

Erik Hämäläinen

**LOHKOKETJUTEKNOLOGIAN ETIIKKA:
MONIÄÄNINEN KIRJALLISUUSTARKASTELU**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2020

TIIVISTELMÄ

Hämäläinen, Erik

Lohkoketjuteknologian etiikka: moniääninen kirjallisuustarkastelu ja yrityscase

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 62 s.

Tietojärjestelmätiede, Pro gradu -tutkielma

Ohjaaja(t): Pekka Abrahamsson, Ville Vakkuri

Lohkoketjuteknologia tuli tunnetuksi alun perin kryptovaluutta Bitcoinin taustalla vaikuttavana teknologiana. Lohkoketjuteknologian käyttökohteet eivät kuitenkaan rajoitu pelkästään maksujärjestelmiin, vaan lohkoketjua voidaan soveltaa lähes missä tahansa elämän osa-alueella, jossa halutaan tehostaa toimintaa ja esimerkiksi rakentaa luotettava järjestelmä tuntemattomien osapuolien välille ilman tarvetta kolmanteen osapuoleen. Lohkoketjuteknologian tärkeimmät ominaisuudet ovat hajautettu tietokantarakenne, lohkoketjun muuttumattomuus, turvallisuus sekä läpinäkyvyys.

Samalla, kun lohkoketjuteknologiaa käyttävät sovellukset ja järjestelmät yleistyvät, nousevat lohkoketjuilla toimivien järjestelmien eettiset kysymykset pinnalle. Kun järjestelmä on täysin hajautettu eikä sillä ole hallintoa, kuka on vastuussa, jos jotain menee pieleen? Lohkoketjuteknologiaa käyttävät sovellukset käsittelevät usein rahaa ja/tai arkaluontoista tietoa, mikä tarkoittaa sitä, että väärin asioiden tapahtuessa riskit ovat myös merkittäviä. Nämä riskit tulisi huomioida lohkoketjuteknologiasovelluksia kehitettäessä.

Tässä tutkielmassa pyrittiin löytämään vastauksia siihen, miten etiikka tulisi implementoida lohkoketjusesteemissä. Käytännössä tutkielmassa etsittiin ratkaisuja ja vastauksia siihen, miten etiikka tulisi huomioida lohkoketjuteknologiasovelluksia kehitettäessä. Tutkielma koostuu moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta. Moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin sekä eettieteellisen (ns. harmaa kirjallisuus) että tieteellisen kirjallisuuden avulla, mitä lohkoketjuteknologian etiikasta on kirjoitettu. Tämän pohjalta luotiin lohkoketjuteknologian etiikan malli ja pystyttiin löytämään vastauksia tutkimuskysymyksiin.

Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella muodostettiin päätelmiä. Lohkoketjuteknologian eettisinä ongelmina nousivat esiin esimerkiksi läpinäkyvyyteen, hallintotapaan sekä turvallisuuteen liittyvät kysymykset. Keskustelu lohkoketjuteknologian etiikasta oli myös varsin jäsentymätöntä.

Asiasanat: Moniääninen kirjallisuuskataus, lohkoketjuteknologia, bitcoin, hajautettu tietokanta, etiikka, moraali

ABSTRACT

Hämäläinen, Erik

Blockchain ethics: a multivocal literature review and a case study

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 62 pp.

Information Systems, Master's Thesis

Supervisor(s): Pekka Abrahamsson, Ville Vakkuri

Blockchain technology was originally known as the technology behind the cryptocurrency Bitcoin. However, the uses of blockchain technology are not limited to payment systems only. Blockchain can be applied in almost any area of life where there is a desire to enhance operations and, for example, build a reliable system between unknown parties without the need for a third party. The key features of blockchain technology are distributed database structure, immutability, security and transparency.

As applications and systems using blockchain technology become more widespread the ethical issues of blockchain systems are emerging. When the system is fully decentralized and has no administration, then who is responsible if something goes wrong? Applications using blockchain technology often handle money and / or sensitive information, which means that when things go wrong, the risks are also significant. These risks should be considered when developing blockchain technology applications.

The purpose of this master's thesis is to find answers on how ethics should be implemented in a blockchain system. In practice, the thesis aims to find solutions and answers on how ethics should be considered when developing blockchain technology applications. The thesis consists of a multivocal literature review. In the multivocal literature review, both non-scientific (so-called gray literature) and scientific literature are used as literature sources to examine the ethics of blockchain technology. Based on the literature review, 5 primary empirical conclusions were concluded and a model of blockchain technology ethics was created.

Primary empirical conclusions (PECs) were concluded from both academic and grey literature. According to these conclusions there are key ethical issues in blockchain technology such as transparency, governance and security. Overall, the discussion and the literature on blockchain technology was relatively unstructured.

Keywords: blockchain technology, bitcoin, distributed ledger, ethics, moral

KUVIOT

KUVIO 1 Harmaan kirjallisuuden tasot.....	13
---	----

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Valkoinen, harmaa ja musta kirjallisuus.....	14
TAULUKKO 2 Kysymyksiä, jotka ennakoivat harmaan kirjallisuuden käyttöä ohjelmistotuotannon kirjallisuuskatsauksissa.....	16
TAULUKKO 3 Lohkoketjuteknologian kategoriat ja esimerkkejä	25
TAULUKKO 4 Etiikan käsitteet informaatioteknologian alueella.....	32
TAULUKKO 5 Maailman talousfoorumin keskeiset tekoälyn etiikan kysymykset.....	34
TAULUKKO 6 Kirjallisuuden hakustrategioita	38
TAULUKKO 7 Tiedonhaussa käytetyt hakupalvelut sekä hakulausekkeet.....	38
TAULUKKO 8 Tarkempaan käsittelyyn tuodut julkaisut hakukoneittain ja tietokannoittain	39
TAULUKKO 9 Ensimmäisen vaiheen jälkeen hylätyt julkaisut	41
TAULUKKO 10 Kirjallisuuskatsauksesta esiin nousseet eettiset teemat	43
TAULUKKO 11 Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen päätelmät	48

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
KUVIOT	4
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Lohkoketjuteknologian potentiaali	7
1.2 Käsitteet	9
1.3 Tutkielman toteutus.....	9
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	11
2.1 Moniääninen kirjallisuuskatsaus.....	11
2.2 Harmaa kirjallisuus moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa	12
2.3 Moniäänisen kirjallisuustarkastelun suunnittelu.....	14
2.3.1 Moniäänisen kirjallisuustarkastelun tarpeellisuuden osoittaminen.....	14
2.3.2 Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteiden sekä tutkimuskysymysten määrittely.....	17
3 LOHKOKETJUTEKNOLOGIA : HISTORIA, TOIMINTAPERIAATE, LUOKITTELU, MAHDOLLISUUDET SEKÄ HAASTEET	19
3.1 Lohkoketjuteknologian historia ja tausta.....	20
3.1.1 Lohkoketju kryptovaluutta Bitcoinin taustalla	20
3.1.2 Lohkoketju muiden kryptovaluuttojen taustalla	20
3.2 Lohkoketjuteknologian toimintaperiaate	22
3.3 Lohkoketjuteknologian luokittelu	23
3.4 Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet.....	26
3.5 Lohkoketjuteknologian haasteet.....	27
3.6 Yhteenveto lohkoketjuteknologiasta.....	28
4 ETIIKAN TARKASTELU INFORMAATIOTEKNOLOGIAN ALUEELLA.....	29
4.1 Etiikan käsite informaatioteknologian alueella.....	29
4.2 Tekoälyn etiikka.....	32
4.3 Lohkoketjuteknologian etiikka	35
5 MONIÄÄNISEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS	37

5.1	Tiedonhakuprosessi.....	37
5.2	Lähteiden valinta ja lähteiden laadun arviointi	39
5.3	Tietojen poiminta	41
5.4	Datasynteesi	42
6	TULOKSET	44
6.1	Kirjallisuuskatsauksesta johdetut päätelmät.....	44
6.2	Lohkoketjuteknologian etiikan malli	48
7	YHTEENVETO JA POHDINTAA	51
7.1	Yhteenveto.....	51
7.2	Pohdintaa kirjallisuuskatsauksen päätelmistä	52
7.3	Jatkotutkimusaiheet.....	53
	LÄHTEET	54
	LIITE 1 KIRJALLISUUSKATSAUKSEEN HYVÄKSYTTY AINEISTO	60

1 Johdanto

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan lohkoketjuteknologian etiikkaa moniäänisellä kirjallisuustarkastelulla. Lohkoketjuteknologia tuli tunnetuksi alun perin kryptovaluutta Bitcoinin sekä myöhemmin myös muiden kryptovaluuttojen taustalla vaikuttavana teknologiana. Lohkoketjuteknologia on kuitenkin paljon enemmän: sillä on valtava potentiaali vaikuttaa yhteiskuntamme useilla alueilla hajautettujen digitaalisten alustojen avulla (Mattila, 2016).

Lohkoketjuteknologiaan liittyviä eettisiä ja moraalisia näkökulmia ei olla tutkittu juurikaan, vaikka lohkoketjuteknologiasta ja sen erilaisista sovellutuksista on kirjoitettu informaatioteknologian alalla enenevässä määrin. Tämä tutkielma pyrkii löytämään tieteellisiä vastauksia lohkoketjuteknologian eettisiin kysymyksiin tarkastelemalla olemassa olevaa tietoa ja jäsentämällä sitä ymmärrettäväksi ja loogiseksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena on selvittää, miten lohkoketjuteknologian etiikkaa on tutkittu, ja mitä siitä on kirjoitettu niin akateemisissa julkaisuissa kuin myös harmaassa kirjallisuudessa.

Seuraavassa alaluvussa 1.1 motivoidaan lukijaa tähän aihepiiriin. Alaluvussa 1.2 avataan lohkoketjuteknologiaan liittyvät käsitteet. Alaluvussa 1.3 käsitellään tämän tutkielman toteutustapa ja -menetelmä sekä tutkielman rakenne.

1.1 Lohkoketjuteknologian potentiaali

Lohkoketjuteknologialla on valtava potentiaali tarjota ratkaisuja moneen eri ongelmaan, mutta yhdessä asiassa lohkoketjuteknologia on yliverainen: se poistaa tarpeen luotettavaan kolmanteen osapuoleen esimerkiksi maksutapahotumissa eli transaktioissa. Lohkoketjuteknologiaa pidetään ratkaisuna moneen ongelmaan juuri sen takia, että se mahdollistaa sen, että kuka tahansa verkon toimijan voi vahvistaa datan aitouden ilman kolmatta osapuolta. (Mattila, 2016)

Kolmannen osapuolen luottamuksen merkitys on helpompi ymmärtää, kun ajattelee kuinka usein ihmiset luottavat ulkopuoliseen tahoon arkielämässä:

asuntojen lukot avataan paikallisen lukkosepän teettämällä avaimilla, henkilökohtaisia arkaluontoisia tietoja annetaan verkkokaupan haltuun ja kaupasta ostetaan toisella puolella maapalloa tuotettuja ja testattuja elintarvikkeita (Matti, 2016). Luotamme usein kolmansiin osapuoliin mielihyvin ja emme näe siinä useinkaan ongelmaa. Luottamus kolmanteen osapuoleen on kuitenkin monessa tapauksessa hidasta ja aikaa vievää. Lohkoketjuteknologia voi poistaa tämän luottamustarpeen ulkopuoliseen tahoon, minkä ansiosta se voi tehostaa monia prosesseja niin monessa paikassa (Crosby, Pattanayak, Verma & Kalyanaraman, 2016).

Vaikka lohkoketjuteknologia tunnetaan lähinnä kryptovaluuttojen taustalla vaikuttavana teknologiana, monet yritykset ovat tehneet selvityksiä siitä, miten lohkoketjut voisivat tuoda lisäarvoa yrityksen toimintaan. Erityisesti finanssialan toimijat ovat olleet kiinnostuneita lohkoketjuteknologian tuomista mahdollisuuksista (Burniske & Tatar, 2017, s. 272). Lohkoketjuteknologian nousuun ja kasvuun liittyy moraalisia ja eettisiä kysymyksiä, jotka korostuvat samaan aikaan kun lohkoketjuteknologia ulottuu yhä syvemmillä yhteiskuntaamme. Lohkoketjuteknologian ansioista voidaan luoda esimerkiksi hajautettuja organisaatioita, joilla ei ole johtajia. Kenellä on tällöin vastuu, jos asiat eivät mene suunnitellusti? (Orcutt, 2019)

Lohkoketjuteknologian mahdollistamien hajautettujen digitaalisten alustojen potentiaali ulottuu kuitenkin lähes kaikille yhteiskunnan osa-alueille ja sektoreille (Crosby ym., 2019). Swanin (2015, s. 9) mukaan lohkoketjuteknologiasta voi tulla Internetin sisäinen taloudellinen kanava, joka toimii teknologisen alustana maksuille, hajautetulle vaihdannalle, kryptovaluuttojen ansainnalle ja kulutukselle, digitaalisen sisällön hyödyntämiselle ja siirroille sekä älysovellusten käytölle. Lohkoketjuteknologia saattaa olla seuraava radikaali teknologia, jolla on potentiaalia vaikuttaa ihmisten käyttäytymiseen yhtä paljon kuin Internet vaikutti. Lohkoketjuteknologia arvostetaan samaan joukkoon suurtietokoneen (mainframe), henkilökohtaisen tietokoneen (PC), Internetin sekä sosiaalisen median ja älypuhelinseuraksi. (Swan, 2015, s. 9)

Lohkoketjuteknologia saattaa siis olla se seuraava mullistava teknologia, joka vaikuttaa siihen, miten ihmiset toimivat arkielämässä. Lohkoketjuteknologian valtavasta potentiaalista huolimatta sen eettisiä näkökulmia ei olla juuriakaan tutkittu, vaan erilaiset tutkimukset ja muut akateemiset julkaisut keskittyvät pääosin lohkoketjuteknologian teknisiin elementteihin, kuten sovelluksiin ja tulevaisuuden potentiaaliin. Esimerkiksi Mattila, Naucler, Stahl, Tikkanen sekä Bådelind (2016) ovat tutkineet lohkoketjuteknologian käyttöä energiasektorilla. Huh, Cho sekä Kim (2017) ovat puolestaan tutkineet lohkoketjuteknologian hyödyllisyyttä esineiden internetin laitteiden hallinnassa.

1.2 Käsitteet

Lohkoketjuteknologialla tarkoitetaan teknologiaa, joka on kehitetty lohkoketjujen ympärille. Lyhyesti ilmaistuna lohkoketju on hajautettu tietokanta, joka koostuu tietueista. Lohkoketjua verrataan usein myös julkiseen lokiin tai tilikirjaan, johon tallentuu transaktioita ja/tai digitaalisia tapahtumia, jotka toteutuvat lohkoketjun osapuolten kesken. (Crosby ym., 2016) Jokainen tapahtuma lohkoketjun sisällä vahvistetaan osapuolten kesken siten, että data tallentuu lohkoketjuun pysyvästi. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa keskenään tuntemattomien toimijoiden kanssakäynnin ilman kolmatta osapuolta. (Crosby, Pattanayak, Verma & Kalyanaraman 2016) Hyvä esimerkki tästä on kryptovaluutta Bitcoin, jolla voi siirtää arvoa luotettavasti, turvallisesti ja nopeasti ilman pankkia.

Lohkoketjuteknologia sai alkunsa vuonna 2008, kun kryptovaluutta Bitcoin julkistettiin (Nakamoto, 2008). Ensimmäinen reaali maailman käyttökohte lohkoketjuteknologialle oli siis Bitcoin. Seuraavina vuosina lohkoketjuteknologiaa hyödynnettiin myös muiden kryptovaluuttojen taustateknologiana (Burniske & Tatar, 2017). Lohkoketjuteknologian käyttökohteet eivät rajoitu kuitenkaan pelkästään kryptovaluuttoihin. Muita käyttökohteita, joissa lohkoketjuteknologiaa voidaan hyödyntää ovat esimerkiksi esineiden Internet, (tieto)turvallisuus sekä rahaan ja transaktioihin liittyvät ratkaisut (Huh, Cho & Kim, 2017).

Etiikka on filosofian osa-alue, jossa tutkitaan esimerkiksi ihmisen moraalialia, hyvää elämää, erilaisia arvoja sekä oikeaa ja väärää. Etiikan teoriat jaetaan nykypäivänä useimmiten kolmeen eri kategoriaan: metaetiikkaan, normatiiviseen etiikkaan sekä sovellettuun etiikkaan (IEP, 2019). Bynumin (2001) mukaan tietokone- ja informaatioetiikka (engl. computer and information ethics) kuuluvat sovellettuun etiikkaan, jossa tutkitaan ja analysoidaan asioiden eettisiä ja sosiaalisia vaikutuksia. Nissenbaum (1998) mukaan informaatioteknologian etiikassa tutkitaan ongelmia, jotka johtuvat informaatioteknologian käytöstä. Tämän tutkielman pääpaino on lohkoketjuteknologian etiikassa. Lohkoketjuteknologia on innovatiivinen informaatioteknologia, jonka käytössä ja kehittämisessä on otettava huomioon teknisten seikkojen lisäksi myös eettiset kysymykset.

1.3 Tutkielman toteutus

Tämä tutkielma on toteutettu moniäänisenä kirjallisuustarkasteluna. Päättökysymys on:

- Mitkä ovat keskeisiä kysymyksiä lohkoketjuteknologiaan liittyvässä etiikassa?

Tutkimuskysymyksen apuna käytetään seuraavia apukysymyksiä:

- Mitä harmaasta kirjallisuudesta (engl. grey literature) tulee ilmi lohkoketjuteknologian etiikasta?
- Miten etiikka tulisi huomioida lohkoketjuteknologiaa kehitettäessä?

Lohkoketjuteknologia esiteltiin vuonna 2008, minkä jälkeen se on saanut kasvavissa määrin huomiota. Lohkoketjuteknologian etiikasta ei olla kuitenkaan kirjoitettu juurikaan akateemisia, vertaisarvioituja julkaisuja. Tämän vuoksi normaalin, systemaattisen kirjallisuuskatsauksen käyttäminen tässä tutkielmassa ei ole perusteltua. Moniääninen kirjallisuustarkastelu mahdollistaa aiheen tarkastelun mahdollisimman laajasta näkökulmasta (Garousi, Felderer & Mäntylä, 2019).

Tutkielman rakentuu seuraavanlaisesti: ensimmäisen, johdantoluvun jälkeen toisessa pääluvussa kuvaillaan tutkimusmenetelmä. Kolmannessa pääluvussa tarkastellaan lohkoketjuteknologiaan yleisellä tasolla. Neljännessä luvussa tarkastellaan etiikkaa informaatioteknologian alueella. Viidennessä luvussa esitellään tutkielman tulokset. Kuudes luku koostuu yhteenvedosta sekä pohdinnasta.

2 Tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa kuvataan tämän tutkielman tutkimusmenetelmä. Tämä Pro gradu -tutkielma liittyy Jyväskylän Yliopiston Startup Labin tutkimushankkeeseen, jonka tavoitteena oli tutkia lohkoketjuteknologian eettisiä kysymyksiä.

Tutkimusmenetelmänä toimii moniääninen kirjallisuustarkastelu. Moniäänisellä kirjallisuustarkastelulla pyritään luomaan selkeä yleiskäsitys lohkoketjuteknologian etiikasta hyödyntämällä akateemista kirjallisuutta sekä niin sanottua harmaata kirjallisuutta (engl. grey literature). Tämä tutkielma noudattaa Garousin ym. (2019) ohjeita moniäänisestä kirjallisuustarkastelusta.

Ensimmäisessä alaluvussa 2.1 kuvataan moniääninen kirjallisuustarkastelu yleisesti sekä toinen moniäänisen kirjallisuuskatsauksen keskeisistä lähdekirjallisuuden osista eli harmaa kirjallisuus. Toisessa alaluvussa 2.2 kuvataan kirjallisuustarkastelun suunnittelu.

2.1 Moniääninen kirjallisuuskatsaus

Moniääninen kirjallisuustarkastelu (engl. multivocal literature review: MLR) on systemaattisen kirjallisuustarkastelun (engl. systematic literature review, SLR) alatyyppejä, jossa tarkastellaan akateemisen kirjallisuuden lisäksi niin sanottua harmaata kirjallisuutta (engl. grey literature), kuten blogikirjoituksia ja muita epävirallisia julkaisuja, kuten esimerkiksi alakohtaisia Internet-sivustoja. Moniäänisestä kirjallisuustarkastelusta on hyötyä sekä tutkijoille että ammatinharjoittajille, koska tutkimustapa tuottaa ajankohtaisen yhteenvedon tutkittavasta aiheesta. (Garousi ym., 2019)

Moniäänisen kirjallisuustarkastelun juuret ulottuvat 1990-luvun alkuun, jolloin niitä alettiin käyttää alun perin kasvatustieteissä (Ogawa & Malen, 1991; Patton, 1991). Ogawa ja Malen (1991) sekä Patton (1991) pyrkivät luomaan moniäänisille kirjallisuuskatsauksille raamit sekä jonkinlaisen standardin, jotka helpottaisivat muita tutkijoita hyödyntämään harmaata kirjallisuutta moniäänisten kirjallisuuskatsauksien muodossa. Garousi ym., (2019) olivat samalla

tavalla luomassa raameja moniäänisille kirjallisuuskatsauksille ohjelmistotuotannon alalla. Hän sekä julkaisi tutkimusryhmänsä kanssa kaksi moniäänistä kirjallisuuskatsausta (Garousi, Mäntylä, 2016; Garousi, Felderer & Hacaloğlu, 2017) että myös ohjeet moniäänisille kirjallisuuskatsauksille ohjelmistotuotannossa (Garousi ym., 2019). Ennen tämän tutkielman julkaisua (vuonna 2020), lohkoketjuteknologiasta on julkaistu ainoastaan yksi moniääninen kirjallisuuskatsaus: Butjin, Tamburri sekä Heulen (2019) tutkivat lohkoketjuteknologiaa yleisellä tasolla moniäänisessä kirjallisuustarkastelussaan. Moniääninen kirjallisuuskatsaus on nykymuodossaan siis varsin tuore kirjallisuuskatsauksen tyyppi, eikä sitä ole juurikaan käytetty kasvatustieteiden tai informaatioteknologian ulkopuolisissa tutkimuksissa.

