



Lohkoketjujen hyödynnettävyys elintarvikkeiden toimitusketjuissa

Väinö Vuorinen

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

IT-Tradenomi (Tietojenkäsittely)

Opinnäytetyö

2024

Tiivistelmä

Tekijä(t) Väinö Vuorinen
Tutkinto Tradenomi
Raportin/Opinnäytetyön nimi Lohkoketjujen hyödynnettävyys elintarvikkeiden toimitusketjuissa
Sivu- ja liitesivumäärä 42
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia lohkoketjujen hyödynnettävyyttä elintarvikkeiden toimitusketjuissa. Lohkoketjujen hyödynnettävyydellä tarkoitetaan lohkoketjujen yleistä soveltuvuutta elintarviketoimitusketjuissa ja sen mahdollisia hyötyjä. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää lohkoketjujen teknisiä ominaisuuksia, sekä lohkoketjujen käyttöä muilla toimialoilla. Aiheeseen liittyviä kirjallisuuskatsauksia ei ole juurikaan saatavilla, minkä takia tutkimus on hyvinkin ajankohtainen. Tutkimusmenetelmänä käytettiin narratiivista kirjallisuuskatsausta, jota noudattamalla tutkimuksesta saatiin helposti ymmärrettävä lopputulos.</p> <p>Opinnäytetyön johdannon jälkeen tietoperustaa esitetään toisessa luvussa, jossa tutkitaan lohkoketjuteknologiaa tarkemmin, ja pyritään selittämään sen teknisemmät ominaisuudet helposti ymmärrettäviksi. Tutkimuksen empiirinen osuus löytyy kolmannesta luvusta, jossa tutkitaan lohkoketjujen eri käyttötarkoituksia eri toimialoilla. Lopuksi tutkimuksen neljännessä luvussa käsitellään luotettavuuden ja jatkotutkimusaiheiden pohdinnan lisäksi tutkimuksessa syntyneet lopputulokset neljännessä luvussa.</p> <p>Tutkimukseen valikoitiin lähteitä niiden soveltuvuuden, luotettavuuden sekä ajantasaisuuden perusteella pääsääntöisesti verkkolähteistä. Aineistosta tuli selvästi esille lohkoketjujen hyödynnettävyys elintarvikkeiden toimitusketjuissa, ja valittu aineisto muutenkin tuki tutkimuksen tavoitteita. Lohkoketjujen käyttö on vielä vähäistä, mutta niiden vallankumoukselliseen potentiaaliin suhtaudutaan uteliaisuudella eri toimialoilla.</p> <p>Tutkimuksessa löydettiin lukuisia lohkoketjujen innovatiivisia käyttötarkoituksia eri toimialoilla, joiden perusteella kuvailtiin samankaltaisia käyttötarkoituksia elintarviketoimitusketjuissa. Lohkoketjut yhdistetään useasti Bitcoinin tyyliin kryptovaluuttoihin, mikä tuli selvästi ilmi läpikäydystä kirjallisuudestakin. Kryptovaluuttoihin suhtaudutaan ennakkoluuloisesti, minkä takia myös lohkoketjuihin suhtaudutaan osittain ennakkoluuloisesti. Tästä syntyi yksi jatkotutkimusaihe, joka esitetään tutkimuksen viidennessä luvussa.</p> <p>Lohkoketjuja hyödynnetään jo nyt elintarvikealalla, ja lohkoketjuteknologian joustavuuden ansiosta sitä voidaan hyödyntää erittäin monella eri tavalla. Tällä hetkellä lohkoketjuja käytetään kuitenkin vain satunnaisissa yrityksissä ja usein pelkästään yrityksen sisäisesti. Lohkoketjuja voitaisiin käyttää laajemmin elintarviketoimitusketjujen tehostamiseksi. Yksi esimerkki lohkoketjujen tehokkaasta hyödyntämisestä elintarviketoimitusketjuissa tai koko elintarvikealalla olisi lohkoketjujen käyttö valtion tasolla viranomaisten valvonnan virtaviivaistamiseksi.</p>
Asiasanat Lohkoketjut, elintarvikeala, toimitusketjut, omavalvonta, lohkoketjuteknologia

