant literature of the field and case examples, and by gathering literature in solid-state batteries and in manufacturing methods of printed electronics. The information gathered to the empirical study was conducted by workshop and by informal interviews with the researchers of the field. As the result of the case study, three scenario models for printable, solid-state battery technology to be developed in Oulu and value chain models based on these scenarios were modeled.</p> <p>The resulting value chain scenario models can help the required, responsible company or other actor to identify and consider the needed value-creating activities, as well as the commitment of the required business ecosystem to the value chain, for example in the form of supply of battery network. The scenarios may also help to consider company's own activities in the context of the business ecosystem. The results of the study are specific to the Oulu region and its business ecosystem, but the results could be applied to similar sites where a company or other actor wants to take responsibility to produce printable, solid-state batteries and the development of battery technology or other new technology.</p>			
Additional Information			

ALKUSANAT

Tämän työn päätarkoituksena oli luoda painettavalle, kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle Ouluun sijoittuva arvoketjumalli, sekä selvittää, mitä asioita ja toimijoita Ouluun tarvittaisiin arvoketjun toimintaa varten ja miten alue tähän reagoisi. Kiinteän elektrolyytin akut ovat viimeaikoina saaneet maailmanlaajuisesta huomiota alan tutkimuksen edetessä, ja Oulun yliopisto oli mukana kehittämässä omaa versiotaan tästä teknologiasta, tavoitteenaan kehittää maailman ensimmäinen, toimiva kiinteäelektrolyyttisen akkukennon prototyyppi, josta syntyi tarkoitus tälle diplomityölle. Työ toteutettiin lokakuun 2020 ja huhtikuun 2021 välisenä aikana.

Erietyiset kiitokset esitän työn ohjaajille, diplomi-insinööri Tero Leppäselle sekä tekniikan tohtori, dosentti Pekka Tervoselle tämän diplomityöaiheen tarjoamisesta sekä työn aikana saaduista neuvoista sekä kommentteista. Työn kirjoittamisen aikana pääsin syventymään jo valmiiksi tuttujen tuotantotalouden aihepiirien lisäksi uusiin asioihin, mikä teki työn tekemisestä hyvinkin palkitsevaa. Työn aihe oli globaalillakin tasolla melko uusi, mikä ei tehnyt siitä kaikista helpoimmin tutkittavaa, mutta juuri tämän takia aihe oli työn tekijälle erityisen kiinnostava. Tämän työn aihe herätti kirjoittajassa myös kiinnostuksen akkuteknologiaa ja siinä tapahtuvaa kehitystä kohtaan.

Tuotantotalouden opinnot ovat valmistaneet minua sekä elämään että työuralleni jopa paremmin kuin aluksi osasin kuvitella alan sopivuuden ansiosta. Haluankin kiittää kaikkia vuonna 2015 kanssani aloittaneita Oulun yliopiston tuotantotalouden opiskelijoita sekä muita matkan varrella tuntemiani ihmisiä, joiden kanssa olen luonut uusia ja tiiviitä ystävyys-suhteita. Suuri kiitos tämän diplomityön ja opintojeni loppuun saattamisesta, kannustuksesta sekä tuesta kuuluu perheelleni ja ystäväilleni.

Oulussa, 31.3.2021

Mikko Huuhka

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SISÄLLYSLUETTELO.....	6
1 Johdanto	8
2 Kirjallisuuskatsaus	11
2.1 Arvo.....	11
2.1.1 Arvon määritelmät	11
2.1.2 Arvonluonti.....	13
2.2 Arvoketju.....	15
2.2.1 Arvoketjun määritelmä	15
2.2.2 Toiminta arvoketjussa.....	16
2.3 Arvoverkko	19
2.3.1 Arvoverkon määritelmä	19
2.3.2 Organisaatioiden toiminta arvoverkossa.....	21
2.4 Arvoketjujen ja -verkkojen mallintaminen	23
2.5 Tuotteistaminen ja kaupallistaminen.....	25
2.5.1 Tuotteistaminen	25
2.5.2 Kaupallistaminen	27
2.6 Liiketoimintaekosysteemi	28
2.6.1 Liiketoimintaekosysteemin määritelmä ja strategiat	28
2.6.2 Liiketoimintaekosysteemin mekanismit	30
2.7 Kirjallisuuskatsauksen synteesi.....	32
3 Aineisto ja menetelmät.....	34
3.1 Tutkimusprosessi ja -menetelmät.....	34
3.2 Kiinteän elektrolyytin akkuteknologia	35
3.2.1 Kiinteän elektrolyytin akkukenno.....	35
3.2.2 Kiinteä elektrolyytti	36
3.3 Painettu elektroniikka.....	37
3.3.1 Käytetyt materiaalit	37
3.3.2 Painamistekniikat.....	39
3.3.3 Rullalta rullalle -valmistus.....	41
3.3.4 Painetun elektroniikan sovellukset	43
3.4 Akkuteknologian arvoketjut.....	43

3.4.1 Arvoketjut	43
3.4.2 Markkinat ja arvonluonti	46
3.5 Case-esimerkkien tarkastelu.....	48
3.5.1 Toyota Motor Corporation.....	48
3.5.2 Blue Solutions / Bolloré Group	49
3.5.3 QuantumScape	49
3.5.4 Solid Power.....	50
3.5.5 Case-tapausten yhteenveto.....	50
4 Empirian tulokset	52
4.1 Case-yritykset peilattuna arvoketjukirjallisuuteen	52
4.2 SSB arvoketjuskenaariot Oulun liiketoimintaekosysteemissä	53
4.2.1 SSB-akkujen valmistus Oulussa	53
4.2.2 SSB-teknologian lisenssimyynti ja elektrolyyttitoimitus	58
4.2.3 SSB-teknologian lisenssimyynti	61
4.2.4 Arvoketjuskenaarioiden yhteenveto	64
5 Pohdinta	67
5.1 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen arviointi	69
5.2 Mahdolliset tulevaisuuden tutkimuskohteet.....	71
6 Lähteet.....	72

1 JOHDANTO

Kiinteän elektrolyytin akkuteknologia on jo pitkään ollut tutkimuksen kohteena ja on globaalilla tasolla mielenkiintoa herättävä ja puhuttava aihe, jonka odotetaan tulevaisuudessa olevan vaihtoehto tai jopa syrjäyttävän nykyisen litiumioni - akkuteknologian. Tämän uuden akkuteknologian tutkimusta on vauhdittanut viime vuosina muutokset energian käyttötavoissa ja -tottumuksissa, kuten esimerkiksi sähköautojen kysynnän kasvu markkinoilla sekä ekologisen perspektiivin huomioiminen arkipäivän valinnoissa.

Kiinteäelektrolyyttisten akkujen perusideana on vaihtaa perinteinen nestemäinen elektrolyytti täysin kiinteään materiaaliin, mikä tuo akuille uusia ominaisuuksia, esimerkiksi turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden parantuminen korvaamalla helposti syttyvä elektrolyytti helposti hajoavasta akkurakenteesta, parempia energiatiheyksiä ja korkeampia virran varastointikapasiteetteja. Näiden ominaisuuksien myötä kiinteäelektrolyyttisten akkuteknologioiden kehityksestä ollaan erityisen kiinnostuneita autoteollisuudessa sähköisten ajoneuvojen markkinaosuuden sekä kysynnän kasvamisen myötä. Tällaisissa mobiileissa ratkaisuisissa ja laitteissa käytettäviä laitteita valmistetaan usein painetun elektroniikan valmistusmenetelmin, joissa on viime vuosina tapahtunut huomattavaa kehitystä koskien painamismenetelmiä sekä niissä käytettäviä materiaaleja.

Tässä työssä tutkittiin Oulussa luotavalle painettavalle, kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle syntyviä arvoketjuskenaarioita Oulun liiketoimintaekosysteemissä. Arvoketjuja tutkimalla pystytään yksilöimään yrityksen tuotteen tai palvelun arvoa tuottavat toiminnot, mikä puolestaan mahdollistaa arvonluonnin tehostamisen kehittämällä itse toimintoja. Arvoketjuja ja arverkkkoa mallinnettaessa on tärkeää ymmärtää organisaatio liiketoimintaekosysteeminsä kontekstissa, koska liiketoimintaekosysteemin muut toimijat voivat hyvin kuulua yhdessä samaan arvoketjuun tai -verkkoon. Työn tulokulmana oli hahmotella Oulun painettavien, kiinteäelektrolyyttisten akkujen arvoketju ja luoda näistä vastuun ottavalle yritykselle tai muulle toimijalle erilaisia skenaariomahdollisuuksia liittyen arvonluontiin, tarvittaviin

liiketoimintaekosysteemin toimijoihin ja muihin verkostoihin sekä määrittää toiminnot ja hahmotella aikataulut, joiden avulla kyseiset skenaariot saadaan toteutettua.

Tämä diplomityö koostuu kirjallisuuskatsauksesta, case-esimerkkien tarkastelusta sekä empiriaosuudesta. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on luoda kokonaiskuva arvoketjuista ja -verkoista sekä niiden toiminnasta ja niissä tapahtuvasta arvonluonnista, samoin liiketoimintaekosysteemin konseptista ja sen merkityksestä kyseiseen arvonluontiin. Mukana on myös tutkimusta tuotteistamis- ja kaupallistamisprosesseista, joilla on suuri merkitys koskien erityisesti arvoketjun loppupäätä, sekä teoriaa yleisesti tutkimuksen kannalta tärkeistä käsitteistä ja ilmiöistä. Case-esimerkkien tarkastelun tarkoituksena on benchmarking-periaatteella tarkastella maailman parhaita kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistajia erityisesti arvoketjujen, liiketoimintamallien ja akkumateriaalien näkökulmasta. Case-esimerkkien yritykset valittiin saatavilla olevan tiedon määrän perusteella. Tutkimuksen pääosana oleva empiriaosuus rajattiin käsittelemään painettavan, kiinteäelektrolyyttisen akkuteknologian arvoketjuskenaariomallinnusta Oulun liiketoimintaekosysteemissä. Tavoitteena oli hahmotella ja mallintaa kolmeen eri skenaariovaihtoehtoon perustuvat arvoketjumallit Oulun kontekstiin, huomioimalla liiketoimintaekosysteemin nykytila ja tunnistamalla tarvittavat verkostot sekä arvoa luovat toiminnot, jotta kyseisten skenaarioiden mallit saadaan toteutettua. Näiden lisäksi mallinnettiin jokaiselle skenaariolle tiekarttatyypiset etenemisvaiheet karkealla aikataulusuunnitelmalla. Tutkimuksen taustan ja tarpeiden pohjalta asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

Tutkimuskysymys 1: Miten uusi arvoketju mallinnetaan kirjallisuuden perusteella?

Tutkimuskysymys 2: Millaiset ovat arvoketjuskenaariot case-tapauksessa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen haetaan vastauksia tutkimalla aiheelle relevanttia kirjallisuutta ja tutkimustietoa arvonluonnista, arvoketjuista ja -verkoista sekä näihin liittyen liiketoimintaekosysteemistä sekä tuotteistamis- ja kaupallistamisprosesseista. Liiketoimintaekosysteemin konteksti on erittäin tärkeä arvoketjun ja -verkon mallintamisessa, ja tuotteistamis- ja kaupallistamisprosessien merkitys kasvaa arvoketjun loppupäätä kohden kuljettaessa eli markkinoiden rajapinnoissa. Toisesta

tutkimuskysymyksestä saadaan tämän työn tärkeimmät tulokset ja jonka lähtökohdat luovat pohjan tälle tutkimukselle. Tutkimuskysymykseen 2 etsitään vastauksia tapaustutkimuksen kautta, case-esimerkkejä tutkimalla sekä työssä käytetyn kirjallisuuden avulla.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tässä osiossa perehdytään tämän työn keskeisiin teemoihin ja kokonaisuuksiin, sekä pyritään luomaan käsitys ja pohja empiiristä tutkimusta varten. Tämän tutkimuksen keskeisimmät teemat arvoketju, arverkko ja liiketoimintaekosysteemit käsitellään laaja-alaisesti.

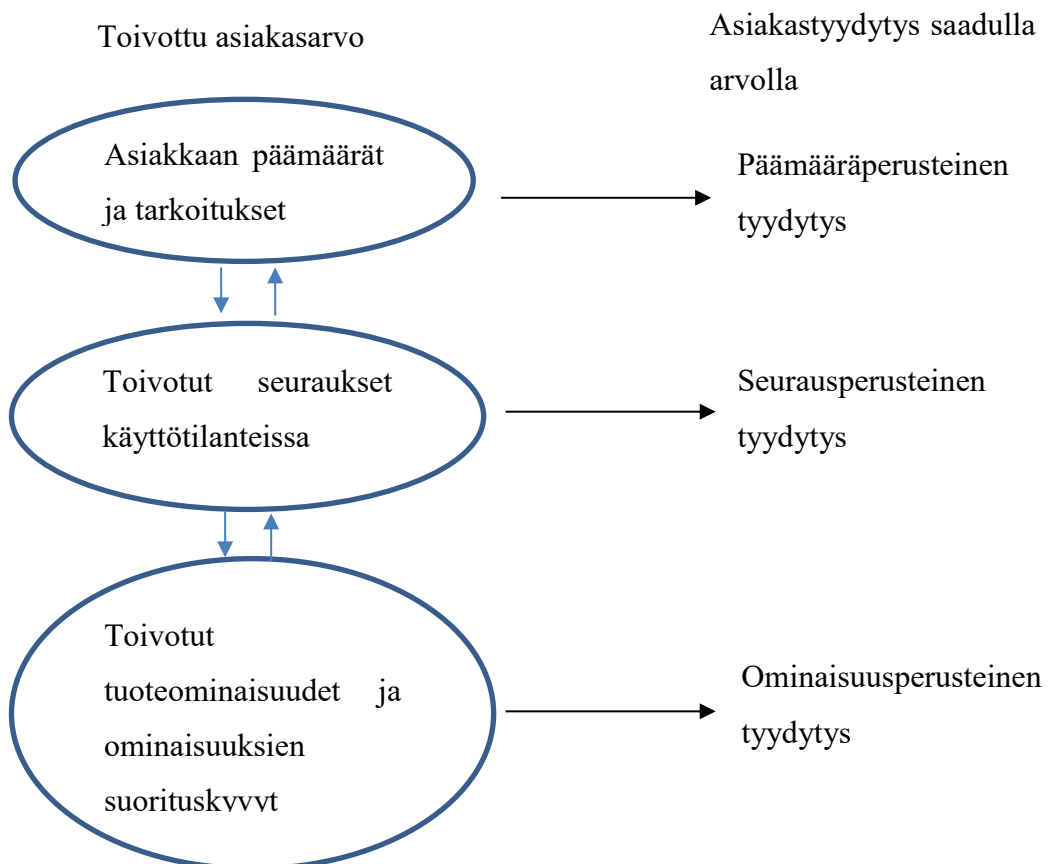
2.1 Arvo

2.1.1 Arvon määritelmät

Arvon konseptilla on useita eri määritelmiä, jotka eivät yleensä ole toisiaan poissulkevia, ja näillä määritelmillä on useita yhteisiä teemoja (Zeithaml, 1988). Esimerkiksi organisaatiohallinnan näkökulmasta organisaation arvoa voidaan kasvattaa luomalla ja toimittamalla korkea-arvoisille asiakkaille ensiluokkaista asiakasarvoa (Woodruff, 1997). Rutner & Langleyn (2000) mukaan liiketoiminnassa tarkoitettulle arvolle on kaksi tarkoituksenmukaista määritelmää. Ensimmäisen mukaan arvo on asian sellainen laatu, jonka mukaan tämä voi olla enemmän tai vähemmän haluttava, käyttökelpoinen, arvioitavissa oleva tai tärkeä. Toisen määritelmän mukaan arvo on jollekin myydylle tai vaihdetulle sopiva tai reilu ekvivalentti esimerkiksi rahassa tai hyödykkeissä mitattuna. Arvo eroaa laadusta Zeithamlin (1988) mukaan kahdella tavalla. Ensiksi arvon esitetään olevan korkean tason abstrakti käsite, joka on individualistinen ja persoonallinen, korkean tason konsepti. Arvo voi olla samankaltaista kuin ”emotionaalinen voitto” (Young & Feigin 1975), tai abstrakteja, moniulotteisia ja vaikeasti mitattavissa olevia ominaisuuksia (Geistfeld et al. 1977). Toiseksi arvoon sisältyy erilaisten komponenttien antamisesta ja ottamisesta muodostuva vaihtokauppa (Rutner & Langley 2000).

Markkinoilla arvo on se vastaanotettu rahayksiköllinen arvo, jonka asiakasyritys vastaanottaa taloudellisten, teknisten, sosiaalisten ja palvelullisten hyötyjen sarjana tuotteesta maksettua hintaa vastaan, ottaen huomioon saatavilla olevan toimittajan tarjoama ja hinnat (Anderson et al. 1993). Ostajan käsitykset arvosta edustavat sitä vaihtokauppaa laadun tai hyötyjen välillä, jotka hän tuotteessa käsittää, suhteessa siihen uhraukseen, jonka hän käsittää maksaessaan tuotteen hinnan (Monroe 1990, Woodruff

1997 mukaan). Asiakasarvolla voidaan tarkoittaa sitä emotionaalista sidettä, joka asiakkaan ja tuottajan välille syntyy sen jälkeen, kun asiakas on käyttänyt kyseisen toimittajan tuottamaa keskeistä palvelua tai tuotetta, ja todennut sen tarjoavan lisäarvoa (Butz & Goodstein 1996). Asiakasarvo voidaan myös nähdä markkinoiden käsittämänä laatuna, joka on säädetty vastaamaan tuotteen suhteellista hintaa (Gale 1994, Woodruff 1997 mukaan). Asiakasarvo on linkitetty palvelun tai tuotteen käyttämiseen, mikä eriyttää sen henkilökohtaisista arvoista. Samoin asiakasarvo on asiakkaiden käsitettävissä, eikä ole objektiivisesti myyjän määritettävissä (Zeithaml, 1988). Myös Helander & Ulkuniemi (2012) korostavat arvon nykykäsityksessä subjektiivisuutta ja käsitettyä arvoa, jolloin toimittajan luoma arvo on viimekädessä asiakkaan arvioitavissa. Asiakasarvon voidaan myös nähdä olevan kuluttajan kokonaisarvio tuotteen hyödyistä, perustuen niihin näkemyksiin tai käsityksiin mitä on saatu ja mitä on annettu (Zeithaml, 1988). Kuva 1 esittää Woodruffin (1997) mukaillemaa asiakasarvon hierarkiamallia.



Kuva 1. Asiakasarvon hierarkiamalli (mukaiillen Woodruff 1997)

2.1.2 Arvonluonti

MacDonaldin ja Ryanin (2001) tutkimuksessa luodaan määritelmä arvonluonnille, kilpailulle ja arvon omistamiselle. Tutkimuksessa osoitetaan, että mikäli kilpailussa yrityksen annetaan omistaa arvo, niin vaadittava arvonluonnin taso on minimaalinen. Tällöin on myös olemassa korkeampitasoinen arvonluonti, joka takaa, että kilpailun tuloksena on arvon omistaminen. Lisäksi on olemassa niukkuuden mitta, eli minimiarvo, jonka ominaisuutena kilpailu implikoi, että yritys varmasti ottaa arvon omistukseensa, jos ja vain jos yrityksen minimiarvo on positiivinen ja jos toimija haluaa omistaa arvon, tarvitaan tietynlainen kilpailullinen rakenne. Yhteenvetona voidaan sanoa, että yrityksen kyvykkyys omistaa osa tai kaikki luomastaan arvosta riippuu arvonluontiprosessin ominaisuuksista, jotka jollain tavoin vuorovaikuttavat yritysten välisen kilpailun kanssa (MacDonald & Ryan 2001, Lin & Lin 2006 mukaan). Arvonluonnin ajatellaan olevan tärkeässä asemassa yhteistyötä tekeville toimittaja-työntekijä-asiakassuhteissa. Asiakassuuntautunut johtaminen toimii arvonluonnin perustana. Samanaikaisesti työntekijöitä täytyy motivoida ja kouluttaa luomaan asiakasarvoa. (Lin & Lin, 2006)

Arvo on suhteellinen kilpailuun nähden. Tuotteissa tai palveluissa olevien hyötyjen ja uhrausten välisen paremman vaihtokaupan toimittaminen auttaa yritystä luomaan kestäviä kilpailuetuja (Eggert & Ulaga 2002, Lin & Lin 2006 mukaan). Todellinen arvonluonti, ja pitkän aikavälin kasvu ja tuottavuus, tapahtuu kun yritykset kehittävät palveluiden ja tuotteiden jatkuvaa virtaa, jotka tarjoavat uniikkeja ja kiinnostavia hyötyjä tietyille valitulle asiakasjoukolle. Tämä tarkoittaa, että ylläpitääkseen teollisuuden johtoaseman, yrityksen on perustettava kestävä arvonluonnin prosessi (Hill & Jones 1998, Lin & Lin 2006 mukaan). Eri yritysten vaihtoehtoiset tavat vastata kilpailuun tulee kriittiseksi arvonluonnin prosessin luomisen jälkeen. Kasvavassa informaatiotaloudessa menestyvimmat reaktiot kilpailulle keskittyvät kahteen aihepiiriin. Näitä ovat innovaatiot, jotka ajavat tuotteiden ja palveluiden kustannuksia alas, samalla kun kasvattavat niiden laatua ja moninaisuutta, sekä syvällisemmän ymmärryksen rakentaminen muuttuvista asiakastarpeista yhä spesifisimmissä asiakassegmenteissä (Lin & Lin, 2006). Liiketoiminnallisten suhteiden kontekstissa arvo voidaan ymmärtää koettuna vaihtokauppana useiden hyötyjen ja uhrausten välillä, jotka saadaan

asiakassuhteen kautta toimittajaorganisaation avainpääöstentekijöiltä (Walter et al. 2001).

Arvolupaus on tuotteista, palveluista, ajatuksista ja ratkaisuksista koostuva ohjelma, jota liiketoimintamarkkinoija tarjoaa asiakkaiden suorituspäämäärien kehittämiseksi ja eteenpäinviemiseksi. Arvolupaus on tärkeä organisoiva voima yrityksen sisällä, koska se mahdollistaa kaikkien työntekijöiden keskittymisen asiakasvaatimuksiin, ja se mahdollistaa yritykselle tavat orientoimaan asiakkaidensa mieliä sen tarjoamaa kohti (Kaplan & Norton 1992, Lin & Lin 2006 mukaan). Tämän lisäksi kyvykkyys on tärkeä tekijä arvonluonnin prosessin kannalta. Miltä tahansa hyvin toimivalta yritykseltä vaaditaan kyvykkyyttä laajentaa sen resursseja jatkuvasti ja tehokkaasti sekä kyvykkyyttä luoda korkeapotentiaalisia mahdollisuuksia. Tämä arvonluontiprosessi on vastavuoroisesti rakennettu yrityksen työntekijöiden kyvykkyyksien ja motivaation mukaisesti. Markkinavetoiset yritykset asettavat korkeita prioriteetteja asiakaslinkittämisen kyvykkyysiin ja kohdistavat tarkasti tuotepäätöksensä, kuten myös toimitukset, käsittelyt, palvelut ja arvoketjutoiminnot, asiakkaidensa toimintojen mukaisesti (Brandenburger & Nalebuff 1996, Lin & Lin 2006 mukaan).

Työntekijöiden täytyy olla tyytyväisiä sekä tuotteisiin että palveluihin, jotka on tarjottu, ennen kuin samat tuotteet on toimitettu asiakkaalle. Työntekijät mahdollistavat itse sen tuotteen tai palvelun arvon, jonka he lupaavat asiakkaille. Näin ollen arvoa luodaan luonnollisesti vaihdannan prosessin kautta (Kotler 2003, Lin & Lin 2006 mukaan). Arvoperusteisessa johtamiskulttuurissa ihmiset voimaantuvat tekemään parempia päätöksiä, käyttäytymään kurinalaisesti ja työskentelemään yhdessä tehokkaasti ryhmänä. Huono arvojohtaminen heikentää organisaatiota saavuttamaan sen menestyviä liiketoiminnallisia päämääriä. Ylläpitääkseen arvoa liiketoiminnassa pitkällä aikavälillä, strategisella päätöksentekijällä pitää olla selkeä päämäärä mitä kohti edetään ja hänen on oltava tietoinen mahdollisista esteistä tai ongelmista (Kelso & Södler 1958, Lin & Lin 2006 mukaan). Yritysten on luotava molemminpuoliseen luottamukseen perustuvan työskentelyympäristön voidakseen odottaa työntekijöiden luovan arvoa organisaatiossa. Rajoittava ympäristö, joka lannistaa yksilöllistä aloitteellisuutta, on todettu vahingoittavat tai jopa tuhoavan työntekijän ja organisaation molemminpuolisen linkin perustan, mikä

voi johtaa pahempaan lopputulokseen tuhoamalla asiakaslinkkejä (Ouchi 1981, Lin & Lin 2006 mukaan).