Ogawa ja Malen (1991) määrittelevät moniäänisen kirjallisuustarkastelun seuraavasti:

Moniääninen kirjallisuus koostuu kaikista saatavissa olevista kirjoituksista yleisestä, usein ajankohtaisesta aiheesta. Kirjoitukset ilmentävät erilaisten kirjoittajien (kuten tutkijoiden, ammattilaisten, toimittajien, viranomaisten, koulutuslaitosten, riippumattomien tutkimus- ja kehitysorganisaatioiden sekä muiden) näkemyksiä tai mielipiteitä. Kirjoitukset esiintyvät monessa eri muodossa. Ne heijastavat erilaisia tarkoituksia, näkökulmia ja tietopohjia. Ne käsittelevät aiheen eri näkökohtia ja sisältävät erilaisia tutkimuksia tai ei-tutkimuksellista tietoa. (Ogawa & Malen, 1991) (Kirjoittajan suomentama)

Ohjelmistotuotannon käytännönläheisyyden takia suuri osa alan hyödyllisestä kirjallisuudesta ja informaatiosta päätyy akateemisten foorumeiden ulkopuolelle, mikä tarkoittaa sitä, että paljon informaatiota ja dataa jää usein huomioimatta perinteisessä kirjallisuuskatsauksessa (Garousi ym., 2019). Moniääninen kirjallisuustarkastelu sopii lohkoketjuteknologian etiikan tutkimiseen paremmin kuin pelkkä systemaattinen kirjallisuustarkastelu, koska lohkoketjuteknologian eettisiä näkökulmia ei olla juurikaan tutkittu aiemmin. Aihe on siis varsin tuore, joten kaikki mahdollinen informaatio, sekä akateeminen että harmaa kirjallisuus, on otettava tutkimuksessa huomioon, jotta saadaan kattavasti tutkimusaineistoa.

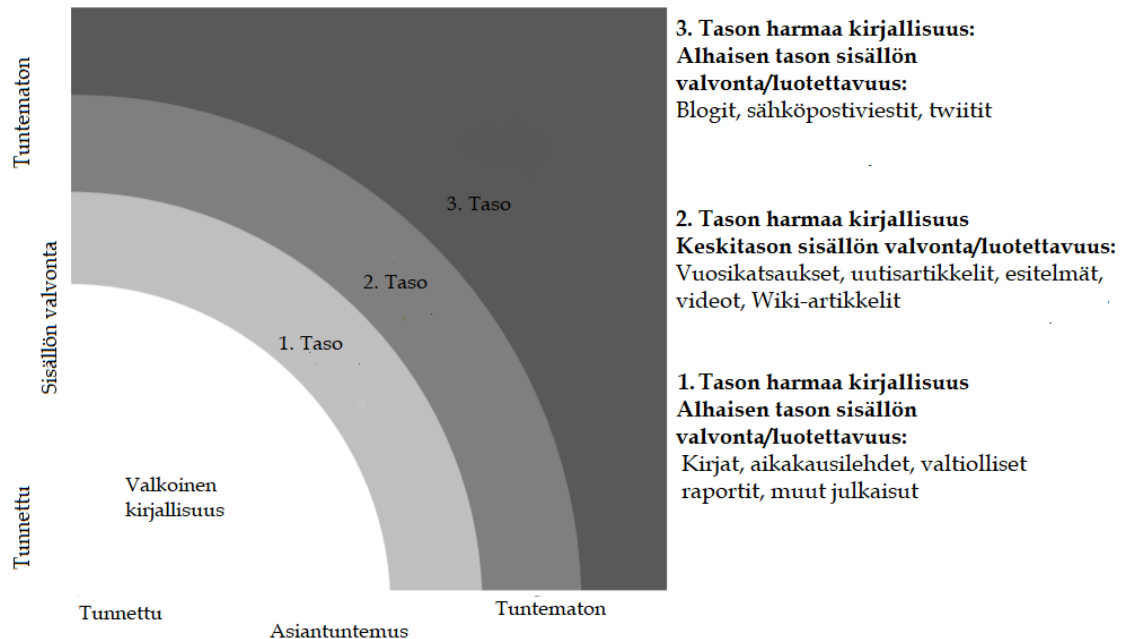
2.2 Harmaa kirjallisuus moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa

Harmaa kirjallisuus on moniäänisen kirjallisuustarkastelun yksi keskeisimmistä elementeistä, sillä se tarjoaa erilaisen näkökulman tutkittavaan aiheeseen perinteiseen akateemiseen tutkimustietoon verrattuna. Harmaa kirjallisuus on monipuolisempaa ja moninaisempaa kuin akateemiset julkaisut. Schöpfel ja Farace (2009) määrittelevät harmaan kirjallisuuden seuraavasti:

Harmaata kirjallisuutta tuotetaan kaikilla eri hallinnon, tutkimuksen, liiketoiminnan ja painetun tekstin sekä elektronisen sisällön tasoilla, eikä sitä hallitse tai rajoita mi-

kään kaupallinen julkaisija, jonka päätehtävä on kustannustoiminta [akateemisen kirjallisuuden julkaiseminen]. (Schöpfel & Farace, 2009) (Kirjoittajan suomentama)

Garousi ym. (2019) (Kuvio 1) jakavat harmaan kirjallisuuden kolmeen eri kategoriaan sen mukaan. Harmaa kirjallisuus jaetaan eri kategorioihin tässä mallissa kahden eri kriteerin avulla, joita ovat 1) sisällön tuottajan asiantuntemuksen taso (engl. expertise) sekä 2) sisällön tuottamisen valvonta (engl. outlet control).



KUVIO 1 Harmaan kirjallisuuden tasot mukailen (Garousi, Felderer & Mäntylä, 2019; Adams, Smart & Huff, 2016) (Kirjoittajan suomentama)

Tässä mallissa akateeminen kirjallisuus ("valkoinen" kirjallisuus) on 0-tasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että sisällöntuottajan asiantuntemuksen taso (1. kriteeri) on tunnistettavissa helposti, sekä myös sitä, että sisällöntuottoa valvotaan ja sisältöä tuotetaan tietyin kriteerein (2. kriteeri). Harmaan kirjallisuuden ensimmäiseen kategoriaan kuuluvat esimerkiksi kirjat sekä aikakauslehdet, joista tiedetään, että ne ovat asiantuntijoiden kirjoittamia (1. kriteeri) ja niiden tuotantoa myös valvotaan (2. kriteeri). Toiseen kategoriaan kuuluu kirjallisuus, jonka asiantuntemuksen taso sekä sisällön tuottamisen valvonta ei ole aivan yhtä tunnistettavissa. Esimerkkejä toisen kategorian harmaasta kirjallisuudesta ovat esimerkiksi uutisartikkelit sekä vuosikatsaukset. Harmaan kirjallisuuden kolmannen kategoriaan ("musta" kirjallisuus) kuuluu alhaisen valvontatason sekä luotettavuuden kirjallisuus, josta esimerkkejä ovat blogit sekä sähköpostit. Mustalla kirjallisuudella tarkoitetaan ideoita, ajatuksia konsepteja. (Garousi ym., 2016)

Myös Giustini (2010) jakaa harmaan kirjallisuuden kahteen kategoriaan, harmaaksi ja mustaksi kirjallisuudeksi (taulukko 1). Taulukko auttaa hahmotamaan harmaan kirjallisuuden eri sävyjä verrattuna valkoiseen kirjallisuuteen.

TAULUKKO 1 Valkoinen, harmaa ja musta kirjallisuus (Giustini, 2010)

Valkoinen kirjallisuus	Harmaa kirjallisuus	Musta kirjallisuus
Tieteellisten aikakauslehtien julkaisut Konferenssijulkaisut Kirjat	Vertaisarviointia odottavat tieteelliset julkaisut Tutkimuspapereiden digitaaliset versiot Tekniset raportit Luennot Tietojoukot Audiovisuaalinen media Blogit	Ideat Konseptit Ajatukset

2.3 Moniäänisen kirjallisuustarkastelun suunnittelu

Moniääninen kirjallisuustarkastelu on systemaattisen kirjallisuustarkastelun alatyyppejä, joten moniääninen kirjallisuustarkastelu sisältää myös samoja vaiheita kuin systemaattinen kirjallisuustarkastelu. Tässä luvussa keskitytään kirjallisuustarkastelun suunnitteluvaiheisiin: 1) tutkittavasta aiheesta tehtävän kirjallisuuskatsauksen tarpeellisuuden osoittaminen sekä 2) kirjallisuuskatsauksen tavoitteiden sekä tutkimuskysymysten määrittely (Moniäänisessä kirjallisuustarkastelussa tieteelliset julkaisut Garousi ym., 2019). käsitellään normaalin systemaattisen kirjallisuustarkastelun tavoin, joten tässä luvussa keskitytään harmaaseen kirjallisuuteen, joka jätetään tarkastelun ulkopuolelle perinteisissä kirjallisuustarkasteluissa (Garousi ym., 2019).

Harmaa kirjallisuus edellyttää tarkempaa arviointia, koska harmaata kirjallisuutta eivät koske samat julkaisuperiaatteet ja kriteerit kuin akateemista kirjallisuutta. Tätä tutkielmaa varten harmaata kirjallisuutta arvioitiin monessa eri vaiheessa. Harmaalle kirjallisuudelle asetettiin kriteereiksi englannin kieli sekä se, että aineisto oli vapaasti saatavilla.

2.3.1 Moniäänisen kirjallisuustarkastelun tarpeellisuuden osoittaminen

Ennen kuin (moniääninen) kirjallisuustarkastelu aloitetaan, tutkijoiden tulee varmistaa, että kirjallisuustarkastelu tutkittavasta aiheesta on tarpeellinen. Eri-tyisesti tutkijoiden tulisi tunnistaa ja arvioida olemassa olevia tutkimuksia kyseisestä aiheesta, jotta he voivat olla varmoja siitä, että uudelle tutkimuskatsaukselle on tarve. (Garousi ym., 2019)

Kun tarve uudelle kirjallisuuskatsaukselle on tunnistettu, tulee seuraavaksi päättää, minkälaista lähdeaineistoa katsauksessa käytetään (Garousi ym.,

2019). Lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyvän kirjallisuustarkastelun tarve tunnustettiin siten, että eettiset kysymykset ovat tulleet ajankohtaisiksi, kuten esimerkiksi tekoälyn etiikka (Vakkuri & Abrahamsson, 2018). Mikäli kirjallisuuskatsauksessa käytetään ainoastaan harmaata kirjallisuutta, valitaan kirjallisuuskatsauksen tyypiksi kirjallisuuskatsaus, jossa lähdeaineistona käytetään pelkästään harmaata kirjallisuutta (engl. Grey Literature Review, GLR). Jos kirjallisuuskatsauksessa käytetään ainoastaan tieteellisiä julkaisuja, valitaan kirjallisuuskatsauksen tyypiksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus (engl. Systematic Literature Review, SLR). (Kitchenham & Charters, 2007) Jos tavoitteena on koota tutkittavasta asiasta laajin mahdollinen kirjallisuuskatsaus, jonka lähdeaineisto sisältää sekä tieteellistä, että ei-tieteellistä kirjallisuutta, valitaan kirjallisuuskatsauksen tyypiksi moniääninen kirjallisuuskatsaus (engl. Multivocal Literature Review, MLR), kuten tässä tutkielmassa tehtiin.

Garousin ym., (2019) mukaan moniääniset kirjallisuuskatsaukset ovat yleistyessä erityisesti ohjelmistotuotantoa koskevissa tutkimuksissa, sillä yhä useammin hyödyllistä informaatiota julkaistaan akateemisten foorumeiden ulkopuolella (kehittämisfoorumi Stack Overflow on esimerkki tällaisesta avoimesta foorumista). Kirjallisuuskatsauksen tyyppiä valitessa (sekä erityisesti pohdittaessa harmaan kirjallisuuden hyödyntämistä kirjallisuuskatsauksen lähdeaineistona) voidaan käyttää apuna erilaisia apukysymyksiä, jotka voivat auttaa hahmottamaan tarvetta harmaan kirjallisuuden käytölle kirjallisuuskatsauksessa (Benzies, Premji, Hayden, & Serrett, 2006).

Premjin, Haydenin ja Serrettin (2006) mukaan Garousi, Felderer ja Mäntylä (2019) kokosivat kysymyspatteriston (taulukko 2), jonka avulla tutkijat voivat saada osviittaa siihen, kannattaako harmaata kirjallisuutta sisällyttää kirjallisuuskatsaukseen. Kysymyspatteristossa on esitetty yhteensä seitsemän kysymystä, joihin vastataan myöntävästi tai kieltävästi. Jos vähintään yksi kysymyspatteriston seitsemästä kysymyksestä tuottaa myöntävän vastauksen, tarkoittaa se sitä, että harmaan kirjallisuuden sisällyttäminen kirjallisuustarkasteluun olisi suotavaa. Mitä enemmän kysymyspatteristo tuottaa "kyllä" -vastauksia, sitä vahvemmin se puoltaa moniäänistä kirjallisuustarkastelua (verrattuna perinteiseen, ei-moniääniseen kirjallisuustarkasteluun). Päätös harmaan kirjallisuuden sisällyttämisestä kirjallisuustarkasteluun tulee tehdä mieluiten systemaattisesti, käyttämällä apuna ennalta määrättyjä kriteereitä tai kysymyksiä (Garousi ym., 2019).

Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen suunnitteluvaiheessa on hyvä myös pohtia sitä, kuinka paljon hyödyllistä informaatiota kirjallisuuskatsaus tarjoaa sen kohderyhmälle. Tähän voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa määrittelemällä tutkimuksen laajuus sekä tavoitteet oikein. (Petersen, Vakkalanka & Kuzniarz, 2015)

TAULUKKO 2 Kysymyksiä, jotka ennakoivat harmaan kirjallisuuden käyttöä ohjelmistotuotannon kirjallisuuskatsauksissa (Garousi ym., 2019, Benziesin, 2006, mukaan)

#	Kysymys	Vastaus
1	Onko aihe niin monimutkainen, että sen tarkastelussa ei riitä pelkästään tieteellinen kirjallisuus?	Kyllä/ ei
2	Onko laadukkaita tieteellisiä julkaisuja aiheesta liian vähän, tai puuttuuko niistä yhteinen konsensus?	Kyllä/ ei
3	Onko aiheen taustatiedot tärkeitä tutkimuksen kannalta?	Kyllä/ ei
4	Onko tavoitteena vahvistaa tai tukea tieteellisiä tuloksia käytännön kokemuksilla?	Kyllä/ ei
5	Onko tavoitteena haastaa oletuksia tai esittää käytännön tuloksia vääriksi akateemisen tutkimuksen avulla, tai päinvastoin?	Kyllä/ ei
6	Olisiko käytännön kokemusten ja tieteellisen yhteisön oivallusten synteesi (moniääninen kirjallisuuskatsaus) hyödyllinen toiselle tai jopa molemmille ryhmille?	Kyllä/ ei
7	Onko aiheesta olemassa paljon käytännön kokemuksen lähteitä, jotka osoittavat ammattinharjoittajien korkeaa kiinnostusta aiheeseen?	Kyllä/ ei

Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen suunnitteluvaiheessa on hyvä myös pohtia sitä, kuinka paljon hyödyllistä informaatiota kirjallisuuskatsaus tarjoaa sen kohderyhmälle. Tähän voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa määrittelemällä tutkimuksen laajuus sekä tavoitteet oikein. (Petersen, Vakkalanka & Kuzniarz, 2015)

Tässä kirjallisuuskatsauksessa harmaan kirjallisuuden sisällyttäminen oli perusteltua, sillä pelkkä akateeminen kirjallisuus ei olisi tuottanut riittävästi informaatiota lohkoketjuteknologian etiikasta (kysymys 1). Laadukkaita tieteellisiä julkaisuja ei ole julkaistu riittävän montaa, jotta aiheesta saisi riittävän laajan käsityksen (kysymys 2). Harmaasta kirjallisuudesta muodostetut havainnot

voivat olla hyödyllisiä myös tieteelliselle yhteisölle (kysymykset 4 ja 6). Lohko-
ketjuteknologian etiikkaa käsittelevän harmaan kirjallisuuden määrä on myös
suurempi kuin tieteellisen kirjallisuuden (kysymys 7).

2.3.2 Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteiden sekä tutkimuskysymysten määrittely

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jonka yksi alatyypeistä moniääninen kirjallisuuskatsaus on, voidaan luokitella toissijaiseksi tutkimukseksi (engl. secondary study), jossa käytetään tarkasti määriteltyjä metodeja ja käytäntöjä tutkittavan aiheen käsittelemiseksi (Kitchenham & Charters, 2007). Tutkittava aihe saattaa olla kirjallisuuskatsauksissa erittäin laaja, mikä tarkoittaa sitä, että tutkimuksen tavoitteiden sekä tutkimuskysymysten tulee olla huolellisesti laadittuja, jotta tutkitaan oikeita asioita.

Kitchenhamin ja Chartesin (2007) mukaan tutkimuskysymysten määrittely on kaikkien systemaattisten kirjallisuuskatsausten tärkein osa, koska kysymykset muodostavat kirjallisuuskatsauksen metodologian. Tällä tarkoitetaan kirjallisuuskatsauksessa seuraavia asioita:

- Kirjallisuuskatsauksen tiedonhakuprosessissa pitää identifioida (tutkimuskysymyksille) relevantit tutkimukset.
- Tiedonkeräämisprosessissa pitää kerätä sellaiset tiedot, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin.
- Tiedon analysointiprosessin (synteesin) tulee tiivistää tieto siten, että tutkimuskysymyksiin voidaan vastata.

Kuten yllä olevasta listauskesta käy ilmi, on systemaattisissa kirjallisuuskatsauksissa ensiarvoisen tärkeää asettaa oikeantyyppisiä tutkimuskysymyksiä, jotta tiedetään, minkälaista tietoa etsitään. Kitchenhamin ja Chartesin (2007) mukaan hyvä tutkimuskysymys ohjelmistotuotantoon liittyvässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa täyttää seuraavat tunnusmerkit:

- Tutkimuskysymys on merkityksellinen ja tärkeä sekä ammatinharjoittajille että tutkijoille. Tutkijat katsovat asioita usein eri näkökulmasta kuin ammatinharjoittajat, jotka työskentelevät aiheen parissa käytännön tasolla.
- Tutkimuskysymys joko johtaa muutokseen ohjelmistotuotannon käytännöissä, tai vahvistaa näkemystä nykyisten käytäntöjen oikeellisuudesta.
- Tutkimuskysymys auttaa tunnistamaan ristiriidat yleisten uskomusten sekä todellisuuden välillä.

Myös Garousin ym. (2019) mukaan tutkimuskysymysten tulee sopia kohdeyleisön tarpeisiin. Kirjallisuuskatsauksen kohdeyleisö voi olla esimerkiksi alan ammatinharjoittajat, jolloin tutkimuskysymyksiä laadittaessa on hyvä ottaa

huomioon heidän erityistarpeensa. Tärkeässä osassa tutkimuskysymyksien laadinnassa ovat myös kysymysten objektiivisuus sekä mahdollisimman hyvä mitattavuus. Garoussi ym. (2019) neuvovat myös käyttämään erityyppisiä tutkimuskysymyksiä, vaikka joihinkin tutkimuskysymyksiin ei löydy välttämättä vastauksia. Erilaisia tutkimuskysymyskategorioita ovat esimerkiksi selittävät tutkimuskysymykset sekä syy-yhteyttä (engl. causality) koskevat kysymykset (Easterbrook, Singer, Storey & Damian, 2008).

Tässä tutkielmassa tutkimuskysymykset on laadittu mahdollisimman selkeiksi ja informatiivisiksi. Päättökysymys on:

- Mitkä ovat keskeisiä kysymyksiä lohkoketjuteknologiaan liittyvässä etiikassa?

Apukysymykset ovat:

- Mitä harmaasta kirjallisuudesta (engl. grey literature) tulee ilmi lohkoketjuteknologian etiikasta?
- Miten etiikka tulisi huomioida lohkoketjuteknologiaa kehitettäessä?

3 Lohkoketjuteknologia : historia, toimintaperiaate, luokittelu, mahdollisuudet sekä haasteet

Lohkoketjuteknologia on monelle varsin tuntematon uusi teknologia, joka usein liitetään Bitcoinin. Vaikka lohkoketju tulikin tunnetuksi vuonna 2008 Satoshi Nakamoton myötä juuri Bitcoinin julkistuksen yhteydessä (Nakamoto, 2008), on lohkoketjuteknologia paljon muutakin, kuin vain kryptovaluuttojen taustalla vaikuttava teknologia. Jotta voidaan tarkastella ja ymmärtää lohkoketjuteknologian käyttökohteita, on hyvä ensin olla kokonais käsitys tästä teknologiasta ja siihen liittyvistä ilmiöistä. Iansitin ja Lakhanin (2017) toteamus *Harward Business Review*:ssä julkaisemassa artikkelissa ”The Truth About Blockchain” (suom. Totuus lohkoketjusta) kuvaa tätä hyvin:

Lähes kaikki ovat kuulleet väitteen siitä, että lohkoketjut tulevat mullistamaan liiketoiminnan sekä uudelleenmäärittämään yrityksiä ja talouksien toimintaa. Vaikka olemme aivan yhtä innoissamme kuin muutkin ja jaamme tämän näkemyksen, olemme huolissamme hypetyksestä. Ei ole kyse ainoastaan turvallisuusasioista. Kokemuksemme teknologiainnovaatioiden tutkimisesta osoittaa, että lohkoketjuihin liittyvä vallankumous vaatisi sen, että monet esteet kaatuisivat: niin teknologiset, hallinnolliset, organisatoriset kuin myös yhteiskunnalliset esteet. Kiirehtiminen lohkoketjuinovaatioihin suin päin ilman ymmärrystä siitä, miten se tulee todennäköisesti tapahtumaan, olisi virhe. (Iansiti & Lakhani, 2017, s. 4)

Lohkoketjun toimintaa voi olla haastava ymmärtää, mutta sitä voi havainnollistaa suhteellisen helposti esimerkiksi erilaisten kuvien, kaavioiden tai vertauskuvien avulla. Tässä sisältöluvussa pureudutaan tarkemmin lohkoketjujen maailmaan. Näkökulma pidetään kuitenkin sellaisena, että lohkoketjuista tietämätönkin pystyy seuraamaan tekstiä. Tässä tutkielmassa ei ole tarkoitus pureutua liian teknisiin asioihin, vaan tavoitteena on luoda kokonaiskuva tästä tulevaisuuden teknologiasta. Aiempi tietämys lohkoketjuteknologiasta auttaa ymmärtämään ja sisäistämään terminologiaa paremmin, mutta aiempi tietämys lohkoketjuteknologiasta ei ole välttämätöntä.

Tässä luvussa tarkastellaan tarkemmin lohkoketjujen taustaa ja historiaa, toimintaperiaatetta, lohkoketjuteknologian roolia kryptovaluutoissa sekä loh-

koketjujen mahdollisuuksia ja uhkakuvia. Tavoitteena on luoda kokonaiskuva lohkoketjuteknologian toiminnasta, lohkoketjuihin liittyvistä ilmiöistä sekä sen toimintaympäristöstä tarkastelemalla aihetta eri näkökulmista. Tämän luvun jälkeen lukijan on helpompi ymmärtää, mitä lohkoketjuteknologia tarkoittaa. Tämän luvun jälkeen lukija osaa myös arvioida lohkoketjuteknologiaa verrattuna esimerkiksi aiempiin teknologioihin innovaatioihin.

3.1 Lohkoketjuteknologian historia ja tausta

Tässä luvussa tarkastellaan lohkoketjuteknologian historiallista kehitystä niin Bitcoinin kuin myös muiden kryptovaluuttojen taustateknologiana. Lohkoketjuteknologian historia on kiinteästi sidoksissa kryptovaluuttoihin, koska lohkoketjuteknologia esiteltiin ensimmäistä kertaa kryptovaluutta Bitcoinin muodossa (Nakamoto, 2008).

3.1.1 Lohkoketju kryptovaluutta Bitcoinin taustalla

Bitcoinin kehittäjä, Satoshi Nakamoto (pseudonyymi), julkaisi vuonna 2008 Bitcoinin toimintaa kuvaavan yhdeksänsivuisen julkaisun (White paper) ”Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” (suom. Bitcoin: Elektroninen vertaisverkossa toimiva rahajärjestelmä), jossa maailman ensimmäisen, edelleen käytössä olevan kryptovaluutan toimintaperiaate kuvataan lyhyesti.

Nakamoton (2008) mukaan verkossa tapahtuva kaupankäynti toimii riittävän hyvin useimmissa tapauksissa, mutta tämä luottamukseen perustuva kaupankäyntimalli kärsii monista heikkouksista. Näitä heikkouksia ovat esimerkiksi seuraavat asiat: täysin peruuttamattomat transaktiot eivät ole mahdollisia, transaktiokustannukset ovat suuria kolmansien osapuolten takia ja transaktioiden suuruus rajoittaa pienten sekä satunnaisten transaktioiden määrää. Nakamoto (2008) esitti ratkaisuksi elektronisen maksujärjestelmän, joka perustuu kryptograafiseen todisteeseen sen sijasta, että tarvittaisiin luottamusta kolmanteen osapuoleen. Tämä järjestelmä mahdollistaa kahden toisilleen tuntemattoman osapuolen transaktiot ilman tarvetta kolmannelle osapuolelle, kuten esimerkiksi (verkko)pankille. Nakamoto (2008) jatkaa perusteluaan sillä, että transaktiot, jotka ovat laskennallisesti mahdottomia peruuttaa, suojaavat myyjiä väärinkäytöksiltä.

3.1.2 Lohkoketju muiden kryptovaluuttojen taustalla

Lohkoketjuteknologian konsepti esiteltiin maailmalle vuonna 2008 Bitcoinin yhteydessä, minkä jälkeen samaa konseptia alettiin soveltaa myös muissa kryptovaluutoissa (Burniske & Tatar, 2017, s. 17).

Bitcoinin jälkeisissä kryptovaluutoissa lohkoketjuteknologiaa ollaan hyödynnetty hyvin samalla tavalla, mikä ei ole ollut erityisen haastavaa Bitcoinin

ohjelmistokoodin ollessa julkista tietoa (Nakamoto, 2008). Joitakin muutoksia Bitcoinin jälkeisiin kryptovaluuttoihin ollaan luonnollisesti kuitenkin tehty, kuten esimerkiksi vuonna 2011 julkaistuun Litecoiniin, jonka kehitti entinen Googella työskennellyt insinööri Charlie Lee.

Litecoinin lohkoketju mahdollistaa Bitcoinia nopeammat transaktiot, koska sillä on käytössään lohkoketjussaan eri algoritmi. Litecoinin käyttämä Scrypt-algoritmi mahdollistaa nopeamman "louhinnan" kuin Bitcoinin käyttämä SHA-256 -algoritmi (Burniske & Tatar, 2017, s. 89). Litecoinin algoritmi tuottaa yhden valuuttayksikön eli kolikon 2.5 minuutin välein, kun Bitcoinin algoritmi tuottaa uuden kolikon neljäsosanopeudella tästä, ainoastaan 10 minuutin välein. Tämä näkyy vastaavassa suhteessa myös näiden kahden kryptovaluutan välisissä transaktionopeuksissa: Bitcoinin transaktiot vahvistetaan kerran normaalioloissa noin 10 minuutin välein, kun Litecoinilla vastaava aika on 2.5 minuutin välein. Transaktiot vahvistetaan aina kun uusi lohko syntyy lohkoketjuun. (Burniske & Tatar, 2017, s. 90)

Moni saattaa mieltää kryptovaluutat pelkästään fiat-valuuttojen (esim. Euro) digitaalisiksi kilpailijoiksi, mutta kryptovaluutoilla on toisistaan poikkeavia tarkoituksia. Hyvä esimerkki on kryptovaluutta Ether, joka toimii "isäntänsä" eli Ethereumin lohkoketjussa. Ethereum on avoimen lähdekoodin julkinen lohkoketjuteknologiaan perustuva hajautettu alusta, joka mahdollistaa älysopimukset. (Burniske & Tatar, 2017, s. 52) Älysopimukset ovat lohkoketjussa sijaitsevia ohjelmia, jotka puolestaan mahdollistavat esimerkiksi kaupan teon ilman luottamusta kolmanteen osapuoleen (Bahga & Madisetti, 2016). Ohjelmistokehittäjät voivat myös kehittää ohjelmia, esimerkiksi esineiden Internetiin liittyen, jotka toimivat Ethereumin alustalla (Huh, Cho & Kim, 2017).

Kryptovaluutat ja kryptograafiset projektit voidaan jakaa kolmeen "sukupolveen" niiden ominaispiirteiden avulla (Spurjeon, Sahu & Dutta, 2018). Ensimmäistä sukupolvea edustaa Bitcoin, sekä sen lähdekoodista johdetut kryptovaluutat, kuten Litecoin ja Dogecoin. Ensimmäisen sukupolven kryptovaluuttojen muita ominaispiirteitä olivat C++ ohjelmointikielenä sekä proof-of-work -konsensusmekanismi, jossa louhijat pitävät verkkoa yllä hyväksymällä transaktioita. (Crypto, 2018)

Toisen polven kryptovaluutat eivät olleet enää klooneja tai muunnelmia Bitcoinista, sillä ne olivat toiminnaltaan selkeästi eriäviä Bitcoinin verrattuna. Aiempana mainittu Ethereum on hyvä malliesimerkki toisen polven kryptovaluutasta, joka käytti montaa uutta ohjelmistoon liittyvää innovaatiota, joita Bitcoinissa tai sen muunnelmissa ei oltu aiemmin nähty (Crypto, 2018). Erityisesti Ethereum käyttämät älysopimukset olivat merkittävin innovaatio sitten vuoden 2008, jolloin Bitcoin esiteltiin. Idea Ethereumista esiteltiin loppuvuodesta 2013, mutta se otettiin käyttöön vasta kesällä 2015. Ethereumin pääkehittäjä, venäläiskanadalainen ohjelmoija Vitaly Buterin, oli tuolloin vasta 21-vuotias. (Burniske & Tatar, 2017, s. 22-23) Ethereum oikeastaan toimii virtuaalikoneena (EVM - Ethereum Virtual Machine). Ethereumin lohkoketju mahdollistaa myös sen, että kuka tahansa pystyy luomaan uuden kryptovaluutan Ethereumin lohkoketjussa. Moni kryptovaluutta onkin saanut alkunsa näin. (Burniske & Tatar,

2017, s. 24) Toisen polven kryptovaluuttojen ominaispiirteitä ovat: älysopimukset lohkoketjussa, virtuaalinen kone tai alusta, joka suorittaa hajautettuja ohjelmistoja tai sopimuksia sekä Turing-täydellinen ohjelmointikieli virtuaalikooneessa, joka toimii kryptovaluutan moottorina. (Crypto, 2018)

Kolmas sukupolvi on kryptovaluuttojen uusin ja älykkäin taso. Toisen polven kryptovaluutat ja -projektit olivat ensimmäisen sukupolven vastaavia monipuolisempia, kun taas kolmannen sukupolven kryptovaluutat ovat ottaneet edistysaskeleita myös toisen polven kryptovaluutoista (Crypto, 2018). Kolmannen sukupolven kryptovaluutan tai -projektin käsite ei ole kovinkaan tarkka, mutta seuraavat ominaisuudet liitetään kolmannen polven kryptovaluuttoihin: vahva skaalautuvuus, mahdollisuus transaktioihin muiden kryptovaluuttojen tai lohkoketjujen kanssa ja systeemiin sisään rakennettu hallinto. (Spurjeon, Sahu, Dutta, 2018; Crypto, 2018.) Kolmannen sukupolven kryptovaluutta on periaatteessa vielä utopiaa, eikä olemassa olevista kryptovaluutoista mikään yllä vielä kolmannen polven kryptovaluutalle vaaditulle tasolle (Spurjeon, Sahu, Dutta, 2018). Lähimpänä kolmannen sukupolven kryptovaluuttoja ovat mm. Cardano sekä IOTA. Cardano on eräänlainen ekosysteemi ja alusta, aivan kuten Ethereumkin, ja sen lohkoketjussa pystyy myös luomaan älysopimuksia. (Spurjeon, Sahu, Dutta, 2018) IOTA puolestaan on ensimmäinen avoimen lähdekoodin lohkoketjuprojekti ja hajautettu tietokanta esineiden Internetille (engl. IoT - Internet of Things), joka pyrkii mahdollistamaan kuluttomat transaktiot sekä datan yhtenäisyyden eri laitteissa. (Iota, 2019.)

Tässä kohtaa on hyvä selvittää hieman kryptovaluuttoihin liittyvää käsitteistöä. Vaikka kirjoitankin Cardanosta, IOTA:sta sekä Ethereumista kryptovaluutoista kertovan otsikon alla, nämä kyseiset kryptograafiset projektit/alustat ovat paljon muutakin. Ne ovat nimenomaan alustoja tai ekosysteemejä, joiden lohkoketjuihin voidaan rakentaa erilaisia sovelluksia. Toki jokaisella näistä alustoista on oma kryptovaluuttansa, Ethereumilla Ether, Cardanolla Ada ja IOTA:lla MIOTA. Nämä kryptovaluutat toimivat ikään kuin polttoaineena sovelluksille, jotka toimivat niiden alustalla. Näitä kryptovaluuttoja voi myös lähettää toisille ihmisille, ja niiden arvo määritetään kryptovaluuttapörsseissä kysynnän ja tarjonnan mukaan. (Burniske & Tatar, 2017, s. 65-66).

3.2 Lohkoketjuteknologian toimintaperiaate

Lohkoketjuteknologia, tai pelkkä lohkoketju, on yksinkertaistettuna hajautettu datan rakenne, jonka sisältämät ketjut muodostavat yhtenäisen lohkoketjun. Lohkoketju on samalla myös hajautettu tietokanta tai tilikirja, joka sisältää talenteet kaikista lohkoketjun sisällä tapahtuneista transaktioista. (Bahga & Madiseti, 2016) Lohkoketjua voi verrata palapeliin, jossa lohkot ovat yksittäisiä paloja isommassa kokonaisuudessa. Jokainen lohko sisältää dataa, kuten esimerkiksi transaktioita (rahansiirtoja) tietyltä ajanjaksolta. Valmis lohko liitetään lohkoketjun edellisiin lohkoihin tiivistefunktioalgoritmin avulla. Tämä tiivistefunktio

varmistaa sen, lohkoketjua ei voi muuttaa jälkikäteen (ilman, että sitä huomattaisiin). (Swan, 2015, s. 39)

Lohkoketjut eroavat muista datarakenteista siten, että lohkoketjuilla ei ole ”keskushallintoa”, vaan lohkoketju toimii hajautettuna järjestelmänä, jota ylläpitävät vertaisverkon kaikki osapuolet (Burniske & Tatar, 2017, s. 9). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lohkoketju on läpinäkyvä ja hajautettu loki kaikista transaktioista, jota lohkoketjussa tapahtuu. Lohkoketjua ylläpidetään louhijoiden (engl. miners) toimesta ja sitä voi tarkkailla kuka tahansa, mutta sitä ei omista tai hallitse kukaan. (Swan, 2015, s. 23-24.)

Lohkoketjut perustuvat kryptografiaan. Tämä tarkoittaa sitä, että lohkoketjun ylläpitämiseksi tietokoneet laskevat matemaattisia kaavoja. Esimerkiksi jokainen transaktio, joka tallennetaan Bitcoinin lohkoketjuun, pitää olla kryptograafisesti vahvistettu, jotta lohkoketju ei hyväksy transaktiota eli rahansiirtoja sellaisista Bitcoin-osoitteista, joissa Bitcoineja ei oikeasti ole. (Burniske & Tatar, 2017, s. 11) Lohkoketjun yksi tärkeimmistä ominaispiirteistä, eli hajautettu hallinto, yhdistettynä kryptograafisesti transaktioita vahvistaviin tietokoneisiin tekee Bitcoinin lohkoketjusta (sekä muista samantyyppisistä lohkoketjuista) ikuisen, eli sitä ei voi muuttaa jälkikäteen. Lohkoketjut ovat yleensä julkisia ja avoimia, kuten Bitcoinin lohkoketju. Kuka tahansa ympäri maailmaa voi tarkastella lohkoketjun transaktioita ja nähdä jokaisen siirron, mikä lohkoketjuun on tallentunut. (Swan, 2016, s. 24) Tämä luo läpinäkyvyyttä ja uskottavuutta lohkoketjuille, vaikka transaktiot ovatkin anonyymejä.

Lohkoketjut ovat yleisesti hyvin turvallisia järjestelmiä, joskin mikään tietotekninen järjestelmä ei ole täysin immuuni ulkopuolisille hyökkäyksille. Avoimet lohkoketjut, kuten esimerkiksi Bitcoin, ovat sitä turvallisempia, mitä laajemmalle ne ovat levinneet. Bitcoinin lohkoketjua pitävät yllä tietokoneet (louhijat), jotka kilpailevat lohkoketjun rahakkeesta eli Bitcoinista. Mitä enemmän louhijalla on laskentatehoa, sitä todennäköisemmin se saa palkinnoksi Bitcoineja työstään. Aina, kun lohkoketjuun onnistutaan lisäämään uusi lohko louhijoiden toimesta, he saavat palkkioksi Bitcoineja. (Burniske & Tatar, 2017, s. 15.) Tämä kilpailu pitää Bitcoinin lohkoketjua paitsi yllä, myös turvallisena, koska hyökkääjien pitäisi kilpailla kaikkia Bitcoinin lohkoketjun louhijoita vastaan saadakseen muutoksia aikaan. Se on käytännössä erittäin haastavaa, koska yksittäisen louhijan tai louhijatahon pitäisi vastata yli 50 %:sta lohkoketjun laskentatehosta. Tätä kutsutaan 51 %:n hyökkäykseksi. (Li, Jiang, Chen, Luo & Wen, 2017.)

3.3 Lohkoketjuteknologian luokittelu

Lohkoketjuja voidaan kategorisoida sekä luokitella eri tavoin. Yksi jaottelutapa on jakaa lohkoketjut kolmeen ryhmään niiden avoimuuden mukaan: 1) julkisiin lohkoketjuihin, 2) yksityisiin lohkoketjuihin sekä 3) hybridilohkoketjuihin (Burniske & Tatar, 2017, s. 17; Dragonchain, 2019).

Julkinen lohkoketju tarkoittaa yleensä täysin hajautettua (engl. decentralized) järjestelmää, jota ei valvo mikään tietty taho tai järjestelmä. Käytännössä kuka tahansa voi osallistua lohkoketjun toimintaan joko käyttäjänä, louhijana, kehittäjänä tai yhteisön jäsenenä. Kaikki transaktiot lohkoketjun sisällä ovat myös täysin julkisia, toki esimerkiksi Bitcoinin transaktiot sekä lompakot ovat pseudonyymejä. (Burniske & Tatar, 2017, s. 17; Nakamoto, 2008) Julkiset lohkoketjut ovat myös useimmiten erittäin vahvoja, itsenäisiä systeemejä: ulkopuolisen tahon on hyvin vaikea esimerkiksi muokata tai poistaa lohkoketjuun tallentuneita transaktioita, saati "sammuttaa" koko lohkoketjun toimintaa. Julkiset lohkoketjut toimivat "palkitsemisperiaatteella", mikä tarkoittaa sitä, että niillä on käytössään oma rahake (engl. token), joka on tarkoitettu insentiiviksi esimerkiksi lohkoketjun ylläpitäjille eli louhijoille. (Voshmgir, 2019; Dragonchain, 2019.) Esimerkiksi Bitcoinin lohkoketjun rahake on itse Bitcoin, ja Ethereumin rahake on nimeltään Ether. Kryptovaluutat Bitcoin sekä Ethereum ovat hyviä esimerkkejä julkisista, hajautetuista lohkoketjuista. Kuka tahansa voi teoriassa osallistua näiden lohkoketjujen toimintaan, eikä näitä lohkoketjuja myöskään hallitse mikään yksittäinen taho. Hajautetut lohkoketjut ovat menestyneet hyvin viime vuosina levittäytyen ympäri maailmaa. Vaikka niitä voidaan yrittää reguloida tai säännellä, niiden toimintaa on käytännössä mahdotonta pysäyttää (Voshmgir, 2019).

Yksityiset lohkoketjut ovat erilaisia verrattuna julkisiin lohkoketjuihin. Verrattuna julkisiin lohkoketjuihin, yksityiset lohkoketjut ovat suljettuja ja niiden hallinto on enemmän keskitetty. Yksityisiin lohkoketjuihin voivat liittyä ainoastaan hyväksytyt tahot/henkilöt, jotka myös yleensä tuntevat tai tietävät toisensa. (Burniske & Tatar, 2017, s. 18; Voshmgir, 2019) Yksityiset lohkoketjut ovat hyödyllisiä yrityksille, jotka haluavat tehdä yhteistyötä toisten yritysten kanssa jakamalla dataa ilman, että arkaluontoinen liiketoimintadata päätyisi kaikkien nähtävälle julkiseen lohkoketjuun. Luonnollisesti tällöin lohkoketjun hallinto on keskittynyt pienelle joukolle. (Voshmgir, 2019) Yksityisissä lohkoketjuissa ei aina ole rahaketta, koska näissä lohkoketjuissa ei ole välttämättä tarvetta "palkita" lohkoketjun eri osapuolia. Ei ole kovinkaan todennäköistä, että yksityiset lohkoketjut mullistaisivat nykyisiä maksujärjestelmiä. Todennäköistä kuitenkin on, että yksityiset lohkoketjut tulevat tehostamaan sekä korvaamaan vanhoja tiedonhallintajärjestelmiä vähentämällä transaktiokustannuksia sekä poistamalla liiallista dataa. (Voshmgir, 2019)

Hybridilohkoketjulla tarkoitetaan julkisen ja yksityisen lohkoketjun välimallia, jossa on hyödynnetty sekä julkisen että yksityisen lohkoketjun parhaimpia puolia. Esimerkkejä hybridilohkoketjuista ovat lohkoketjualusta Dragonchain sekä avoin maksujärjestelmä Ripple. (Dragonchain, 2019; Sharma, 2018.) Hybridilohkoketju koostuu kaikille avoimesta, julkisesta lohkoketjusta sekä yksityisestä verkosta, joka on avoin vain pienelle joukolle ihmisiä/tahoja. Tämä yksityinen verkko luo tallenteet transaktioista, ja nämä tallenteet säilötään ja todennetaan julkisessa lohkoketjussa. Hybridilohkoketjun vahvuuksia ovat yksityisten lohkoketjujen nopeat transaktiot, datan yksityisyys sekä julkisten lohkoketjujen turvallisuus. (Sharma, 2018; Freuden, 2019)

Lohkoketjusovelluksia voidaan jaotella avoimuuden lisäksi niiden käyttö-tarkoitusten sekä teknisten ominaisuuksien perusteella. Swan (2015) jakaa lohkoketjut kolmeen kategoriaan (taulukko 3) niiden teknologian sekä tarkoituk-sen perusteella (lohkaketju 1.0, 2.0 ja 3.0).