2.2 Arvoketju

2.2.1 Arvoketjun määritelmä

Arvoketju tunnistaa ja yhdistää yrityksen strategisten toimintojen sarjat toisiinsa (Kaplinsky & Morris 2001, Simatupang et al. 2017 mukaan). Arvoketjulla voidaan esittää jokainen yritys sen toimintojensa kokoelmana, joita yritys käyttää tuotteensa suunnitteluun, markkinointiin, tuottamiseen, toimitukseen ja tukemiseen. (Porter 1985, s. 33). Arvoketju on johdettu sellaisista toiminnoista, kuten raaka-aineiden käsittelystä, kuluttajille toimittamisesta ja jälkimarkkinointipalveluista. Arvoketjun luonne riippuu teollisuudenalasta, joten arvoketjun luonne on erilainen esimerkiksi valmistavassa yrityksessä, palveluyrityksessä ja voittoa tavoittelemattomassa organisaatiossa (Simatupang et al. 2017).

Arvoketju hajottaa yrityksen sen strategisesti relevantteihin osiin, jotta kustannusten käyttäytymistä ja olemassa olevia sekä potentiaalisia erilaistumisen lähteitä voidaan ymmärtää. Yrityksen arvoketju ja sen toiminta heijastavat sen strategiaa, historiaa, strategian implementointitapaa sekä itse toimintojen taustalla olevia taloudellisia seikkoja (Porter 1985, s. 33–35). Arvoketjun käsite voidaan myös laajentaa kuvaamaan organisaationallisten toimien sarjaa, joka luo, toimittaa ja kiinnittää arvon sen joka askeleella, alkaen raaka-aineprosessoinnista lopputuotteen päättymiseen loppukäyttäjälle. (Simatupang et al. 2017). Arvoketju näyttää kokonaisarvon, joka Porterin (1985) mukaan koostuu arvotoiminnoista ja marginaalista. Arvoketjun arvotoiminnot ovat niitä fyysisesti ja teknologisesti erillisiä toimintokokonaisuuksia, joita yritys suorittaa, ja marginaali on näiden arvotoimintojen suorittamisesta johtuvien kokonaisarvon ja kollektiivisten kustannusten ero (Porter 1985, s. 38). Arvoketjun hallinta (Value Chain Management, VCM) voidaan määritellä prosessina, joka hallinnoi kaikkia informaation ja integroitujen toimintojen sekvenssejä, jotta arvo saadaan siirtymään tilaus-toimitusketjua pitkin (Simatupang et al. 2017).

Arvoketjun arvotoimintojen tunnistamisen helpottamista varten arvotoiminnot voidaan jakaa karkeasti kahteen laajaan tyyppiin, primääri- ja tukitoimintoihin. Nämä tyypit voidaan vielä jakaa erilaisiin geneerisiin kategorioihin, jotka voidaan vielä jakaa lukuisiin eri toimintoihin, riippuen teollisuudenalasta ja yrityksen strategiasta. Nämä geneeriset kategoriat primäärisillä toiminnoilla ovat sisääntulologistiikka, operatiiviset toiminnot, ulosmenologistiikka, myynti ja markkinointi ja palvelut. Vastaavasti tukitoiminnoilla kategoriat ovat hankinta, teknologiakehitys, henkilöstöhallinto ja yritysinfrastruktuuri. Toiminnot voidaan edelleen jakaa tyyppin perusteella kolmeen kategoriaan, joita ovat suora, epäsuora ja laadunvalvonnallinen toiminta (Porter 1985, s. 42–44). Vaikka Porterin (1985) esittämää arvoketjukonseptia luonnehditaan ja kutsutaan geneeriseksi, on esitetty huomio, että todellisuudessa se suunniteltiin yrityksen sisäisiä tapauksia varten sellaisille tilaus-toimitusketjuille, jotka palvelevat tiettyä markkinasegmenttiä (Simatupang et al. 2017). Kuva 2 mukailee Porterin esittämää geneeristä arvoketjua.



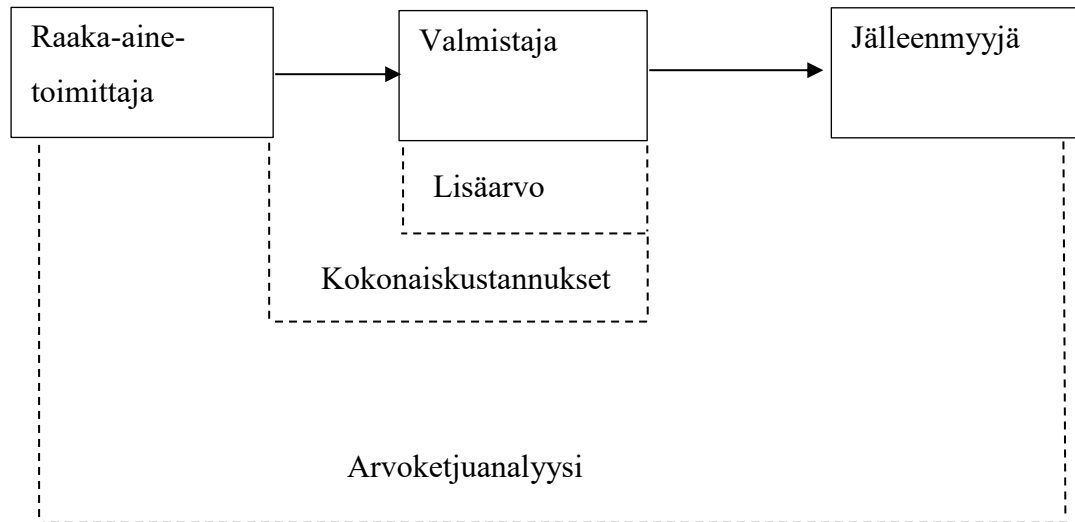
Kuva 2. Geneerinen arvoketju (mukaillen Porter 1985, s. 37)

2.2.2 Toiminta arvoketjussa

Arvoketjuanalyysi (Value Chain Analysis, VCA) voidaan määritellä tekniikkana, joka on laajasti sovellettu operatiivisten toimintojen johtamisessa (Operations Management, OM), prosessisuunnittelussa sekä tilaus-toimitusketjun hallinnassa (Supply Chain Management, SCM) resurssien käyttöasteen ja tuotevirran analysointiin ja myöhempään kehitykseen valmistusprosessissa (Womack et al. 1990, Simatupang et al. 2017 mukaan). Arvoketjuanalyysi voidaan myös yksinkertaisemmin määritellä työkaluna ymmärtää

arvoketjuja, joista tuote syntyy (Shank & Govindarajan, 1992). Arvoketjuanalyysissä tapahtuneet kehitykset ovat johtaneet kokonaisvaltaisesta ketjunhallinnan näkökulmasta tiettyjen tasojen väliseen koordinaatioon. Myös vertikaalisiin suhteisiin keskittyminen on laajentunut koskemaan myös horisontaalisia suhteita sekä erilaisia virtoja, kuten tieto-, raha- ja informaatiovirtoihin (Bolwig et al. 2010, Deans et al 2018 mukaan).

Arvoketjututkimukset keskittyvät yleensä ketjun toimijoiden, kuten tuottajien, ostajien, kuluttajien ja myyjien vertikaalisiin suhteisiin. Nämä suhteet viittaavat tuotteiden ja palveluiden virtaukseen tuottajalta kuluttajalle ja suunnittelusta markkinoille, ottaen huomioon toimijoiden lisäämän arvon sekä tuotto-osuudet (Gereffi 1999, Kaplinsky 2000, Ponte 2008, Deans et al. 2018 mukaan). Arvoketjuanalyysissä tapahtuneet kehitykset ovat johtaneet kokonaisvaltaisesta ketjunhallinnan näkökulmasta tiettyjen tasojen väliseen koordinaatioon. Myös vertikaalisiin suhteisiin keskittyminen on laajentunut koskemaan myös horisontaalisia suhteita sekä erilaisia virtoja, kuten tieto-, raha- ja informaatiovirtoihin (Bolwig et al. 2010, Deans et al 2018 mukaan). Horisontaalinen analyysi jatkuu ketjun toimijoiden ulkopuolelle, vaikuttaen suoraan tuotantoon tai kaupallistamiseen, auttaen holistisemmän näkökannan kehitykseen spesifissä arvoketjun linkissä (Muradian et al. 2011, Deans et al. 2018 mukaan). Horisontaalisten suhteiden kasvava tärkeys johtaa kasvavaan arvoketjujen yhteistoimintaan (Value Chain Collaboration, VCC), jossa toimijoiden välisissä yhteistyön ja koordinaation asteissa on vaihtelevuutta (Maertens et al. 2012, Deans et al. 2018 mukaan). Arvoketjuanalyysin tarkoituksena on tunnistaa arvoketjun ne vaiheet, joissa yritys pystyy kasvattamaan arvoa asiakkaalleen tai alentamaan kustannuksia ja siten parantamaan kilpailukykyään (Simatupang et al. 2017). Arvoketjuanalyysin sovellusalueen laajuutta kuvaa Dekkerin (2002) tutkimuksessa arvoketjuanalyysin vertailu kokonaiskustannusajatteluun (Total Cost of Ownership, TCO) ja lisäarvon konseptiin kolmen yrityksen muodostaman arvoketjun graafisessa mukaelmassa, joka koostuu raaka-ainetoimittajasta, valmistajasta ja jälleenmyyjästä. Kuva 3 mukailee edellä mainittua vertailua Dekkerin (2002) mukaan.



Kuva 3. Lisäarvon, kokonaiskustannusajattelun sekä arvoketjuanalyysin konseptien vertailu kolmen yrityksen arvoketjussa (mukaillen Dekker 2002).

Arvoketjussa ylöspäin kiipeämistä ovat nopeuttaneet useat ympäristöstä johtuvat tekijät. Esimerkiksi käytettävissä olevien tulojen lisääntyminen kasvavissa talouksissa on luonut suuren kokoluokan kotimaisia markkinoita, jotka antavat jalansijan paikallisille toimittajille markkinoille pääsyyn ennen kuin laajenevat globaalille tasolle (Zeng & Williamson 2003, Bartlett & Ghoshal 2000, Wan & Wu 2017 mukaan). Toiseksi instituutionalliset muutokset, kuten kaupankäynnin vapautuminen, mahdollistavat kasvavien kilpailijoiden kansainvälistymisen myymällä muihin kehittyviin maihin, jota kautta kokemusta kerättyään he pääsevät kehittyneiden maiden markkinoille (Khanna & Palepu, 2006, Wan & Wu, 2017 mukaan). Kolmanneksi teknologian kehitys, kuten elektroninen kaupankäynti, on merkittävästi laskenut esteitä esimerkiksi jakelukanavien tieltä, mahdollistaen toimittajien kiipeämistä arvoketjussa. Kun edellä mainitun esimerkin mukaiset toimittajat yleisesti ottaen aloittavat arvoketjun loppupäästä, ja moni epäonnistuu yrityksissään arvoketjussa kiipeämisessä, jotkin toimittajat voivat lopulta olla uhkana vakiintuneiden yritysten tuottoisille asemille markkinoilla. Tämän takia ympäristön muutoksesta johtuvalla arvoketjussa kiipeämisellä voi olla merkittäviä strategisia vaikutuksia, korostaen käytännön toimijoiden ja tutkijoiden tarvetta uudelleen arvioida globaalien arvoketjujen hallintaa (Wan & Wu, 2017).

2.3 Arvoverkko

2.3.1 Arvoverkon määritelmä

Arvoketju on hyvin perusteltu konsepti, jossa kuvataan tärkeimmät toiminnot, joita organisaatio pystyy suorittamaan tai hallitsemaan tarkoituksenaan lisätä arvoa asiakkailleen, kun tuotteet ja palvelut muuttuvat mielikuvista asiakastoimituksiin. Ketjujen toiminnot ymmärretään yleisesti prosesseina. Toimintojen tai prosessien kautta lisätty arvo on jatkuvasti ymmärretty työn tuotoksena ja on sidottu tuotteiden tai palveluiden hintoihin, mikä itsessään on kysynnän ja tarjonnan tasapainossa asetettu. Tällaisen arvon pääainesosat ovat kuitenkin saaneet osakseen paljon debattia sekä kiistoja. Tuotteen tai palvelun arvossa pidetyt elementit voivat vaihdella tuottopotentiaalin, tehokkuuden, laadun, hyötykäytön, vaikuttavuuden, innovatiivisuuden tai muun välillä. Nykyään kuitenkin ymmärretään, että nykyään se, mikä voidaan perustella arvoksi, voidaan käsittää eri tavoilla eri sidosryhmissä, mukaan lukien asiakkaat, toimittajat, työntekijät ja investoijat (Barlow & Li, 2005).

Arvoverkko voidaan nähdä toisiinsa kietoutuneiden arvoketjujen sarjoina, joissa jotkin solmukohdat ovat yhtäaikaaisesti mukana useammassa kuin yhdessä arvoketjussa. Tietty strategia tai liiketoimintamalli, joka on luotu yhden arvoketjun kontekstissa voi samaan aikaan olla epäsopeva tai jopa vahingoittava muiden arvoketjujen kontekstissa, joiden osina nämä solmukohdat ovat (Li & Whalley, 2002). Ymmärtäessä yrityksen suhteita muiden verkon jäsenien kanssa, strategit voivat ymmärtää paremmin, missä kohtaa verkossa arvo on, ja miten sitä luodaan yhdessä, miten yrityksen toimet vaikuttavat verkkoon ja miten muut jäsenet todennäköisesti näihin vastaavat. Tämän tuloksena verkkoa analysoidessa kaikki sen elementit sijoittuvat niille sopiviin konteksteihin ja siitä tulee ohjaava tekijä verkostoituneen talouden liiketoimintamallin kehittämisen tai parantamisen määrittelyyn (Peppard & Rylander, 2006). Korkean uutuusasteen innovaatioilla on tapana käyttää täysin uutta teknologista periaatetta, luoda uusia markkinoita, uudelleen muokata arvoketjua, vaatia täysin uusia tuotantotapoja ja -tiloja ja vaatia uutta infrastruktuuria sen käyttämiseen (Salomo et al. 2007, Koc & Bozdog mukaan).

Organisaation arvoketju on käsitettävä osana suurempaa siihen liittyvien arvoketjujen järjestelmää, johon viitataan arvoverkostona. Organisaation arvoketjussa käytetty input voidaan välittää useiden toimittajien tai valmistajien arvoketjujen läpi matkallaan kohti organisaatiota, ja samoin outputit voivat liikkua useiden eri jakelijoiden, jälleenmyyjien tai asiakkaiden arvoketjujen läpi ennen kuin se saavuttaa loppuasiakkaan. Näiden lisäksi organisaation arvoketju voi olla vuorovaikutuksessa useiden muiden kolmansien osapuolien arvoketjujen kanssa, kuten kilpailijoiden tai logistiikkatoimittajan kanssa (Barlow & Li, 2005). Spontaanisti aistivat ja vastaavat verkot vaativat ketteryyttä ja sopeutuvuutta arvoverkkoa osana olevien organisaatioiden kasvamista ja selviytymistä varten. Tämän takia organisaatioiden täytyy jatkuvasti oppia, kuinka palvella asiakasta paremmin. Kun näistä arvoverkkoista tulee globaaleja ja kompleksisimpia, ketteryudesta, sopeutuvuudesta ja oppimisesta tulee yhä kriittisempiä tekijöitä selviytymiselle ja kasvamiselle (Lusch et al. 2010).

Arvoverkko on spontaanisti aistiva ja vastaava tilallinen ja ajallinen, toisiinsa laajasti ja väljästi pariutuneita arvoa lupaavia sosiaalisia ja taloudellisia toimijoita, jotka vuorovaikuttavat teknologioiden ja instituutioiden kautta, voidakseen yhdessä tuottaa palvelutarjoamaa, käydä vaihdantaa palvelutarjoamillaan ja luoda arvoa yhdessä. Tilaus-toimitusketju on osa arvoverkkoa, sulautettuna niiden sisään. Yritys on usein osana useita tilaus-toimitusketjuja, joissa kilpailijat usein käyttävät samoja toimittajia ja arvoverkko sisältää nämä kaikki sen kokonaisuuden osina (Lusch et al. 2010). Arvoverkko on mikä tahansa roolien ja vuorovaikutusten joukko, jossa ihmiset ottavat osaa sekä konkreettisiin että epäkonkreettisiin vaihdantoihin saavuttaakseen taloudellista tai sosiaalista hyvää. Sisäiset arvoverkot pitävät sisällään aktiviteettikeskeisiä yksilöiden välisten suhteiden joukkoja ryhmissä ja ryhmien välillä, jotka muodostavat organisaation (Allee, 2000). Arvoverkkoissa on vaihtelua niiden horisontaalisten leveyksien suhteen, esimerkiksi toimittajien tai asiakkaiden tasot. Vaihtelua on myös arvoverkkojen vertikaalisessa rakenteessa, kuten asiakkaiden ja toimittajien määrässä jokaisella tasolla. Organisaatiot kuuluvat yleensä useisiin eri arvoverkkoihin. Nämä eri arvoverkot voivat olla eri teollisuudenaloilta, voivat palvella eri sektoreita tai markkinoita samalla teollisuudenalalla, tai vaikka samoja markkinoita ja sektoreita (Barlow & Li, 2005).

Makrotasolla arvon tietyn muodon muuntamisen toiseksi, primäärinen muuntamismekanismi on arvoverkko. Verkoille on useita erilaisia muuntamisen mahdollistajia (kuten vaihtoehtoiset valuutat), mutta ne ovat toimivia vain, jos niitä tukee terve arvoverkko. Koska arvoverkko on primäärisesti taloudellinen mekanismi arvon muuntamiselle, verkkoanalyysiä voidaan käyttää kuvaamaan arvonluonnin dynamiikkaa työryhmille, organisaatioille, liiketoimintaverkoille ja tarkoituksellisille verkostoille, jotka ovat mukana sekä konkreettisen että epäkonkreettisen arvon vaihdannassa tukeakseen tiettyjä lopputuloksia ja luodakseen taloudellista ja sosiaalista hyvää (Allee, 2000). Omaksuessa arvoverkkonäkökulman, arvo ei korvaa tarjontaa keskeisenä rakenteena, vaan parantaa sitä ja tekee siitä integroitavamman asiakkaiden ja markkinoinnin kanssa. Tarjonta on tuote- ja yrityskeskeinen konsepti, kun taas arvolla on ulkopuolinen kohdistuminen. Viitaten kysynnän ja tarjonnan logiikkaan, vain asiakas voi määrittää arvon ja on aina mukana sitä luomassa. Vaihtoehtoisen toteamuksen mukaan arvoa ei saada markkinoiden tarjoaman taloudellisista vaihtokaupoista vaan niiden käytöstä tietyssä kontekstissa (Lusch et al. 2010).

2.3.2 Organisaatioiden toiminta arvoverkossa

Tarkoitukselliset verkostot, kuten organisaatiot, koostuvat tietyistä rooleista ja arvovuorovaikutuksista suuntautuneena tietyn tehtävän tai lopputuloksen saavuttamiseksi. Verkoston aktiiviset toimijat ovat oikeita ihmisiä, jotka osallistuvat verkostoon esittämällä tiettyjä rooleja, joissa he muuntavat sekä konkreettisia että epäkonkreettisia ominaisuuksia neuvoteltaviksi tarjouksiksi ja täyttämään tiettyjä funktioita. Näitä aktiveettikeskittyneitä verkostoja voidaan näin ollen kutsua arvon muuttamisverkoiksi, tai arvoverkoiksi (Allee, 2000). Organisaatioiden väliset infrastruktuurit ja linkit mahdollistavat arvoverkon eri organisaatioiden jäsenten saamaan yhteyden organisaation arvoketjuun sen eri pisteissä. Kyky koordinoida organisaatioiden välisiä linkkejä on kriittistä kilpailukyvyyn saavuttamiseksi. Organisaatioiden on käytettävä internetiin liittyviä teknologioita (Internet-related Technologies, IRT) kehittääkseen linkkejä arvoverkkoon kuuluvien eri organisaatioiden kanssa dynamisempien ja paremmin reagoivien arvoverkkojen kehittämiseksi (Barlow & Li, 2005).

Organisaatioiden väliset linkit, joita organisaatiot kehittävät muiden arvoverkon toimijoiden kanssa, saavat todennäköisesti vaikutuksia organisaatioiden välisistä suhteista. Arvoverkkojen sisäiset kumppanuudet määritetään usein läheisiksi, korkealla tasolla interaktiiviseksi liiketoimintaorganisaatioiden väliseksi suhteeksi, joka pitää sisällään sellaisia komponentteja, kuten yhteissuunnittelu, hyötyjen ja taakkojen jakamista, luottamusta, normeja ja odotuksia, systemaattista tiedon jakamista ja yrityskulttuurien sillanrakennusta (Barlow & Li, 2005). Ulospäin suuntautuviin arvoverkkoihin kuuluu toimijoita organisaation ja sen toimittajien, investoijien, strategisten liiketoimintakumppaneiden ja asiakkaiden välillä. On olemassa myös muunlaisia verkostoja, jotka ylittävät organisaationallisia ja teollisia rajoja, kuten innovaatioverkostot tai ihmisistä koostuvat verkostot, joilla on yhteinen, jaettu tarkoitus tietyn sosiaalisen hyvän tai lopputuloksen luomiseen, kuten koulutuksen parantamiseen (Allee, 2000). Organisaatioiden tulisi etsiä kehitettäväksi pitkäaikaisia ja varmoja suhteita arvoverkon tärkeimpien toimijoiden kanssa. Nämä toimijat ovat elintärkeitä organisaation kokonaistoiminnalle ja ovat osallistuvia heidän yleisen strategisen vaivannäkönsä mukaisesti. Arvoverkon tärkeimmät toimijat usein muokkaavat sitä, kuinka heillä on vaikutusvaltaa tärkeisiin päätöksentekoihin ja kuinka heillä on voimavaroja puolustaa ratkaisujaan. Organisaatiolle ei ole usein vain hyödyllistä pitkäaikaisten suhteiden kehittäminen näiden arvoverkon tärkeimpien toimijoiden kanssa, vaan se on usein myös kriittistä organisaation asemalle ja kilpailullisen edun tasolle (Barlow & Li, 2005).

Organisaatiot ovat myös yhteydessä useisiin arvoverkon toimijoihin satunnaisesti lyhytkestoisissa suhteissa. Näitä lyhytkestoisia suhteita kuvaillaan laihoiksi, ja niitä käytetään satunnaisiin liiketoimiin, eivätkä ne vaadi saman tason ihmiskontaktia tai sosiaalista kontaktia kuin pitkäkestoiset suhteet. Organisaatiot voivat esimerkiksi ostaa toimittajien materiaalia, käyttää logistiikkatoimittajat palveluita tai asiakkaat voivat ostaa yrityksen tuotteen kertaluonteisesti. Tämän tyyppiset verkon toimijat vaihtuvat satunnaisesti vähäisillä vahingoittavilla vaikutuksilla organisaatioon ja muiden arvoketjun toimijoiden välisiin linkkeihin. Organisaatiot voivat keskittyä parantamaan organisaatioiden välisiä linkkejä ja tiedonjakamisen аспектеja teknologian avulla riippuen siitä, minkä tyyppisiä suhteita organisaatio tarvitsee muiden verkon jäsenten kanssa (Barlow & Li, 2005). Arvoverkon sosiaalisia ja taloudellisia toimijoita pitää yhdessä

suhteiden, kompetenssin ja informaation kolmiyhteys. Arvoverkolla on rakenteellinen eheys, koska kaikilla avoverkon toimijoilla (organisaatioilla) on kompetensseja, suhteita ja informaatiota, joita jaetaan yhteisten standardien ja protokollien mukaisesti (Lusch et al. 2010).

2.4 Arvoketjujen ja -verkkojen mallintaminen

Mallintaessaan arvoketjua suunnitteluyritysten käyttöön, Lee (2018) käyttää Porterin (1985) luomaa geneeristä arvoketjumallia, kuitenkin muokatakseen sitä sopeuttaakseen sen suunnitteluyritysten toimintaan. Leen (2018) mallissa Porterin (1985) tapaan viisi primääritoimintoa ovat suunnittelukehitysprojektien input, prosessit, joissa implementoidaan suunnittelukehitystä, suunnittelukehityksen valmistuminen ja sen tehokas toimittaminen asiakkaille, sekä toiminnot, jotka mahdollistavat asiakkaita tunnistamaan yrityksen uniikin identiteetin, ja viimeiseksi seurantahallinnolliset toimet, joita suunnitteluyritys implementoi olemassa olevien asiakkaidensa kanssa. Mallin neljä tukitoimintoa luokitellaan kuten Porterin (1985) mallissa, kuitenkin tietyin konseptuaalisin eroin (Lee, 2018). Linearisella arvoketjulla on edelleen tärkeä rooli esimerkiksi tietoliikenneteollisuudessa, jossa on sekä koettu että todellinen arvonluonnin sijainti siirtynyt yrityksille, jotka ovat osallisina syntyneissä arvoverkoissa. Uusia liiketoiminnallisia mahdollisuuksia löytyy todennäköisemmin lähempänä asiakasta kuin kauempana, joten arvoverkko kehittyy epätasaisesti eri alueilla, ainakin tietoliikenneteollisuudessa (Li & Whalley, 2002).

Arvoverkossa yritys voi erikoistua yhteen tai muutamaankin toisiinsa liittyvistä solmukohdista käyttäen hyväkseen sen erityisiä etuja tai kompetensseja joko uudessa teknologiassa, asiakassuhteiden hallinnassa tai infrastruktuurin hallinnassa. Vaihtoehtoisesti yritys voi yrittää dominoida yhtä tiettyä arvoverkon reittiä, tähdätäkseen integroitujen ratkaisujen tarjoamiseen ja toimittamiseen uniikkeja arvolupauksia. Tuloksena on erittäin kompleksinen ja kilpailullinen markkina, jossa yrityksen kilpailevat paitsi kilpailijoidensa kanssa lineaarisessa arvoketjussa, vaan myös eri teollisuudenalojen yritysten kanssa, jotka toimivat eri arvolupausten ja taloudellisten seikkojen puitteissa (Li & Whalley, 2002). Arvonluonnin analyysi on laajennettava perspektiivistä, jossa organisaatio on eristäytynyt yksikkö siihen, miten organisaatio pystyy luomaan arvoa

osana verkostoa. Tämä suhteiden verkosto mahdollistaa ymmärryksen kilpailullisessa ympäristössä verkostotaloudessa. Verkostoituneen talouden tärkeimpiä näkökohtia on sen dynaaminen luonne. Verkoston yhden osallisen toiminta voi vaikuttaa muihin verkon jäseniin, tai yhden verkon osallisen toimi voi vaatia lisätoimia verkon muilta jäseniltä ollakseen tehokas. Yleisesti tarvitaan laajempaa ajattelutapaa, kuin että yritys on osa suljettua systeemiä, joka on altis ulkopuolisille tapahtumille, joihin ei voi vaikuttaa. Tämän takia verkkoa analysoidakseen on otettava mukaan kaikki verkon osat: asiakkaat, toimittajat, kilpailijat, kumppanit, sääntelijät, komplementoijat ja kaikki muut verkon osalliset, joiden läsnäolo verkossa voi vaikuttaa yrityksen arvonluontiin (Peppard & Rylander, 2006).

Arvoverkkoa määritettäessä on tärkeää verkon keskeisen toimijan kannalta verkon määrittäminen tai analyysin rajojen määrittäminen. Verkon keskeinen toimija on se organisaatio ja liiketoimintayksikkö, jonka liiketoimintamalli toimii verkon perustana. Verkon muiden toimijoiden tunnistaminen vaatii verkon keskeisen toimijan näkökannan huomioon ottamista, jotta kyetään tunnistamaan kaikki ne toimijat, jotka pystyvät vaikuttamaan arvoon, jota verkon keskeinen toimija toimittaa loppuasiakkailleen. Verkko voidaan määrittää koostuvan kaikista niistä toimijoista tai yhteisöistä, jotka ovat olemassa verkon keskeisen toimijan nykyisessä verkkoympäristössä ja joilla on suoraa vaikutusta tai ovat alttiita verkon keskeisen toimijan asiakkailleen kohdistaman arvolupauksen vaikutuksille. Verkon päämääristä riippuen nämä voivat olla suunnittelijoita, toimittajia, kilpailijoita, kanavia, sääntelijoita, teknologiatoimittajia ja ohjelmistotoimittajia. Arvon toimittaminen vaatii tarkan ymmärryksen siitä, minkälaista arvoa muut verkon jäsenet haluavat. Koska arvo on juuri sitä, miten muut verkon jäsenet sen käsittävät, on jokaisen organisaation ymmärrettävä toisen verkon jäsenen tapa käsittää arvo. Tarkoituksena on saada muiden osallisten käsittämä arvo osaksi laajempaa verkostoa (Peppard & Rylander, 2006).

Verkoston vaikutus on mikä tahansa linkki, jolla on vaikutusta käsitettyihin arvoulottuvuuksiin ja/tai verkon osallisen käyttäytymiseen. Verkon osallisen käyttäytyminen on hyvin läheisesti suhteessa arvoon, jonka osallinen käsittää verkosta. Vaikutukset ovat verkon jäsentenvälisen linkkien ja verkon sisäisen virtauksen huolen esiintymismuoto. Verkoston vaikutuksen voivat olla suoraa tai epäsuoraa, riippuen siitä,

minkä toimijan perspektiivin ottaa. Vaikutukset voivat olla positiivisia tai negatiivisia, mitä tulee arvoulottuvuuksiin ja/tai vaikutetun osallisen käyttäytymiseen. Vaikutus voidaan luokitella verkostolle kriittiseksi, jos toimittajaverkosto on sillä hetkellä riippuvainen tästä linkistä luodakseen käyttäjille arvoa ja/tai jos vaikutus voi muuttaa nykyistä verkostoa merkittävästi, mikäli tähän vaikutukseen ei kohdisteta toimia (Peppard & Rylander, 2006). Arvoverkoissa on useita markkinoiden sisääntulopistettä, joista monenlaisten yritysten skaalan voidaan ajatella pääsevän markkinoille eri reittejä pitkin. Tämän takia paljon voimakkaita ja uusia yrityksiä muilta teollisuudenaloilta pääsee esimerkiksi aikaisemmin hyvin siististi määritellyille tietoliikenneteollisuuden markkinoille. Samantapaisesti pisteet, joissa yritykset vuorovaikuttavat valitsemiensa loppuasiakkaidensa kanssa, vaihtelevat suuresti riippuen kunkin osallisen omaksuman liiketoimintamallin mukaisesti. Muutoksella arvoketjuista arvoverkkoihin on perusteellinen vaikutus kaikkiin osallisiin, varsinkin heidän markkina-asemaansa, strategiaan, liiketoimintamalliin ja tuoton luomiseen. Markkinoilla suurempi osallisten joukko on mukana yhä useammassa toisiinsa kietoutuneissa arvoketjuissa, joissa taloustilanteet ja arvolupaukset voivat erota toisistaan merkittävästi (Li & Whalley, 2002).

2.5 Tuotteistaminen ja kaupallistaminen

2.5.1 Tuotteistaminen

Tuotteistaminen liittyy tarpeen analysoinnin, sopivien konkreettisten ja/tai epäkonkreettisten elementtien tunnistamisen ja yhdistämisen prosessiin tuotteentapaisessa, määritettyjen suoritteiden joukossa, joka on standardisoitu, ymmärrettävissä ja toistettavissa. Tuotteistamisella on tyypillisiä ominaisuuksia, joista moni viittaa kompleksisten ja usein abstraktien tarjoamien kuvaamisen ja selittämisen sekä tuottamisen haasteisiin. (Harkonen et al. 2015). Tuotteistaminen viittaa toimintaan, jossa palvelutarjoamasta tehdään enemmän tuotteenomaista sen komponenttien systematisoinnin kautta. Tuotteistaminen voi perustua palvelumalliin tai systemaattiseen kehitysprosessiin, ja jälkimmäinen korostaa formaalin kehitysprosessin tärkeyttä. Kehitysmallia on yleisesti käytetty valmistuksen yhteydessä, mutta se on hyvin nopeasti levinnyt laajasti myös palveluihin. Mallia on myös kritisoitu muun muassa tärkeän

markkinainformaation huomioimattomuudesta vahvan talon sisäisen suunnittelun painotuksen takia. Kritiikkiin on vastattu lisäämällä asiakkaiden input elementiksi kehitysprosessin eri vaiheisiin (Valminen & Toivonen, 2012).

Sekä fyysisten tuotteiden että konkreettisten ja epäkonkreettisten elementtien kontekstissa tuotteistaminen sisältää suunnitteluun liittyviä näkökulmia ja se tukee tuotteita sekä niiden käyttöönottoa markkinoilla. Palveluiden kontekstissa tuotteistaminen kohdistuu vaihdannan kohteisiin, jotka ovat tyypillisesti epäkonkreettisia ja abstrakteja. Tuotteistamisella on tässä kontekstissa spesifi rooli palvelun tarjoaman selventämisessä, toistettavuuden luomisessa tarjoaman ymmärryksen parantamisessa. Ohjelmistojen kontekstissa tuotteistaminen käsittelee ohjelmistoperusteisia vaihdannan kohteita, jotka tyypillisesti sisältävät tietokoneohjelmia, dataa ja menettelyitä. Tuotteistaminen sisältää toimintojen joukon kehityksen ja markkinoiden rajapinnassa standardoimistarkoitukseen, mikä mahdollistaa toistettavuuden ja skaalautuvuuden. Teknologian kontekstissa tuotteistaminen kohdistuu toimintoihin teknologisen tiedon rajoilla. Täällä tuotteistamisella on rooli tasapainon luomisella suunnitteluun ja markkinoitiin suuntautuneiden näkemysten välille tuotekeskeisellä perspektiivillä (Harkonen et al. 2015).

Palvelun mallintaminen sen systemaattisen kehityksen tukemisen keinona on keskeistä joillain tutkijoilla (Edvardsson 1997, Valminen & Toivonen 2012 mukaan). Tämän mallin suuri hyöty on, että se tarjoaa järkevän kuvauksen siitä, miten yhdistää uniikkeja palvelutoimintoja etukäteen suunnitellun palvelun kanssa. On aloitettava siitä, että jokainen yksilöllinen palvelu sisältää sekä asiakkaan mielen mukaisen lopputuloksen että asiakkaalle uniikin prosessin. Palveluyritys ei voi todellisuudessa tuottaa palvelua ilman asiakastaan. Se voi kuitenkin kehittää parhaita ja oikeita edellytyksiä hyvin toimivalle asiakasprosessille ja asiakkaille puoleensa vetäviä lopputuloksia. Näillä edellytyksillä on kolme keskeistä komponenttia, jotka ovat palvelukonsepti, palveluprosessi ja palvelujärjestelmä (Valminen & Toivonen, 2012).

2.5.2 Kaupallistaminen

Innovaatiojärjestelmien kasvavasta tunnistamisesta ja käyttämisestä johtuen yleinen uskomus on, että teknologioiden kaupallistamisesta on tullut yritysten kasvulle ja kilpailukyvyille sekä kansallisvaltioiden ja globaalien järjestelmien kestäväälle kehitykselle elintärkeä tekijä. Yritysten johtajilla on lisääntynyt tietoisuus siitä, että yrityksillä on kasvava paine kiihdyttää tasoa, jolla uusia innovaatioita ja innovointia tapahtuu niiden tuotteilla, palveluilla, markkinoilla ja liiketoimintamalleillaan. Kaupallistaminen käsittää kaikki ne tarpeelliset toimet, joilla ajatuksen, tietotaidon, metodien, tapojen, tuotteen, prosessin, palvelun, teknologian, järjestelmän, organisaation muodon tai minkä tahansa tällaisten pääomien kombinaatio saadaan muutettua arvoa luoviksi mahdollisuuksiksi. Arvolupaus voi olla pääasiassa taloudellinen, jotta kvantitatiivisia menetelmiä voidaan käyttää, tai sosio-sentimentaalin, jotta hyötyjen profiileja ja lopputulemia voidaan parhaiten kuvata kvalitatiivisin menetelmin (Amadi-Echendu & Rasetlola, 2011).

Teknologioiden kaupallistamiselle on olemassa useita eri malleja. Esimerkiksi tuotekehityksen näkökulmasta katsottuna voidaan käyttää stage-gate -mallia Cooperin (1983) ja Cooperin (1996) mukaisesti, tai geneerisiä lineaarisia tai funktionaalisia malleja. Lineaariset mallit mukailevat esimerkiksi projektinhallinnallista lähestymistapaa, jossa aktiviteettien ja linkkien väliset vuorovaikutukset agenttien välillä noudattavat peräkkäisiä ja usein myös kronologisia prosesseja. Funktionaalisissa kaupallistamismalleissa painotetaan jatkuvia linkkejä verkostoituneiden agenttien välille, jolloin aktiviteetit ja funktiot suoritetaan siten ja silloin kun on tarve, jotta kaupallistamisprosessi seuraisi arvoprofiilien epämääräistä luonnetta. (Rosa & Rose 2007, Amadi-Echendu & Rasetlola 2011 mukaan)

Vaikka kukin kaupallistamismallin vaihtoehto palvelee tietynlaista yritystä tai teknologiaa muita paremmin, on selvää, että lineaarisesta ja funktionaalisesta mallista tehtyä kombinaatiota voidaan käyttää muiden mallien luomiselle, joita voidaan soveltaa minkä tahansa teknologian kaupallistamiseen. Tämä tarkoittaa, että halutun arvoprofiilin tietyt näkökohdat voivat olla ennalta määrättyjä, kun taas jotkin näkökohdat tulee etsiä kaupallistamisprosessin aikana (Amadi-Echendu & Rasetlola, 2011). Esimerkkeinä

näistä kombinaatioista on technology push -asennoitumiseen nelitasoinen TAPM -malli (technology, application, product/service, market) ja markkinavetoiselle (market pull) MPAT -malli (market, product/service, application, technology) (Amadi-Echendu & John 2006, Amadi-Echendu & Rasetlola, 2011 mukaan)

TAPM-mallissa halutusta teknologiasta saadaan useita sovellutuksia, jokainen sovellutus näyttäytyy erilaisina tuotteina tai palveluina ja jokaista palvelua tai tuotetta voidaan myydä eri markkinoille. Markkinavetoisessa MPAT-mallissa kuvataan innovaation johdonmukaisuutta, jossa markkinoiden innovaatio johtaa tuotteiden tai palvelujen innovaatioon, mikä johtaa sovellutuksien innovaatioon, joka taas johtaa teknologioiden innovaatioon. Yhdessä TAPM/MPAT-malli tukee teknologian monimuotoisuutta yhdistämällä innovaatiomallin technology-push- ja market-pull -ulottuvuudet. (Amadi-Echendu & Rasetlola, 2011).

2.6 Liiketoimintaekosysteemi

2.6.1 Liiketoimintaekosysteemin määritelmä ja strategiat

Liiketoimintaekosysteemit kuvaavat yritysten verkostoa, joka kollektiivisesti tuottaa holistisen, integroidun teknologisen järjestelmän, joka luo arvoa asiakkailleen. Ekosysteemin muutoksen tilan ymmärtäminen mahdollistaa arvokkaan tiedon saamisen niille organisaatioille, jotka ovat mukana tämänkaltaisissa verkottuneissa ympäristöissä. (Mäkinen & Dedehayir, 2012). Liiketoimintaekosysteemi on taloudellinen yhteisö, jota tukevat vuorovaikuttavien organisaatioiden ja yksilöiden perusta. Tämä taloudellinen yhteisö tuottaa tuotteita ja palveluita asiakkaille, jotka itse ovat ekosysteemin jäseniä. Ekosysteemin toimijat yhdessä kehittävät heidän kyvykkyyksiään ja roolejaan (Moore 1996, Graça & Camarinha-Matos 2017 mukaan). Liiketoimintaekosysteemi viittaa yritysverkostojen arvosuuntautuneeseen perspektiiviin. Liiketoimintaekosysteemi on toisaalta tapa nähdä, miten liiketoiminta on organisoitunut, nimittäin liiketoimintaekosysteemi koostuu useista sidosryhmistä, jotka voidaan kategorisoida perustuen heidän tosiasiallisiin rooleihinsa, kuten toimittajiin, kilpailijoihin ja asiakkaisiin, jotka yhdessä heidän välisten liiketoimiensa kanssa muodostavat liiketoimintaekosysteemin (Adner & Kapoor 2010, Peltola et al. 2016 mukaan). Toisaalta

organisaatioiden on mukautettava heidän strategiansa heidän ympärillään olevan liiketoimintaekosysteemin mukaisesti selviytyäkseen ja kasvaakseen. (Moore, 1993, Peltola et al. 2016 mukaan).

Ekosysteemin tärkein jäsen on sen kulmakivi, josta käytetään myös nimityksiä alustajohtaja (Cusumano & Gawer, 2002) tai ekosysteemin johtaja (Moore 1993, Mäkinen & Dedehayir, 2012 mukaan). Ekosysteemin kulmakiven roolina on säännellä ekosysteemin kokonaisfunktiota ja tämän seurauksena sen toiminnot vaikuttavat kaikkien muiden ekosysteemien jäsenten, myös itsensä, menestymiseen. Vaikkakin nämä kulmakivet käyttävät merkittävää voimaa annetussa ekosysteemissään ja ne hallitsevat suurinta osaa kokonaistuotoista (Moore 1993, Mäkinen & Dedehayir, 2012 mukaan), ne edustavat kuitenkin vain pientä osaa ekosysteemien organisaatiopopulaatiosta. (Iansiti & Lavien 2004, Mäkinen & Dedehayir 2012 mukaan).

Kulmakivistrategia sisältää arvonluonnin, ja vastavuoroisesti luodun arvon jakamista muiden ekosysteemin jäsenten kanssa. Arvoa luomalla ja sitä jakamalla kulmakiviyritys voi päästää ja pidättää toisia yrityksiä pääsemästä ekosysteemiin, mikä on tärkeää ekosysteemin jatkuvan kehityksen kannalta (Moore 1993, Mäkinen & Dedehayir 2012 mukaan). Tämän lisäksi kulmakivien päämääränä on mahdollistaa vakaat ja ennakoitavat ekosysteemin toiminnot (Mäkinen & Dedehayir, 2012). Kulmakiviorganisaatiota haastetaan muiden ekosysteemin jäsenten toimesta, jotka ovat ekosysteemin hallinnan kannalta alustajohtajalle suoria kilpailijoita (Cusumano & Gawer, 2002). Suurin osa ekosysteemin jäsenistä on kuitenkin kulmakiveä tukevia organisaatioita, jotka myös luovat ekosysteemin sisällä suurimman osan innovaatioista sekä arvonluonnista. Näillä ekosysteemin jäsenille on erikoistuneet tehtävät, jotka kontribuovat ekosysteemin holistiseen tarkoitukseen. Näiden jäsenten rooli ekosysteemissä tarkoittaa, että he ovat myös komplementoijia, jotka auttavat ekosysteemin johtajaa laajentamaan applikaatioidensa ulottuvuuksia (Cusumano & Gawer, 2002).

Arvoketjun käsite on relevantti liiketoimintaekosysteemianalyysille, koska se vaatii merkittävien sidosryhmien ja heidän toimintojensa tunnistamista (Kraemer-Mbula et al. 2013, Peltola et al. 2016 mukaan). Se esittää useiden sidosryhmien toimintojen sarjoja, joita tarvitaan tuomaan tuote tai palvelu markkinoille (Kaplinsky & Morris 2001, Peltola

et al. 2016 mukaan). Arvoverkko käsittää arvoketjun kompleksin rakenteen (Allee, 2000) ja tämän verkon sekä jokaisen sidosryhmän roolin ymmärtäminen on relevanttia liiketoimintaekosysteemin konseptille (Adner 2012, Peltola et al. 2016 mukaan). Liiketoimintaekosysteemin jokainen sidosryhmä on myös osana useita arvoverkkoja mahdollisesti erilaisissa rooleissa. Tämän takia organisaatioiden tulisi optimoida heidän strategiansa ja roolinsa heidän liiketoiminnallisen ympäristönsä mukaisesti (Iansiti & Levien 2004, Zott & Amit 2010, Peltola et al. 2016 mukaan). Liiketoimintaekosysteemien lähestymistavassa sidosryhmät kategorisoidaan perinteisesti keskeisiksi yrityksiksi, toimittajiksi, asiakkaisiksi, välittäjiksi ja komplementoijiksi (Adner 2006, 2012, Peltola et al. 2016 mukaan).

Teknologisilla innovaatioilla on ollut merkittävää vaikutusta esimerkiksi globaaleihin tuotantorakenteisiin, mutta ne ovat muuttaneet myös radikaalisti yritysten ja organisaatioiden käsitettä arvosta. Kun perinteisemmät strategiset mallit, kuten arvoketju, ja innovatiivisemmat mallit, kuten arvoverkko, keskittyvät arvon luomisen prosessiin, liiketoimintaekosysteemin malli analysoi ja alleviivaa suhteiden arvoa toimijoiden ja keskeisten elementtien kesken, jotka edistävät ekosysteemin selviytymistä ja kehittymistä. Liiketoimintaekosysteemi käsittää kaikki ne toimijat, jotka suoraan ja epäsuorasti osallistuvat liiketoiminnan, tuotteen tai prosessin kehittämiseen, vaikuttaen sen menestykseen lyhyellä tai pidemmällä aikavälillä (Battistella et al. 2012).

2.6.2 Liiketoimintaekosysteemin mekanismit

Operatiivisilla mekanismeilla on tärkeä rooli niiden rakenteellisten tekijöiden organisointiin, jotka tekevät ekosysteemistä kokonaisen. Näistä mekanismeista korostetaan kolmea, jotka ovat vision kehitys, alustan organisointi ja instituutioiden uudelleenkonfigurointi (Rong et al. 2017).

Yrityksen vision kehityksessä on kaksi vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa yritysten on tutustettava visio henkilökuntansa sitouttamiseksi markkinoiden vision, yrityksen vision ja teknologiavision kautta. Nämä visiot käsittävät yrityksen arvot, mission, päämäärän, tai erityisesti tuoteympäristöissä sen, minkälaisia tuotteita yritys voisi tarjota. Toisessa vaiheessa näitä visioita jaetaan yrityksen sisäisesti uuden tuotteen kehitysprosessin kautta

(Rong et al. 2017). Ekosysteemin kumppaneiden yhteiskehitystä ajaa myös yhteinen, jaettu visio suorien tai epäsuorien liiketoimintakumppaneiden osallistamiseksi, koska yrityksen visio on tapa rohkaista potentiaalisia kumppaneita auttamaan keskeisen yrityksen ideoiden kaupallistamisessa (Moore 1996). Tästä johtuen visioiden jakaminen voi helpottaa ja vahvistaa yhteistoiminnallista innovointia integroimalla asiakasarvon, tuotetiedot ja tilaus-toimitusketjujärjestelmän (Swink 2006, Rong et al 2017).

Alusta on rajapinta, jonka kautta kulmakiviyritys hallitsee eri kumppaneitaan ja mahdollistaa ekosysteemin kumppaneiden työskentelyn yhteistoiminnallisesti liiketoiminnan ydinprosessin tunnistamiseksi ja luomiseksi, mikä poistaa esteitä ja parantaa tuottavuutta (Cacciatori & Jacobides 2005, Gawer & Phillips 2013, Rong et al. 2017). Esimerkkinä teknologisen keskinäisriippuvuuden rakenne, joka kuvaa kulmakiviyrityksen ja asiakkaiden ja toimittajien välistä suhdetta, jossa teknologia-alusta omistetaan yhdessä (Adner & Kapoor 2010, Rong et al. 2017). Ilman tätä yhteistyötä keskeisen yrityksen tuotteiden kaupallistamisprosessi hidastuisi. Kuitenkin kasvavissa ekosysteemeissä alustaa ei normaalisti ole perustettu monipuoliseksi (Rochet & Tirole 2003, Rong et al. 2017 mukaan), vaan alusta on sirpaloitunut eikä muodollisesti yhdistä sidosryhmiä. Tämän takia aikaisemmissa tutkimuksissa ei olla pystytty ottamaan kantaa siihen, kuinka keskeiset yritykset rohkaisevat epäsuoria kumppaneitaan, kuten komplementoijia, työskentelemään yhdessä. Tämän tuloksena eri rooleissa toimivien kumppaneiden hallintatapa on korostettu verkoston hallintamekanismissa (Rong et al. 2017).

Keskeiset yritykset harkitsevat rauhassa heidän liiketoiminnan ydinprosessinsa sekä liiketoimintamallinsa (Chesborough 2010, Guo et al. 2017, Rong et al. 2017), joiden tarkoituksena on toimittaa tuotteensa ja luoda suhteita kumppaneihin (Iansiti & Levien, 2004, Rong et al. 2017 mukaan). Ratkaisualusta luo mallin kumppaneiden vuorovaikutuksista ja mahdollistaa tuoteratkaisujen monimuotoisuuden, jotta hallitseva suunnittelu on paremmin lähestyttävissä (Rong et al. 2015a, Rong et al. 2017). Toisin sanoen liiketoiminnan ydinprosessi on prosessi, joka viittaa kulmakiviyrityksen uuden tuotteen kehitykseen ja kaupallistamiseen, joka hallitsee alustapohjaista verkostoa tiellä kohti teollisuuden maturiteettia (Rong et al. 2017).