TAULUKKO 3 Lohkoketjuteknologian kategoriat ja esimerkkejä Swanin (2015) mukaan

Kategoria	Nimi	Kuvaus
Lohkoketju 1.0	Bitcoin Litecoin	Kryptovaluutta Kryptovaluutta
Lohkoketju 2.0	Ethereum	Lohkoketjualusta/- ekosysteemi, joka hyödyntää älysopimuksia
Lohkoketju 3.0	Namecoin BitID	Hajautettu verkkotunnusjär- jestelmä Lohkoketjun päällä toimiva digitaalinen tunnistautumis- järjestelmä

Yksinkertaiset kryptovaluutat, kuten Bitcoin ja Litecoin, kuuluvat Swanin (2015, s. 8) luokittelun mukaan lohkoketjuteknologiasovellusten ensimmäiseen kate-goriaan (1.0) kolmesta. Ensimmäisen kategorian sovellusten hyödyt ovat jo hy-vin teidossa, mutta toisen ja kolmannen kategorian lohkoketjusovelluksista odotetaan saavan ratkaisuja monenlaisiin ongelmiin.

Toiseen kategoriaan (2.0) kuuluu monipuolinen joukko erilaisia lohkoket-jusovelluksia: älysopimukset, hajautetut sovellukset sekä hajautetut ja itseoh-jautuvat yritykset. Tähän kategoriaan kuuluvat ”älykkäämmät” kryptovaluutat, kuten älysopimuksia hyödyntävä Ethereum ja sekä pankkienvälisiä rahansiirto-ja helpottava Ripple. Lohkoketjua käyttävät joukkorahoituspalvelut kuuluvat myös tähän kategoriaan. Lohkoketjuteknologian avulla toimiva joukkorahoit-usalusta auttaa aikaisen vaiheen startup-yrityksiä keräämään rahoitusta siten, että sijoittajat voivat ostaa yrityksen kryptovaluuttaa, joka toimii ikään kuin kryptograafisena osakkeena. (Swan, 2015, s. 9-12.)

Kolmanteen kategoriaan (3.0) kuuluvat Swanin (2015, s. 29) mukaan loh-koketjusovellukset, jotka eivät ole varsinaisesti kaupallisia. Tällaiset sovellukset on tehty esimerkiksi valtiollisiin, terveydellisiin, tieteellisiin, kulttuuriin sekä taiteellisiin tarkoituksiin. Esimerkki tähän kategoriaan kuuluvasta kryptova-luutasta on Namecoin, joka yksi ensimmäisistä lohkoketjusovelluksista, jota ei ollut tarkoitettu valuutaksi. Namecoin on vaihtoehto perinteiselle verkkotun-nusjärjestelmälle (engl. Domain Name System, DNS). Namecoin on hajautettu systeemi eikä mikään valtio tai yritys pysty hallitsemaan sitä, minkä takia kuka tahansa pystyy julkaisemaan sisältö Internetissä sen avulla. Toinen esimerkki

kolmannen kategorian sovelluksesta on BitID, joka on verkossa toimiva lohkoketjulla toimiva tunnistautumisjärjestelmä. BitID hyödyntää tunnistautumisessa käyttäjän Bitcoin-lompakkoa, mikä voi nopeuttaa verkkosivulle pääsyä ja parantaa käyttäjäkokemusta, turvallisuutta ja anonyymiteettiä. (Swan, 2015, s. 31-34.)

3.4 Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet

Lohkoketjuteknologia on saanut valtavasti huomiota teknologiatutkijoilta, jotka ovat korostaneet lohkoketjujen vaikutuksia ja potentiaalia uutena, disruptiivisena, teknologiana. Erityisesti yritysten kiinnostus lohkoketjuteknologiaan ja sen tuomiin liiketoimintaetuihin on kasvussa. (Hughes, Dwivedi, Misra, Rana, Raghavan & Akella, 2019) Lohkoketjuteknologia on tunnistettu potentiaaliseksi viidenneksi disruptiiviseksi innovaatioksi tietojenkäsittelyn paradigmassa (engl. computing paradigm) (Swan, 2015, s. 45). Yuanin ja Wangin (2018) mukaan lohkoketjusovellusten odotetaan muuttavan ihmisten ja organisaatioiden toimintaa radikaalisti muuttaen nykyisen, informaatiopainotteisen Internetin (engl. Internet of Information), tulevaisuudessa "arvon Internetiksi" (engl. Internet of Value).

Vuonna 2019 lohkoketjuteknologian pääkäyttökohteita ovat edelleen kryptovaluutat, vaikka uusia lohkoketjuprojekteja syntyy jatkuvasti. Lohkoketju on datarakenteensa ansiosta loistava teknologia transaktioiden tallentamiseen luotettavasti ja turvallisesti ilman kolmatta osapuolta. Koko idea lohkoketjuista esiteltiin myös Bitcoinin muodossa, minkä johdosta lohkoketjuteknologia rinnastetaan usein juuri Bitcoiniin tai muihin kryptovaluuttoihin. Innovatiivisuutensa ansiosta lohkoketjuteknologian mahdollisuudet ovat kuitenkin lähes rajattomat ulottuen mitä moninaisempiin käyttökohteisiin (Swan, 2015, s. 10).

Lohkoketjuja tullaan käyttämään tulevaisuudessa mitä moninaisemmissa käyttökohteissa. Swanin (2015) mukaan lohkoketjuteknologian potentiaali ei rajoitu pelkästään liike-elämään ja taloudellisiin hyötyihin. Se ulottuu jopa tieteseen, politiikkaan sekä yhteiskunnallisiin asioihin. Lohkoketjuteknologian käyttökohteiden leviäminen voi muuttaa ihmisten tapoja toimia kaikilla yhteiskunnallisilla tasoilla. Maailmassa on esimerkiksi miljoonia ihmisiä, joilla ei ole mahdollisuutta omaan pankkitiliin ja sitä kautta luotettaviin rahansiirtoihin (Swan, 2015, s. 72). Kuka tahansa, jolla on Internet-yhteys, voi luoda itselleen kryptovaluuttalompakon ja tehdä jopa kansainvälisiä rahansiirtoja. Arvon siirtäminen maasta toiseen onnistuu kryptovaluuttojen avulla nopeammin ja pienemmin kustannuksin kuin perinteisillä Fiat-valuuttojen tilisiirroilla (Burniske & Tatar, 2017, s. 142). Tätä mahdollisuutta hyödynnetään paljon esimerkiksi Afrikassa, jonne on kallista siirtää rahaa ja jossa maanosan sisäiset rahansiirrot ovat kalliita alikehittyneen rahoitusjärjestelmän takia (Maloumby-Baka & Kingombe, 2016).

Mahdollisuudet ovat lohkoketjuteknologian osalta käytännössä rajattomat, mutta teknologia on vasta alkuvaiheessa, ja sen tarjoamista mahdollisuuksista

on tultu tietoiseksi toden teolla vasta 2010-luvun aikana. Moni yritys on esimerkiksi selvittänyt, mitä hyötyä lohkoketjuteknologiasta voisi olla heidän liiketoiminnalleen.

3.5 Lohkoketjuteknologian haasteet

Laajassa käytössä olevia lohkoketjusovelluksia ei olla vielä juurikaan nähty, kryptovaluuttoja lukuun ottamatta. Harvassa ovat myöskin ne yritykset, jotka ovat saaneet aitoa lisäarvoa lohkoketjun avulla. Moni yritys on ollut kiinnostunut lohkoketjuteknologian mahdollisuuksista, mutta harva yritys on edennyt testaus- ja prototyypivaiheesta toteutettaviin ratkaisuihin asti. (Hughes ym., 2019) Lohkoketjuteknologia ei ole myöskään kovinkaan tunnettu teknologia, vaikka erilaisia lohkoketjusovelluksia kehitetään jatkuvasti. Moni ihminen suhtautuu esimerkiksi kryptovaluuttoihin varsin skeptisesti, mikä hidastaa niiden käytön leviämistä.

Lohkoketjuteknologia mielletään usein turvalliseksi teknologiaksi, johon hakkereiden on vaikea päästä käsiksi. Lohkoketjujen ekosysteemit ovat kuitenkin varsin tuoreita, mikä lisää varsinkin riskiä hyökkäyksestä kolmannen osapuolen palveluihin, joiden turvallisuus on yleensä heikompaa kuin itse lohkoketjusovelluksen turvallisuus (Kaasalainen, 2018).

Kaasalaisen (2018) mukaan lohkoketjuteknologialla on ainakin kolme haavoittuvuutta ja riskiä: 51 prosentin hyökkäys, tuplakulutus sekä hyökkäys kolmannen osapuolen palveluihin. 51 prosentin hyökkäys tarkoittaa käytännössä sellaista tilannetta, jossa yksi entiteetti hallitsee yli 50 prosenttia lohkoketjun laskentatehosta. Tällaisessa tilanteessa hyökkääjät voisivat hallita lohkoketjua ja käyttää tilannetta edukseen. Kaasalaisen (2018) mukaan tuplakulutus tarkoittaa tiedon lähettämistä lohkoketjuun toisen kerran. Tuplakuluttaminen mahdollistaa esimerkiksi kryptovaluutoissa valuutan käytön uudelleen. Edellä mainittu 51 prosentin hyökkäys mahdollistaa tuplakulutuksen. Hyökkäys kolmannen osapuolen palveluun tarkoittaa tilannetta, jossa hyökkääjät hakkeroivat lohkoketjuteknologiaan liitetyn palvelun, esimerkiksi kryptovaluuttapörssin, jossa säilytetään aina jonkin verran kryptovaluuttoja. 51 prosentin hyökkäys sekä tuplakulutus ovat teoriassa mahdollisia hyökkäyksiä, mutta erittäin epätodennäköisiä ja harvinaisia. Hyökkäykset kolmannen osapuolen palveluihin ovat yleisempiä. (Kaasalainen, 2018) Esimerkiksi vuonna 2014, siihen aikaan maailman suurin kryptovaluuttapörssi, japanilainen Mt. Gox, hakkeroitin. Hakkerit onnistuivat varastamaan yhteensä 850 000 Bitcoinia, joista myöhemmin löydettiin 200 000 (Cheung, Roca, & Su, 2015). Hyökkäykset kolmannen osapuolen palveluihin ovat helpompia toteuttaa kuin hyökkäykset lohkoketjuun, sillä lohkoketjuun kohdistuvat hyökkäykset vaativat usein erittäin paljon laskentatehoa (Kaasalainen, 2018).

3.6 Yhteenveto lohkoketjuteknologiasta

Edellisissä alaluvuissa lohkoketjuteknologiaa käsiteltiin monesta eri näkökulmasta, jotta lukijalle muodostuisi mahdollisimman hyvä kokonaiskuva siitä, mitä lohkoketjuteknologia on ja mitä siltä voi mahdollisesti odottaa tulevaisuudessa. Seuraavassa luettelossa tiivistetään toisessa luvussa käsitelty lohkoketjuteknologian perusasiat:

- Lohkoketju on datan rakenne, jota voi verrata esimerkiksi hajautettuun tietokantaan tai tilikirjaan. Hajautettu lohkoketju on luotettava ilman kolmatta osapuolta (ylläpitävää tahoaa), koska se on hajautettu moneen eri paikkaan. Lohkoketju sisältää myös tallenteet kaikista lohkoketjun sisällä tapahtuneista transaktioista. (Bahga, Madisetti, 2016)
- Lohkoketjuteknologia sai alkunsa vuonna 2008, kun kryptovaluutta Bitcoinin kehittäjä Satoshi Nakamoto julkaisi Bitcoinin white paperin, jossa Bitcoinin toiminta kuvattiin (Nakamoto, 2008).
- Bitcoinin jälkeen markkinoille alkoi ilmestyä muita kryptovaluuttoja, jotka perustuivat lohkoketjuteknologiaan ja olivat muunnelmia Bitcoinista.
- Lohkoketjut voidaan luokitella esimerkiksi niiden avoimuuden mukaan julkisiin, yksityisiin sekä hybridilohkoketjuihin (Burniske & Tatar, 2017. s. 17). Toinen luokittelutapa on jakaa lohkoketjuteknologiasovellukset niiden teknologian sekä käyttötarkoituksen mukaan kolmeen eri kategoriaan: lohkoketju 1.0, lohkoketju 2.0 sekä lohkoketju 3.0 (Swan, 2015, s. 9).
- Vaikka lohkoketjuteknologiaa käytetään vielä vuonna 2019 suhteellisen vähän kryptovaluuttojen ulkopuolella, on sen vallankumouksellinen potentiaali disruptiivisena teknologiana tiedossa. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet ovat lähes rajattomat ulottuen mitä moninaisempiin käyttökohteisiin (Swan, 2015, s. 10).
- Lohkoketjuteknologian potentiaalista huolimatta sen tosielämän käyttökohteet ovat kuitenkin toistaiseksi vähissä. Moni yritys on ollut kiinnostunut lohkoketjuteknologian mahdollisuuksista, mutta harva yritys on edennyt testaus- ja prototyypivaiheesta toteutettaviin ratkaisuihin asti (Hughes ym., 2019).
- Lohkoketjuteknologia on varsin turvallinen tekniikka, mutta hyökkäykset lohkoketjuekosysteemin kolmannen osapuolen palveluihin ovat suhteellisen yleisiä (Cheung, Roca, & Su, 2015; Kaasalainen, 2008).

4 Etiikan tarkastelu informaatioteknologian alueella

Tässä luvussa tarkastellaan etiikkaa informaatioteknologian alueella. Luvussa 4.1 etiikkaa käsitellään yleisesti informaatioteknologian näkökulmasta. Tässä kohtaa paneudutaan myös siihen, miten etiikkaa on historian saatossa käsitelty IT-alalla. Luvussa 4.2 käsitellään puolestaan tekoälyn etiikkaa. Tekoälyn etiikka on tärkeässä asemassa myös lohkoketjuteknologian etiikasta puhuttaessa, koska ennen tekoälyä etiikasta ei yleisesti puhuttu juurikaan IT-alalla. Tekoäly on lohkoketjuteknologian tavoin uusi teknologia, joten tekoälyllä sekä lohkoketjuteknologialla on myös sitä kautta yhtäläisyyksiä, minkä johdosta niitä voidaan tarkastella rinnakkain rinnakkain. Luvussa 4.3 tarkastellaan tarkemmin lohkoketjuteknologian etiikkaa.

4.1 Etiikan käsite informaatioteknologian alueella

Etiikka on suhteellisen tuore ja myös vähän tutkittu aihe informaatioteknologian alalla. Eettisiä asioita on pohdittu ihmiskunnan historiassa monella muulla elämän osa-alueella aina esihistoriallisista ajoista asti, mutta (informaatio)teknologian etiikan tutkiminen tai siitä puhuminen ei ole ollut kovinkaan suosittua ennen 2000-lukua (Vacura, 2015). Tässä alaluvussa luodaan katsaus siihen, mitä erilaisia etiikan näkökulmia erityisesti informaatioteknologian alalla on.

Kuten mikä tahansa teknologia, myös informaatioteknologia, on pohjimmiltaan vain teknologia, joka ei ole perusominaisuuksiltaan hyvä tai paha. Se on vain asioiden ja erilaisten tapahtumien mahdollistaja, jota voidaan käyttää hyväksi eettisesti kestävässä sekä myös epäeettisessä toiminnassa. Hyvä esimerkki teknologiasta on vaikkapa tuliase, jota voidaan käyttää sekä metsästyksen (ruoan hankintaan), että ihmisten tappamiseen. Yleinen mielipide (jota myös lait tukevat) on se, että ruoan hankinta on sallittua, mutta ihmisten am-

puminen on laitonta. Mutta mitä jos tätä asetta käytetään uhanalaisten lajien metsästykseseen, tai aseella ammutaan vihollisia sotatilanteessa? Myös informaatioteknologiaa voidaan käyttää ihmiskunnan hyväksi, mutta myös kyberhyökkäyksissä aiheuttamaan tuhoa. Kuten äskeiset esimerkit osoittavat, mikään ei ole mustavalkoista, minkä takia etiikkaa voi olla samalla sekä mielenkiintoista, että myös vaikeaa tutkia.

Masonin (1995) mukaan asiasta tulee eettisesti merkittävä silloin, kun jokin osapuoli vaikuttaa jonkin toisen osapuolen kykyyn harjoittaa toimintaansa. Toiseen osapuoleen vaikuttava toiminta voi olla positiivista tai negatiivista. Jälkimmäinen toiminta mielletään usein epäeettiseksi toiminnaksi. Masonin (1995) mukaan informaatioteknologia on niin tehokasta, että sen käytöllä on suuri vaikutus eettisissä kysymyksissä. Bynumin (2001) mukaan ICT (engl. information and communication technology) eli informaatio- ja kommunikaatioteknologia on vaikuttanut sekä positiivisesti että negatiivisesti esimerkiksi yhteisöihin, perhe-elämään, ihmissuhteisiin, koulutukseen, työuriin, vapautteen sekä demokratiaan. Hänen mukaansa tietokone- ja informaatioetiikka (engl. computer and information ethics) katsotaan yleensä kuuluvaksi sovellettuun etiikkaan, jossa tutkitaan ja analysoidaan jonkin asian sosiaalisia ja eettisiä vaikutuksia.

Nissenbaumin (1998) mukaan informaatioteknologian etiikassa tutkitaan informaatioteknologian käytöstä johtuvia eettisiä ongelmia (engl. issues). Informaatioteknologian etiikka käsittelee sellaisia moraalisia ongelmia, joita ei aiemmin ihmiskunnan historian aikana ole ollut, ainakaan teknologiavälitteisesti. Erityisesti yksilön vastuuta sekä toimintaa tarkastellaan moraalista sekä eettisestä näkökulmasta. Informaatioteknologian eettisiä kysymyksiä ovat esimerkiksi: "Kuka on vastuussa, jos tietokoneohjelma epäonnistuu ja aiheuttaa tuhoa?", "Onko hakkerointi moraalitonta?" sekä "Mitkä käytännöt tuovat riittävää yksityisyydensuojaa?". (Nissenbaum, 1998) Informaatioteknologian eettiset kysymykset soveltuvat hyvin myös lohkoketjuteknologian eettisiin kysymyksiin.

Keskeinen etiikan käsite informaatioteknologian etiikan alueella on tietokone-etiikka (engl. computer ethics) (Bynum, 2001). Tietokone-etiikka sai alkunsa toisen maailmansodan jälkeen 1940-luvulla, kun tiede sekä informaatioteknologiset innovaatiot yleistyivät sotien jälkeen (Himma & Tavani, 2008, s. 25). Tämän uuden etiikka-ajattelun taustalla oli yhdysvaltalainen tutkija Norbert Wiener, joka ennusti, että toisen maailmansodan jälkeen maailmassa tapahtuisi toinen teollinen vallankumous tietokoneiden avulla. Hän uskoi, että tämä uusi vallankumous nostaisi pinnalle suuren määrän uusia eettisiä kysymyksiä. (Bynum, 2001) 1970-luvun loppupuolella tietokone-etiikka sai lisää tuulta alleen, kun yhdysvaltalainen professori, Walter Maner, huomasi, että hänen etiikkaa käsittelevä opetuksensa muuttui paljon monimutkaisemmaksi, kun siinä huomioitiin myös teknologian käyttö ja erityisesti tietokoneet. Hän loi tietokone-etiikkaa käsittelevän kurssin, josta tuli suosittu oppilaiden keskuudessa. Kaikki tämä tapahtui, vaikka Maner ei ollut ikinä kuullutkaan Norbert Wieneristä, joka oli puhunut tietokone-etiikasta jo 1940-luvulla. (Bynum, 2001)

Tietokone-etiikassa ollaan kiinnostuneita siitä, miten tietotekniikka ja erityisesti tietokoneet vaikuttavat ihmisten käytökseen niin liike-elämässä kuin myös ihmisten arkielämässä. Tietokone-etiikan kasvu oli nopeaa erityisesti 1980-luvun puolivälistä 1995-luvun puoliväliin, kun erilaisia tietokone-etiikkaan liittyviä konferensseja, tutkimuskeskuksia sekä julkaisuja syntyi (Himma & Tavani, 2008, s. 39). Tietokone-etiikan ajankohtaiset teemat muuttuvat sitä mukaa, kun myös teknologia kehittyy: menneinä vuosikymmeninä esimerkiksi roskaposti oli yksi teema tietokone-etiikassa, mutta 2020-luvulla keskeisiä teemoja tietokone-etiikassa tulevat olemaan esimerkiksi yksityisyys, esineiden internet sekä kryptovaluutat. (Vacura, 2015; Computing History, 2004)

Tietokone-etiikan lisäksi informaatioteknologian alalla on käytetty termiä informaatioetiikka (engl. information ethics). Informaatio-etiikan käsitteen taustalla on Robert Hauptman, joka keksi termin vuonna 1988 (Computing History, 2004). Floridin (1999) mukaan normaalit etiikan teoriat eivät sovi ratkaisemaan tietokone-etiikan ongelmia, koska tietokone-etiikka vaatii käsitteellisen perustan eettiseksi teoriaksi. Tältä pohjalta informaatioetiikka tulee tarpeelliseksi, koska se tarjoaa filosofisen ja perustavanlaatuisen vastineen tietokone-etiikalle. Robert Hauptman, joka mainitsi informaatioetiikan käsitteen ensimmäistä kertaa, oli kiinnostunut eettisestä näkökulmasta informaation tuotantoon, säilytykseen, pääsyyn sekä levitykseen liittyvistä kysymyksistä (Computing History, 2004). Floridin (1999) mukaan informaatioetiikan keskeinen kysymys on: ”Mikä on hyväksi informaatioentiteetille (engl. information entity) sekä infosfäärille (engl. infosphere)?”.