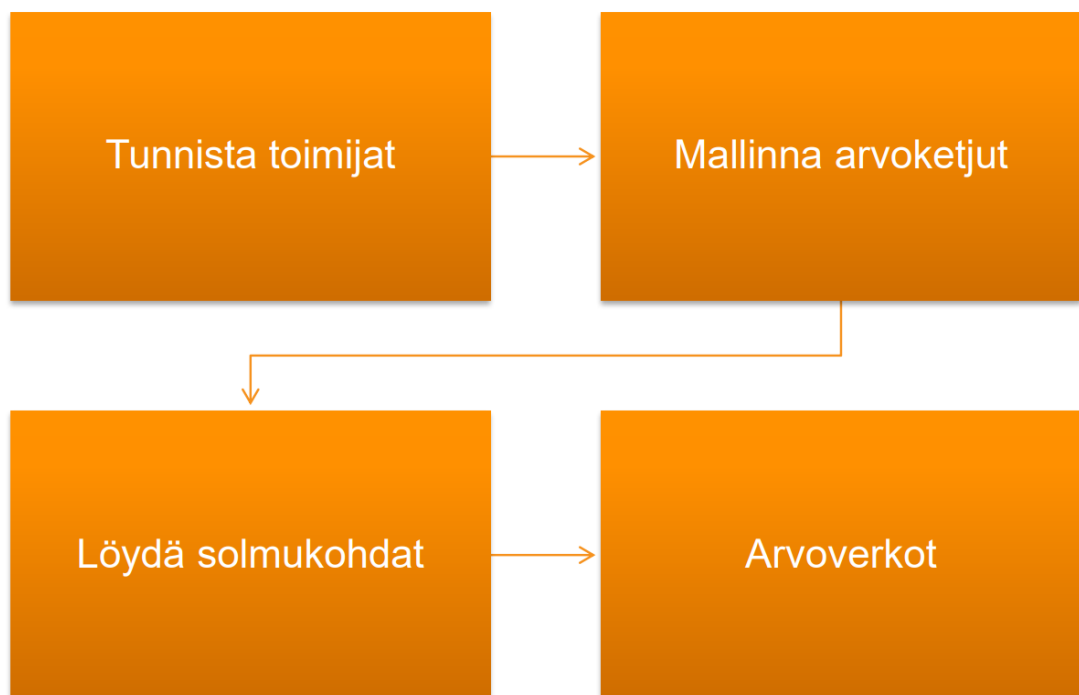
Kasvatavat teollisuudet tarvitsevat enemmän menettelytapa- ja sääntelytukea kuin kypsät teollisuudet (Li & Garnsey 2014, Rong et al. 2015a, Rong et al. 2017 mukaan), koska yksittäinen sidosryhmä ei pysty erottamaan selvää teollisuuden kehityssuuntaa (Kley et al 2011, Rong et al. 2017 mukaan). Kasvavassa sähköisten kulkuneuvojen teollisuudessa uudet käytänteet kattavat monia sääntöjä latausinfrastruktuurin perustamisessa, liiketoimintamallien arvon jakautumisessa sekä teollisuuden standardien implementoinnissa (San Román et al. 2011, Chen et al. 2014, Rong et al. 2017 mukaan). Kasvavien teollisuuksien on myös tyydytettävä kulttuurisia odotuksia, kuten sosiaalisia normeja ja elämäntapavalintoja. Moni autonkäyttäjä ei halunnut käyttää sähköistä kulkuneuvoa, koska sen teollisuus ei vielä ole kypsä (San Román et al. 2011, Rong et al. 2017 mukaan). Asiakkaiden kouluttaminen uusien tuotteiden käyttöön on myös haastava tehtävä (Rong et al. 2017).

2.7 Kirjallisuuskatsauksen synteesi

Kirjallisuuskatsauksen perusteella perinteinen, lineaarinen arvoketjumalli on edelleen tärkeässä asemassa esimerkiksi arvonluonnin konseptuaalisessa ymmärryksessä, sillä todellinen arvonluonti tapahtuu, kun yritykset kehittävät palveluiden ja tuotteiden jatkuvaa virtaa, jotka tarjoavat uniikkeja ja kiinnostavia hyötyjä tietyille valitulle asiakasjoukolla. Tämä arvoketjumalli voi myös antaa oivaltavia näkemyksiä joidenkin teollisuudenalojen strategioiden ja liiketoimintamallien tutkimuksessa. Arvoketjuja tutkimalla pystytään yksilöimään yrityksen tuotteen tai palvelun arvoa tuottavat toiminnot, mikä puolestaan mahdollistaa arvonluonnin kehityksen kehittämällä itse toimintoja. Tuotteistamis- ja kaupallistamisprosessien luoma arvo näkyy erityisesti arvoketjujen loppupäässä markkinoiden rajapinnoissa.

Arvoketjuja mallinnettaessa ja määriteltäessä on yhä useammin otettava huomioon sen kompleksisempi rakenne, arvoverkko. Arvoverkkoa määritettäessä on tunnistettava kaikkia toimijat, joilla on suoraa tai epäsuoraa vaikutusta verkon keskeisen yrityksen tuotteen arvonluonnille, tai jotka ovat samoin alttiita arvoverkon keskeisen yrityksen arvonluontitoimille. Arvoa luotaessa on tällöin myös tarkkaan ymmärrettävä, miten arvoverkon muut toimijat käsittävät arvon. Arvoketjuja ja arvoverkkoa mallinnettaessa on tärkeää ymmärtää organisaatio liiketoimintaekosysteeminsä kontekstissa, koska

liiketoimintaekosysteemin muut toimijat voivat hyvin kuulua yhdessä samaan arvoketjuun tai -verkkoon. Liiketoimintaekosysteemit kuvaavat yritysten verkostoa, joka luo arvoa asiakkailleen. Arvoketju esittää tässä tapauksessa samassa liiketoimintaekosysteemissä toimivien sidosryhmien eri toimintojen sarjoja arvonaluonnissa, ja arvoverkko auttaa ymmärtämään liiketoimintaekosysteemin jokaisen sidosryhmän roolin kyseisessä tai muissa arvoa luovissa laajoissa verkostoissa. Kuva 4 esittää havainnollistavan prosessikuvauksen arvoketjujen ja -verkkojen mallintamisesta.



Kuva 4. Prosessikuvaus arvoketjujen ja -verkkojen mallintamisesta

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

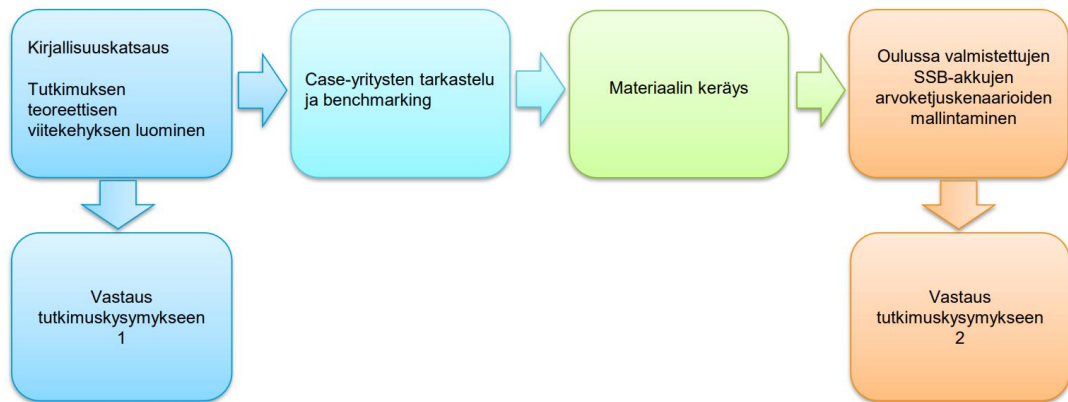
3.1 Tutkimusprosessi ja -menetelmät

Tämä tutkimus toteutettiin deskriptiivisenä case-tutkimuksena (Yin, 2014), eli tapaustutkimuksena, ja tiedon hankkimiseen on käytetty kvalitatiivisia menetelmiä, kuten tunnettua tutkimustietoa, havainnointia sekä tutkijoiden haastatteluista saatua tietoa. Tämän tutkimuksen tapauksena oli arvoketjun mallintaminen Oulun liiketoimintaekosysteemissä valmistettavalle kiinteäelektrolyyttiselle akulle. Tähän liittyi kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologiaa kehittävien yritysten esikuva-analyysi sekä kiinteiden elektrolyyttien että arvoketjujen osalta sekä tähän akkuteknologiaan pohjautuvien uusien arvoketjumallien luomista ja hahmottelemista Oulun liiketoiminta-alueelle eri skenaarioiden muodossa. Tietoa kerättiin empiiristä tutkimusta varten sekä tunnetusta tutkimustiedosta, epämuodollisista haastatteluista sekä työpajassa, johon osallistui kahdeksan asiantuntijointa kolmesta eri organisaatiosta, sekä case-tapauksissa yleisesti saatavilla olevaa tietoa alalla toimivista yrityksistä. Tutkimuksen aikana vallinneen koronaviruspandemian vuoksi yritysvierailuja ei pystytty järjestämään.

Tutkimus oli luonteeltaan kvalitatiivinen, sillä tutkimuksessa esitettyjä skenaarioita ja ilmiöitä selitettiin muuten kuin luvullisin menetelmin. Kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologiaan perustuva arvoketjumallinnus on paitsi Suomessa ja Oulussa ainutkertaista, myös globaalilla tasolla harvinaista toimijoiden vähäisestä määrästä ja teknologian uutuudesta johtuen. Arvoketjumallinnuksen tarkoituksena oli luoda konseptuaalinen käsitys arvonluonnin askeleista eri skenaarioissa, joka ei ota kantaa kvantitatiivisesti tutkittaviin arvoketjun erillistoimintoihin. Tämän lisäksi kvantitatiivisen tiedon saanti aihepiiristä oli vaikeaa johtuen teknologian uutuudesta.

Tutkimus aloitetaan laajalla kirjallisuuskatsauksella, jossa selvitetään työn keskeisimpiä periaatteita ja aihepiirejä, joista tärkeimpiä tälle työlle ovat arvoketjun sekä liiketoimintaekosysteemin konseptit. Muita käsiteltäviä aiheita, jotka työhön vahvasti liittyvät ovat arvoverkko sekä tuotteistaminen ja kaupallistaminen. Koska työn muita, erittäin keskeisiä aihepiirejä ovat kiinteäelektrolyyttiset akut sekä painettu elektroniikka, käsitellään aineisto ja menetelmät -kappaleessa näihin liittyviä seikkoja, kuten kiinteää

elektrolyyttiä, kiinteäelektrolyyttistä akkukennoa ja painetun elektroniikan valmistusmenetelmiä, joista erityisesti syvennytään rullalta rullalle -valmistukseen. Työssä esitellään myös case-esimerkkejä muista, jo olemassa olevista kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistajista sekä heidän käyttämistään kiinteistä elektrolyyteistä, syntyneistä arvoketjuista ja liiketoimintaekosysteemeistä, ja näitä yrityksiä benchmarkataan tätä Oulu-case kehitystä varten varsinaisen empiirisen tutkimuksen tueksi. Benchmarking, jonka voi suomentaa esikuva-analyysiksi tai vertailujohtamiseksi, tarkoittaa hyvin suoriutuvien ja mahdollisesti parhaiden toimijoiden prosesseja vertaamalla tehtävää yrityksen tai muun organisaation prosessien kehittämistä (Cambridge 2020). Tutkimusprosessin vaiheittainen eteneminen on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Tutkimusprosessin vaiheittainen eteneminen

3.2 Kiinteän elektrolyytin akkuteknologia

3.2.1 Kiinteän elektrolyytin akkukenno

Kiinteäelektrolyyttinen akku (Solid-State Battery, SSB) on samantyyppinen kuin nestemäisen elektrolyytin akku sillä poikkeuksella, että siinä käytetään kiinteää elektrolyyttiä. Tällöin kiinteän elektrolyytin litiumakku sisältää anodin, katodin sekä kiinteän elektrolyytin (Bruce 1997, Yoon et al. 2013, Kim et al. 2015 mukaan). Kiinteän elektrolyytin akut voivat selättää joitain nestemäisen elektrolyytin akkujen luonnollisia ongelmia, kuten heikommin syttyvällä elektrolyytti-elektrodi-systeemillä ja paremmalla

virran varastointikapasiteetilla. Kiinteäelektrolyyttiset akut ovat turvallisuudeltaan myös erinomaisia ja niillä on korkea energiatiheys (Weppner 2009, Owens et al. 2009, Kotobuki et al. 2013, Kim et al. 2015 mukaan). Nestemäisen elektrolyytin korvaaminen kiinteällä mahdollistaa akun kennorakenteen yksinkertaistamisen sekä arkkitehtuuriin ja turvallisuuteen liittyvien rajoitusten eliminoimisen (Kim et al. 2015). Kiinteiden elektrolyyttien syttymättömyys tarjoaa perustavanlaatuisen ratkaisun turvallisuuskysymyksiin ja merkittävän ympäristöyhteensopivuuden (Kim et al. 2015).

3.2.2 Kiinteä elektrolyytti

Kiinteillä elektrolyyteillä on tapana kestää kauemmin, sillä ne kokevat vähemmän kulumista käyttämisen yhteydessä, ne kestävät enemmän iskuja ja värinää ja ovat käyttökelpoisia suuremmalla lämpötilavälillä, noin 200 °C asti. Niillä on kuitenkin useita epäedullisia puolia (Kim et al. 2015). Kiinteät elektrolyytit, ja näin ollen myös niitä käyttävät akut eivät ole sopivia käytettäväksi alhaisilla lämpötiloilla, ja yleisesti niiden virran- ja voiman ulostulo on pienempi (Kim et al. 2015). Nestemäisen elektrolyytin korvaaminen kiinteällä elektrolyytillä mahdollistaa lupaavan ratkaisun turvallisuusongelmien ylittämiseksi. Kiinteät elektrolyytit ovat termisesti stabiileja ja lähtökohtaisesti syttymättömiä. Kiinteäelektrolyyttisten litiumakkujen funktionaalisista ominaisuuksista keskeisimpien tulisi pitää sisällään korkean litiumionien kokonaisjohtavuuden laajalla lämpötilavälillä, laajan sähkökemiallisen ikkunan litiummetallianodin ja korkeajännitteisen katodin pariksi, kemiallisesti ja mekaanisesti yhteensopivat pinnat anodin ja katodin kanssa, kemiallisesti stabiilin ympäristön ja elektrodeihin päin alhaisen rajapintaresistanssin (Liang et al. 2019).

Erilaisia kiinteitä elektrolyyttejä on käytetty ja tutkittu, perustuen niiden rakenteeseen ja elektrodi/elektrolyytti materiaaliasetelmiin. Näin ollen kiinteät elektrolyytit jaetaan karkeasti kahteen eri tyyppiin, isokokoiisiin (bulk) kiinteisiin elektrolyytteihin ja ohutkalvoisiin (thin film) kiinteisiin elektrolyytteihin. Ensisijainen erotteluperuste on elektrolyyttien paksuusaste, isokokoisten kiinteiden elektrolyyttien paksuus vaihtelee useiden satojen mikrometrien välillä, kun taas ohutkalvoiset kiinteät elektrolyytit vaihtelevat paksuudeltaan sadoista nanometreistä mikrometreihin. Toinen pääasiallinen tapa, joilla nämä kaksi eroavat toisistaan on tapa, jolla ne on valmistettu. Isokokoiset

kiinteät elektrolyytit valmistetaan yleensä sellaisilla tekniikoilla kuten mekaanisella jyrsinnällä, sintrauksella ja tiivistämällä, hehkuttamalla ja lämpökäsittelyllä, kun taas ohutkalvoiset kiinteät elektrolyytit valmistetaan esimerkiksi pulssitetulla lasersäteilyllä (Pulsed Laser Deposition) tai plasmakipinäsintrauksella (Spark Plasma Sintering). Kiinteitä elektrolyyttejä tutkitaan intensiivisesti varsinkin turvallisuuden edistämisen mahdollistajana verrattuna nykyiseen litiumioni-teknologiaan (Kim et al. 2015).

Kiinteäelektrolyyttisissä litiumakuissa on saavutettu merkittävää kehitystä käyttämällä hybridielektrolyyttejä, mutta käytännöllisten kiinteäelektrolyyttisten litiumakkujen kehittämisessä on vielä selvitettäviä haasteita. Näitä ovat esimerkiksi kiinteiden elektrolyyttien syvällisempi ymmärtäminen koskien ionien johtuvuusmekanismeja, kemiallisten ja sähkökemiallisten epästabiilisuuksien alkuperää, ja mahdollisia tulevaisuudessa tarvittavia rajapintamodifikaatioita. Sähköautoja ajatellen näiden akkujen energiatiheys sekä toimintalämpötila ovat suurimpia haasteita (Liang et al. 2019).

3.3 Painettu elektroniikka

3.3.1 Käytetyt materiaalit

Painetun elektroniikan ala pitää sisällään virtaa johtavien materiaalien luomisen ja elektronisten komponenttien valmistuksen painamisprosessin kombinaation. Tuottavuutta ja jätetuotantoa verrattaessa perinteisiin prosesseihin, joustavien substraattien käyttö on painetun elektroniikan alalla kriittinen läpimurto. Substraatilla viitataan painetussa elektroniikassa käytettyyn pohjamateriaaliin, johon elektroniset komponentit painetaan. Painetussa elektroniikassa käytettävien sähköä johtavien musteiden materiaalit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, joita ovat sähköä johtavat polymeerit, metalliset partikkelit ja hiilipohjaiset partikkelit, ja näiden materiaalien sähkönjohtavuus, läpinäkyvyys ja joustavuus ovat erilaisia (Hoeng et al. 2016). Vastaavasti painetussa elektroniikassa käytetyt orgaaniset ja epäorgaaniset materiaalit voidaan myös jakaa kolmeen kategoriaan, joita ovat johteet, puolijohteet ja dielektriset aineet (Khan et al. 2015). Sähköä johtavat materiaalit valitaan yleensä joko painamisprosessin mukaisesti musteelle spesifien fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien ja partikkeleiden ulottuvuuksien mukaisesti, tai lopputuotteen vaatiman suorituskyvyn

mukaisesti joustavuuden, läpinäkyvyyden ja sähköisen johtavuuden suhteen (Hoeng et al. 2016).

Sähköä johtavat materiaalit ovat päärakenteita kaikissa elektronisissa laitteissa. Useat painamistekniikat vaativat erilaisia parametreja, kuten viskositeetti, pintajännitys, sähköjohtavuus ja liuosten yhteensopivuus. Tämän takia oikeanlaisen sähköä johtavan materiaalin tarkka valinta on tärkeää. Jotkin metallit ovat varmistaneet paikkansa painetuissa tekniikoissa näyttämällä hyviä hajoamisominaisuuksia kolloidisina liuoksina. Näiden liuosten ominaisuudet mukautetaan halutun painamistekniikan mukaisesti käyttämällä pinta-aktiivisia aineita ja haihtuvia aineita. Sähköä johtavat orgaaniset materiaalit kategorisoidaan luonnostaan sähköä johtaviksi polymeereiksi. Näiden polymeerien kemiallisia rakenteita voidaan räätälöidä vastaamaan haluttuja sähköisiä ja mekaanisia ominaisuuksia (Khan et al. 2015).

Metallipartikkelimusteet tarjoavat parhaimman sähköjohtavuuden, ja tämän saavuttamiseksi käytetään yleensä hehkutusta, mikä johtaa jatkuviin toisiinsa kytkeytyneisiin faaseihin metallipartikkeleiden välillä, kun musteen eristävät komponentit on eliminoitu. Yleisin käytetty metalli tässä tarkoituksessa on hopea sen korkean johtavuuden ja hapettumisen sietokyvyn takia (Hoeng et al. 2016). Hopealla on myös yleisesti hyvät fyysiset ja sähköiset suorituskyvyt muovisilla substraateilla (Khan et al. 2015). Hopean korkean hinnan takia myös kuparin käyttö on herättänyt kiinnostusta, mutta kuparipartikkelien epästabiilius ympäristöolosuhteissa rajoittaa sen käyttöä, kuten hapettuminen. Viime aikoina kiinnostusta joustavien ja läpinäkyvien sähköä johtavien kerrosten valmistuksessa on eniten herättäneet nanorakenteiset metallipartikkelit, kuten metalliset nanolangat ja nanokuidut (Hoeng et al. 2016).

Sähköä johtavat orgaaniset materiaalit kategorisoidaan luonnostaan sähköä johtaviksi polymeereiksi. Näiden polymeerien kemiallisia rakenteita voidaan räätälöidä vastaamaan haluttuja sähköisiä ja mekaanisia ominaisuuksia (Khan et al. 2015). Sähköä johtavat polymeeri- ja hiilipartikkelimusteet eroavat edellä mainituista metallimusteista niiden keskivertoisella sähköjohtavuudellaan, mutta voivat osoittaa joustavuutta ja läpinäkyvyyttä. Nämä musteet eivät tarvitse hehkutusta, vaan ne voidaan painaa suoraan joustavalle substraatille, kuten muoveille, jotka eivät kestä korkeita lämpötiloja.

Yleisimmin käytetty sähköä johtava polymeeri on poly(etyleenidioksitiofeeni): poly(styreeni sulfonaatti) (PEDOT-PSS) sen hyvän prosessoitavuuden ja korkean sähkönjohtavuuden vuoksi ja koska se on stabiili vedessä (Hoeng et al. 2016). Muita sähköä johtavia polymeerejä painamistarkoitukseen on nanokomposiitteihin perustuvat materiaalit, joissa metallisia nanopartikkeleita on sekoitettu orgaanisiin elastomeereihin (Khan et al. 2015). Hiilipartikkeleista grafiitti on yleinen käyttökohde joustavissa akuissa, kun taas hiilinanoputket ja grafiini ovat yleisiä sähköä johtavia ja läpinäkyviä kerroksia prosessoitaessa. Hiilinanoputkilla ja grafiinilevyillä on uniikkeja ominaisuuksia, kuten luonnollinen sähkövirran liikkuvuus, korkeat mekaaniset ominaisuudet ja optinen läpinäkyvyys (Hoeng et al. 2016; Khan et al. 2015).

3.3.2 Painamistekniikat

Useita painamisprosesseja, kuten fleksopainoa ja syväpainoa, on käytetty painetussa elektroniikassa. Viimeaikaiset tutkimukset keskittyvät kuitenkin mustesuihkutulostukseen ja silkipainoon, joissa käytetään ainetta lisääviä prosesseja (Hoeng et al. 2016). Ohutkalvoisten laitteiden kehitys painamalla tai päällystämällä orgaanisia tai epäorgaanisia hybridimateriaaleja on yksi useasta tavasta yksinkertaistaa prosessointivaiheita, helpottaa sijaintispesifistä laskeumaa ja parantaa tuotantonopeutta. Funktionaalisten materiaalien nanopartikkeleita tai kemiallisia liuoksia käytetään useimmissa painoteknologioissa kolloidisina liuoksina. Nämä liuokset annostellaan suoraan rullattaviin substraatteihin hallitulla annostelulla tai päällystetään substraateille hallituilla paineilla ja nopeuksilla. Näillä prosesseilla on saatu aikaan lupaavia tuloksia orgaanisilla materiaaleilla, kuten orgaanisia ohutkalvotransistoreita (organic thin film transistor, TFT), OLEDit (Organic Light Emitting Diode), sensoreita, aurinkokennoja, radiotaajuisia etätunnisteita (radio frequency identification, RFID) sekä painettuja akkuja ja kondensaattoreita. Näiden painamistekniikoiden tärkeä hyöty on, että ne mahdollistavat elektroniikan ja sensoreiden tuotannon rullalta rullalle -valmistuksessa kustannustehokkaasti. Painamistekniikat jaetaan karkeasti kahteen alaryhmään, kosketuksellisiin ja kosketuksettomisiin (Khan et al. 2015).

Mustesuihkutulostus (inkjet printing) on kosketukseton ja ainetta lisäävä prosessi, jossa mustepisarat poistuvat mikrometriä kokoisista suuttimista painosubstraatille. Kehitykset

tässä tekniikassa painetun elektroniikan alalla perustuvat mahdollisuuteen asettaa ohut mustekerros korkealla painonopeudella sekä korkealla joustavuudella ja resoluutiolla. Mustesuihkutulostuksen rajoitteita ovat spesifien musteiden fysikaalis-kemiallisiin ominaisuuksiin perustuvat tarpeet, jotta mustepisaroiden poistuminen on mahdollista, ja partikkelikokojen rajoitteet, jotta suuttimet eivät tukkeudu. Tämän tekniikan käyttö painetussa elektroniikassa on kuitenkin nopeassa kasvussa, kuten on myös silkkipainoprosessi (Hoeng et al. 2016). Silkkipainoprosessissa (screen printing) painaminen tapahtuu syöttämällä muste seulaverkon läpi käyttämällä vetolastan kohdistamaa painetta. Polymeeriemulsio peittää painamattoman alueen jättäen painetun alueen paljaaksi, jolloin muste pääsee seulaverkon läpi. Tätä tekniikkaa käytetään useiden mikrometrien paksuisen mustekerroksen asettamiseen, mutta maksimiresoluutio on mustesuihkutulostukseen verrattuna alhaisempi. Silkkipainoprosessia käytetään esimerkiksi aurinkokennojen, sensoreiden ja transistoreiden valmistuksessa (Hoeng et al. 2016). Silkkipainoprosessi on kuuluisin ja kypsyein teknologia painetussa elektroniikassa, koska sitä on käytetty elektroniikkateollisuudessa jo jonkin aikaa metallisten yhteenliittymien painamiseen piirilevyille. Muihin painamistyökaluihin verrattuna se on nopeampi ja monikäyttöisempi ja se lisää valmistusprosessiin yksinkertaisuutta, kohtuuhintaisuutta, mukautumiskyvykkyyttä ja nopeutta. Silkkipainoprosessin tulokset voidaan jäljentää toistamalla muutamia vaiheita ja optimi käyttötapa voidaan kehittää nopeasti (Khan et al. 2015).

Syväpainossa käytetään funktionaalisten musteiden suoraa siirtymää substraattiin kaiverrettuihin rakenteisiin fyysisen kontaktin kautta. Se kykenee tuottamaan laadukkaita kuvioita kustannustehokkaasti tyypillisesti rullalta rullalle -prosessissa. Syväpainossa käytetään suurta galvanoitua sylinteriä, jossa on kuparia ja laserilla tai sähkömekaanisesti kaiverrettuja mikrosoluja. Solut on täytetty musteella, joista ylimääräiset otetaan pois kaavinterällä (doctor blade). Muste siirtyy kapillaarisesti rullattavalle substraatille. Syväkorjauspaino on kehittynyt versio syväpainosta, jossa ylimääräinen elastinen peite suojaa sylinteriä vahingoilta, joita voi syntyä suorassa kontaktissa substraatin kanssa. Peite siirtää musteen sylinterin urista halutulle pinnalle, ja lopputulokseen vaikuttavat painamisnopeus, paine ja peitteen paksuus. Syväpainolla ja syväkorjauspainolla on valmistettu elektronisia laitteita, kuten TFT:tä, vastuksia, RFID-tunnisteita, sensoreita ja aurinkokennoja. Fleksopainoa käytetään korkeanopeuksisissa elektroniikan painamisissa

ja se on puoleensa vetävämpi kuin syväpaino ja syväkorjauspaino korkean resoluution kuvioiden takia ja siinä voidaan käyttää monenlaisia musteita. Kuten syväpainossa, myös fleksopaino on riippuvainen painosylinterin kyyditsemästä musteesta, joka tekee siitä hankalan tavan luoda jatkuvia painokuvioita sellaisessa tilanteessa, kun yksikään sylinterin soluista on tukkeutunut tai kulunut jatkuvasta operoinnista. Lisäksi, kun joustavan levyn käyttö sisällytetään musteen siirtämiseen substraatille, todellisilla kuviolinjoilla on tapana erottua halutuista resoluutioista, koska käytetyn joustavan tai polymeerisen levyn muodot epämuodostuvat käytetyn paineen takia. Muita käytettyjä kosketuksellisia painamistekniikoita ovat esimerkiksi mikrokosketuspaino ja siirtopainatus (Khan et al. 2015).

3.3.3 Rullalta rullalle -valmistus

Rullalta rullalle -valmistuksella yhteisesti jaettuna alustana on potentiaalia jatkuvalle ja korkeasti suoritustehoiselle prosessille, joissa monenlaisia materiaaleja lasketaan suurille substraattirullille, joita kutsutaan myös verkoiksi. Hallintajärjestelmän laitteiston ja työkalujen rinnalla, rullalta rullalle -valmistuslinjaan kuuluu useita rullia, joiden kautta verkko liikkuu hallitulla jännitteellä. Nämä verkot ovat rullalta rullalle -järjestelmän selkäranka ja niitä tulee ohjata tarkasti niiden liikkua eri rullien välillä ja prosessointivaiheissa. Kaksi päärullaa, jotka purkavat ja kelaavat, on asennettu järjestelmän päihin tarkoituksenaan vapauttaa ja kerätä verkkoa rullalta rullalle -valmistuslinjan prosessointivaiheissa. Näissä prosessointivaiheissa on tyypillisesti työkaluja riippuen laitteen vaatimuksista asettamiseen, kuviointiin ja paketoimiseen, ja rullalta rullalle -kokoonpanolle suotuisimpia kandidaattitekniikoita ovat esimerkiksi syväpaino, fleksopaino, offsetpaino ja pyörivä silkkipainatus. Rullalta rullalle -valmistus on puoleensa vetävä orgaanisille tai polymeeripohjaisille ohutkalvolaitteille ja sitä on tutkittu paljon aurinkokennojen, OLEDien ja näyttölaitteiden valmistuksessa. Näiden sovellutusten lisäksi fokus on sensorilaitteiden ja kuvioitujen rakenteiden kehityksessä, josta on tullut mahdollista kestävien rullalta rullalle -järjestelmien nopeasta kehityksestä ja joissa on enemmän kuviointityökaluja (Khan et al. 2015).

Substraatin rullalta rullalle -siirtoperiaate tunnetaan myös kelalta kelalle – tai verkkosyöttöpainona. Substraatin siirrolle verkkona on ominaista jatkuva substraatti,

jonka valmistusjärjestelmän syöttöyksikkö kuorii kelalta ja kiihdyttää sen koneistamisnopeuteen. Syöttöyksikkö mahdollistaa myös verkon asettamisen lateraalisesti ja pienien nopeusvariaatioiden ansiosta säätää verkon jännitettä substraattiin. Useimmissa kaupallisissa painokoneissa on horisontaalinen verkon siirtymä ja verkkoon voidaan painaa toiselta tai molemmilta puolilta. Verkko etenee painamisyksiköiden kautta, ja nesteet täytyy kuivata kuivausyksikössä kuumalla ilmalla, ultraviolettisäteilyllä tai infrapunasäteilyllä. Verkko viilenetään sitä varten tarkoitettu rullakokoonpanossa ja viimeisessä vaiheessa verkko joko rullataan takaisin, tai se etenee jälkiprosessoitavaksi, kuitenkin lopputuotteen ei yleensä ole tarkoitettu olevan kokonainen painettu substraattirulla, minkä takia useita taittamis- ja leikkaustyökaluja voidaan integroida painokoneisiin (Willmann et al. 2014).

Substraatin liikuttamisessa sen tarkkojen liikkeiden mahdollistaminen on ongelma, jonka takia verkkoa on pidettävä vaaditulla jännitystasolla heti kelasta irtoamisen jälkeen. Verkon jännitteen hallinta onkin tärkeä osa mitä tahansa verkkosyöttölaitetta, koska se on selvä rajoittava tekijä tuotteen laadulle kuten myös koneiden tuotantotehokkuudelle. Rullalta rullalle -tekniikalla on kuitenkin useita etuja verrattuna muihin substraatin liikuttamistapoihin. Liikkumisperiaatteen yksinkertaisuus mahdollistaa edullisten konekonseptien käytön, järjestelmän nopea asennusaika mahdollistaa helpon käsiteltävyyden laboratorio-olosuhteissa ja prosessin jatkuvuus mahdollistaa sujuvalle toimitukselle ja kulutukselle hyödyttävän tasapainoprosessin (Willmann et al. 2014).

Painamisteknologioiden teknisessä- ja prosessikyvykkyydessä sekä suunnittelussa on viime vuosina tapahtunut merkittävää kehitystä, mutta jotta painetun elektroniikan ala olisi valmiina skaalattavaksi rullalta rullalle -prosessitekologiaan, on paljon työtä vielä tehtävänä. On tärkeää luoda mekanismimalli, jotta konseptillisen suunnittelun, prosessiparametrien ja materiaalien välinen aukko voidaan eliminoida. Yksi tärkeimpiä haasteita on mallintaa prosessin, rakenteen ja materiaalin yhteisvaikutus ja optimoida se luotettavien monikerroksisten joustavien sensoreiden ja laitteiden tekemiseksi, joilla on hyvä suorituskyky. Muut haasteet liittyvät joustavien piirien kustannukseen ja suorituskykyyn, substraattien vääristymiin ja rullalta rullalle -prosessin saantoon (Khan et al. 2015). Kehityksistä huolimatta vain muutamia laitteita on pystytty valmistamaan rullalta rullalle -prosessin avulla kaupallisiin tarkoituksiin. Yksi syy tähän on prosessissa

käytettävän muovisen verkon viskoelastiset- ja lämpöominaisuudet, jotka tekevät verkosta alttiin monenlaisille mahdollisille virheille ja vahingoille (Lee et al. 2020).

3.3.4 Painetun elektroniikan sovellukset

Painetulla elektroniikalla on monenlaisia sovellutuksia, jotka voidaan jakaa sähköisten komponenttien valmistukseen, kuten transistoreihin ja antenneihin, ja sähköä johtavien elektrodien valmistukseen, joissa tarvitaan sähköä johtavia kerroksia. Vaatimukset voivat vaihdella riippuen sovelluksesta. Sähköiset komponentit vaativat materiaaleja korkealla sähkön johtavuudella, kun sähköä johtavan elektrodin suorituskyky riippuu tarkoitetusta sovelluksesta. Laitteisiin, kuten sensoreihin tai energian varastointilaitteisiin, integroiduilla elektrodeilla tulisi olla hyvä sähkönjohtokyky. Optoelektroniset laitteet, kuten näytöt, OLEDit ja aurinkokennot koostuvat sähköä johtavista ja läpinäkyvistä elektrodeista monikerroksisessa järjestelmässä. Painetussa elektroniikassa on totuttu käyttämään sekä jäykkiä substraatteja, kuten lasia ja joustavia substraatteja, kuten paperia tai polymeerikalvoja, ja yksi painetun elektroniikan tärkeimpiä näkökohtia on joustavien laitteiden tai komponenttien prosessointi. Sähköisiä komponentteja, kuten transistoreita tai antenneja on painettu joustaville paperisubstraateille ja viime aikoina myös 3D -kappaleille. Optoelektronisia laitteita, kuten joustava näyttöjä ja aurinkokennoja on myös tuotettu painamis- ja päällystämistekniikoilla (Hoeng et al. 2016).

3.4 Akkuteknologian arvoketjut

3.4.1 Arvoketjut

Suunniteltaessa arvoketjua akkujen käyttämiseksi sähköisissä kulkuneuvoissa, autoteollisuuden, erityisakkujen, kemian ja elektroniikan sektorit ovat eniten mukana olevia toimijoita. Näiden sektorien eri yritykset ovat aktiivisia koko arvoketjussa joko yhdessä tai useammassa vaiheessa. Toistaiseksi autonvalmistajat hallitsevat arvontuontiprosessia ainakin kulkuneuvojen tavanomaisen voimansiirron osalta (Christensen 2011, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Osittainen siirtyminen sähköiseen voimansiirtoon, jota pääasiassa ajavat säännöstely ja käytännön instrumentit, ryhtyminen uusien teknologioiden kehittämiseen on autoteollisuuden yrityksille kriittistä, jotta nämä

yrietykset eivät jää riippuvaiseksi yhden polun teknologisesta kehityssuunnasta (Bohnsack et al. 2014, Orsato & Wells 2007, Sihn et al. 2012, Golembiewski et al. 2015 mukaan).

Akkuteknologioiden mukana oletettavasti kehittyvä rajapinta autoteollisuuden, elektroniikan ja kemiansektoreiden kanssa vaatii osaamista kaikilta kolmelta alalta. Tämän myötä kemian ja elektroniikan sekä erikoistuneiden akkuyritysten kennotuotannossa ja automobiilitutkimuksen akkukehityksen integroivalle tiedolle on suurta tarvetta yhteistoiminnallisten lähestymistapojen kautta (Colmorn & Huelsmann 2012, Wagner et al. 2010, Warth et al. 2012, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Näiden lisäksi on huomioitava yhteistyön tekeminen muiden toimijoiden kanssa, kuten energiatoimituksessa ja latausinfrastruktuurissa mukana olevat toimijat, jotka ovat kriittisiä elementtejä sähköisten kulkuneuvojen hyväksymisen ja omaksumisen kannalta (Cherubini et al. 2014, Sierzechula et al. 2014, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Kuvailut kehitykset, jotka vaikuttavat teollisuuden rakenteisiin ja vaikuttavat akkujen arvoketjuun sähköiseen liikkuvuuteen siirryttäessä voidaan ajatella olevan konvergenssiprosessin ominaisuuksia. Tämä prosessi viittaisi ainakin osien auto-, kemian- ja elektroniikkateollisuudesta toisiinsa kohti liikkumiseen ja mahdollisesti teollisuuksien välisen uuden segmentin luomiseen yhteisten intressien ja toimintojen akkuteknologioiden edistämässä sähköisissä kulkuneuvoissa käytettävien sovellutusten luomiseen (Golembiewski et al. 2015). Tätä oletettavasti teknologiapainotteista konvergenssia saattaa täydentää olemassa olevissa arvoketjuissa tapahtuvat liikkumat sekä uusien arvoketjujen syntyminen (Bröring 2010, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Tämä osoittaa, että uusiin malleihin siirtyminen vaatii paitsi uutta teknologiaa, myös uusia liiketoimintamalleja (Boons & Lüdeke-Freund 2013, von Delft 2013, Golembiewski et al. 2015 mukaan).

Verkkotasosten energian varastointisovellutuksille akkuteknologioilla on etuja niiden skaalautuvuudessaan laajamittaisen uusiutuvan energian varastoinnin integrointiin ja niiden kykyyn yhdistyä hajautetuille energiaresursseille. Energian varastointiteknologioissa on laajaa monimuotoisuutta niiden sovellutuksissa spesifeille käyttötarkoituksille, tehden joistain teknologioista soveltuvampia tietyille liiketoimintamalleille tai maantieteellisille sijainneille. Energian varastoinnin verkkotasosten palvelujen ja kuorman tasoittamisen laaja-alaiselle kehittämiselle

tutkimukset esittävät, että akut olisivat yksi hallitsevista teknologioista kapasiteetin luomiselle, vastavuoroisesti järjestelmän kokiessa räsitystä vastaavanlainen kapasiteetti olisi saatavilla (Hart & Sarkissian 2016, Faunce et al. 2018, Hesse et al. 2017, May et al 2018, Martins & Miles 2021 mukaan). Erityisesti litiumioniakuista on tullut hallitseva akkuvaihtoehto verkkotasoisille energianvarastointijärjestelmille. Niiden viime vuosien nopean kustannusten alenemisen lisäksi litiumakut ylläpitävät kyvyn tarjota korkeatehoisia liitännäispalveluita alhaisella painolla ja tilarajoituksilla korkean energiatiheytensä vuoksi (Martin & Miles, 2021).

Akkubarastojen liiketoimintamalleissa on kolme pääkomponenttia, joita ovat arvolutaus, arvon luonti ja arvon omistaminen (Pollitt, 2016, Li et al. 2019 mukaan). Akkubarastojen avulla voidaan toimittaa useita palveluita, ja jokainen palvelu liitetään yhteen tuottovirtaan. Akut mahdollistavat useita palveluita kolmella verkkotasolla, joita ovat mittauksen tausta, jakelu ja siirto (Fitzgerald et al. 2015, Li et al. 2019 mukaan). Tämä osoittaa, että asiakkaan päähän sijoitetut akkubarastot voivat mahdollistaa eniten palveluja sähköjärjestelmille, mutta se vaatii energia-alan asiakkailta kiinnostusta sitoutumaan heidän tavanomaisen ICT-energiankäyttönsä ulkopuolelle (Pothitou et al. 2017, Li et al. 2019 mukaan). Arvonluonnin näkökulmasta akkubarastojen tarjoamat palvelut mahdollistavat arvonluonnin eri sidosryhmille. Esimerkiksi verkkotasolle asennetut akut auttavat järjestelmän operaattoria helpottamaan verkon ruuhkaa ja parantaa verkonhallintaa. Se myös vähentää uuden verkkoinfrastruktuurin tarvetta. Uusiutuvien energioiden tuotantotehtaille asennetuille akuille varasto voi auttaa uusiutuvan energian generoimista, mikä tekee tuotantolaitoksista joustavampia ja on soveltuva pieniin yhteisötason (Malekpoor et al. 2018, Hills et al. 2018, Li et al. 2019 mukaan) sekä suuriin verkkotasoiisiin järjestelmiin (Malekpoor et al. 2018, Li et al. 2019 mukaan). Arvon omistaminen riippuu niistä palveluista, joita akut mahdollistavat verkossa käytettäväksi. Yhden palvelun toimittamiseen keskittyminen ei todennäköisesti tarjoa tuottavaa mallia, minkä takia palveluja on yhdistettävä. Hyötyjä arvioidessa suurimpia haasteita on näiden hyötyjen yhdistäminen. Ensiksi akkubarastopalvelut tarvitsevat toiminnallisen yhteensopivuuden, mikä toisin sanoen tarkoittaa, että toissijaisten palveluiden toimittaminen ei saa olla konfliktissa ensisijaisten palvelujen toimittamisessa (Li et al. 2019).

3.4.2 Markkinat ja arvonluonti

Euroopan unionin sähkömarkkinoilla on tapahtunut rakenteellisia muutoksia. Nykyinen sääntely ja markkinoiden malli ei ole kestävä kysynnän kasvun pysähtymisen, uusiutuvan energian läpilyönnin, kysyntäpuolen teknologioiden kasvun ja ilmastonmuutokseen sekä uusiutuvan energian tukiin liittyvien menettelytapojen takia. Sähkömarkkinat ovat kuitenkin suunniteltu perinteisen virranluonnin kustannusrakenteen peilaamiseen ja optimointiin. EU:ssa toimivien suurten sähköyhtiöiden kannattavuus on laskenut vuodesta 2008 lähtien tuottojen laskusta ja kasvavista kustannuksista johtuen (Robinson 2015, Li et al. 2019 mukaan). Tukkukaupasta sekä liitännäispalveluista saavat voitot ovat laskussa, mutta samaan aikaan kustannukset verotukseen, fossiilisten polttoaineiden ostoon ja päästövähennyksiin liittyen ovat kasvussa. Muutokset eivät ole syklisiä vaan rakenteellisia, joten sähkömarkkinoiden perusteellista reformia tarvitaan. Nämä jatkuvat muutokset näyttäisivät pystyvän helpottamaan lähitulevaisuudessa tapahtuvaa akkukehitystä, mutta silti on tarvetta tarkkailla tällaisten muutosten mahdollisia vaikutuksia akkujen kehitykseen (Li et al. 2019). Epävarmuudesta huolimatta, korkealaatuisten litium-ioniakkujen markkinoiden on ennustettu kaksinkertaistuvan viiden vuoden välein. Kasvua ajaa korkea teknologiaa käyttävä kuluttajasektori, mikä pitää sisällään matkapuhelimet, älypuhelimet, kannettavat tietokoneet, sekä liikkuvat sovellukset, pääasiassa sähköhybridikulkuneuvot (Bernhart 2014, s. 554).

Akkutuotannon arvonluontiprosessiin kuuluu useita vaiheita. Ketju alkaa raakamateriaalien eristämisestä ja prosessoinnista katodin, anodin, elektrolyytin, separaattorin ja muiden kennokomponenttien syntetisoimiseksi. Myöhemmin nämä eri komponentit kootaan akkukennoiksi, jotka pakataan akkupinoiksi, jotka sähköisen liikkuvuuden arvoketjuissa lopuksi integroidaan ajoneuvoon (Majeau-Bettez et al. 2011, Notter et al. 2010, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Näin taustalla oleva akkuketju koostuu raaka-aineista, kennokomponenteista, akkujärjestelmästä ja ajoneuvosta (von Delft & Leker 2011, Golembiewski et al. 2015 mukaan). Akkujen arvoketjuissa paitsi sen nykyinen rakenne, mutta myös sen mahdolliset tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset ja ketjun päätoimijoiden roolien muutokset ovat suuren kiinnostuksen kohteena. Teknologiatasolla tapahtuvat kehitykset refleктоivat strategisia valintoja (Oltra & Saint

Jean 2009b, Golembiewski et al. 2015 mukaan) ja tutkimustapahtumia, jotka edeltävät teollisen ketjun tasolla tapahtuvia rakenteellisia muutoksia. Jotta sähköisen liikkuvuuden tutkimusmaisemaa pystytään kuvaamaan ja akkuteknologioita koskevia trendejä voidaan monitoroida, patenteja sovelletaan teknologisen mittarina. Arvoketjun vaiheiden kehitysten tutkimista ei toistaiseksi olla suoritettu, mutta se saattaa paljastaa laajempia oivalluksia, varsinkin kaikista keskeisimpien vaiheiden tunnistaminen, joissa muutoksen ensimmäiset vaiheet tulevat näkyviin (Golembiewski et al. 2015). Energian varastointiteknologioita on tutkittu mahdollistajana käyttää tulevaisuudessa matalahiilisiä sähköverkkoja. Tämä on johtanut nousevien liiketoimintamallien tutkimiseen, jossa taloudellinen kannattavuus arvioidaan pinoamalla energian varastointiomaisuuden tulovirtoja korkea-arvoisen hyödyn saamiseksi (Nurlinson & Giuletti, 2012, Teng et al. 2015, Martins & Miles 2021 mukaan).

Vaikka akkujen kustannukset ovat laskussa, ne ovat usein kuitenkin korkeita verrattuna vaihtoehtoihin, jotka mahdollistavat identtisten palvelujen tarjoamisen (Bhatnagar et al. 2013, Li et al. 2019 mukaan). Vaikka joissain tilanteissa kustannukset ovatkin kilpailukykyisiä, säännöstelyssä ja markkinoilla on silti esteitä. Näihin esteisiin kuuluu energiavarastojen funktionaalisen jaottelun selvyiden puute, eli luokitellaanko ne generoinnin, siirron vai jakelun mukaisesti. Olemassa olevat tuottojen kompensatiomekanismit on suunniteltu sopimaan perinteisten sähköjärjestelmätekniologioiden arviointiin. Nämä esteet ovat rajoittaneet varastojen käyttämisen erityisiin tarkoituksiin ja indusoineet lisää liiketoimien kustannuksia laskien akkujen kannattavuutta ja tuottoa. Näiden esteiden kanssa akkuinvestoinnit luovat merkittäviä epävarmuustekijöitä mahdollisille sijoittajille. Akun käyttämisellä voi olla useita hyötyjä eri sidosryhmille. Riippuen sen sovelluksesta, se voi vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä, parantaa järjestelmien joustavuutta, auttaa välttämään olemassa olevan infrastruktuurin päivittämisen kustannukset ja parantamaan toimitusturvallisuutta. Kuitenkin akkujen taloudellinen arviointi ei yleensä sisällä näitä hyötyjä, koska niillä ei yleensä ansaita rahaa olemassa olevassa hinnoittelurakenteessa. Näiden ulkoisten tekijöiden sisällyttäminen voi mahdollisesti parantaa akkujen taloudellisuutta (Li et al 2018, Li et al. 2019 mukaan).

3.5 Case-esimerkkien tarkastelu

Tässä kappaleessa tarkastellaan neljää eri case-yritystä, jotka valmistavat kiinteäelektrolyyttisiä akkuja tai ratkaisuja, jotka perustuvat näihin akkuihin. Case-yritykset ovat globaalisti johtavia kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistajia, ja nämä yritykset valittiin case-tutkimukseen saatavilla olevan tiedon määrän perusteella.

3.5.1 Toyota Motor Corporation

Toyota julkaisi vuonna 2016 japanilaisen NEDO-tutkimusorganisaation tuella tutkimuksen akuissa käytettävistä kiinteistä elektrolyyteistä. Elektrolyyttitutkimuksen kohteena olivat sulfidipohjaiset materiaalit $\text{Li}_{9,6}\text{P}_3\text{S}_{12}$ ja $\text{Li}_{9,54}\text{Si}_{1,74}\text{P}_{1,44}\text{S}_{11,7}\text{Cl}_{0,3}$ (Kato et al. 2016). Sulfidipohjaisilla elektrolyyteillä on orgaanisiin, nestemäisiin elektrolyytteihin verrattava korkea ionijohtavuus ja verrattuna oksidityypisiin vastineisiin, sulfidityypin materiaaleilla on korkeampi ionijohtavuus sekä litiumionien liikkuvuus ja niiden mekaaniset ominaisuudet ovat suhteellisen pehmeitä. Niillä on kuitenkin vakavia epävakausongelmia tavanomaisten katodimateriaalien ja litiummetallianodien kanssa, ja kapea sähkökemiallisesti vakaa ikkuna (Olli 2020, s. 43–44).

Vuonna 2020 Toyotan uutisoitiin tekevän yhteistyötä japanilaisen elektroniikkavalmistajan Panasonicin kanssa kehittääkseen kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologiaa ja luodakseen toimivan kiinteäelektrolyyttisen akun, jota on suunniteltu käytettävän Toyotan sähköautoissa sekä yleisesti akkukäyttöisessä elektroniikassa. Toyotan oli määrä julkaista uusi, kiinteää elektrolyyttiä käyttävä automalli vuonna 2020 järjestettävissä Tokion kesäolympialaisissa, mutta vallitsevan koronaviruspandemian vuoksi sekä olympialaiset että automallin julkaisu siirtyivät vuoteen 2021. Toyotan ja Panasonicin yhteistoimintaa edustaa näiden kahden toimijan perustama ja omistama akkuvalmistaja, Prime Planet Energy & Solutions Inc. (Toyota Motor Corporation 2020).