Himman ja Tavanin (2008) mukaan informaatioyhteiskunnassa on syntynyt perustavanlaatuisia eettisiä ongelmia, joiden kompleksisuus sekä moniulotteisuus globaalilla tasolla ovat kasvaneet valtavasti. Informaatioetiikan tulisi pystyä käsittelemään ja jopa ratkaisemaan näitä eettisiä ongelmia, jotka nousevat ajankohtaisiksi tietoyhteiskunnassa. Himma ja Tavani (2008) jakavat informaatioetiikan neljään osa-alueeseen: 1) informaatioresurssien (engl. informational resources) etiikkaan, 2) informaatiotuotteiden (engl. informational products) etiikkaan, 3) informaatioympäristön (engl. informational environment) etiikkaan sekä 4) makroetiikkaan (engl. macroethics).

Informaatioteknologian alueella käytetään etiikasta puhuttaessa myös termiä datan etiikka (engl. data ethics) (Kitchin, 2014). Datan etiikassa käsitellään ja tutkitaan dataan liittyviä moraalisia ongelmia, jotka voivat liittyä esimerkiksi seuraaviin asioihin: datan luontiin, prosessointiin, analysointiin, rajoittamiseen, jakamiseen sekä käyttöön. Datan etiikka pohjautuu tietokone-etiikan sekä informaatioetiikan oppeihin, mutta sen lähestymistapa on kuitenkin erilainen. Painopiste datan etiikassa on nimenomaan datan ”oikeaoppisessa” käytössä. (Kitchin, 2014; Floridi & Taddeo, 2016) Varsinkin yksityisen ja sensitiivisen datan lisääntyessä datan etiikan rooli tulee todennäköisesti kasvamaan. Tästä on nähty jo varoittavia esimerkkejä, kun ihmiset ovat kyllästyneet suuryritysten (esim. Facebook) tapaan käsitellä käyttäjien tietoja.

Taulukossa 4 kuvataan kootusti tässä luvussa kuvatut informaatioteknologian eettiset käsitteet.

TAULUKKO 4 Etiikan käsitteet informaatioteknologian alueella (Nissenbaum, 1998; Vacura, 2015; Computing History, 2004; Kitchin, 2004; Himma & Tavani, 2008)

Etiikan käsite	Kiinnostuksen kohteet
Informaatioteknologian etiikka	Informaatioteknologian käytöstä ja kehityksestä syntyvät eettiset kysymykset.
Tietokone-etiikka	Miten tietotekniikka ja erityisesti tietokoneet vaikuttavat ihmisiin. 2020-luvun teemoja esim. yksityisyys sekä uudet teknologiat ja niiden vaikutukset.
Informaatioetiikka	Informaation tuotantoon, säilytykseen, pääsyyn sekä levi-tykseen liittyvät eettiset kysymykset. Informaatioetiikka käsittelee tietoyhteiskunnan ajankohtaisia ongelmia.
Datan etiikka	Datan, erityisesti sensitiivisen datan, käyttöön liittyvät eettiset kysymykset.

4.2 Tekoälyn etiikka

Informaatioteknologian etiikkaan kuuluu olennaisena osana tekoälyn etiikka, josta onkin tullut relevantti tutkimuskohde 2000-luvulla tekoälyn yleistyessä. Kun ihmisellä on mahdollisuus kehittää itseohjautuvia ja autonomisesti ajattelevia koneita ja järjestelmiä, nousevat myös eettiset kysymykset pinnalle. Tekoälyn etiikka on aiheena erittäin tärkeä, koska tekoälyä voidaan käyttää epäeettisiin tarkoituksiin (kuten rikollisuuteen), aivan kuten mitä tahansa teknologiaa.

Tekoäly tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että kone, laite tai järjestelmä pystyy tulkitsemaan ulkoista dataa, oppimaan sen avulla ja myös hyödyntämään opittua tietoa toimimalla joustavasti opitun tiedon pohjalta (Kaplan & Haenlein, 2019). Käytännössä tekoäly siis pystyy tekemään toimintoja, jotka vaativat ympäristön havainnointia ja toimimista sen pohjalta. Tekoälyn ei voi katsoa koostuvan yhdestä teknologiasta, vaan se koostuu enemmänkin joukosta erilaisia teknologioita, sovelluksia, menetelmiä sekä tutkimussuuntia (Airisto ym., 2018). Tekoäly on kehittynyt 2000-luvulla, ja erityisesti 2010-luvulla erittäin paljon, koska tietokoneiden kapasiteetti (laskentateho) on koko ajan suurentunut. Myöskin datan sekä algoritmien lisääntyminen on johtanut tekoälyn nopeaan kehittymiseen 2010-luvulla. (Merilehto, 2018) Huomio tekoälyn ympärillä on lisääntynyt myös koneoppimisen sekä erityisesti syvien neuroverkkojen avulla saavutettujen hyvien tulosten siivittämänä. Tähän on vaikuttanut juurikin laskentatehon ja datan määrän kasvu, mutta myös muistin sekä tiedonsiirtotekniikan nopea kehitys. (Ailisto ym., 2018)

Tekoälytutkimus ja tieteelliset julkaisut tekoälyn piirissä ovat lisääntyneet 2000-luvulla kahdessa eri aallossa, joista ensimmäinen aalto oli vuosina 2004-2007 ja toinen kasvuaalto viime vuosina (Ailisto, Heikkilä, Helaakoski, Neuvonen, & Seppälä, 2018). Kiina ja Yhdysvallat ovat tekoälyn saralla maailman johtajamaat, mutta myös Euroopassa tapahtuu paljon hyviä asioita tekoälyn piirissä. Julkaisujen määrissä vuonna 2018 tarkasteltuna Kiina julkaisi eniten tekoälyyn liittyviä tieteellisiä julkaisuja Yhdysvaltojen ollessa toisena. Euroopan Unionissa julkaistiin kuitenkin enemmän tekoälyyn liittyviä tieteellisiä julkaisuja kuin Kiinassa. Suomessa julkaistaan väkilukuun suhteutettuna enemmän tekoälyyn liittyviä tieteellisiä julkaisuja kuin Saksassa, Yhdysvalloissa tai Kiinassa. (Ailisto ym., 2018)

Boströmin ja Yudkowskyn (2014) mukaan tekoälyn etiikan tärkeä painopiste on esimerkiksi tekoälyllä toimivien koneiden turvallisuus, sekä ihmisten että ”muiden moraalisesti relevanttien olentojen” näkökulmasta. Heidän mukaansa tekoälyn algoritmien kehitys kohti ihmisen ajattelumalleja tarkoittaa sitä, että eettisiä ongelmia ei voi välttää. Tekoälyllä voidaan esimerkiksi korvata joitakin työtehtäviä ja -rooleja, mikä tarkoittaa sitä, että koneiden ja järjestelmien kehityksessä tulee keskittyä uusiin asioihin, kuten avoimuuteen, virheettömyyteen sekä ennustettavuuteen. Boström ja Yudkowsky (2014) esittävät väitteitä myös siitä, että tulevaisuudessa tekoälyllä toimivilla koneilla on ”moraalinen status” ja niitä voidaan pitää persoonina tai jopa ihmisinä, joskin erilaisina ihmisinä kuin *Homo sapiens*. Esimerkiksi yliopisto-opettaja voidaan tulevaisuudessa korvata tekoälyrobotilla. Tekoälyä ei siis tulevaisuudessa välttämättä käytetä pelkästään ennustettavissa olevassa ympäristössä, mikä tarkoittaa sitä, että aivan uudenlaisia tilanteita ja eettisiä kysymyksiä nousee ajankohtaiseksi.

Joseph Weizenbaumin (1976) argumentoi 1970-luvulla, että tekoälyä ei tulisi käyttää korvaamaan ihmistä työtehtävissä, jotka vaativat erityisesti ihmisille ominaisia taitoja, kuten kunnioitusta ja välittämistä. Tällaisia työtehtäviä olivat 1970-luvulla Weizenbaumin (1976) mukaan asiakaspalvelija, terapeutti, vanhustenhoivaaja, sotilas, tuomari sekä poliisi. Näistä työtehtävistä ainakin asiakaspalvelussa käytetään jo tekoälyä.

Tekoälyn kehitystä ohjaavat moraalit, etiikka, arvot sekä politiikka. Toisin kuin luonnontieteet, jotka pyrkivät selittämään maailmaa, insinööritieteet pyrkivät vaikuttamaan ja muuttamaan maailmaa, minkä takia niihin liittyy aina eettisiä ja moraalisia kysymyksiä. Myöskään lainsäädäntöä sekä muuta sääntelyä ei voi unohtaa, koska teknologia on aina vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. (Ailisto ym., 2018, s. 21; Poel & Royackers, 2001) Tekoälyteknologioiden näkökulmasta voidaan tunnistaa seuraavat merkittävät etiikan ja moraalin osa-alueet (Ailisto ym., 2018):

- Moraalifilosofia, joka tutkii alan peruskäsitteitä, sekä myös normatiivisen etiikan suuntia (kuten velvollisuus-, hyve- ja seurausetiikka).
- Soveltava etiikka, jossa pyritään etsimään vastauksia käytännön eettisiin ongelmiin soveltamalla filosofisen etiikan teorioita.

- Teknologian etiikka, jossa tutkimuskysymyksinä ovat sekä teknologian suorat vaikutukset että teknologian aiheuttamat välilliset vaikutukset ihmisiin ja yhteiskuntaan.
- Sodankäynnin etiikan alalla tutkitaan uusien teknologioiden nousun eettisiä ja moraalisia kysymyksiä.

Eettisestä näkökulmasta tekoälyllä on eroavaisuuksia ei-älykkääseen teknologiaan verrattuna. Polonskin (2017) mukaan perinteisessä teknologiassa päätöksentekijä on teknologiasta huolimatta ihminen, joka on suunnitellut kyseisen teknologian. Tekoälysovellukset toimivat puolestaan autonomisesti, mikä johtaa uudenlaisiin eettisiin kysymyksiin. Tekoälyn parissa on noussut esiin esimerkiksi seuraavanlaisia kysymyksiä: Miten etiikkaa voidaan opettaa itsenäisiä päätöksiä tekeväälle tekoälylle? Onko tekoälyagentilla jossain vaiheessa oma moraalinen arvo ja oikeuksia? (Ailisto ym., 2018, s.22)

Maailman talousfoorumi (engl. World Economic Forum, WEF) on koostanut yhdeksän keskeistä etiikan kysymystä tekoälyyn liittyen (taulukko 5). Tekoälyn keskeiset kysymykset on jaettu erilaisiin teemoihin sen mukaan, mihin perusongelmaan (kuten esimerkiksi epätasa-arvo) eettinen kysymys liittyy. Osa listauksen eettisistä kysymyksistä ovat ajankohtaisia jo nyt, mutta listan viimeiset eettiset kysymykset eivät ole kovinkaan relevantteja vielä.

TAULUKKO 5 Maailman talousfoorumin keskeiset tekoälyn etiikan kysymykset (WEF, 2016; Ailisto ym., 2018)

Eettiset kysymykset	Teemat
1. Viekö tekoäly työpaikat?	Työttömyys, taloustiede
2. Johtaako tekoälyn käyttö varallisuuden entistä suurempaan keskittymiseen?	Epätasa-arvo, taloustiede, yhteiskunnalliset arvot
3. Vaikuttaako tekoäly ja robotit ihmisten käyttäytymiseen ja kanssakäymiseen?	Inhimillisyys, yhteiskuntafilosofia
4. Kuinka suojautua tekoälyn virheil- tä ja virhetoiminnoilta?	Tekniikka
5. Oppiiko kone ennakkoluuloiseksi?	Tekoälyn puolueellisuus, yhteiskuntafilosofia
6. Kuinka suojata tekoälyjärjestelmiä pahantahtoisilta toimijoilta?	Kyberturvallisuus
7. Voiko tekoälyllä olla ei toivottuja sivuvaikutuksia?	Moraalifilosofia
8. Miten suojautua mahdollisesti val- lanhaluiselta tekoälyltä?	Singulariteetti, moraalifilosofia

9. Jos koneille kehittyy tietoisuus, kuuluuko niille oikeuksia kuten eläimille tai ihmiselle?	Tekoälyn ja robottien oikeudet, moraalifilosofia
---	--

4.3 Lohkoketjuteknologian etiikka

Lohkoketjuteknologia on varsin uusi teknologia, joka teoreettinen perusta julkaistiin vuoden 2008 loppupuolella (Nakamoto, 2008). Bitcoinin lohkoketju aloitti toimintansa vuonna 2009, jaonka lohkoketjuteknologia on saavuttanut laajamittaisen käyttöasteen vasta kryptovaluutoissa (Burniske & Tatar, 2017, s. 89). Vaikka lohkoketjuteknologia on potentiaaliinsa nähden vasta alkutekijöissä, sen kehitykseen ja käyttöön liittyviä eettisiä kysymyksiä ei tule sivuuttaa.

Useiden ennusteiden mukaan lohkoketjuteknologia tulee uudelleenmäärittämään esimerkiksi taloudellista toimintaa sekä yritystoimintaa (Iansiti & Lakhani, 2017). Tämä tarkoittaa sitä, että tulevaisuudessa moni asia määritellään uusiksi ja monet vanhat tavat tehdä asioita korvataan uusilla menetelmillä. Lohkoketjuteknologiaa kehitettäessä on pakko miettiä myös sen moraalisia ja eettisiä aspekteja, jotta teknologia voidaan omaksua laajamittaisesti käyttöön. Kuten mikä tahansa mullistava teknologia (esim. tekoäly), myös lohkoketjuteknologia ansaitsee oman etiikan tutkimuksensa (Orcutt, 2019). Lohkoketjuteknologiaan liittyvät eettiset kysymykset ovat jossain määrin samoja kuin tekoälyn eettiset kysymykset. Lohkoketjun ansiosta voidaan esimerkiksi luoda hajautettuja organisaatioita ja järjestelmiä, joita ei omista kukaan. Samalla tavalla tekoäly toimii myös autonomisesti, ”omilla aivoillaan”. Kuka on vastuussa, jos autonomisesti toimiva lohkoketjujärjestelmä pettää ja saa aikaan tuhoa? Turvallisuuskysymykset ovat aina tärkeitä, kun puhutaan uusista, hieman tuntemattomista teknologioista. (Orcutt, 2019)

Lohkoketjuteknologian etiikasta ei löydy kovinkaan runsaasti akateemisia julkaisuja, mutta joitain tekstejä kuitenkin. Kewell, Adams ja Parry (2017) kirjoittavat tutkimusartikkelissaan *Blockchain for good* siitä, miten lohkoketjuteknologiaa voitaisiin hyödyntää eettisesti kestäväällä tavalla yleisen hyvän puolesta. Heidän mukaansa lohkoketjuteknologia voisi, teoriassa ainakin, täyttää Yhdistyneiden kansakuntien (YK) laatimat kestävä kehityksen tavoitteet. Dierksmeierin ja Seelen (2018) mukaan lohkoketjusovelluksissa tulisi käyttää eettisiä kannustimia louhimisessa. Nämä kannustimet auttaisivat louhijoita tuottamaan sosiaalisia sekä ekologisia hyötyjä. Joitain edistysaskelia lohkoketjuteknologian saralla on jo otettu tähän suuntaan: SolarCoin on kryptovaluutaprojekti, joka palkitsee aurinkoenergian tuottajia kyseisellä kryptovaluutalla. Toinen esimerkki on Gridcoin, joka palkitsee sen louhijoita osallistumaan tieteilisiin projekteihin ja tätä kautta tuottamaan hyötyjä yhteiskunnalle. (Kewell ym., 2017)

Kryptovaluutat ovat nousseet varsin merkittäviksi vaihtoehtoisvaluutoiksi perinteisen fiat-raham rinnalle. Kryptovaluutat ovat edelleen lohkoketjutekno-

logian merkittävin ja suosituin käyttökohde, minkä takia kryptovaluuttoihin liittyvät eettiset kysymykset kuuluvat olennaisena osana lohkoketjuteknologian etiikkaan. Dierksmeier ja Seele (2018) ovat tutkineet kryptovaluuttoja erityisesti liiketoimintaetiikan (engl. business ethics) näkökulmasta. Heidän mielestään liiketoimintaetiikan ammattilaisten on otettava kryptovaluuttatutkimukset vakavasti, koska kryptovaluutoilla on mahdollisesti suuria vaikutuksia talouden toimintaan. Dierksmeier ja Seele (2018) nostavat tutkimuksessaan esiin erilaisia eettisiä ongelmia, kuten esimerkiksi kryptovaluuttojen käytön erilaisissa laittomuuksissa, mm. rahanpesussa ja huumekaupassa. Tulevaisuuden tutkimusta lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyen Dierksmeier ja Seele (2018) toivovat esimerkiksi seuraavista aiheista: inflaation ja deflaation (joitakin altcoineja voidaan "tehdä lisää") vaikutukset eri kryptovaluutoissa, louhijoiden roolin muuttuminen, yhteisen hyvän tekeminen lohkoketjusovelluksilla sekä kryptovaluuttojen regulaatio eli sääntely.

5 Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen toteutus

Tässä luvussa kuvataan moniäänisen kirjallisuuskatsauksen varsinainen toteutus. Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen varsinainen toteutusvaihe sisältää erilaisia vaiheita, joita ovat tiedonhaku (luku 5.1), lähteiden valinta ja lähteiden arviointi (luku 5.2), tietojen poiminta (luku 5.3) sekä synteesi (Garousi ym., 2019).

5.1 Tiedonhakuprosessi

Garousin ym., (2019) mukaan tiedonhakuprosessi moniäänisessä tutkimuksessa suoritetaan tyypillisesti tarkasti määritetyillä hakulauseilla (engl. search strings). Hakulauseet määritellään useimmiten iteratiivisesti siten, että alustavat koehaut paljastavat lisää käyttökelpoisia hakusanoja. Kirjallisuutta voidaan etsiä myös ”lumipallomenetelmällä”, jossa tutkija seuraa tieteellisten julkaisujen lähdeviitteitä joko taaksepäin tai eteenpäin (Wohlin, 2014). Tämän tutkimuksen tiedonhakuprosessi oli iteratiivinen.

Garousin ym. (2019) mukaan moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tiedonhakuprosessi eroaa perinteisen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tiedonhakuprosessista siten, että kirjallisuuden etsiminen ei rajoitu pelkästään tieteellisiin tietokantoihin moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa. Tieteellisiä julkaisuja etsittiin seuraavista tietokannoista: Scopus, IEEE Xplore, ACM Digital Library, ja Google Scholar. Harmaata kirjallisuutta etsittiin tieteellisten tietokantojen ulkopuolelta Google-hakukoneella. Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tiedonhakuun voidaan käyttää erilaisia hakustrategioita riippuen siitä, haetaanko tieteellistä vai harmaata kirjallisuutta (taulukko 6). Joillain tiedonhakumenetelmillä voidaan hakea sekä harmaata että tieteellistä kirjallisuutta.