Toyotan siirtyminen kiinteäelektrolyyttiseen akkuteknologiaan ajoneuvoissaan on saanut aikaan vaikutuksia toimitusketjussa. Tämän ilmiön huomioivat myös Battistella et al. vuonna 2012 todetessaan teknologisilla innovaatioilla olevan merkitystä globaaleihin tuotantorakenteisiin. Ajoneuvoissa käytettävien materiaalien toimittajat ovat

rakentamassa uutta infrastruktuuria toimituksien mahdollistamiseksi autonvalmistajille ja elektrolyyttituotannon pilottilaitoksia käynnistetään.

3.5.2 Blue Solutions / Bolloré Group

Blue Solutions on osa ranskalaista Bolloré Group -konsernia, jonka tytäryhtiöt ovat erikoistuneet kuljetukseen ja logistiikkaan, viestintään, sekä sähkövirran säilytykseen ja järjestelmiin. Blue Solutions edustaa viimeisintä. Blue Solutions on toimittanut Daimlerille heidän kiinteäelektrolyyttisiä akkujaan, joissa on polyetyleenioksidista (PEO) ja litiumsuoloista valmistettu elektrolyytti (Bolloré Group, 2018). PEO on kaikista yleisin litiumioneja johtavissa elektrolyyteissä käytetty polymeeri. Se on tehokas liuottamaan litiumsuoloja, joita lisätään litiumionien johtavuuden mahdollistamiseksi. Vaikka PEO on hyvä litiumionien johde, akkusovellutuksiin huoneenlämpötilassa tarvitaan korkeampaa johtavuutta (Fergus, 2010).

Bolloré Group -konserni on luonut useita sähkövirran säilytyksen ja järjestelmien liiketoimintaan toimintoja, jotka perustuvat Blue Solutionsin luomaan kiinteäelektrolyyttiseen akkuun. Näitä ovat esimerkiksi yhteiskäyttöautot, sähköiset kulkuneuvot sekä liikkumisjärjestelmien hallinta, sähkökäyttöisten linja-autojen suunnittelu ja valmistus ja energian varastointiratkaisujen markkinointi liittyen uusiutuvien energioiden kehitykseen (Blue Solutions, 2021). Konsernin energian varastointiratkaisuja ovat esimerkiksi maaseudun sähköjakelu, teollisuuskäyttöön tarkoitettut hybridivoima-asetat sekä sähköisten kulkuneuvojen latausasemat sähköverkkojen ulkopuolella. Suoraan sähköverkkoon liittyviä ratkaisuja on uusiutuvan energian integrointi ja muu energian varastointi verkon sähköntuottajille, sekä erinäiset tukipalvelut (Bolloré Group, 2021). Akkujen käyttöä virran varastointiratkaisuissa verkkotasoiselle virralle tutkivat myös Martins & Miles vuonna 2021, sekä akkuvarastoja Li et al. vuonna 2019.

3.5.3 QuantumScape

QuantumScape on yhdysvaltalainen vuonna 2010 perustettu akunvalmistusyhtiö, joka listautui New Yorkin pörssiin vuoden 2020 lopussa. Heidän akkujensa suunniteltu käyttötarkoitus on sähköiset kulkuneuvot, ja yrityksen tukija Volkswagen Group on

suunnitellut käyttävänsä yhtiön akkuja sähköisissä ajoneuvoissaan vuodesta 2025 alkaen (Volkswagen AG, 2018). QuantumScapen kiinteäelektrolyyttisen akkuteknologian tiedetään perustuvan keraamiseen kiinteään elektrolyyttiin, mutta tarkempaa tietoa akuissa käytettävästä elektrolyytistä ei ole (QuantumScape, 2020). Keraamiset kiinteät elektrolyytit ovat hyvin soveltuvia käyttöön korkeissa lämpötiloissa, ja joissakin yhdisteissä ionijohtavuus on merkittävän korkea alhaisillakin lämpötiloilla (Fergus, 2010).

3.5.4 Solid Power

Solid Power on yhdysvaltalainen, vuonna 2012 perustettu akunvalmistaja, joka kehittää kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologiaa yhdessä BMW:n, Fordin, Hyundain sekä Sanoh Industrialin kanssa, ja heidän akkujensa suunniteltu käyttötarkoitus on sähköisissä kulkuneuvoissa. Solid Powerin kiinteäelektrolyyttiset akut perustuvat sulfidipohjaiseen kiinteään elektrolyyttiin, mutta heillä on usean epäorgaanisen elektrolyyttimateriaalin tuoteperhe, jotka on tarkoitettu yksilöityjä käyttötarkoituksia varten. Yhtiöllä on pilottilaitos Yhdysvaltojen Coloradossa tuotannon skaalaamista varten rullalta rullalle - valmistusprosessissa (Solid Power, 2021).

3.5.5 Case-tapausten yhteenveto

Yllä kuvatuissa case-yrityksissä on huomattavia yhteyksiä. Kaikilla neljällä yrityksellä on toimintaa autoteollisuudessa, missä he ovat pyrkineet kehittämään akku ratkaisuna sähköautojen virtatarpeeseen. Tämä on ymmärrettävää, koska kiinteäelektrolyyttisten akkujen luoma lisäarvo on suurimmillaan ratkaisuisissa, joissa tarvitaan parempaa kestävyyttä, turvallisuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Autoteollisuus on huomattavan iso markkina näille akuille sähköisten kulkuneuvojen yleistymisen ja kysynnän kasvamisen myötä. Kolmella näistä neljästä yrityksestä on yhteistyökumppani, joka on markkinoillaan asemansa vahvistanut, suuri toimija ja joilla on laaja asiakaskunta. Kaikissa tapauksissa yhteistyökumppani ei ole puhtaasti kaupallinen, vaan myös tutkimuskumppani. Kaikkia yrityksiä kuitenkin yhdistää se, että heidän akulleen on valmis kysyntä markkinoilla, joko nykyisillä markkinoillaan omien tuotteidensa kautta tai kumppanin markkinoilla osana heidän tuotteitaan. Vaikka autoteollisuus on suuri markkina tälle teknologialle, on kiinteäelektrolyyttisiä akkuja vielä kehitettävä

autoteollisuutta varten joidenkin ongelmien ratkaisemiseksi, kuten myös huomioi Liang et al. vuonna 2019.

Case-tapauksia tarkasteltaessa nähdään myös yhtenäisyyksiä akuissa käytetyissä kiinteissä elektrolyyteissä. Kahta tapausta lukuun ottamatta, joista toinen ei ole paljastanut käyttämänsä materiaalia, kaikki valmistajat käyttävät sulfidipohjaista kiinteää elektrolyyttiä. Sulfidipohjaisilla elektrolyyteillä onkin hyvät fyysiskemialliset ominaisuudet käytettäväksi näissä akuissa, mutta niillä on myös etu mekaanisilla ominaisuuksillaan valmistustekniikan näkökulmasta, ainakin painetun elektroniikan rullalta rullalle -valmistuksessa.

4 EMPIRIAN TULOKSET

4.1 Case-yritykset peilattuna arvoketjukirjallisuuteen

Case-yrityksissä on huomattavissa kehittynyt rajapinta autoteollisuuden, sekä kemian ja elektroniikan sektoreiden välille, sillä jokainen näistä yrityksistä tekee läheistä yhteistyötä autoteollisuudessa tunnettujen toimijoiden kanssa. Autoteollisuuden voidaan tällä hetkellä nähdä kiinteäelektrolyyttisten akkuteknologioiden kehityksen vetävimpänä voimana, mikä voidaan nähdä sähköisten kulkuneuvojen kysynnän ja markkinaosuuden kasvussa, jonka mukana markkinoilla odotetaan sähköisten kulkuneuvojen ominaisuuksien, kuten pidemmän kantaman, turvallisuuden ja lyhyemmän latausajan kehitystä. Arvoketjukirjallisuutta peilattaessa case-yrityksiin onkin nähtävissä paitsi arvoketjun, mutta myös arvoverkkojen tärkeys kiinteäelektrolyyttisten akkujen arvonluonnissa. Itse akut on luotava arvon maksimoimiseksi, mutta arvon kehittämisessä on otettava huomioon muiden, risteävien arvoketjujen, kuten asiakkaan arvoketjut ja arvokäsitys, jotka muodostavat laajemman arvoverkon.

Näiden kolmen teollisuudenalan välisen rajapinnan lisäksi arvoketjukirjallisuudessa mainitaan Golembiewski et al. vuonna 2015 esittämän huomion mukaisesti tämän rajapinnan syntymisen olevan teknologiapainotteista konvergenssia, mikä nähdään akkukennojen tuottamisena suoraan sähköisten ajoneuvojen tarpeisiin ja kehitykseen, ja näitä akkuja testataan autoteollisuuden kumppaneiden avulla juuri näistä näkökulmista. Sen sijaan case-yrityksissä on hyvin vähän esimerkkejä, tarkalleen ottaen yksi, joka on luonut liiketoimintamalleja ja arvoketjuja stationäärisempiin virranvarastointiratkaisuihin kiinteäelektrolyyttisillä akuillaan, kuten akkuvarastoihin. Tälle löytyy selitys näiden akkujen luonteesta. SSB:t ovat kestävämpiä, turvallisempia ja ympäristöystävällisempiä kuin perinteiset litiumioniakut, jolloin niiden suurin arvontuotto löydetään yleensä mobiileissa ratkaisuissa, jotka tarvitsevat virtalähteeltään kiinteäelektrolyyttisille akuille tyypillisiä ominaisuuksia.

Tässä tutkimuksessa ei pystytty selvittämään tarkasti edellä kuvattujen case -tapausten operatiivisia toimintoja, kuten myöskään heidän arvoketjujensa kokonaisarvontuottoon liittyviä toimintoja ja suhteita. Tämän vuoksi case -yritysten arvoketjujen peilaaminen

arvoketjukirjallisuuden konseptuaaliseen arvoketjujen ja -verkkojen tutkimukseen ei ollut mahdollista.

4.2 SSB arvoketjuskenaariot Oulun liiketoimintaekosysteemissä

Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimuksen tuloksina syntyneitä arvoketjuskenaarioita Oulussa luodulle painettavien kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologialle ja valmistukselle. Arvoketjuskenaarioita luodessa on otettu huomioon jokaisen skenaarion vaikutukset erityisesti Oulun liiketoiminta-alueelle, sekä tarvittavat toiminnot, jotta kyseinen arvoketju pystytään alueelle tätä haluttua SSB-teknologiaa käyttäen luomaan. Jokaiselle arvoketjuskenaariolle on luotu arvoketjumalli, joissa näkyvät vihreänä ne vaiheet, jotka kuuluvat kyseiseen arvoketjuun.

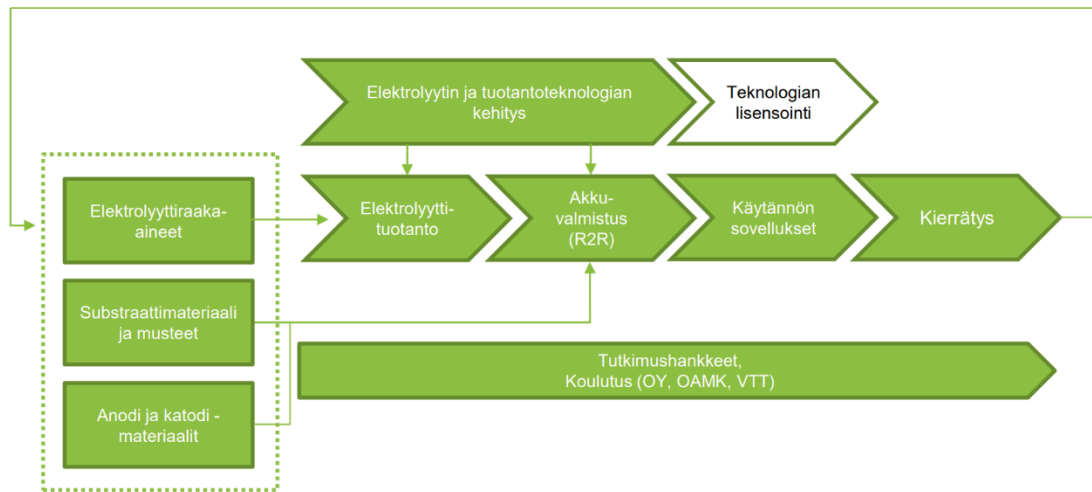
4.2.1 SSB-akkujen valmistus Oulussa

Jotta kiinteäelektrolyyttisiä akkuja voitaisiin valmistaa kannattavasti Oulun liiketoimintaekosysteemissä, vaatii alue toimijoita ja mahdollisia investoijia, jotta valmistukseen vaadittavat tuotantotilat voidaan rakentaa. Koska Oulun liiketoimintaekosysteemissä ei ole vielä akkutuotantoon erikoistuneita toimijoita, on näiden arvoketjun agenttien tunnistaminen erityisen tärkeää, sekä arvoverkot, joissa nämä toimijat ovat mukana. Arvoketjun näkökulmasta akuissa käytettävät sekä anodi- että katodimateriaalit ovat alihankinnalla toimitettavia resursseja, mutta elektrolyytti- sekä akkuvalmistus tapahtuu Oulussa. Näin ollen tiloissa on huomioitava elektrolyyttituotannolle vaadittavat laitteet ja tilat, kuten investoinnit kuivatiloihin elektrolyyttituotannolle sekä niiden tutkimukseen ja kehitykseen, sekä tarvittaviin työlaitteisiin. Myös tarvittavat elektrolyyttituotannon raaka-aineet ovat alihankinnalla toimitettavia.

Elektrolyyttituotannon, kuten myös akkutuotannon, tilat ja laitteet on optimoitava massatuotantoon skaalausta varten ja tuotantoprosessit on optimoitava akkuvalmistuksen kapasiteettiin sopivaksi. Itse akkuvalmistus tapahtuu painetun elektroniikan valmistusmenetelmillä, ja valmistustekniikkana käytetään rullalta rullalle -valmistusta. Rullalta rullalle -prosessi vaatii sopivien substraattiverkkojen alihankinnan ja prosessille

sekä skaalattavalle tuotannolle sopivan painamistekniikan valinnan, sekä itse rullalta rullalle -kokoonpanon rakentamisen. Mikäli valmiita akkuja ei haluta toimittaa asiakkaalle kokonaisina painettuina substraattirullina, on tuotantoprosessiin lisättävä myös tarvittavat painettua substraattiverkkoa leikkaavat toiminnot, joko rullalta rullalle - prosessiin tai sen jälkeen, sekä pakkaustoiminnot. Laadunhallintaa ja -varmistusta varten on myös luotava akuille tarkoitettut testitilat ja investoitava niille tarkoitettuihin testauslaitteisiin, joiden avulla on pystyttävä varmistamaan akkujen toimivuus sekä turvallisuus.

Sekä valmistettavan akun että tuotantoprosessin spesifiset piirteet riippuvat akun käyttökohteesta. Jotta akulle haluttuja ominaisuuksia pystytään mittaamaan, on nämä halutut ominaisuudet ensin tunnistettava koko arvoketjun lopputuotteen kontekstissa. Tämä taas vaatii tietyille markkinasegmentille pääsyn, miksi on jo liiketoiminnankin kannattavuuden kannalta tärkeää, että valmistettavilla akuilla on tunnistettu asiakas. Eräs tapa päästä osaksi yhtä tai useampaa markkinasegmenttiä on solmia sitä edustavan toimijan kanssa kumppanuussuhde, jonka tavoitteena voi olla heidän tarjoamansa tuotteen tai palvelun kehittäminen tai jopa uuden luominen käyttämällä kiinteäelektrolyyttisiä akkuja. Markkinoille pääsy myös omalla hyödykkeellä, joka käyttää itse valmistettuja akkuja on mahdollista, esimerkiksi kuluttajamarkkinoille, mutta tämä on hyvin vaikeaa ja riskialtista ilman vahvistettua markkina-asemaa. Kim et al. vuoden 2015 huomion mukaan kiinteän elektrolyytin akut ovat kestävämpiä, ympäristöystävällisempiä ja turvallisempia kuin esimerkiksi perinteiset litiumioniakut, joten näihin näkökohtiin perustuvissa ratkaisuissa nämä akut tuovat korkeimman lisäarvon, kuten sähköisissä kulkuneuvoissa. Hyvän virranvarastointikykyä takia kiinteäelektrolyyttiset akut sopivat myös esimerkiksi sekundäärikäytössä kierrätyksen jälkeen stationäärisiin ratkaisuihin, esimerkiksi Martins & Miles huomioivat vuonna 2021 virran varastoinnin verkkovirtatuotannon tasoittamisessa tai Li et al. vuonna 2019 huomioimina akkuvarastoina. Kuva 6 on mallinnus tästä arvoketjusta, jossa kaikki vihreällä merkityt vaiheet kuuluvat tähän spesifiseen arvoketjuun.



Kuva 6. Skenaarion 1 arvoketjumalli.

Kiinteäelektrolyyttisten akkujen tuotannosta Ouluun syntyvä arvoketjun on mahdollista tuoda muutoksia Oulun, tai laajemmin Pohjois-Pohjanmaan maakunnan liiketoimintaekosysteemiin. Case-yrityksistä Toyotan esimerkissä nähtiin, että paikallisia yrityksiä, jotka eivät ole aikaisemmin olleet akkuteollisuudessa mukana, ovat heidän perinteisten teollisuudenalojensa rinnalla alkaneet rakentamaan esimerkiksi Toyotan akkutuotantoa varten infrastruktuuria kiinteiden elektrolyyttien valmistamiseksi. Myös esimerkiksi uusien toimittajaverkostojen syntyminen Oulun akkuteollisuuden ympärille on mahdollista, sekä muita yrityksiä, jotka luovat tai kehittävät liiketoimintaansa sopimaan akkuteollisuuden arvoverkkoon kuulumisesta saataviin hyötyihin. Tästä samasta ilmiöstä on maininnut myös Battistella et al. vuonna 2012. Näiden yritysten tarjoamat ratkaisut voivat auttaa kulmakiviyritystä sen akkuteknologian tai -tuotannon kehityksessä, ja näiden yritysten huomioiminen niiden syntyessä Oulun akkuteollisuuden ympärille on tärkeää arvoverkon kokonaisarvontuoton maksimoimiseksi. Tämän arvoketjuskenaarion ominaispiirteet on vedetty yhteen taulukon 1 SWOT-analyysissä.

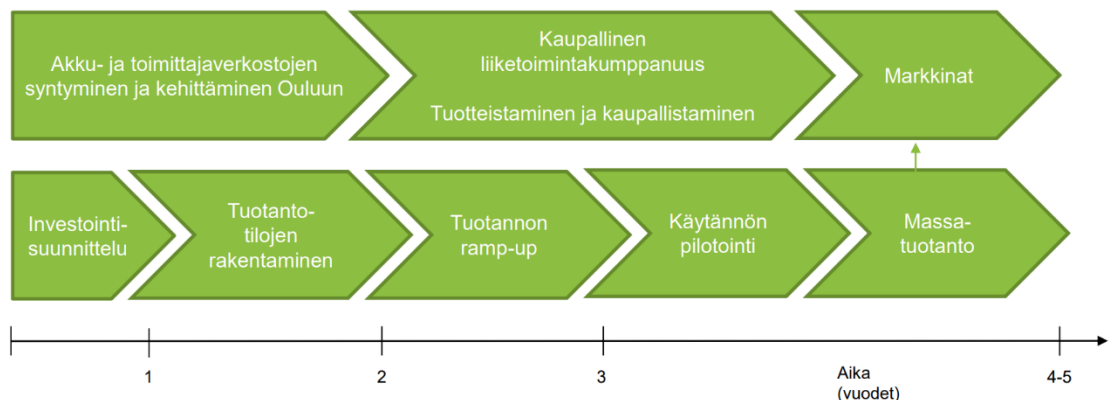
Taulukko 1. Skenaarion 1 SWOT-analyysi

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Uutta investointia alueelle • Massatuotantoon sopiva ja ympäristöystävällinen valmistusmenetelmä • Uusien verkostojen syntyminen Ouluun 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei olemassa olevia toimijoita akkuteknologiaan liittyen Oulun liiketoimintaekosysteemissä • Vaatii huomattavaa investointia
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Akkuklusterin syntyminen Ouluun • Globaali liiketoiminta ja markkinaosuuteen kiinnittyminen • Uusien akkuteknologiaan perustuvien arvoketjujen syntyminen Ouluun ja Suomeen • Alan koulutuksen lisääntyminen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei saada sopivia kaupallisia kumppaneita • Ei saada kerättyä investoijia • Osaamisen määrä

Tässä arvoketjuskenaariossa voidaan nähdä myös sekä kirjallisuudesta että case-tapauksissa ilmennyttä konvergenssiirtymästä juontuvaa autoteollisuuden ja kemian- sekä elektroniikkateollisuuden rajapinnan muodostumista, jonka myös huomioi Golembiewski et al. vuonna 2015, mikäli haluttu kaupallinen ja mahdollisesti rahoittava yhteistyökumppani saadaan autoteollisuudesta. Kemian alan osaajien on kehitettävä elektrolyytti painettavan elektroniikan valmistustekniikan tarpeisiin, mutta myös elektroniikan alan toimijoiden on varmistettava soveltuvan valmistustekniikan käyttö, jotta elektrolyytti on tuotettavissa. Kokonaisuudessaan luotu kiinteäelektrolyyttisen

akkukennon on sovelluttava tällöin autoteollisuuden tarpeisiin. Kaupallinen yhteistyöyritys voi edustaa myös muuta teollisuudenalaa, kuten työkonevalmistajia, mutta tällöin akkukennon ominaisuudet on räätälöitävä näihin tarpeisiin soveltuviksi. Samaan arvoverkkoon mahdollisesti kuuluva ajoneuvovalmistuksen arvoketju vastaa hyvin pitkälti loppukäyttäjälle asti ulottuvan arvoketjun arvonluonnista, mutta akkuvalmistuksen arvoketjussa arvotoiminnot on analysoitava ja identifioitava hyvin arvontuoton maksimoimiseksi. Tähän soveltuvat hyvin Simatupang et al. vuonna 2017 huomioimat VCA-menetelmät, joissa otetaan huomioon arvon syntyminen paitsi operatiivisissa toiminnoissa, myös resurssien käyttöasteissa ja tuotevirran analysoinnissa sekä myöhemmän valmistusprosessin vaiheet. VCA-menetelmin tämän arvoketjun tärkeimpiä vaiheita arvontuottoon ja kustannusten alentamiseen on luoda Ouluun mahdollisimman laaja toimittajaverkko, jotta alihankittavia materiaaleja ei tarvitse toimittaa kaukaa, mikä lisäisi arvoketjun logistiikkakustannuksia, sekä kustannustehokkaan tuotantomenetelmän kehittäminen.

Tämä skenaario edustaa arvoketjun arvonluonnin korkeinta tasoa, ja näitä painettuja kiinteäelektrolyyttisiä akkuja valmistava yritys toimii tason 1 toimittajana yhteistyökumppanilleen, mutta myöhemmässä vaiheessa voi toimittaa akkuja myös muille alan toimijoille. Kuva 7 esittää valmiin painetun kiinteäelektrolyyttisen akkuteknologian kehittämisen jälkeistä tiekarttaa markkinoille aikajanoineen.

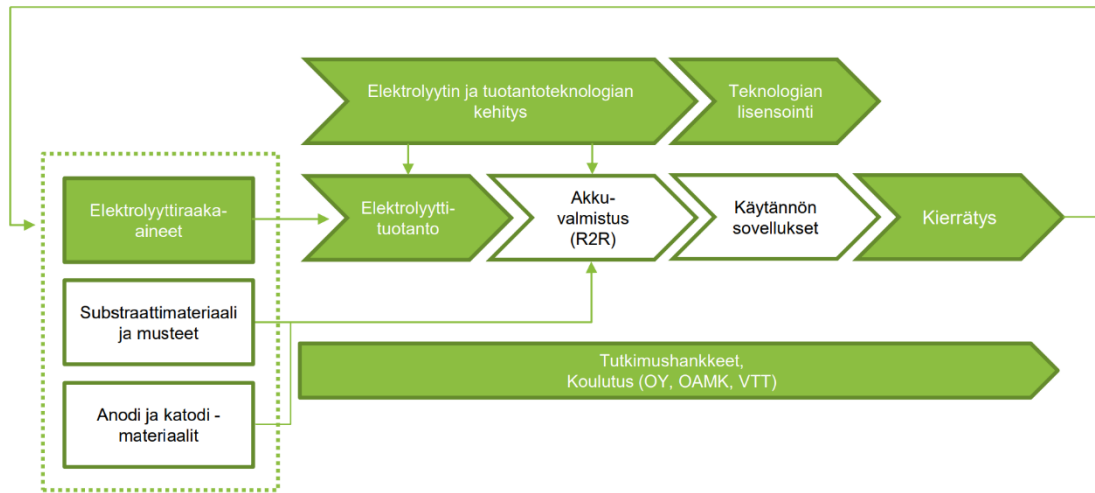


Kuva 7. Skenaarion 1 tiekartta.