TAULUKKO 6 Kirjallisuuden hakustrategioita (Garousi ym., 2019; Adams, Hillier-Brown, Moore, Lake, Araujo-Soares, White & Summerbell, 2016; Wohlin, 2014; McGrath, Bellis, Edmonds, McVeigh, & Sumnall, 2006)

Valkoinen kirjallisuus	Harmaa kirjallisuus	Valkoinen & harmaa kirjallisuus
Laajat tietokannat (esim. Google Scholar)	Google-haut	Lumipallomenetelmä
Tieteelliset eri alojen tietokannat (esim. IEEE Xplore)	Alakohtaiset verkkosivustot sekä tietokannat (esim. Open Grey)	Suora yhteydenotto alan ammattilaisiin

Lohkoketjuteknologian etiikkaa käsittelevän, moniäänisen kirjallisuuskatsauksen, tiedonhakuvaiheessa käytettiin seuraavia tieteellisiä tietokantoja: Google Scholar, IEEE Xplore, Scopus, ProQuest, sekä ACM Digital Library. Harmaata kirjallisuutta haettiin Googlen avoimista hakutuloksista, Google Scholarista sekä myös tieteellisistä tietokannoista laajentamalla niiden hakuja akateemisten julkaisujen ulkopuolelle. Alla olevassa taulukossa (taulukko 7) on listattuna tietokannat sekä hakulauseet, joita tämän tutkielman tiedonhakuprosessissa käytettiin:

TAULUKKO 7 Tiedonhaussa käytetyt hakupalvelut sekä hakulausekkeet

Tietokanta/hakupalvelu	Hakulauseke
Google Scholar (scholar.google.com)	bitcoin OR ethereum OR Corda OR Hyperledger OR "distributed ledger" OR dlt OR "smart contract" OR "block chain" OR blockchain AND "moral" OR "ethic"
Google (google.fi)	bitcoin OR ethereum OR Corda OR Hyperledger OR "distributed ledger" OR dlt OR "smart contract" OR "block chain" OR blockchain AND "moral" OR "ethic"
IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org)	((bitcoin OR ethereum OR Corda OR Hyperledger OR distributed ledger* OR dlt OR smart contract OR block chain OR blockchain) AND (moral*)) sekä (((bitcoin OR ethereum OR Corda OR Hyperledger OR distributed ledger* OR dlt OR smart contract OR block chain OR blockchain) AND (ethic*)))
Scopus (www.scopus.com)	ALL ("distributed ledger") OR ALL ("dlt") OR ALL ("block chain") OR ALL ("blockchain") AND ALL (ethic) OR ALL (moral) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017)

	OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015)
ProQuest (www.proquest.com)	noft((bitcoin OR ethereum OR Corda OR Hyperledger OR distributed ledger* OR dlt OR smart contract OR proof of stake OR proof-of-stake OR proof of work OR Proof-of-work OR block chain OR blockchain) AND (moral*))
ACM Digital Library (dl.acm.org/advsearch.cfm)	(bitcoin ethereum Corda Hyperledger "distributed ledger" dlt "smart contract" "block chain" blockchain) AND (moral ethic)

Hakulausekkeet muodostettiin testihakujen perusteella siten, että niissä piti olla sekä 1) lohkoketjuteknologiaan liittyviä sanoja että 2) moraliin tai etiikkaan liittyviä sanoja. Lohkoketjuun liittyviä sanoja olivat: "bitcoin" (kryptovaluutta bitcoin), "ethereum" (kryptovaluutta/lohkoketjualusta), Corda (avoimen lähdekoodin lohkoketjualusta), Hyperledger (avoimeen lähdekoodiin perustuvat lohkoketjuprojekti), "distributed ledger" (suom. hajautettu tietokanta), "smart contract" (suom. älysopimus), "block chain" (suom. lohkoketju) sekä "blockchain" (suom. lohkoketju). Etiikkaan liittyviä hakusanoja, joita tiedonhaussa käytettiin, olivat "ethic" (suom. etiikka) sekä "moral" (suom. moraal), koska niitä käytettiin usein synonyymeinä englanninkielisessä kirjallisuudessa (taulukko 4). Haut rajattiin myös vuosiin 2015-2019, koska tämä tämä on teknologian kannalta relevantti aikaväli.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 8) on eritelty tarkemmin ne julkaisujen määrät, joita hakukoneista sekä tieteellisistä tietokannoista otettiin lähempään tarkasteluun.

TAULUKKO 8 Tarkempaan käsittelyyn tuodut julkaisut hakukoneittain ja tietokannoittain

Hakukone/tietokanta	Julkaisujen määrä
Google	422
Google Scholar	11400
IEEE Xplore	18
Scopus	1025
ProQuest	2824
ACM Digital Library	11

5.2 Lähteiden valinta ja lähteiden laadun arviointi

Garousin ym. (2019) mukaan tiedonhakuprosessin jälkeen moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa tulee erottaa relevantit kirjallisuuslähteet ei-relevanteista

kirjallisuuslähteistä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lähteiden valinnassa käytetään tiettyjä kriteereitä, joiden avulla seulotaan kirjallisuuskatsauksen kannalta relevantit lähteet. Lähteiden valinnassa käytettävien kriteerien avulla pyritään varmistamaan, että kirjallisuuslähteet ovat relevantteja nimenomaan kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymysten kannalta. (Garousi ym., 2019)

Tämän tutkielman kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin löytämään lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyviä keskeisiä kysymyksiä. Hakulausekkeet muodostettiin siten, että niiden avulla tiedonhaku tuottaisi tutkimuskysymyksille relevantteja kirjallisuuslähteitä. Hakutuloksien seulonnassa lähteitä tarkasteltiin kriittisesti, jotta niistä osattiin erottaa nimenomaan kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymysten kannalta relevantit lähteet. Hakusana ”moral” tuotti esimerkiksi paljon lähteitä, joissa käsiteltiin lohkoketjujen moraalikatoa (engl. moral hazard) ehkäisevää vaikutusta. Moraalikadolla tai moraalisella hasardilla tarkoitetaan tilannetta, jossa riskinotto kasvaa sen takia, että riskin mahdolliset seuraukset ei koske osapuolta itseään (Hölmstrom, 1979). Monissa artikkeleissa moraalikato vain mainittiin muutamassa lauseessa, mikä ei tuonut varsinaista lisäarvoa tutkimukselle, minkä takia suuri osa moraalikatoa (vähäisesti) käsittelevistä tutkimuksista ei läpäissyt seulaa. Kirjallisuudesta tarkempaan tarkasteluun valittiin sellaiset julkaisut, joissa käsiteltiin selkeästi lohkoketjuteknologian tai -sovellusten etiikkaa.

Lähteiden laadun arvioinnissa arvioidaan ja tarkastellaan lähteitä kriittisesti, jotta kirjallisuuskatsaukseen ei sisällytetä huonolaatuisia, esimerkiksi puolueellisia, lähteitä (Garousi ym., 2019). Tieteelliset julkaisut (ns. valkoinen kirjallisuus) ovat normaalisti käyneet läpi kontrolloidun arviointiprosessin, joten niiden laatua voidaan pitää lähtökohtaisesti hyvänä.

Harmaa kirjallisuus, jota ei ole tieteellisesti vertaisarvioitu, on eri asemassa valkoiseen kirjallisuuteen nähden, eikä sen laadusta ole automaattisesti takeita. Harmaan kirjallisuuden analysointi ja arviointi vaatii resursseja, mutta se tarjoaa toisaalta erilaisia ja monipuolisempia lähteitä kuin pelkästään valkoinen kirjallisuus. Oikein seulottu harmaa kirjallisuus tuo lisäarvoa systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. (Adams, Smart & Huff, 2016)

Garousin ym. (2019) mukaan moniäänisessä kirjallisuuskatsauksessa harmaan kirjallisuuden lähteiden laatua voidaan arvioida seuraavien tekijöiden kautta: tekstin kirjoittajan asiantuntemus, metodologia, objektiivisuus, julkaisuajankohta, vaikuttavuus sekä julkaisun tyyppi/taso.

Tässä moniäänisessä tutkimuksessa potentiaaliset lähteet luokiteltiin kahteen kategoriaan (1 ja 0) sen perusteella, kuinka relevantteja niiden sisältö oli lohkoketjuteknologian etiikkaa käsittelevän tutkimuksemme kannalta. Tutkimusryhmän jokainen jäsen antoi lähteelle ”arvosanan” kahdesta vaihtoehdosta (1 ja 0). Kaksi samaa arvosanaa kolmesta riitti siihen, että lähde joko sisällytettiin kirjallisuustarkasteluun tai jätettiin sen ulkopuolelle.

Alla olevassa taulukossa (taulukko 9) on eritelty tarkemmin se, kuinka paljon ensimmäisen vaiheen jälkeen vielä hylättiin julkaisuja, sekä syyt hylkäämisille.

TAULUKKO 9 Ensimmäisen vaiheen jälkeen hylätyt julkaisut

Poissulkuperiaate	Määrä
Hylkääminen tietokannan sisällä	
Ei koko tekstiä saatavilla / ei-relevantti (abstraktin perusteella)	-14 616
Manuaalinen hylkääminen	
Duplikaatti / muu kuin englanninkielinen / ei koko tekstiä saatavilla / julkaisun laatu	- 1044
Tuotujen julkaisujen kokonaismäärä	15 700
Hylättyjen julkaisujen kokonaismäärä	-15 660
Hyväksytyjen julkaisujen kokonaismäärä	40

5.3 Tietojen poiminta

Tietojen poiminta (tai tiedonkeruu) (engl. data extraction) on moniäänisen kirjallisuuskatsauksen viimeinen vaihe ennen datasynteesiä. Kun lähteet on haettu, valittu ja niiden laatu myös arvioitu, pitää lähteistä vielä poimia oleelliset tiedot kirjallisuuskatsausta varten.

Tiedonkeruussa on kiinnitettävä erityisesti huomiota siihen, että haetuista lähteistä poimitaan vain sellaiset tiedot, jotka auttavat vastaamaan tutkimuskysymyksiin (Kitchenham & Charters, 2007). Toisaalta, Garousi ym. (2019) ohjeistavat, että tutkijoiden tulee poimia tarpeeksi tietoa, jotta tutkimuskysymykseen voidaan vastata kunnolla.

Tässä tutkielmassa relevanteista kirjallisuuslähteistä kirjoitettiin muistiin (kaikkien nähtäväksi) sellainen informaatio, jossa käsiteltiin lohkokejuteknologian etiikkaa. Tätä, tutkimuksen kannalta olennaista, informaatiota sitten jalostettiin yhdessä tutkimusryhmäläisten kesken. Tutkimusryhmän tavoite oli sisällyttää kirjallisuuskatsaukseen ainoastaan sellaisia lähteitä, joissa selkeästi käsiteltiin lohkokejuteknologian eettisiä kysymyksiä eli ”käytiin keskustelua” aiheen ympärillä. Koska kirjallisuuslähteitä haettiin eri hakukoneista ja tietokannoista, tarkoitti se myös sitä, että samoja julkaisuja tuli vastaan eri paikoissa. Duplikaatit poistettiin siinä vaiheessa, kun kaikki julkaisut oli koottu yhteen ja niihin alettiin perehtymään tarkemmin. Tässä kohti myös suurin osa kerätystä aineistosta karsiutui pois, kuten taulukosta 9 nähdään.

Viimeisessä vaiheessa relevantit kirjallisuuslähteet koottiin yhteen (liite 1) yhdeksi tiedostoksi. Näistä lähteistä muodostettiin myös kirjallisuuskatsauksen päätelmät.

5.4 Datasynteesi

Datasynteesi on (moniäänisessä) kirjallisuuskatsauksessa viimeinen vaihe ennen tulosten ja löydösten raportointia. Datasynteesin tarkoituksena on tiivistää tietoa niin, että tutkimuskysymyksiin löydetään vastauksia. Kerätty tieto tulee esittää esimerkiksi taulukoiden avulla, jotta lähteitä voidaan vertailla. (Kitchenham & Charters, 2007) Cruzesin ja Dybån (2010) mukaan synteesin tekeminen tekeminen on yksi kirjallisuuskatsauksen haastavimmista osuuksista, koska kirjallisuuslähteet ovat eri aikakausilta ja niissä on käytetty erilaisia tutkimusmenetelmiä sekä teoreettisia näkökulmia.

Erilaisia synteesityyppejä on olemassa jonkin useita. Tämän moniäänisen kirjallisuuskatsauksen synteesityyppi on temaattinen analyysi. Kirjoitimme au-ki lähdeaineiston perusteella kuvaukset relevanteista kirjallisuuslähteistä. Näiden kuvausten perusteella havaitsimme toistuvia teemoja, joiden pohjalta syntyi tämän kirjallisuuskatsauksen päätelmät.

Kirjallisuudesta selvisi, että lohkoketjuteknologian eettiset ongelmat nähdään pääasiassa lohkoketjuteknologiasovellusten, ei niinkään itse teknologian, myötä. Lähes jokaisessa julkaisussa eettiset ongelmat liitettiin johonkin tiettyyn lohkoketjusovellukseen tai käyttökohteeseen. Toisaalta lohkoketjuteknologian ja esimerkiksi älysovimusten etiikkaa käsiteltiin myös yleisemmällä tasolla paikoitellen. Aineistosta selvisi myös, että yleisellä tasolla kirjallisuus sekä keskustelu lohkoketjuteknologian etiikasta on varsin jäsentymätöntä. Vaikka lohkoketjuteknologian etiikkaa käsitellään kirjallisuudessa, varsin harvassa julkaisussa siitä kirjoitetaan kattavasti. Suurin osa julkaisuista, jotka tätä tutkielmaa tehdessä otettiin lähempään tarkasteluun, käsittelee lohkoketjuteknologian etiikkaa maksimissaan muutaman kappaleen verran. (Liu, Li, Karame & Asokan, 2018; Florian, Henningsen, Beaucamp & Scheuermann, 2019)

Lähdeaineistosta muodostetut teemat liittyvät lähes kaikki jollain tapaa lohkoketjuteknologian turvallisuuteen, josta muodostui yksi päätelmistä. Lohkoketjuteknologian läpinäkyvyys nousi toistuvana teemana esiin aineistosta. Läpinäkyvyys on lohkoketjuteknologian ominaisuus, joka jakaa mielipiteitä. Toisaalta sen nähdään tuovan etuja, mutta toisaalta taas tuovan riskejä. Lohkoketjun muuttumattomuus ja sen vaikutus lohkoketjun turvallisuuteen nousi myös esiin aineistosta. Turvallisuusteemaan liittyy myös keskeisesti lohkoketjun hallintotapa, mistä muodostuikin yksi päätelmistä. Lohkoketjun hallinto voidaan toteuttaa eettisesti kestävästi, mutta myös epäeettisellä tavalla.

Lähdeaineistossa käsiteltiin myös muita yksittäisiä teemoja, jotka olivat relevantteja kirjallisuuskatsauksen kannalta mutta eivät toistuneet aineistossa usein. Tällaisia teemoja ovat esimerkiksi lohkoketjun datan omistusoikeudet sekä pääsy dataan, älysovimusten vastuullisuus sekä lohkoketjujen mahdollistama demokratia. Alla olevassa taulukossa (taulukko 10) on eritelty lähdeaineiston toistuvat teemat, esiintyvyys sekä lähteet.

TAULUKKO 10 Kirjallisuuskatsauksesta toistuvasti esiin nousseet eettiset teemat

Teema	Esiintyvyys	Liite 1 lähteet
Sovelluskeskeisyys	28	[1-9, 14-16, 20-34 & 38-39]
Hallintotapa	9	[4, 6, 20, 24, 29, 31, 34. 35 & 36]
Turvallisuus	6	[2, 7, 12, 24, 28 & 33]
Läpinäkyvyys	4	[11, 12, 26 & 38]
Omistusoikeudet & pääsy dataan	2	[2 & 5]

6 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään moniäänisen kirjallisuustarkastelun pohjalta tehtyjä päätelmiä, joiden perusteella muodostetaan kirjallisuustarkastelun tulokset. Ensin muodostetaan lohkoketjuteknologian etiikan malli käyttäen apuna lähdekirjallisuudesta tehtyjä havaintoja ja niistä johdettuja päätelmiä. Tämän jälkeen kuvaillaan lähdeaineiston demografiatietoja yleisesti.

Garousin ym. (2019) mukaan moniäänisen kirjallisuuskatsauksen tulosten esittämisessä pitää kiinnittää huomiota erityisesti kahteen asiaan: 1) tutkimustulokset tulee esittää kohderyhmällä sopivalla tavalla sekä 2) tutkimustulosten esittämisestä on oltava hyötyä kohdeyleisölle. Moniääninen kirjallisuuskatsaus tuottaa parhaimmillaan hyödyllistä tietoa niin tutkijoille kuin myös ammatinharjoittajillekin. Toffelin (2016) mukaan moniäänisten kirjallisuuskatsausten tulosten julkaiseminen parantaa tutkimustyön käytännön hyötyjä. Hänen mukaansa tutkijoilla on monenlaisia keinoja, joilla he voivat välittää merkityksellistä tietoa ammatinharjoittajille, kuten esimerkiksi esiintyminen alan konferensseissa.

Luvussa 6.1 kuvataan kirjallisuuskatsauksen lähdeaineistosta johdetut päätelmät. Luvussa 6.2 muodostetaan lohkoketjuteknologian etiikan malli kirjallisuuskatsauksesta johdettujen päätelmien avulla.

6.1 Kirjallisuuskatsauksesta johdetut päätelmät

Tässä luvussa muodostetaan lohkoketjuteknologian etiikan malli moniäänisen kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Etiikan malli on kirjallisuudesta nostettu kehikko, joka ohjaa kirjallisuustarkastelua. Mallin tarkoitus on vastata tutkimuskysymykseen ”Miten etiikka implementoidaan lohkoketjusuuremissä?”. Tutkimuksen tavoitteena on siis ollut selvittää kirjallisuuden (sekä tieteellisen että harmaan) avulla, mitä asioita on otettava huomioon, kun halutaan toteuttaa eettisesti kestäviä lohkoketjuteknologiaratkaisuja. Lohkoketjuteknologian etii-

kan mallin pohjana käytetään havaintoja, jotka on koostettu aihepiirien mukaan päätelmiksi (engl. PEC: Primary Empirical Conclusion).

Lähdeaineistosta nousi huolellisen valikoinnin jälkeen paljon erilaisia lähteitä, joissa puhuttiin joko suoraan tai epäsuorasti lohkoketjuteknologian etiikasta. Koska lohkoketjuteknologian etiikka on varsin uusi ja vähän tutkittu aihe, tässä kirjallisuustarkastelussa huomioitiin myös harmaa kirjallisuus.

Tässä tutkimuksessa lähdekirjallisuuteen perustuvat empiiriset havainnot on jäsennetty aiheittain. Primääriset empiiriset johtopäätökset eli PEC:it (engl. PEC: Primary Empirical Conclusion), joita seuraavaksi listataan, on nostettu kirjallisuutta (sekä tieteellistä että harmaata) tarkastelemalla. Näitä havaintoja verrataan muuhun informaatioteknologian etiikan kirjallisuuteen pohdinta -luvussa. Lähdekirjallisuudesta nousi esiin yhteensä 5 primääristä empiiristä päätelmää:

1. Päätelmä: Keskustelu lohkoketjuteknologian etiikasta on jäsentymätöntä

Ensimmäinen, yleinen aineistoa koskeva, johtopäätös lähdeaineistosta on se, että keskustelu lohkoketjuteknologian etiikasta on jäsentymätöntä:

Lohkoketjun protokolla on pohjimmiltaan piittaamaton sosiaalisia ja moraalisia normeja kohtaan. (Ishmaev, 2017)

Tulevaisuudessa lohkoketjuteknologiasta voi tulla mekanismi sovelletulle etiikalle. (Swan, 2015)

Monet lähdeaineiston tekstit sivuavat lohkoketjuteknologian etiikkaa tunnistamalla moraalisia ongelmia, kuten esimerkiksi moraalikadon (engl. moral hazard), sen vaaroja kuitenkin sen syvemmin erittelemättä.

Yksi lupaavimmista lohkoketjuteknologian käyttökohteista on moraalikadon ehkäisy. Moraalikato tarkoittaa tilannetta, jossa toisella transaktion osapuolella on enemmän informaatiota toisesta. (Franklet, Meriluoto, Ross, Scott, & Williams, 2018)

2. Päätelmä: Lohkoketjuteknologiaan liittyvät eettiset ongelmat nähdään pääasiassa lohkoketjuteknologiasovellusten myötä

Toinen, myös yleisesti aineistoa koskeva johtopäätös, on se, että lohkoketjuteknologiaan liittyviä eettisiä ongelmia nähdään pääasiassa lohkoketjuteknologiasovellusten myötä (esim. finanssi- ja terveysalalla), ei niinkään itse teknologian myötä:

Eettiset kysymykset pysyvät Altcoinien [Bitcoinin jälkeen tulleet kryptovaluutat] osalta ratkaisemattomina, koska Altcoinien teknologiaan pohjautuva hallintotapa mahdollistaa niiden laittoman ja moraalittoman käytön "pimeässä verkossa" (engl. dark net) tai rahanpesussa. (Dierksmeier & Seele, 2018)

Lohkoketuteknologiaa on käytetty enenevässä määrin suojaamaan arkaluontoista informaatiota, kuten terveystietoja. Mitä tapahtuisi, jos joku hävittäisi hänen digitaalisen avaimen, jolla pääsee käsiksi tähän henkilökohtaiseen terveysdataan? (Lapointe & Fishbane, 2019)

Reaaliajassa tapahtuva information vaihtaminen tavaraoiden, rahtilaivojen sekä ajoneuvojen välillä on mahdollista lohkoketjuteknologian sekä esineiden internetin ansiosta. Tämä ei paranna ainoastaan tehokkuutta, vaan se auttaa myös vähentämään moraalikatoa. (Wang, 2018)

3. Päätelmä: Lohkoketjun läpinäkyvyys edellyttää erityistä huomiota

Kolmas päätelmä lähdeaineistosta on se, että lohkoketjuteknologian mahdollistama läpinäkyvyys (engl. transparency) edellyttää erityistä huomiota, kun sitä sovelletaan eri aloilla. Lohkoketjun läpinäkyvyyden voidaan nähdä tarkoittavan sitä, että vaikka se lisää luotettavuutta, se tuo samalla myös riskejä:

Yksittäisiin henkilöihin yhdistettävissä olevien tietojen läpinäkyvyys lohkoketjussa saattaa asettaa nämä henkilöt alttiiksi hyäksikäytölle tai jopa vainolle. Lohkoketjun muuttumattomuus takaa sen, että tiedot ovat pysyvästi lohkoketjussa. (Lapointe & Fishbane, 2019)

Lohkoketjuteknologian edellyttämä läpinäkyvyys ei ole aina toivottava tilanne. Monesti tämä läpinäkyvyys ylittää ihmisten normaalin käsityksen ja rajat yksityisyydestä. (De Filippi, 2016)

Toisaalta lohkoketjuteknologian läpinäkyvyydellä on myös positiivisia ulottuvuuksia:

Lohkoketjut sekä älysopimukset mahdollistavat läpinäkyvyydellään sen, että käyttäjät ovat täysin tietoisia siitä, kenellä on pääsy heidän henkilökohtaiseen dataansa (Shrestha, 2019).

4. Päätelmä: Lohkoketjun eettisyyteen vaikuttaa keskeisenä elementtinä sen hallintotapa

Neljäs päätelmä moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta on se, että lohkoketjun eettisyyteen vaikuttaa se, miten lohkoketjun hallintotapa (engl. governance) on toteutettu. Lohkoketjun verkon hallinto koetaan keskeiseksi elementiksi sen eettisyydessä.

Bitcoin ei ole pelkästään taloudellinen innovaatio, vaan se toimii pohjimmiltaan haastavana voimana nykyisille hallintotavoille, mikä voi johtaa ihmiskunnan kehittymiseen (Hayaze, 2016).

Lohkoketju voidaan rakentaa eettisesti ja sosiaalisesti kestäväksi siten, että ”hyvään” toimintaan kannustetaan esimerkiksi palkitsemalla louhijoita, jotka ylläpitävät lohkoketjuverkkoa. Toisaalta, lohkoketju voidaan rakentaa myös sellaiseksi, joka mahdollistaa tai jopa kannustaa epäeettisen toimintaan:

Lohkoketjun protokolla on suunniteltu pohjimmiltaan neutraaliksi sosiaalisia tai moraalisia normeja kohtaan. Lohkoketjuteknologiaa kehittäessä ja implementoitaessa näitä normeja voidaan joko noudattaa tai olla noudattamatta. (Ishmaev, 2017)

Kryptovaluuttojen avulla ihmisiä voidaan kannustaa lähes mihin tahansa toimintaan, myös pahoihin asioihin (Bulkin, 2016).

Autonomisesti [lohkoketjussa] toimivat älysovimukset ovat tiettyyn rajaan asti itsenäisesti toimivia, mutta ne eivät ole tietoisia niiden autonomiaan liittyvästä etiikasta (Zeilinger, 2018).

5. Päätelmä: Monet lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyvät kysymykset nähdään käyttäjien turvallisuuteen liittyvinä ongelmina.

Viides ja viimeinen päätelmä liittyy lohkoketjuteknologian turvallisuuteen. Eriyisesti verkon käyttäjien yksityisyys nähdään eettisenä ongelmana:

Bitcoinin ongelma on se, että sen koko [transaktio]historia on julkinen. Jos sen käyttäjät eivät ole erittäin huolellisia, heidän henkilöllisyytensä voidaan selvittää verkkoa ja sen tapahtumia analysoimalla. (Peck, 2016)

Myös lohkoketjun muuttumattomuus nähdään ongelmallisena käyttäjien yksityisyyden kannalta:

Lohkoketjuteknologiaa ollaan käytetty enenevässä määrin suojaamaan yksityistä dataa, kuten esimerkiksi terveystietoja. Mitä tapahtuisi, jos joku unohtaisi digitaalisen salasanansa, eikä pääsisi enää käsiksi hänen omiin tietoihinsa? (Lapointe & Fishbane, 2019)

Termillä ”lohkoketjun yksityisyyden myrkyttäminen” (engl. blockchain privacy poisoning) viitataan siihen, että julkiseen lohkoketjuun lisätään henkilökohtaista dataa. Tämä puolestaan tarkoittaa sitä, että kyseisestä lohkoketjusta tulee laitton EU:n yleisen tietosuojasetuksen, GDPR:n, kanssa. GDPR:n mukaan kaikilla yksityishenkilöillä on oikeus pyytää henkilötietojen poistamista, mikä on mahdotonta lohkoketjuissa. (Lindsey, 2019)

Seuraavassa taulukossa (taulukko 11) on listattu kootusti jokainen moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta muodostettu päätelmä sekä avattu päätelmiä teemojen sekä esimerkkien avulla.

TAULUKKO 11 Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen päätelmät

#	Päätelmä	Lisätietoja sekä teemat
1	Keskustelu lohkokejuteknologian etiikasta on jäsentymätöntä.	Useimmiten lohkokejuteknologian etiikka mainitaan teksteissä ilman tarkempia määritelmiä.
2	Lohkokejuteknologiaan liittyvät eettiset ongelmat nähdään pääasiassa lohkokejuteknologiasovellusten myötä.	Lohkokejuteknologiaan liittyviä eettisiä ongelmia nähdään pääasiassa lohkokejuteknologiasovellusten myötä (esim. finanssi- ja terveysalalla), ei niinkään itse teknologian myötä.
3	Lohkokejuna läpinäkyvyys edellyttää erityistä huomiota.	Läpinäkyvyyden (engl. transparency) voidaan nähdä tarkoittavan sitä, että vaikka se lisää luotettavuutta, se tuo samalla myös esimerkiksi tietoturvariskejä.
4	Lohkokejuna eettisyyden vaikuttaa keskeisenä elementtinä sen hallintotapa.	Se, miten lohkokejuna hallintotapa on toteutettu, vaikuttaa lohkokejuna eettisyyden. Lohkokejuna kannustinmalli voi olla eettisesti kestävä, mutta se voi myös kannustaa epäeettiseen toimintaan.
5	Monet lohkokejuteknologian etiikkaan liittyvät kysymykset nähdään käyttäjien turvallisuuteen liittyvinä ongelmina.	Erityisesti verkon käyttäjien yksityisyys sekä lohkokejuna muuttumattomuus nähdään eettisinä ongelmina käyttäjien kannalta.

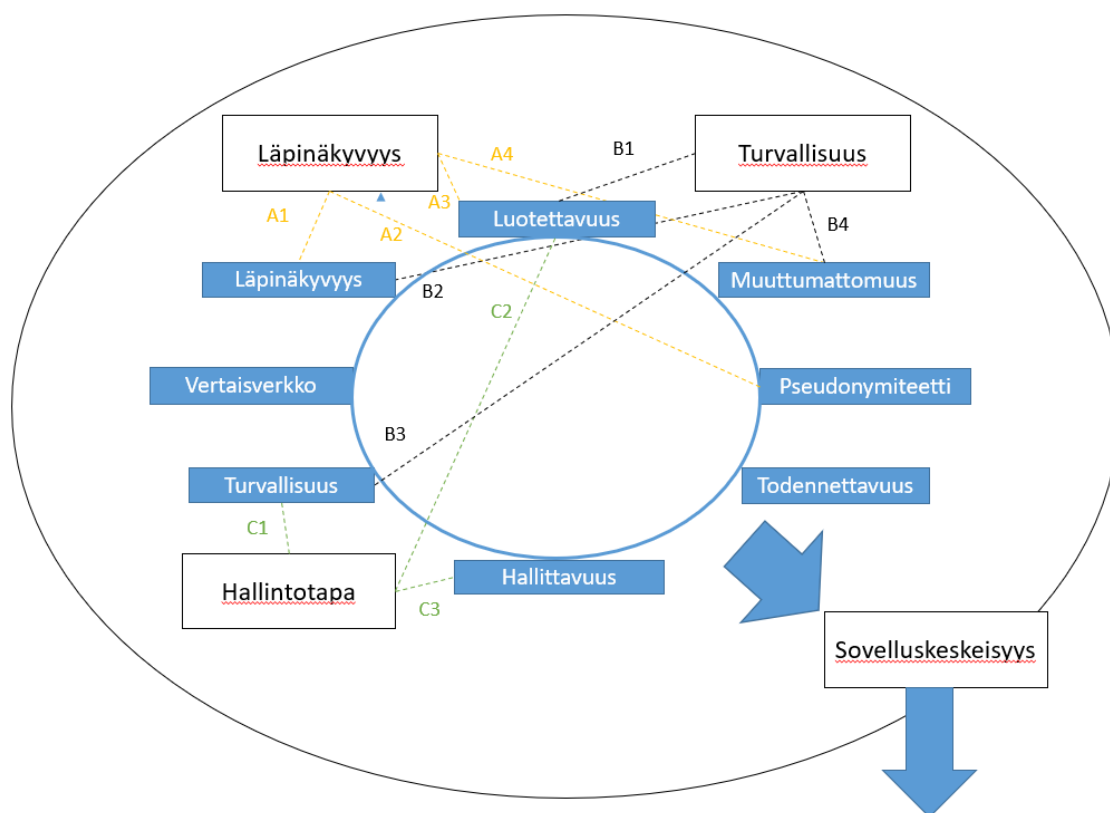
6.2 Lohkokejuteknologian etiikan malli

Lohkokejuteknologian etiikan malli (kuvio 2) muodostettiin Lapointen ja Fishbanen (2019) mallia mukailleen. Muodostamamme malli sisältää moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta johdetut päätelmät, jotka on yhdistetty Lapointen ja Fishbanen mallin lohkokejuteknologian eettisiin teemoihin.

Mallin sisempi kehä on muodostettu Lapointen ja Fishbanen mallissa esiintyvistä lohkokejuteknologian perusominaisuuksista, joita ovat luotettavuus, muuttumattomuus, pseudonymiteetti, todennettavuus, hallittavuus, turvallisuus, vertaisverkko sekä luotettavuus. Nämä lohkokejuteknologian perusominaisuudet ovat kaikki keskenään yhteydessä toisiinsa. Lapointen ja Fishbanen (2019) mukaan luottamuksen, läpinäkyvyyden sekä muuttumattomuuden yhdistelmä on uniikkia juuri lohkokejuteknologialle.

Mallin ulomman kehän tuntumassa, suuremmissa laatikoissa, on moniäänisen kirjallisuuskatsauksen päätelmien teemat. Nämä teemat ovat: läpinäkyvyys, turvallisuus, sovelluskeskeisyys sekä hallintotapa. Ulkokehän teemat on yhdistetty mallissa niihin sisemmän kehän laatikoiden ominaisuuksi-

siin, joihin teemat moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta johdetut päätelmät liittyvät.



KUVIO 2 Etiikan malli

Läpinäkyvyys liittyy seuraaviin Lapointen ja Fishbanen mallissa mainittuihin lohkoketjuteknologian perusominaisuuksiin: läpinäkyvyys (A1), pseudonymiteetti (A2), luotettavuus (A3) sekä muuttumattomuus (A4). Läpinäkyvä ja muuttumaton lohkoketjusuunnitelma lisää luotettavuutta. Toisaalta läpinäkyvä ja muuttumaton järjestelmä edellyttää jonkinlaista yksityisyydensuojaa, jota pseudonymiteetti (tai anonymiteetti) tarjoaa.

Turvallisuus liittyy lohkoketjuteknologian perusominaisuuksista luotettavuuteen (B1), läpinäkyvyyteen (B2), turvallisuuteen (B3) sekä muuttumattomuuteen (B4). Turvallinen järjestelmä edellyttää ihmisten luottamusta, jota läpinäkyvyys ja muuttumattomuus voivat tuoda.

Kolmas keskeinen lohkoketjuteknologian eettinen teema, joka kirjallisuuskatsauksesta nousi esille, on hallintotapa. Hallintotapa liittyy turvallisuuteen (C1), luotettavuuteen (C2) sekä hallittavuuteen (C3). Eettisesti kestävästi rakennettu ja hallittu lohkoketju lisää sen luotettavuutta sekä turvallisuutta. Neljäs keskeinen kirjallisuuskatsauksesta esiin noussut teema, sovelluskeskeisyys, tarkoittaa sitä, että lohkoketjuteknologian eettiset ongelmat nähdään useimmiten lohkoketjuteknologiasovellusten myötä, ei niinkään itse teknologian myötä. Tämän takia sovelluskeskeisyys on mallissa erillään muista päätelmistä.

Lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyvässä kirjallisuudessa on noussut esille samoja teemoja kuin Lapointen ja Fishbanen (2019) mallissa. Esimerkiksi Bertinon, Kundun sekä Suran (2019) kirjoittavat artikkelissaan, että datan läpinäkyvyys ei saisi vaikuttaa yksityisyys- ja turvallisuusvaatimukseen negatiivisesti. Heidän mukaansa lohkaketjuteknologian avulla datan läpinäkyvyys voidaan saavuttaa ilman negatiivisia vaikutuksia yksityisyyteen tai turvallisuuteen.

Lohkoketjun hallintotapa nostetaan usein myös esiin lohkaketjuteknologian etiikkaan liittyvässä kirjallisuudessa. Bulkinin (2016) mukaan lohkaketju voidaan rakentaa sellaiseksi, että se kannustaa epäeettiseen toimintaan. Päätöksentekovalta lohkaketjussa voi määräytyä esimerkiksi omistussosuuden tai laskentatehon mukaan, ellei toisin määritetä. Tällöin on suuri riski, että lohkaketjua käytetään epäeettisesti.

7 Yhteenveto ja pohdintaa

Tässä luvussa kootaan yhteen tämä tutkielma sekä pohditaan kirjallisuuskatsauksen johtopäätöksiä eri näkökulmista. Luvussa 7.1 tehdään tutkielman yhteenveto, luvussa 7.2 esitetään pohdintaa johtopäätöksistä ja luvussa 7.3 kuvataan mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

7.1 Yhteenveto

Tämän tutkielman tavoite oli tutkia lohkoketjuteknologian etiikkaa. Tutkielma tehtiin yhteistyössä Jyväskylän yliopiston StartupLabin tutkimushankkeen kanssa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin moniäänistä kirjallisuuskatsausta, mikä tarkoittaa sitä, että tutkimuksessa käytettiin tieteellisten julkaisujen lisäksi myös niin sanottua harmaata kirjallisuutta, joka ei ole tieteellistä. Moniääninen kirjallisuuskatsaus sopii hyvin uusien asioiden ja ilmiöiden tutkimiseen, sillä uusista asioista on harvemmin ehditty julkaista tarpeeksi paljon tieteellisiä tutkimuksia (Garousi ym., 2019). Tutkielmassa pyrittiin vastaamaan seuraavaan tutkimuskysymykseen:

- Miten etiikka implementoidaan osaksi lohkoketjusysteemien suunnittelua ja toteutusta?

Moniäänisen kirjallisuuskatsauksen perusteella muodostettiin päätelmiä, jotka toivat uutta informaatiota lohkoketjuteknologian etiikasta. Näiden kirjallisuuskatsauksen aineistosta muodostettujen päätelmien pohjalta muodostettiin lohkoketjuteknologian etiikan malli.

Kirjallisuuskatsauksen tekoon vaikutti merkittävästi se, että lohkoketjuteknologian etiikkaa käsittelevää kirjallisuutta ei ole paljoakaan saatavilla. Etiikkaa käsittelevät julkaisut ovat myös varsin uusia, mikä on luonnollista teknologian ollessa nuorta. Kirjallisuus aiheesta on myös varsin jäsentymätöntä, mistä muodostuikin kirjallisuuskatsauksen ensimmäinen johtopäätös.

Lohkoketjuteknologian eettiset kysymykset liittyvät kirjallisuuskatsauksen perusteella pääosin tiettyihin lohkoketjuteknologiasovelluksiin, ei niinkään itse teknologiaan yleisellä tasolla. Toistuvat teemat, jotka nousivat esille moniäänisestä kirjallisuuskatsauksesta, liittyvät lohkoketjuteknologian turvallisuuteen, kestävään hallintotapaan, läpinäkyvyyteen sekä yksityisyyteen.

7.2 Pohdintaa kirjallisuuskatsauksen päätelmistä

Ensimmäinen johtopäätös kirjallisuuskatsauksesta on se, että keskustelu lohkoketjuteknologiasta on varsin jäsentymätöntä. Lohkoketjuteknologian etiikkaan liittyviä tekstejä on alkanut ilmestymään yleisemmin vasta 2010-luvun loppupuoliskolla, minkä takia kirjallisuuskatsauksessa käsiteltiin vuonna 2015 ja sen jälkeen julkaissut lähteet. Etiikkaa käsittelevä kirjallisuus tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa, kun lohkoketjuteknologia kehittyy ja erilaiset sovellukset lisääntyvät. Lähdeaineistosta tuli hyvin ilmi, että harva tekninen kehittäjä on kiinnostunut lohkoketjuteknologian eettisistä ulottuvuuksista. Jotakin hyviä lohkokeketjuteknologian etiikka käsitteleviä lähteitä on kuitenkin julkaistu, kuten esimerkiksi Fishbanen ja Lapointen (2019) *The Blockchain Ethical Design Framework*. Kyseistä julkaisua käytettiin tässä tutkielmassa apuna tutkielman aiheen hahmottamiseen.

Toinen johtopäätös kirjallisuuskatsauksesta on se, että lohkoketjuteknologian eettiset kysymykset nähdään lohkoketjuteknologian sovellusten myötä. Tällä tarkoitetaan sitä, että itse teknologiasta ja sen etiikasta ei juurikaan olla kirjoitettu yleisellä tasolla, vaan eettiset kysymykset liittyvät sovelluksiin, jotka toimivat lohkoketjuteknologialla. On luonnollista, että kysymyksiä herää vasta sitten, kun tiedetään mitä uudella teknologialla voidaan saada aikaan. Harva ihminen tietää riittävän hyvin, miten lohkoketjuteknologia toimii, jotta voisi muodostaa siitä käsityksen. Lohkoketjuteknologian sovelluksista, kuten esimerkiksi kryptovaluutoista, on kuitenkin kirjoitettu ja puhuttu paljon enemmän kuin itse lohkoketjuteknologiasta, minkä takia on loogista, että huomio ei välttämättä kohdistu kryptovaluuttojen taustalla vaikuttavaan teknologiaan.

Kolmas kirjallisuuskatsauksesta muodostettu johtopäätös on se, että lohkoketjuteknologian läpinäkyvyys edellyttää erityishuomiota. Tämä tarkoittaa sitä, että lohkoketjun (transaktioiden) läpinäkyvyys ei ole aina toivottava asia käyttäjien kannalta, koska tällöin yksityisyys ja anonymiteetti saattavat kärsiä. Nykyajan ihmiset ovat varsin valveutuneita tietosuojastaan, mikä luo haasteita lohkoketjuteknologiasovellusten kehittämiseksi. Crawford sekä Ananny (2018) ovat tutkineet algoritmisten järjestelmien läpinäkyvyyttä ja päätyneet siihen tulokseen, että järjestelmien täydellinen läpinäkyvyys ei ole aina ihanteellinen tilanne. Päinvastoin läpinäkyvyys voi olla hyödytöntä tai jopa haitallista, eikä se välttämättä rakenna luottamusta järjestelmää kohtaan.

Neljäs johtopäätös on se, että lohkoketjun eettisyyden vaikuttaa keskeisenä elementtinä sen hallintotapa. Tällä tarkoitetaan sitä, että lohkoketjun hallinnon toteutus vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka eettinen lohkoketju on.

Lohkoketjun kannustinmallista voidaan esimerkiksi tehdä sellainen, että se kannustaa epäeettiseen toimintaan, sekä tietysti päinvastoin. Lapointe ja Fishbane (2019) nostavat artikkelissaan esille myös lohkaketjun hallinnon keskeisenä tekijänä lohkaketjun eettisyyden kannalta. Heidän mukaansa lohkaketjulla tulee olla selvät säännöt, joiden mukaan lohkaketju toimii ja transaktioita hallitaan. Kun lohkaketjuteknologiasovellukset tulevaisuudessa todennäköisesti lisääntyvät, on erittäin tärkeää, että ne kehitetään nimenomaan hyvään tarkoitukseen. Kuten mitä tahansa teknologiaa, myös lohkaketjuteknologiaa voidaan käyttää moraalisesti väriin tarkoitukseen.

Viides johtopäätös kirjallisuuskatsauksesta liittyy turvallisuuteen. Lähdeaineistosta esille nousivat erityisesti lohkaketjuteknologian turvallisuus käyttäjien näkökulmasta. Tällä viitataan esimerkiksi käyttäjien yksityiseedsuojaan ja lohkaketjuteknologian muuttumattomuuteen. Lohkoketjuteknologia mielletään yleisesti turvalliseksi teknologiaksi, mutta henkilökohtaisen datan säilöminen lohkaketjuun on monelle varsin kyseenalaista. Myös lohkaketjuteknologian muuttumattomuus herättää kysymyksiä, koska lohkaketjuun säilöttyjä tietoja on erittäin vaikeaa muuttaa jälkikäteen.

7.3 Jatkotutkimusaiheet

Lohkoketjuteknologian etiikka on tutkittavana aiheena erittäin uusi, minkä takia aiheesta ei olla julkaistu paljoakaan tieteellisiä tutkimuksia. Tämä moniääninen kirjallisuuskatsaus on tiettävästi ensimmäinen lohkaketjuteknologian etiikasta. Tulevaisuudessa lohkaketjuteknologian etiikkaa käsittelevä tutkimus tulee varmasti lisääntymään, kun lohkaketjusovellukset lisääntyvät.