4.2.2 SSB-tekniologian lisenssimyynti ja elektrolyyttitoimitus

Kahden edellisen arvoketjuskenaarion mahdollinen välimuoto on myydä akkuteknologia lisenssisopimuksilla asiakkaille, mutta pysyä edelleen kiinteiden elektrolyyttien toimittajana, jolloin tässä arvoketjuskenaariossa on kahden edellisen skenaarion piirteitä. Tekniologian lisenssimyynnin osuus tässä skenaariossa mukailee hyvin pitkälle lisenssimyynnin arvoketjuskenaariota, ja tästä näkökulmasta katsottuna elektrolyyttituotantoa ja -toimitusta voidaan pitää tämän arvoketjun ympärille tuotettuina ratkaisuuina. Oulussa valmistettavien akkujen arvoketjuskenaariossa on otettu huomioon myös kiinteiden elektrolyyttien tuotanto, joten skenaario on mahdollinen, mikäli Oulun liiketoimintaekosysteemiin löydetään halukkaita investoijia ja toimijoita arvoketjun luomiseksi.

Kiinteiden elektrolyyttien toimituksessa onnistuminen vaatii investointeja tarvittaviin tuotantotiloihin sekä -laitteisiin. Tuotantotilojen on pidettävä sisällään tuotannolle tarvittavan kokoluokan kuivatilat, sekä tilat kiinteiden elektrolyyttien tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Tuotantolaitteet on valittava valmistettavien kiinteiden elektrolyyttien ominaisuuksien mukaan, mitkä vaikuttavat käytettäviin valmistustekniikoihin. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna tärkein ominaisuus on myös Kim et al. vuonna 2015 huomioima haluttu elektrolyytin koko, koska isokokoisten ja ohutkalvoisten kiinteiden elektrolyyttien valmistus eroavat toisistaan tekniikoiltaan huomattavissa määrin. Toisin kuin Oulussa tapahtuvan akkuvalmistuksen arvoketjussa, tiloissa ei tarvitse huomioida akkutuotannon vaatimia resursseja, jolloin sille tärkeää rullalta rullalle -valmistuksen massatuotantoon kykenevään kokoonpanoon ei tarvitse investoida. Myös mahdollinen Ouluun syntyvä toimittajaverkko ei tule olemaan yhtä laaja, sillä kiinteiden elektrolyyttien valmistukseen ei tarvita yhtä useita raaka-aineita kuin akkuvalmistuksessa, mikä sulkee pois tarpeen anodi-, katodi- sekä substraattimateriaalien alihankinnalle. Kuva 8 esittää tämän skenaarion 2 arvoketjun mallia, jossa skenaarion 1 tavoin on vihreällä merkattu ne vaiheet, jotka kuuluvat tähän spesifiseen arvoketjuun.



Kuva 8. Skenaarion 2 arvoketjumalli.

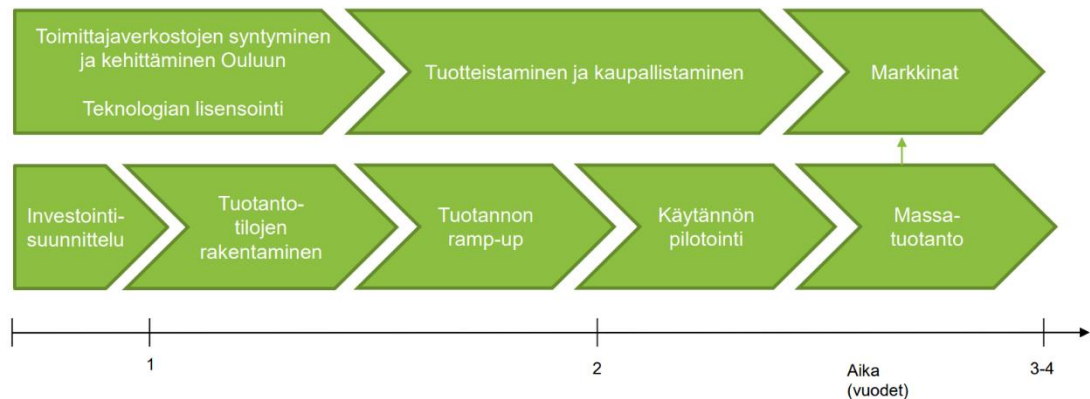
Oulussa tuotettavien akkujen arvoketjuskenaariossa akut valmistettiin painetun elektroniikan menetelmillä, tarkemmin rullalta rullalle -valmistuksessa. Kiinteiden elektrolyyttien toimittajan onkin selvítettävä, minkälaisiin tarkoitukseen elektrolyytit soveltuvat kartoittaakseen asiakassegmenttinsä. Elektrolyyttituotannossa on tärkeää muistaa asiakasnäkökulmasta DFM/A-suunnittelu (Design For Manufacturing/Assembly, tuotannon ja kokoonpanon näkökulmaan perustuva tuotesuunnittelu), jos valmistetut elektrolyytit halutaan esimerkiksi soveltuvan juuri kiinteäelektrolyyttisten akkujen rullalta rullalle -valmistukseen tai muuhun painetun elektroniikan valmistustekniikoihin. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna asiakkaan akkujen valmistustekniikka määrittää suuresti valmistettavan elektrolyytin materiaalit, koska kaikki kiinteät materiaalit eivät sovellu esimerkiksi painettuun akkutekniikkaan. Tämän ilmiön ovat tiivistäneet Golembiewski et al. vuonna 2015 seuraavasti: teknologiatasolla tapahtuvat kehitykset reflektioivat strategisia valintoja. Koska lisenssimyyntiin tarkoitettu kiinteän elektrolyytin akkuteknologia perustuu painetun elektroniikan rullalta rullalle -valmistukseen, on sopivaa, että tämän elektrolyyttitoimittajan asiakkaita olisivat niitä toimijoita, jotka ovat lisenssisopimuksella ostaneet mainitun akkuteknologian, jolloin tätä varten kehitetty elektrolyytti sopii tätä akkuteknologiaa käyttävän toimijan tuotantoon. Myös muut vastaavanlaista tuotantoprosessia ja akkuteknologiaa käyttävät toimijat ovat

mahdollisia asiakkaita, mikäli elektrolyytti ei tarvitse materiaalimuutoksia. Tämän arvoketjuskenaarion ominaisuudet on vedetty yhteen taulukon 2 SWOT-analyysissä.

Taulukko 2. Skenaarion 2 SWOT-analyysi

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Uutta investointia alueelle • Uutta tuotantotoimintaa Ouluun • Ei riippuvainen yhteistyökumppanista 	<ul style="list-style-type: none"> • Patentointihaasteet • Elektrolyyttituotannon asiakassegmentti • Halukkaiden investoijien löytäminen
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Pääsy markkinoille teknologian ja elektrolyytin toimittajana • Elektrolyyttien ja niiden tuotannon kehitys 	<ul style="list-style-type: none"> • Patentointihaasteista syntyvät uhat • Kilpailevat teknologiat • Kannattavuus

Tämä arvoketjuskenario edustaa arvonluonniltaan toiseksi korkeinta tasoa, jossa elektrolyyttivalmistaja toimittaa kiinteitä elektrolyyttejä painettaviin akkuihin omille asiakkailleen, jotka voivat olla kehitetyn kiinteäelektrolyyttisen painetun akkuteknologian lisenssillä ostaneita toimijoita tai muita asiakkaita. Kuva 9 esittää skenaarion 2 mukaisen arvoketjun luonnin tiekartan elektrolyyttivalmistuksesta markkinoille.

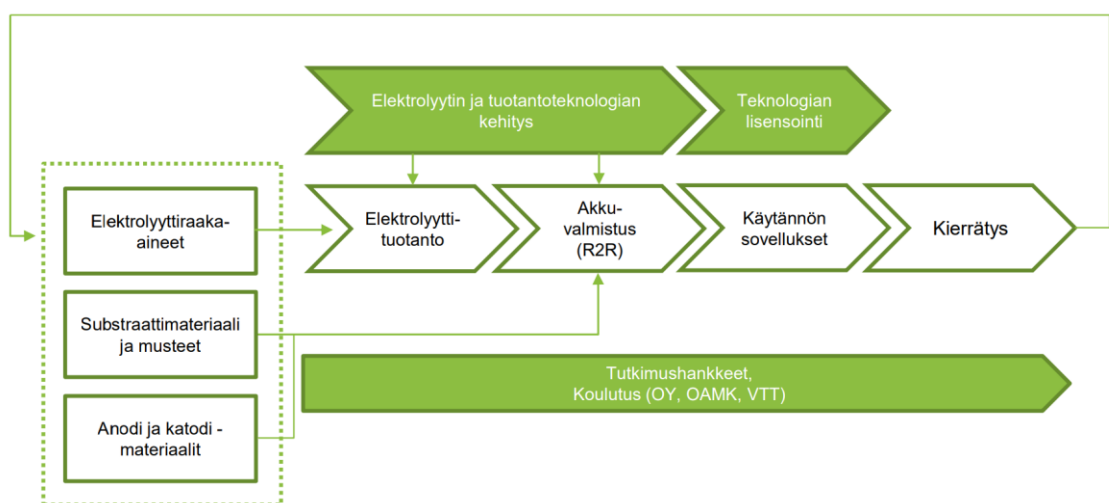


Kuva 9. Skenaarion 2 tiekartta

4.2.3 SSB-teknologian lisenssimyynti

Oulussa kehitetyn akkuteknologian valmistumisen jälkeen, täysin mahdollinen arvoketjuskenaario on teknologian lisenssimyynti markkinoilla. Skenaario on mahdollinen, mikäli arvoketjussa mahdollisesti halukkaita toimijoita ei saada tunnistettua tai investoimaan tuotannon aloittamiseksi, tai jo valmiiksi kilpailukykyisille markkinoille ei päästä kysyntää kasvattamattomien tuotteistamis- ja kaupallistamisprosessien takia. Oulun ja Suomen liiketoimintaekosysteemit akkuteollisuuden alalla ovat hyvin kapeita verrattuna sen globaaleihin markkinoihin, jossa useat suuret ja vahvasti tuetut toimijat kilpailevat toistensa markkinaosuuksista. Tässä arvoketjuskenaariossa liiketoimintamalli perustuu kiinteäelektrolyyttisen akun teknologian tutkimukseen, kehitykseen ja lopulta myymiseen lisenssisopimuksilla. Jotta tälle toiminnalle saadaan mahdollisimman paljon asiakkaita, on akkuteknologia suunniteltava ja kehitettävä mahdollisimman universaaliin käyttöön. Mahdolliset asiakkaat tosin saavat suurimman arvon, kun teknologia on kehitetty mahdollisimman pitkälle heidän tarpeisiinsa soveltuvaksi. Ratkaisuna voisi olla esimerkiksi kehittää tuoteportfolio, jossa on lisenssisopimuksilla myytäviä akkuratkaisuja asiakastarpeiden mukaisesti, kuten sähköisiin kulkuneuvoihin tai työkoneisiin, tai että teknologia räätälöidään yhdessä kunkin asiakkaan kanssa vastaamaan heidän spesifisiä vaatimuksiaan.

Akkuteknologian lisenssimyynnin skenaariossa teknologian tuottanut organisaatio voi luoda kuitenkin myydyin tekniikkansa ympärille palveluratkaisuja, joita organisaatio voi myydä sekä teknologian ostaneelle yritykselle sekä mahdollisesti myös heidän asiakkaille tai muille toimijoille. Tällöin kyseeseen tulevat tuotteistamisen ja kaupallistamisen prosessit sekä menetelmät, ja palvelun mallintamisessa tärkeitä ovat myös Valmisen & Toivosen vuonna 2012 huomioimat palvelukonsepti, palveluprosessi ja palvelujärjestelmä. Tällainen akkuteknologian ympärille rakentuva palvelu voisi olla esimerkiksi kiinteäelektrolyyttisten akkujen kierrätykseen erikoistuminen, tai jo kierrätettyihin akkuihin perustuvien ratkaisujen kehittäminen ja markkinointi, kuten stationääriset energianvarastointiratkaisut. Tämä arvoketjuskenaario ei todennäköisesti johda Ouluun syntyviin uusiin arvoverkkoihin, taikka muuta oleellisesti liiketoimintaekosysteemiä, mutta teknologiatoimittajan rooli on Peppard & Rylanderin vuonna 2006 esittämän huomion mukaan myös tärkeä osa laajempaa arvoverkkoa, ja se mahdollistaa teknologian luovan yrityksen saavan päätuotteensa markkinoille ja samalla kehittää muita liiketoimintamalleja, joilla on helpompi vastata tavoitemarkkinoiden kysyntään. Tämän arvoketjuskenaarion ominaisuudet on vedetty yhteen taulukon 3 SWOT-analyysissä. Kuva 10 esittää skenaarion 3 arvoketjumallia, jossa aikaisempien skenaarioiden tapaan vihreällä merkityt vaiheet, jotka kuuluvat nimenomaisesti tähän arvoketjuun.



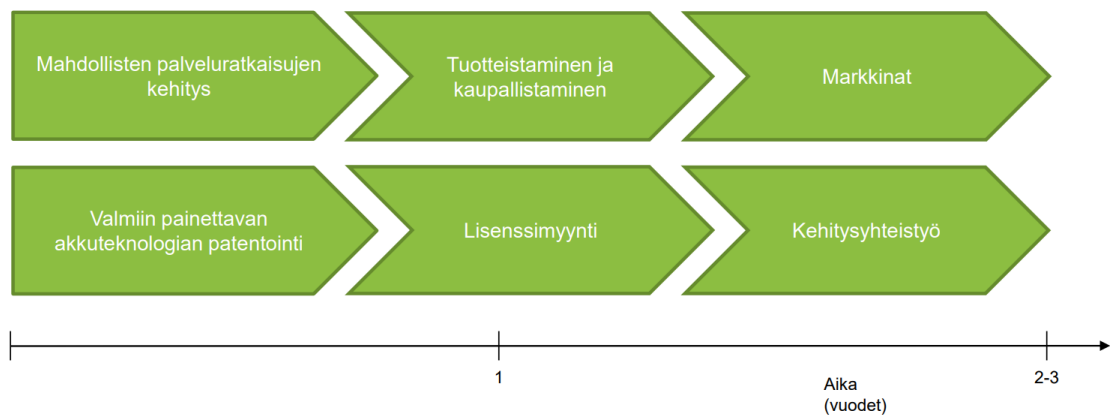
Kuva 10. Skenaarion 3 arvoketjumalli

Taulukko 3. Skenaarion 3 SWOT-analyysi

<u>Vahvuudet</u>	<u>Heikkoudet</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Ei tarvetta suurille investoinneille • Ei tarvetta liiketoimintakumppanille 	<ul style="list-style-type: none"> • Patentointihaasteet • Ei uutta tuotantotoimintaa Ouluun
<u>Mahdollisuudet</u>	<u>Uhat</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Pääsy markkinoille teknologian toimittajana • Muiden ratkaisujen kehittäminen ja tarjoaminen teknologian ympärille 	<ul style="list-style-type: none"> • Kilpailevat teknologiat • Patentointihaasteista syntyvät uhat

Vaikka akkujen kustannukset ovat nykyään kilpailukykyisiä, ovat ne silti usein kalliimpia kuin muiden identtisten palveluiden mahdollistavat vaihtoehdot ja vaikka kustannukset olisivatkin kilpailukykyisiä, usein markkinat ja sääntely tuovat esteitä. Tämän huomioi vuonna 2013 myös Bhatnagar et al. Kiinteäelektrolyyttisten akkujen kustannukset ovat lähtökohtaisesti suurempia kuin perinteisten litiumioniakkujen, johtuen paljolti akuissa käytettävien kiinteiden elektrolyyttien materiaaleista. Kustannuksia voidaan laskea yhtä akkukennoa kohden esimerkiksi kustannustehokkailla valmistusmenetelmillä, mutta esimerkiksi kohdemarkkinoiden kysyntä tai yhteiskunnan asettamat sääntelyt esimerkiksi akkujen turvallisuuteen tai valmistukseen liittyen voivat johtaa tilanteeseen, jossa akkuvalmistus ei ole kannattavaa Oulussa tai ylipäätään Suomessa. Tällöin SSB-teknologian lisensointi muiden markkinoiden toimijoille on kannattavin vaihtoehto. Lisensoinnin kannalta on tärkeää käsitellä teknologiaan liittyvät patentointihaasteet, sillä itse prosessointimenetelmää on haastavaa patentoida. Tällöin on tarkasteltava yleisesti valmistusmenetelmän aikaisempia patenteja, kiinteän elektrolyytin materiaalikemiaa tai esimerkiksi akun katodipuolta sopivien patentointimahdollisuuksien tunnistamiseksi. Tämä arvoketjuskenaarior mallintaa arvonluonnin alinta tasoa, jossa yritys toimii

kiinteäelektrolyyttisen, painettavan akkuteknologian toimittajana muille alan toimijoille. Kuva 11 esittää tämän arvoketjuskenaarion tiekarttaa alkaen valmiin painettavan akkuteknologian kehityksestä.



Kuva 11. Skenaarion 3 tiekartta.

4.2.4 Arvoketjuskenaarioiden yhteenveto

Edellä olevat arvoketjuskenaarit ovat mallinnuksia tilanteesta, jossa Oulussa on kehitetty valmis, painettavalla akkuteknologialla valmistettu kiinteäelektrolyyttisen akun toimiva prototyyppi. Skenaarioihin kuuluu myös taustalla kulkevia prosesseja, joita ei ole avattu erikseen arvoketjumalleihin taikka skenaarioiden tiekarttoihin. Näitä prosesseja ovat esimerkiksi valmistusta vaativissa skenaarioissa työntekijöiden rekrytointi ja koulutus, sekä kaikissa, mutta erityisesti lisenssimyyntiä vaativissa skenaarioissa patentointiprosessien läpikäynti jo ennen muiden prosessien alkua. Patenttia haettaessa on muistettava Suomen patenttiprosessi, eli patentoitavan keksinnön on oltava uusi eikä se voi olla aikaisemmin julkaistu, se ei saa olla itsestään selvä alan ammattilaiselle ja keksinnön on oltava teollisesti hyödynnettävä (Patentti- ja rekisterihallitus, 2016). Erityisesti patentointiprosessi on haastava, koska esimerkiksi itse valmistusprosessia on haastavaa patentoida, jolloin patenttimahdollisuuksia tulisi etsiä esimerkiksi katodi- tai elektrolyyttikemiasta, mutta eri näkökulmia on myös tietyllä tekniikalla ja tietyillä musteilla painamisessa. Myös skenaariossa 1 vaadittavan liiketoiminnallisen kumppanin hakeminen ja tähän tarvittavat keskustelut on aloitettava jo aikaisessa vaiheessa.

Erityisesti skenaarioissa 1 ja 2 on tärkeää löytää todennäköisesti jo olemassa oleva yritys, joka on valmis ottamaan vastuun tarvittaviin investointeihin liittyen kuten myös itse painettavien kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistukseen. Skenaariot eivät sinänsä poissulje myöskään esimerkiksi uutta yritystä ottamasta tätä vastuuta, mutta toiminta vaatii huomattavia resursseja sekä laajoja verkostoja, jotta esimerkiksi skenaariossa 1 vaadittava yhteistyökumppanuus muun toimijan kanssa pystytään saavuttamaan ja jonka voidaan nähdä olevan elinehtona tämän skenaarion toteutumiselle. Lisäksi skenaarioissa 1 ja 2 voidaan suorittaa käytännön pilotointia jo ennen tuotannon ramp-up-vaihetta.

Arvoketjuskenaariot eroavat toisistaan huomattavasti ominaisuuksiltaan, arvonluonniltaan ja esimerkiksi arvoketjun ympärillä toimivasta liiketoimintaekosysteemiltään, mutta kuten skenaarioiden arvoketjumalleista voidaan nähdä, edustaa jokainen skenaario samaa, suuren kuvan arvoketjumallia, jossa toimintojen määrä laventuu tai supistuu riippuen skenaarion arvonluontitavasta. Jokainen arvoketjumalli on voitu esittää saman rungon avulla, ja niissä esiintyvien toimintojen määrä on suoraan verrannollinen kyseisen arvoketjun arvonluonnin tasoon. Esimerkiksi ensimmäisessä skenaariossa, joka on arvonluonniltaan korkein skenaario, on eniten arvoa tuottavia vaiheita, jossa vain yhtä arvoketjurungon toimintoa ei käytetä. Vastaavasti kolmannessa skenaariossa, joka on arvonluonniltaan alhaisin skenaario, vain kolme arvoketjurungon vaihetta on käytössä. Arvoketjuskenaariot eivät kuitenkaan ole toisiaan poissulkevia. Tämä arvoketjun rakenne mahdollistaa myös Wan & Wu:n vuonna 2017 kuvailemaa arvoketjussa ylöspäin kiipeämistä, jolloin arvoketjussa alemman arvonluonnin tasolta voidaan investointeja lisäämällä sekä verkostoja sitouttamalla nousta arvonluonnissa seuraavan skenaarion tasolle. Esimerkiksi yritys, joka toteuttaa skenaarion 3 mukaista arvoketjumallia ollen toimittajana painetulle, kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle, voi nousta tarvittavien toimien jälkeen elektrolyyttitoimittajaksi ja edelleen akkuvalmistajaksi.

Arvoketjumallien lisäksi jokaiselle skenaariolle luotiin tiekarttatyypinen mallinnus aikataulusta ja eri vaiheista, jotta kyseisen skenaarion arvoketjumalli saadaan toteutettua. Nämä mainitut mallit perustuvat oletukseen, jossa Oulussa saadaan kehitettyä toimiva prototyyppi painettavasta kiinteäelektrolyyttisestä akkukennosta. Mallinnuksien mukaiset vaiheet tällöin alkaisivat nykyisen tavoiteaikataulun mukaisesti vuoteen 2022

mennessä, joita ennen on kuitenkin aloitettava myös edellisessä kappaleessa mainittuja toimia riippuen skenaariomallista. Skenaariot eroavat toisistaan toki muillakin tavoilla, kuin mitä edellä on esitetty, eli kuten arvonluonniltaan, tarvittavilta investoinneiltaan tai arvoketjujen ympärille luoduilta liiketoimintaekosysteemeiltään. Eroja on nähtävissä esimerkiksi mahdollisissa rahoittajissa, asiakassegmenteissä, toiminta-aikatauluissa, liiketoimintapotentiaalissa, liiketoiminnallisissa riskeissä sekä työllistävillä vaikutuksilla. Esimerkiksi jokaiselle skenaariolle luotiin SWOT-analyysit, joista voi osaltaan nähdä skenaarioiden välisiä eroja koskien niiden vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. Skenaarioiden keskeisimmät piirteet ja ominaisuudet on vedetty yhteen taulukossa 4.

Taulukko 4. Arvoketjuskenaarioiden yhteenveto

Ominaispiirre	Arvoketjuskenaariot		
	Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 3
Arvonluonti	Painettavien kiinteäelektrolyyttisten akkujen tutkimus, kehitys ja valmistus	Painettavien kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologian kehitys sekä elektrolyytin valmistus	Painettavien kiinteäelektrolyyttisten akkujen teknologian kehitys
Tarvittavat investoinnit	Akku- ja elektrolyyttivalmistuksen tilat ja laitteet	Elektrolyyttivalmistuksen tilat ja laitteet	Ei merkittäviä investointeja
Liiketoimintapotentiaali	Suurin potentiaali	Keskitason potentiaali	Pienin potentiaali
Liiketoiminnallinen riski	Suurin riski	Keskitason riski	Pienin riski
Sijainti arvoketjussa	Tason 1 toimittaja, sijainti arvoketjun yläpäässä	Sijainti arvoketjun keskitasolla	Arvoketjun alin taso
Rahoittajat	Kaupallinen yhteistyökumppani, EU ja kansalliset investointituet, muu yksityinen rahoitus	EU ja kansalliset investointituet, yksityinen rahoitus	Kansallinen tukimus- ja kehitysrahoitus
Asiakkaat	Kaupallisen yhteistyökumppanin tarpeisiin	Teknologian lisenssillä ostaneiden yitysten tarpeisiin, mahdollisesti kehitystyön kautta muille akkuvalmistajille	Teknologia lisenssisopimuksilla, muiden mahdollisten ratkaisujen markkinointi teknologian komplementoimiseksi
Vaativuudet liiketoimintaekosysteemiltä Oulussa	Akku- ja toimittajaverkostot, toimijat tutkimushankkeisiin ja koulutukseen	Tarvittavat toimittajaverkostot, toimijat tutkimushankkeisiin ja koulutukseen	Toimijat tutkimushankkeisiin ja koulutukseen
Keskeinen toimija (tai vastaava)	Olemassa oleva toimija	Olemassa oleva toimija	Yliopiston spin-off -yritys
Aikataulu	Toiminnassa vuonna 2026-2027	Toiminnassa vuonna 2025-2026	Toiminnassa 2023-2024
Työllistävä vaikutus (henkilömäärä)	50-500+	30-200	5-20
Hyödyt	Uusia investointeja ja verkostoja Oulun liiketoimintaekosysteemiin	Uusia investointeja Oulun alueelle, ei riippuvuutta yhteistyökumppanista kuten skenaariossa 1	Ei tarvetta suurille investoinneille, ei riippuvuutta yhteistyökumppanista
Haasteet	Liiketoiminnallisen yhteistyökumppanin hakeminen	Patentointihaasteet, kannattavuus	Patentointihaasteet, kilpailevat teknologiat

5 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa arvoketjuja Oulussa kehitettävälle painettavalle, kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle Oulun liiketoimintaekosysteemissä. Tutkimuksen tuloksena saatiin kehitettyä kolme potentiaalista arvoketjuskenaariota, joiden mukaan vastuun ottava yritys tai muu organisaatio voi toimia, riippuen sen liiketoimintamallista. Tutkimuksen tulokulmana olikin tarkastella, mitä tutkimuksen skenaarioista vastuun ottavan tahon on huomioitava toiminnassaan. Kaikki arvoketjuskenaariot perustuvat oletukseen, että Oulussa pystytään luomaan toimiva kiinteän elektrolyytin akkuteknologia. Skenaariot luotiin ja mallinnettiin perustuen tutkijan sen hetkisen parhaaseen mahdolliseen näkemykseen, joissa otettiin huomioon syntyvien arvoketjujen vaikutukset Oulun liiketoimintaekosysteemiin ja arvoverkkoihin, sekä tarvittavat toimijat ja toimenpiteet, jotta skenaariot kävisivät toteen. Jokaisen arvoketjuskenaarion ominaisuudet, eli uhat, mahdollisuudet, heikkoudet sekä vahvuudet tiivistettiin erikseen SWOT-analyysihin.

Ensimmäinen arvoketjuskenaario, jonka tarkoituksena on Ouluun perustettava painettavan kiinteäelektrolyyttisen akkutuotannon arvoketju, on tavoitelluin skenaario. Skenaarion ajavana voimana on akkuteknologiaan liittyvän osaamisen sekä investointien keskittäminen Oulun liiketoimintaekosysteemin alueelle, joka tukee alueen kehitystä sekä mahdollisesti alan koulutuksen lisäämistä, ja innovaatioverkostot sekä koulutusta parantavat verkostot ovatkin Alleen vuonna 2000 esittämän huomion mukaan tärkeitä arvoverkon toimijoita. Skenaariolla on myös yhteiskunnallisia merkityksiä kasvattaen Oulun alueen näkyvyyttä ja puoleensavetävyyttä uudenlaisen akkuteknologian kehittäjänä ja osaamisen mahdollistajana. Skenaarion suurimpana haasteena on luoda liiketoiminnallinen kumppanuussuhde markkinoilla suuremman toimijan kanssa, jotta akkutuotteet saadaan globaaleille markkinoille ja jotta oululaista toimintaa akkuteknologian parissa voidaan rahoittaa. Tämä seikka on maailmalla toimivien muiden kiinteän elektrolyytin akkujen valmistajien parissa näyttäytynyt elinehtona liiketoiminnan kannattavuudelle. Näiden akkujen ensisijaisena käyttötarkoituksena olisi liikkuvat sovellukset, jotka pitäisivät sisällään esimerkiksi sähköiset kulkuneuvot, tai muut käyttökohteet, joissa saataisiin lisäarvoa kiinteäelektrolyyttisten akkujen

paremmasta turvallisuudesta verrattuna perinteisiin litiumioniakkuihin. Akkuvalmistuksessa on huomioitava investointien suuruus: itse akkujen tuotantolinjan tulee olla suuressa erillistilassa, esimerkiksi jonkinlaisessa hallikokoisessa puhdistilassa, jossa esimerkiksi on rakennettava erilliset linjat sekä anodi- että katodipuolelle. Erityisesti tässä skenaariossa Golembiewski et al. vuoden 2015 huomion mukaisesti teknologiapainotteisesta konvergenssista johtuvien rajapintojen syntyessä on tärkeää mahdollistaa integroidun tiedon saanti rajapinnan teollisuudenaloilla.

Kaksi muuta arvoketjuskenaariota ovat arvonluonniltaan riisutumpia malleja ensimmäisestä skenaarioista. Skenaarioita kartoittaessa ja luodessa otettiin ensimmäisen skenaarion vaihtoehdoksi sen vastakohta, vähiten tavoitelluin skenaario painetun kiinteäelektrolyyttisen akkuteknologian arvonluonnissa, jonka todettiin olevan tämän teknologian patentointi ja lisenssimyynti markkinoilla alan toimijoille. Tämä skenaario voisi toimia esimerkiksi Oulun yliopiston tutkijapohjaisen spin-off-yrityksen vastuulla, joka mahdollistaisi tämän teknologian toimituksen muille toimijoille ja ollen Peppard & Rylanderin vuonna 2006 huomion mukaan tärkeä osa arvoverkkoa teknologian toimittajan roolissa. Tämän skenaarion riskit ovat huomattavasti pienempiä kuten myös verkon muiden toimijoiden osallistuttaminen, suurimpana haasteena ollen mahdolliset teknologian patentointivaikeudet. Kolmanneksi skenaariovaihtoehdoksi luotiin ja mallinnettiin arvoketju, jossa arvonluonti on tasoltaan näiden kahden skenaarion välissä. Tämä skenaario perustui painettavien, kiinteiden elektrolyyttien valmistukseen ja toimittamiseen, sekä mahdolliseen kehitetyn akkuteknologian patentointiin ja lisenssimyyntiin. Myös tämän skenaarion haasteet liittyvät mahdollisiin patentointiongelmiin, sekä sopivien asiakkuuksien että vastuuyrityksen löytämiseen. Näiden kahden skenaarion patentointihaasteet syntyvät siitä, ettei vielä varmuudella tiedetä, mitä tässä teknologiassa voidaan patentoida. Tiedetään, että itse valmistusprosessille on hyvin vaikeaa hakea patenttia, mutta toisaalta tiettyjen musteiden ja tiettyjen tekniikoiden käyttö mahdollistavat useita näkökulmia. Mahdollisia patentointimahdollisuuksia voitaisiin löytää myös tarkastelemalla näiden akkujen katodipuolta, tai mahdollisesti kiinteän elektrolyytin materiaalikemiaa. Voi myös olla, että patentointiprosessi olisi niin monimutkainen, että patenttia ei kannata hakea ollenkaan, koska tällöin ei myöskään tarvitse paljastaa mitään tästä kehitetystä teknologiasta.

Työpajassa haastatellut, aiheen piirissä työskentelevät kemian alan sekä valmistustekniikan osaajat ovat nostaneet esille, että painettavien, kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistuksessa pitäisi päästä eroon kuivatilavaatimuksesta, eli teknologia pitäisi kehittää sellaiseksi, että akku ei olisi ilma- eikä kosteusherkkä. Tämä kehityskulku toisi myös säästöjä investoinneissa, kun jo valmiiksi massiivisilta tuotantotiloilta ei tarvitse vaatia kuivatilan ominaisuuksia. Lisäksi akkujen ympäristöystävällisyyttä on mahdollista kehittää esimerkiksi käyttämällä valmistuksessa ja tutkimuksessa ympäristöystävällisiä liuottimia.

5.1 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen arviointi

Tässä työssä pyrittiin saamaan vastaukset tutkimuskysymyksiin uuden arvoketjun mallintamisesta kirjallisuudessa (TK1) sekä case-tapauksen arvoketjuskenaarioiden mallintamisesta (TK2). Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä havaintona oli, että arvoketjujen mallintamiselle ei ole olemassa yhtä oikeaa kaavaa tai mallia, vaan mallintaminen tapahtuu tapauskohtaisesti. Mallintamisessa voi kuitenkin huomioida joitain asioita, kuten Porterin (1985, s. 42–44) esittämässä geneerisessä arvoketjussa arvonaluonnin primääritoiminnot sekä tukitoiminnot ja huomioida arvoketju liiketoimintaekosysteeminsä kontekstissa. Näiden lisäksi arvoketju on ymmärrettävänä osana laajempaa arvoverkon kokonaisuutta, jolloin pystytään tunnistamaan verkon kaikki toimijat sekä muut verkon arvoketjut, joilla on yhteisiä solmukohtia mallinnettavan arvoketjun kanssa. Toiseen tutkimuskysymykseen saatiin vastauksena kolme eri arvoketjuskenaariota Oulussa kehitettävälle painettavalle kiinteäelektrolyyttiselle akkuteknologialle. Näistä tavoitelluimmassa, ensimmäisessä arvoketjuskenaariossa korostuu liiketoimintaekosysteemin merkitys toimittaja- ja akkuverkoston synnyttämisessä Ouluun, sekä case-yritystenkin tarkastelussa esiin noussut kaupallinen liiketoimintakumppani haluttujen markkinoiden saavuttamiseksi.

Tutkimuksen toistettavuutta ja luotettavuutta kuvataan reliabiliteetilla ja tutkimusmenetelmien sopivuutta itse tutkimuksen näkökulmasta validiteetilla (Golafshani 2003, s. 598–599). Tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena, deskriptiivisenä case-tutkimuksena ja koska tutkimuksen tarkoituksena oli hahmotella ja mallintaa sen mukaisesti arvoketjuskenaariot eikä esittää tarkkoja tuloksia, olisi tutkimuksesta voitu

saada myös muunlaisia tuloksia käyttämällä kvantitatiivisia menetelmiä. Toisaalta on myös mahdollista, että samoihin tuloksiin olisi päästy käyttäen eri menetelmiä. Tutkimuksen lopputuloksena saadut arvoketjuskenaariot ovat spesifioitu Oulun liiketoimintaekosysteemiin tutkimuksentekohetkellä, joten skenaariot sisältävät paljon tekijöitä, joita tulevaisuudessa tarvittaisiin kunkin skenaarion onnistumiseksi. Vastaavanlaisia tuloksia voisi siis odottaa, mikäli tutkittava liiketoimintaekosysteemi on vastaavanlainen. Lisäksi yleisesti uuden teknologian arvoketjun mallinnuksen näkökulmasta tulokset ovat sovellettavissa laaja-alaisemmin, kuten hyödyntämiseen muiden teknologioiden tapauksissa. Myös tutkimusmenetelmät vaikuttivat sopivan tähän tutkimukseen ja niiden avulla pystyttiin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

Painettava, kiinteäelektrolyyttinen akkuteknologia on maailmallakin uusi akkutekniikan kehityssuunta, mutta vaikka näitä teknologiota kehitetään globaalisti koko ajan useissa paikoissa, oli täydellisen arvoketjuskenaarioiden mallintaminen haastavaa tämän tutkimuksen puitteissa. Suorittamalla esikuva-analyysiä case-yrityksille pystyttiin tunnistamaan joitain hyviä tai jopa välttämättömiä arvoketjun ominaisuuksia, mutta esimerkiksi kuvatessa tiekartoilla näihin arvoketjuihin siirtymistä, oli aikataulussa tehtävä paljon karkeita arvioita sekä lähtöoletuksia, jotta halutussa skenaariossa kuvattu arvoketju saadaan synnitettyä.

Tämän diplomityön rajallisesta laajuudesta sekä käytettävissä olevista resursseista johtuen täydellisiä arvoketjumalleja skenaarioittain ei pystytty luomaan, mutta suuntaa antavia malleja tarvittavista verkostoista ja toiminnoista saatiin mallinnettua, ja näiden pohjalta tutkimusta voidaan jatkaa haluttuun ja tarvittavaan suuntaan. Arvoketjuskenaarioiden mallien lopullista toteuttamista varten tulisi käydä useita neuvotteluja sekä suorittaa lisäselvityksiä tarvittavien verkostojen synnyttämistä sekä yhteistyökumppaneiden sitouttamista varten. Tutkimuksen fokus ja lopputulema pysyivät hyvin samanlaisena koko prosessin ajan. Alussa suunniteltiin yhden arvoketjun mallintamista painettaville, kiinteäelektrolyyttiselle akulle Oulun alueella valmistettavaksi, mutta prosessin edetessä päätettiin mallintaa myös vaihtoehtoisia skenaarioita. Myös tietoisuus arvoketjun vaatimista toiminnoista sekä liiketoimintaekosysteemin toiminnasta arvoketjun ympärillä ja varsinkin arvoketjun loppupään hahmottamisessa kasvoi prosessin aikana.

5.2 Mahdolliset tulevaisuuden tutkimuskohteet

Tämän työn arvoketjuskenaarioita mallinnettaessa ongelmiksi osoittautuivat nykyisen Oulun liiketoimintaekosysteemin sopiminen näissä arvoketjuissa toimimiseksi, ja arvoketjuja mallinnettaessa jouduttiin olettamaan tiettyjen toimijoiden olemassaolo, jotta näiden ketjujen olemassaolo olisi mahdollista. Eräs tulevaisuuden tutkimuskohde voisikin koskea tarkemmin nimenomaan Oulun liiketoimintaekosysteemiä kunkin skenaarion arvoketjun ollessa voimassa. Kysymykseen tulisi tässä tapauksessa esimerkiksi, miten Ouluun saadaan perustettua tarvittavat toimittajaverkostot, joita nyt ei ole. Myös painettujen, kiinteäelektrolyyttisten akkujen tuotteistamis- ja kaupallistamisprosessien tutkimus mahdollistaisi oikeiden liiketoimintakumppaneiden löytämisen sekä haluttujen markkinoiden saavuttamisen.

Tässä diplomityössä ei tarkemmin selvitetty mallinnettujen arvoketjuskenaarioiden pohjalta liiketoimintamalleja taikka tarkasteltu niiden liiketoimintapotentiaalia tai luotu näille ansaintamalleja. Tämän tutkimuksen rajallisen laajuuden takia on mahdollista, että yksikään näistä skenaarioista ei loppujen lopuksi olisi todennäköisin vaihtoehto, jolloin liiketoimintamallien tarkempi tutkiminen, rajaaminen ja mallintaminen ovat järkeviä jatkotutkimuskohteita. Lisäksi aihetta voidaan tutkia tarkemmin kiinteän elektrolyytin ja kiinteäelektrolyyttisten akkujen valmistuksen näkökulmasta. Varsinkin akkuvalmistuksessa on tarvetta eliminoida akkujen ilma- ja kosteusherkkyyttä, jolloin päästäisiin irti valmistuksen kuivatilavaateesta, samoin valmistuksen ympäristöystävällisyyden kehittäminen luovat erinomaisia jatkotutkimuskohteita.

6 LÄHTEET

Allee, V., 2008. Value network analysis and value conversion of tangible and intangible assets. *Journal of Intellectual Capital*, 9(1), 5-24.

Amadi-Echendu, J. E. & Rasetlola, R. T., 2011. Technology commercialization factors, frameworks and models. *Esitetty konferenssissa Proceedings of the 1st International Technology Management Conference, ITMC 2011, S. (144-148)*. ISBN 978-161284952-2

Anderson, J. C., Jain, D. C. & Chintagunta, P. K., 1992. Customer Value Assessment in Business Markets: *Journal of Business to Business Marketing*, 1(1), 3-29.

Barlow, A. & Li, F. (2005). Online value network linkages: integration, information sharing and flexibility. *Electronic Commerce Research and Applications*, 4(2), 100-112.

Battistella, C., Colucci, K., De Toni, A. F. & Nonino, F., 2013. Methodology of business ecosystems network analysis: A case study in Telecom Italia Future Centre. *Technological Forecasting & Social Change*, 80(6), 1194-1210.

Bernhart, W., 2014. 24 - The Lithium-Ion Battery Value Chain—Status, Trends and Implications. *Teoksessa G. Pistoia (toim.), Lithium-Ion Batteries (s. 553-565)*.

Blue Solutions, 2021. Enterprise, Company presentation [verkkodokumentti]. Pariisi: Blue Solutions. Saatavissa: <https://www.blue-solutions.com/en/blue-solutions/company/presentation/entreprise-en-bref/> [viitattu 29.3.2021]

Bolloré Group, 2021. Our businesses, Electricity storage and systems [verkkodokumentti]. Pariisi: Bolloré Group. Saatavissa: <https://www.bollore.com/en/nos-metiers/stockage-deelectricite-et-solutions-2/> [viitattu 29.3.2021].

Bolloré Group, 2018. Conclusion of an agreement between Bolloré and Daimler [verkkodokumentti]. Pariisi: Bolloré Group. Saatavissa <https://www.bollore.com/en/communiques/> [viitattu 29.3.2021].

Butz, H. E. & Goodstein, L. D., 1996. Measuring customer value: Gaining the strategic advantage. *Organizational Dynamics*, 24(3), 63-77.

Cambridge dictionary, 2020. Benchmarking [verkkodokumentti]. Cambridge: University of Cambridge. Saatavissa: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/benchmarking> [viitattu 23.3.2021].

Cusumano, M. A. & Gawer, A., 2003. The elements of platform leadership. *IEEE Engineering Management Review*, 31(1), 8-15.

Deans, H., Ros-Tonen, M. A. F. & Derkyi, M., 2018. Advanced Value Chain Collaboration in Ghana's Cocoa Sector: An Entry Point for Integrated Landscape Approaches? *Environmental Management*, 62(1), 143-156.

- Dekker, H. C., 2003. Value chain analysis in interfirm relationships: a field study. *Management Accounting Research*, 14(1), 1-23.
- Fergus, J. W., 2010. Ceramic and polymeric solid electrolytes for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 195(15), 4554-4569.
- Geistfeld, L. V., Sproles, G. B. & Badenhop, S. B., 1977. The Concept and Measurement of a Hierarchy of Product Characteristics. Teoksessa: Perreault, W. D. (toim.) NA - Advances in Consumer Research Volume 04. Atlanta: Association for Consumer Research, S. (302-307).
- Golafshani N., 2003. Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597–607.
- Golembiewski, B., Vom Stein, N., Sick, N. & Wiemhöfer, H., 2015. Identifying trends in battery technologies with regard to electric mobility: Evidence from patenting activities along and across the battery value chain. *Journal of Cleaner Production*, 87(C), 800-810.
- Graça, P. & Camarinha-Matos, L. M., 2017. Performance indicators for collaborative business ecosystems — Literature review and trends. *Technological Forecasting & Social Change*, 116, 237-255.
- Harkonen, J., Haapasalo, H. & Hanninen, K., 2015. Productisation: A review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 164, 65-82.
- Hoeng, F., Denneulin, A. & Bras, J., 2016. Use of nanocellulose in printed electronics: A review. *Nanoscale*, 8(27), 13131-13154.
- Helander, N. & Ulkuniemi, P., 2012. Customer perceived value in the software business. *Journal of High Technology Management Research*, 23(1), 26-35.
- Lee, J., 2018. Development of Value Chain Model for Design Consultancies. *Archives of Design Research*, 31(3), 33-47.
- Kim, J. G., Son, B., Mukherjee, S., Schuppert, N., Bates, A., Kwon, O., Choi, M. J., Chung, H. Y. & Park, S., 2015. A review of lithium and non-lithium based solid state batteries. *Journal of Power Sources*, 282, 299-322.
- Khan, S., Lorenzelli, L. & Dahiya, R.S., 2015. Technologies for printing sensors and electronics over large flexible substrates: A review. *IEEE Sensors Journal*, 15(6), 3164-3185.
- Koc, T. & Bozdog, E., 2017. Measuring the degree of novelty of innovation based on Porter's value chain approach. *European Journal of Operational Research*, 257(2), 559-567.
- Lee, J., Byeon, J. & Lee, C., 2020. Theories and Control Technologies for Web Handling in the Roll-to-Toll Manufacturing Process. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology*, 7(2), 525-544.
- Li, F. & Whalley, J., 2002. Deconstruction of the telecommunications industry: from value chains to value networks. *Telecommunications Policy*, 26(9-10), 451-472.

- Li, X., Chalvatzis, K. J., Stephanides, P., Papapostolou, C., Kondyli, E., Kaldellis, K. & Zafirakis, D., 2019. Bringing innovation to market: Business models for battery storage. *Esitetty konferenssissa Energy Procedia*, 159, 327-332.
- Liang, J., Luo, J., Sun, Q., Yang, X., Li, R. & Sun, X., 2019. Recent progress on solid-state hybrid electrolytes for solid-state lithium batteries. *Energy Storage Materials*, 21, 308-334.
- Lin, G. T. -. & Lin, J., 2006. Ethical customer value creation: Drivers and barriers. *Journal of Business Ethics*, 67(1), 93-105.
- Lusch, R., Vargo, S. & Tanniru, M., 2010. Service, value networks and learning. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 38(1), 19-31.
- Mäkinen, S. J. & Dedehayir, O., 2012. Business ecosystem evolution and strategic considerations: A literature review. *Esitetty konferenssissa 2012 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation. ICE 2012, S. (1-10). ISBN 978-146732275-1*
- Martins, J. & Miles, J., 2021. A techno-economic assessment of battery business models in the UK electricity market. *Energy Policy*, 148(B)
- Olli, S.-M., 2020. Solid-state electrolytes in lithium-ion batteries – Challenges and opportunities (pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto). Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202002201195>
- Patentti- ja rekisterihallitus, 2016. Keksijän käsikirja, Keksinnön suojaaminen [verkkodokumentti]. Helsinki: Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: <https://www.prh.fi/fi/keksijankasikirja/keksinnonsuojaaminen/patentti/patentointiprosessi.html> [viitattu 29.3.2021].
- Peltola, T., Aarikka-Stenroos, L., Viana, E. & Mkinen, S., 2016. Value capture in business ecosystems for municipal solid waste management: Comparison between two local environments. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1270-1279.
- Peppard, J. & Rylander, A., 2006. From Value Chain to Value Network. *European Management Journal*, 24(2), 128-141.
- Porter, M. E., 1985. *Competitive advantage : creating and sustaining superior performance*. New York: The Free Press, (557) s. ISBN 0-02-925090-0.
- QuantumScape, 2020. Technology [verkkodokumentti]. San Jose: QuantumScape Corporation. Saatavissa: <https://www.quantumscape.com/technology/faqs/> [viitattu 29.3.2021].
- Rong, K., Shi, Y., Shang, T., Chen, Y. & Hao, H., 2017. Organizing business ecosystems in emerging electric vehicle industry: Structure, mechanism, and integrated configuration. *Energy Policy*, 107, 234-247.
- Rutner, S. M. & Langley, C. J., 2000. Logistics Value: Definition, Process and Measurement. *The International Journal of Logistics Management*, 11(2), 73-82.

- Shank, J. K. & Govindarajan, V., 1992. Strategic Cost Management: The Value Chain Perspective. *Journal of Management Accounting Research*, 4, 179.
- Simatupang, T. M., Piboonrungraj, P. P. & Williams, S. J., 2017. The Emergence of Value Chain Thinking. *International Journal of Value Chain Management*, 8(1), 40-57.
- Solid Power, 2021. Our Solution [verkkodokumentti]. Louisville: Solid Power. Saatavissa: <https://solidpowerbattery.com/#ourSolution> [viitattu 29.3.2021]
- Toyota Motor Corporation & Panasonic Corporation, 2020. Toyota and Panasonic Decide to Establish Joint Venture Specializing Automotive Prismatic Batteries [verkkodokumentti]. Osaka: Toyota Motor Corporation. Saatavissa: https://global.toyota/en/newsroom/corporate/31477926.html?_ga=2.156717755.1276431663.1616967091-1251659994.1616967091 [viitattu 29.3 2021].
- Valminen, K. & Toivonen, M., 2012. Seeking efficiency through productisation: a case study of small KIBS participating in a productisation project. *The Service Industries Journal*, 32(2), 273-289.
- Volkswagen AG, 2018. Volkswagen partners with QuantumScape to secure access to solid-state battery technology. Wolfsburg: Volkswagen AG. Saatavissa: <https://www.volkswagenag.com/en/news/2018/06/volkswagen-partners-with-quantumscape-.html#> [viitattu 29.3.2021]. 1 s.
- Walter, A., Ritter, T. & Gemünden, H. G., 2001. Value Creation in Buyer–Seller Relationships: Theoretical Considerations and Empirical Results from a Supplier's Perspective. *Industrial Marketing Management*, 30(4), 365-377.
- Wan, Z. & Wu, B., 2017. When suppliers climb the value chain: A theory of value distribution in vertical relationships. *Management Science*, 63(2), 477-496.
- Willmann, J., Stocker, D. & Dörsam, E., 2014. Characteristics and evaluation criteria of substrate-based manufacturing. Is roll-to-roll the best solution for printed electronics? *Organic Electronics*, 15(7), 1631-1640.
- Woodruff, R., 1997. Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(2), 139-153.
- Yin, R.K., 2014. *Case Study Research Design and Methods*, fifth ed. Sage, Thousand Oaks. ISBN 978-1-4522-4256-9.
- Young S. & Feigin, B., 1975. Using the Benefit Chain for Improved Strategy Formulation. *Journal of Marketing*, 39(3), 72-74.
- Zeithaml V. A., 1988. Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing*, 52(3), 2-22.