Tulevaisuudessa lohkaketjuteknologian etiikkaa voisi tutkia esimerkiksi tässä mallissa esitettyjen teemojen kautta. Lohkoketjuteknologiaa voisi lähestyä esimerkiksi yhden eettisen teeman, kuten hallintotavan tai turvallisuuden, kautta. Ylipäätään tämän tutkielman kirjallisuuskatsauksen perusteella tuotetun mallin käytännön testaaminen olisi hyvä tulevaisuuden tutkimusaihe. Vastaavanlaisen kirjallisuuskatsauksen tekeminen aikaisintaan muutaman vuoden kuluttua samasta aiheesta tuottaisi varmasti uudenlaisia näkökulmia lohkaketjuteknologian etiikan tutkimuskenttään.

LÄHTEET

- Adams, J., Hillier-Brown, F. C., Moore, H. J., Lake, A. A., Araujo-Soares, V., White, M., & Summerbell, C. (2016). Searching and synthesising 'grey literature' and 'grey information' in public health: critical reflections on three case studies. *Systematic reviews*, 5(1), 164.
- Adams, R. J., Smart, P., & Huff, A. S. (2017). Shades of grey: guidelines for working with the grey literature in systematic reviews for management and organizational studies. *International Journal of Management Reviews*, 19(4), 432-454.
- Ailisto, H., Heikkilä, E., Helaakoski, H., Neuvonen, A., & Seppälä, T. (2018). Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus.
- Ananny, M., & Crawford, K. (2018). Seeing without knowing: Limitations of the transparency ideal and its application to algorithmic accountability. *new media & society*, 20(3), 973-989.
- Bertino, E., Kundu, A., & Sura, Z. (2019). Data transparency with blockchain and AI ethics. *Journal of Data and Information Quality (JDIQ)*, 11(4), 1-8.
- Bulkin, A. (2016, 22. Huhtikuuta). *Elephant in the room: ethical blockchains and the conundrum of governance*. Coin Fund. Haettu 8.2.2020 osoitteesta <https://blog.coinfund.io/elephant-in-the-room-ethical-blockchains-and-the-conundrum-of-governance-a11d0f9c4c56>
- De Filippi, P. (2016). The interplay between decentralization and privacy: the case of blockchain technologies. *Journal of Peer Production, Issue*, (7).
- Faraj, S. & Sambamurthy, V. (2006). Leadership of Information Systems Development Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 53(2), 238-249.
- Florian, M., Henningsen, S., Beaucamp, S., & Scheuermann, B. (2019, June). Erasing data from blockchain nodes. In *2019 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW)* (pp. 367-376). IEEE.
- Franklet, D., Meriluoto, L., Ross, G., Scott, C., & Williams, P. (2018). Public implementation of Blockchain Technology.
- Hayaze, N. (2016, 15. Heinäkuuta). *Bitcoin: innovation of money and evolution of governance*. Open Democracy. Haettu 6.2.2020 osoitteesta <https://www.opendemocracy.net/en/bitcoin-innovation-of-money-and-evolution-of-governance/>

- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). *Tutki ja kirjoita*. (15. uud. painos). Helsinki: Tammi.
- Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Misra, S. K., Rana, N. P., Raghavan, V., & Akella, V. (2019). Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *International Journal of Information Management*, 49, 114-129.
- Hölmstrom, B. (1979). Moral hazard and observability. *The Bell journal of economics*, 74-91.
- Lapointe, C., & Fishbane, L. (2019). The blockchain ethical design framework. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 12(3-4), 50-71.
- Ishmaev, G. (2017). Blockchain technology as an institution of property. *Metaphilosophy*, 48(5), 666-686.
- Bahga, A., & Madiseti, V. K. (2016). Blockchain platform for industrial internet of things. *Journal of Software Engineering and Applications*, 9(10), 533.
- Bartoletti, M., Cimoli, T., Pompianu, L., & Serusi, S. (2018, November). Blockchain for social good: a quantitative analysis. In *Proceedings of the 4th EAI International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good* (pp. 37-42). ACM.
- Benzies, K. M., Premji, S., Hayden, K. A., & Serrett, K. (2006). State-of-the-evidence reviews: advantages and challenges of including grey literature. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 3(2), 55-61.
- Burniske, C & Tatar, J. (2017). *Cryptoassets: The Innovative Investor's Guide to Bitcoin and Beyond*. McGraw-Hill Education; 1 edition.
- Blockchain. (2017). *Bitcoin stats*. Haettu 24.10.2019 osoitteesta <https://www.blockchain.com/en/stats>
- Bostrom, N., & Yudkowsky, E. (2014). The ethics of artificial intelligence. *The Cambridge handbook of artificial intelligence*, 316, 334.
- Butijn, B. J., Tamburri, D. A., & Heuvel, W. J. V. D. (2019). Blockchains: a Systematic Multivocal Literature Review. *arXiv preprint arXiv:1911.11770*.
- Bynum, T. (2001). *Computer and information ethics*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2018 Edition). Haettu 16.12.2019 osoitteesta <https://plato.stanford.edu/entries/ethics-computer/>
- Cheung, A., Roca, E., & Su, J. J. (2015). Crypto-currency bubbles: an application of the Phillips-Shi-Yu (2013) methodology on Mt. Gox bitcoin prices. *Applied Economics*, 47(23), 2348-2358.

- Internet Encyclopedia of Philosophy. (2019). *Ethics*. Haettu 27.12.2019 osoitteesta <https://www.iep.utm.edu/ethics/>
- Computing History. (2004, 5. Joulukuuta). *A Brief History of Computer Ethics*. Haettu 16.12.2019 osoitteesta http://www.comphist.org/computing_history/new_page_5.htm
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), 71.
- Cruzes, D. S., & Dybå, T. (2010, Syyskuu). Synthesizing evidence in software engineering research. In *Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement* (p. 1). ACM.
- Crypto. (2018, 30. toukokuuta). *What are 1st, 2nd and 3rd generation cryptocurrencies?* Haettu 25.10.2019 osoitteesta <https://crypto.bi/tape/generations/>
- Dierksmeier, C., & Seele, P. (2018). Cryptocurrencies and business ethics. *Journal of Business Ethics*, 152(1), 1-14.
- Dragonchain. (2019, 18. huhtikuuta). *What Different Types of Blockchains are There?* Haettu 28.10.2019 osoitteesta <https://dragonchain.com/blog/differences-between-public-private-blockchains/>
- Easterbrook, S., Singer, J., Storey, M. A., & Damian, D. (2008). Selecting empirical methods for software engineering research. In *Guide to advanced empirical software engineering* (pp. 285-311). Springer, London.
- Floridi, L. (1999). Information ethics: On the philosophical foundation of computer ethics. *Ethics and information technology*, 1(1), 33-52.
- Floridi, L., & Taddeo, M. (2016). What is data ethics?.
- Freuden, D. (2019). *Hybrid Blockchain: The best of both chains*. Hacker Noon. Haettu 29.10.2019 osoitteesta <https://hackernoon.com/hybrid-blockchain-the-best-of-both-chains-78518507449a>
- Garousi, V., Felderer, M., & Mäntylä, M. V. (2019). Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. *Information and Software Technology*, 106, 101-121."
- Giustini, F. (2010). Finding the hard to finds: searching for grey (gray) literature. San Francisco, CA; Slideshare.
- Himma, K. E., & Tavani, H. T. (Eds.). (2008). *The handbook of information and computer ethics*. Hoboken, NJ: Wiley.

- Huh, S., Cho, S., & Kim, S. (2017, February). Managing IoT devices using blockchain platform. In *2017 19th international conference on advanced communication technology (ICACT)* (pp. 464-467). IEEE.
- Iota. (2019). *What is IOTA?* Haettu 25.10.2019 osoitteesta <https://www.iota.org/get-started/what-is-iota>
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127.
- Kaasalainen, V. (2018). *Lohkoketjuteknologian haavoittuvuudet* (Kandidaatintutkielma). Jyväskylän yliopisto.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25.
- Kewell, B., Adams, R., & Parry, G. (2017). Blockchain for good?. *Strategic Change*, 26(5), 429-437.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. Sage.
- Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X., & Wen, Q. (2017). A survey on the security of blockchain systems. *Future Generation Computer Systems*.
- Lindsey, N. (2019, 14. Maaliskuuta). *Blockchain Privacy Poisoning a New Concern in Post-GDPR Era*. CPO Magazine. Haettu 8.2.2020 osoitteesta <https://www.cpomagazine.com/data-protection/blockchain-privacy-poisoning-a-new-concern-in-post-gdpr-era/>
- Linn, L. A., & Koo, M. B. (2016). Blockchain for health data and its potential use in health it and health care related research. In *ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST* (pp. 1-10).
- Liu, J., Li, W., Karame, G. O., & Asokan, N. (2018). Toward fairness of cryptocurrency payments. *IEEE Security & Privacy*, 16(3), 81-89.
- Maloumby-Baka, R. C., & Kingombe, C. K. (2016). *The quest to lower high remittance costs to Africa: a brief review of the use of mobile banking and bitcoins* (No. BOOK). The Graduate Institute of International and Development Studies, Centre for Finance and Development.

- Mason, R. O. (1995). Applying ethics to information technology issues. *Communications of the ACM*, 38(12), 55-57.
- Mattila, J., Naucler, C., Stahl, R., Tikkanen, M., & BÂdenlid, A. (2016). *Industrial blockchain platforms: An exercise in use case development in the energy industry* (No. 43). ETLA Working Papers.
- Mattila, J. (2016). *The blockchain phenomenon—the disruptive potential of distributed consensus architectures* (No. 38). ETLA working papers.
- Merilehto, A. N. T. T. I. (2018). *Tekoäly. Matkaopas johtajille*. Liettua: Balto Print.
- McGrath, Y., Bellis, M., Edmonds, K., McVeigh, J., & Sumnall, H. (2006). *Review of grey literature on drug prevention among young people*. London: NICE.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- Nissenbaum, H. (1998). *Information technology and ethics*. In *The Routledge Encyclopedia of Philosophy*. Taylor and Francis. Haettu 17.12.2019 Osoitteesta <https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/information-technology-and-ethics/v-1>. doi:10.4324/9780415249126-L121-1
- Ogawa, R. T., & Malen, B. (1991). Towards rigor in reviews of multivocal literatures: Applying the exploratory case study method. *Review of educational research*, 61(3), 265-286.
- Orcutt, M. (2019, 10. lokakuuta). *Why it's time to start talking about blockchain ethics*. MIT Technology Review. Haettu 5.11.2019 osoitteesta <https://www.technologyreview.com/s/614531/why-its-time-to-start-talking-about-blockchain-ethics/>
- Patton, M. Q. (1991). Towards utility in reviews of multivocal literatures. *Review of Educational Research*, 61(3), 287-292.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18.
- Peck, M. (2016). A blockchain currency that beats bitcoin on privacy [news]. *IEEE Spectrum*, 53(12), 11-13.
- Schöpfel, J., & Farace, D. J. (2009). Grey literature. In *Encyclopedia of library and information sciences* (pp. 2029-2039). CRC Press.
- Sharma, T. (2018, 10. lokakuuta). *What is Hybrid Blockchain? How can it help to solve everyday problems?* Blockchain Council. Haettu 29.10.2019 osoitteesta

<https://www.blockchain-council.org/blockchain/what-is-hybrid-blockchain-how-can-it-help-to-solve-everyday-problems/>

Shrestha, A. (2019, 15. tammikuuta). *Transparency and privacy: Empowering people through blockchain*. The Conversation. Haettu 6.2.2020 osoitteesta <https://theconversation.com/transparency-and-privacy-empowering-people-through-blockchain-104887>

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. " O'Reilly Media, Inc."

Spurjeon, K. S., Sahu, S. K., & Dutta, A. (2018). SURVEY ON CRYPTOCURRENCY TECHNOLOGY.

Toffel, M. W. (2016). Enhancing the practical relevance of research. *Production and Operations Management*, 25(9), 1493-1505.

Vacura, M. (2015). THE HISTORY OF COMPUTER ETHICS AND ITS FUTURE CHALLENGES."

Vakkuri, V., & Abrahamsson, P. (2018, June). The key concepts of ethics of artificial intelligence. In *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-6). IEEE.

Voshmgir, S. (2019). *Token Economy: How Blockchains and Smart Contracts Revolutionize the Economy*. BlockchainHub Berlin; Edition ed. edition (June 27, 2019)

Wang, A. (2018, 15. Elokuuta). *The Future of Blockchain in Insurance*. Gen Re Publications. Haettu 6.2.2020 osoitteesta <http://www.genre.com/knowledge/publications/iipc1808-1-en.html>

Weizenbaum, J. (1976). Computer power and human reason: From judgment to calculation.

Wohlin, C. (2014, May). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering* (p. 38). ACM.

Yuan, Y., & Wang, F. Y. (2018). Blockchain and cryptocurrencies: Model, techniques, and applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 48(9), 1421-1428.

Zeilinger, M. (2018). Digital art as 'monetised graphics': Enforcing intellectual property on the blockchain. *Philosophy & Technology*, 31(1), 15-41.

LIITE 1 KIRJALLISUUSKATSAUKSEEN HYVÄKSYTTY AINEISTO

#	Julkaisun nimi	Kirjoittaja(t) / sivusto	Vuosi	Julkaisualusta	Julkaisun tieteellinen taso (kts. Kuvio 1)
1	The Ethics of Money and Bitcoin	Nicolas Dorier	2019	https://medium.com/@nicolasdorier/the-ethics-of-money-and-bitcoin-f6c4f568d9f9	Harmaa, 3. taso
2	The Ethical Limits of Blockchain-Enabled Markets for Private	Georgy Ishmaev	2019	<i>Philosophy & Technology</i> (2019): 1-22.	Valkoinen
3	An Exploration of Blockchain Ethics: a Token with Two Sides	Sarah Rothrie	2019	https://coincentral.com/blockchain-ethics/	Harmaa, 2. taso
4	Two Sides of a Coin: Blockchain, Ethics and Human Rights	Sebastian Porsdam & Max Schmich	2019	https://www.infoq.com/articles/blockchain-ethics-human-rights/	Harmaa, 1. taso
5	Blockchain in Healthcare: A Patient-Centered Model	Hannah Chen, Juliet Jarrell, Kristy Carpenter, David Cohen & Xudong Huang	2019	<i>Biomedical journal of scientific & technical research</i> , 20 (3), 15017.	Valkoinen
6	The Ethics of Contentious Hard Forks in Blockchain	Tae Wan Kim & Ariel Zetlin-Jones	2019	The Tepper School of Business	Valkoinen
7	Safe Artificial General Intelligence via Distributed Ledger	Kristen Carlson	2019	<i>Big Data and Cognitive Computing</i> , 3 (3), 40.	Valkoinen
8	How A Blockchain Can Be Used In P2P Network?	Imarticus Learning	2019	https://blog.imarticus.org/how-a-blockchain-can-be-used-in-p2p-network-fintech-blog/	Harmaa, 3. taso
9	CryptoEthics Concepts: Decentralization Enabled unstoppable code	Rhys Lindmark	2019	https://www.rhyslindmark.com/cryptoethics-concepts-decentralization-enabled-unstoppable-code/	Harmaa, 3. taso
10	Ethics of BlockChain	Savanur Gaurav	2018	https://medium.com/coinmonks/ethics-of-blockchain-f66f24a4e9d9	Harmaa, 3. taso
11	Blockchain Ethical Design Framework - Beec Center	Cara Lapointe & Lara Fishbane	2018	<i>Innovations: Technology, Governance, Globalization</i> , 12 (3-4), 50-71.	Valkoinen
12	Ethics of BlockChain	Jeroen van den Hoven	2018	https://d1rkab7tlqy5f1.cloudfront.net/EWI/Deft%20Blockchain%20Lab/DBL%2020180201/eroen%20van%20den%20Hoven%20-%20TU%20Deft.pdf	Harmaa, 3. taso
13	Towards a Philosophy of Blockchain	Melanie Swan & Primavera de Filippi	2018	<i>Metaphilosophy</i> 48, no. 5 (2017): 603-619.	Valkoinen
14	Blockchain doesn't kill people, but smart contracts can	David Canellis	2018	https://thenextweb.com/hardfork/2018/09/04/smart-contracts-super-dumb-blockchain/	Harmaa, 3. taso
15	Assassination Markets Come to Augur	Jacob Zions	2018	https://media.consensys.net/assassination-markets-come-to-augur-594150040ea7	Harmaa, 2. taso
16	Powered by Blockchain, AI Potential Realized	David Treat, Alissa Worley & Justin Herzig	2018	https://www.accenture.com/us-en/insights/blockchain/ai-plus-blockchain	Harmaa, 2. taso
17	Public implementation of Blockchain Technology	Laura Meriluoto, George Ross, Cameron Scott & Patrick Williams	2018	University of Canterbury	Valkoinen
18	How Blockchain Can Shape Sustainable Global Value Chains: An Evidence, Verifiability, and Enforceability (EVE) Framework	William Nikolakis, Lijo John & H	2018	<i>Sustainability</i> , 10 (11), 3926.	Valkoinen
19	Blockchain for humanitarian action and development aid ...	Andrej Zwitter & Mathilde Boisse	2018	<i>Journal of International Humanitarian Action</i> , 3 (1), 1-7.	Valkoinen
20	Cryptocurrencies and Business Ethics	Claus Dierksmeier & Peter Seele	2016	<i>Journal of Business Ethics</i> , 152 (1), 1-14.	Valkoinen
21	Blockchain Industry Compliance + Regulation Association Whitepaper	Bicra	2018	https://bicra.org/static/BICRA_Whitepaper.pdf	Harmaa, 2. taso
22	Blockchain evolution: from 1.0 to 4.0	Unibright.io	2017	https://medium.com/@UnibrightIO/blockchain-evolution-from-1-0-to-4-0-3fbd9c666	Harmaa, 3. taso
23	Bitcoin: To Regulate or not to Regulate	Georgette Fernandez Laris	2017	https://sevenpillarsinstitute.org/bitcoin-regulate-not-regulate/	Harmaa, 2. taso
24	Blockchain technology as an institution of property	Georgy Ishamev	2017	<i>Metaphilosophy</i> 48, no. 5 (2017): 666-686.	Valkoinen
25	Chinese-Based Wuhan Phoenix Chain Technology Co., Ltd ...	Business Wire	2017	https://www.businesswire.com/news/home/20170928005309/en/Chinese-Based-Wuhan-Phoenix-Chain-Technology-Invents-New	Harmaa, 2. taso
26	The Interplay between Decentralization and Privacy: The Case of Blockchain Technologies	Primavera De Filippi	2016	<i>Journal of Peer Production, Issue 7 (2016)</i> .	Valkoinen
27	Elephant in the room: ethical blockchains and the conundrum	Aleksandr Bulkin	2016	https://blog.coinfund.io/elephant-in-the-room-ethical-blockchains-and-the-conundrum-of-governance-a11d0f9c4c56	Harmaa, 3. taso
28	More on the Ethics of Bitcoin	Seamus Vaughn Lucey	2016	https://sevenpillarsinstitute.org/more-on-the-ethics-of-bitcoin/	Harmaa, 3. taso

29	Distributed ledger technology for the financial industry - Robeco	Jeroen van Oerle & Patrick Lemm	2016	https://www.robeco.com/media/0/4/b/04bf42beda332cd32ab89a21cec8110a_201605-distributed-ledger-technology-for-the-financial-industry_tcm26-3491.pdf	Harmaa, 2. taso
30	Digital art as 'monetised graphics': Enforcing intellectual property on the blockchain	Martin Zeilinger	2016	<i>Philosophy & Technology</i> 31, no. 1 (2018): 15-41. https://www.opendemocracy.net/en/bitcoin-innovation-of-money-and-evolution-of-governance/	Valkoinen
31	Bitcoin: innovation of money and evolution of governance	Nozomi Hayese	2016	<i>Journal of Peer Production, Issue , (7).</i>	Harmaa, 2. taso
32	The interplay between decentralization and privacy: the case of blockchain technologies	Primavera De Filippi	2016	<i>IEEE Spectrum</i> , 53 (12), 11-13. https://blog.stephantual.com/the-ethereum-chain-hard-fork-a419b83ba753	Valkoinen
33	A Blockchain Currency That Beats Bitcoin On Privacy	Morgen Peck	2016	https://www.blockchainforgood.com/white-paper-1	Harmaa, 3. taso
34	The Ethereum Chain Hard Fork and Immutability Debate	Stephan Tual	2016	<i>First Monday</i> , 21 (12).	Valkoinen
35	Blockchain For Good Whitepaper	Blockchain For Good	2016	https://theconversation.com/transparency-and-privacy-empowering-people-through-blockchain-104887	Harmaa, 3. taso
36	Cosmopolitical composition of distributed architectures	Dominique Boullier	2016	<i>IT Professional</i> , 20 (6), 15-19.	Valkoinen
37	Transparency and privacy: Empowering people through blockchain	Ajay Kumar Shrestha	2019	<i>Journal of Data and Information Quality (JDIQ)</i> , 11 (4), 1-8.	Valkoinen
38	The Internet of Things, Artificial Intelligence	Jeff Daniels, Saman Sargolzaei, Arman Sargolzaei, Tareq Ahram, Philip Lapante & Ben Amaba	2018	<i>Proceedings of the 2019 on Computers and People Research Conference</i> (pp. 43-49).	Valkoinen
39	Data Transparency with Blockchain and AI Ethics	Elisa Bertino, Ahish Kundu & Zehra Sura	2019		Valkoinen
40	Blockchain Ethics Research: A Conceptual Model	Yong Tang, Jason Xiong, Rafale Becerril-Arreola & Lakshmi Iyer	2019		Valkoinen