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	2
1.2	Keskeiset käsitteet	3
1.3	Tutkimuksen rajaus ja tutkimusmenetelmät	4
1.4	Materiaalin kerääminen ja tutkimuksen rakenne	5
2	Tietoperusta lohkoketjuteknologiasta ja elintarvikkeiden valvonnasta	7
2.1	Elintarvikealan valvonta	7
2.2	Mikä on lohkoketjuteknologia?	9
2.3	Lohkot ja ketjut lohkoketjuissa	10
2.4	Lohkoketjun laajeneminen	12
2.5	Lohkoketjujen suojaaminen	13
2.6	Erilaiset lohkoketjut ja niiden validointi	15
2.7	Yksityisyys lohkoketjuissa	19
3	Lohkoketjujen käyttö eri toimialoilla	21
3.1	Hyvinvointiala	21
3.2	Vakuutustoimiala	22
3.3	Rahoitustoimiala	23
3.4	Elintarvikeala	25
4	Tulokset ja yhteenveto	27
4.1	Mikä on elintarviketoimitusketjujen nykytila Suomessa?	28
4.2	Soveltuisiko lohkoketjuteknologia elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamiseksi? 29	
4.3	Mitä hyötyjä lohkoketjuteknologia voisi tuoda elintarviketoimitusketjujen valvonnassa? ..	30
5	Luotettavuus, pohdinta ja jatkotutkimusaiheet	33
	Lähteet	37

1 Johdanto

Elintarviketeollisuuden arvo vuonna 2018 oli maailmanlaajuisesti 7,1 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria, ja viime vuonna se nousi ennätyslukemiin 9,36 biljoonaan Yhdysvaltain dollariin. Elintarviketeollisuus on ainakin vuodesta 2018 kasvanut vuosittain, ja sen on ennustettu olevan noin 12,97 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria vuoteen 2028 mennessä. Kuluttajien jatkuva kiinnostus omasta hyvinvoinnista ilmenee elintarvikealalla ruokakauppojen tuotevalikoimassa etenkin ruokaostokoritutkimusten mukaan. Kuluttajia kiinnostaa tuotteiden vastuullisuuden lisäksi myös niiden vaikutus kuluttajien terveyteen ja yhteiseen ympäristöömme (Sanoma, 6.5.2022). Suomessa elintarvikkeiden turvallisuutta valvoo jaetusti kaksi valtion virastoa: Tulli ja Ruokavirasto. Elintarvikkeiden turvallisuus on tärkeä elementti ihmisten, eli kuluttajien, hyvinvoinnille. Tuotantolaitoksien säätely ja hygienia- ja valvonta on Suomessa kehittyntä, tosin se ei huomioi elintarvikkeiden turvallisuutta toimituksien tai muiden ajansaaton aikana ilmenevien hygieniariskien aikana. Tuotantolaitoksien tarkka säätely ja valvonta ei myöskään poista riskejä, jotka piilevät laitoksien ulkopuolella. (Aluehallintovirasto; Statista 2024).

Vaikka lähituotetut ja kotimaiset tuotteet kiinnostavat suomalaisia ruokakauppojen hyllyille ilmestyy lisääntyvässä määrin eksoottisempia raaka-aineita vastatakseen kuluttajien vaativaan kysyntään (Lauronen, 23.10.2019). Kaupankäyntiä käydään nykypäivänä globaalimmin, joka tarkoittaa hintakilpailun kovenemista, koska maahantuotujen raaka-aineiden hintataso on kotimaisten raaka-aineiden hintatasoa alhaisempi, ainakin rauhanomaisessa maailmantilanteessa (Setälä, Jansik & Saarni 25.5.2022). Ulkomaisiin toimijoihin pitäisi siis pystyä luottamaan, jotta toimitetut tuotteet vastaavat sovittua ja ovat toimitettujen asiakirjojen mukaisia. Ulkomaisia toimijoita on kuitenkin haasteellista kyseenalaistaa taikka saattaa mahdollisesti jopa vastuuseen virheellisestä toiminnasta.

Maailman markkinoiden eri toimialoilla usein yhteisenä tekijänä on halu ottaa digitalisaation tuomat mahdollisuudet kehittää yrityksen ja organisaatioiden liiketoimintaa. Elintarviketeollisuuden osalta tämä digitalisaatio on vasta alkuvaiheessa, ja koska elintarvikkeiden kysyntä kasvaa globaalisti, tarve digitalisoinnille nähdään välttämättömänä kehittämisenä ja erilaisina investointeina. Elintarviketeollisuuden digitalisaatio on toistaiseksi lähinnä keskittynyt tuotantoteknisiin tekijöihin, kuten robotiikkaan ja automatiikkaan (Harvard Business Review 31.5.2023). Alalla on runsaasti erikokoisia toimijoita ympäri maailmaa, ja joitain maahantuotuja tuotteita arvostetaan kotimaisia tuotteita enemmän. Voiko lohkoketjuteknologia tuoda elintarviketoimitusketjuihin, tai koko elintarviketeollisuuden tarvittavaa digitalisaatiota ja mitkä sen hyödyt olisivat? Lohkoketjut yhdistetään helposti valtaväestössä kryptovaluuttoihin, ja sen myötä niiden luotettavuus huojuu. Lohkoketjuteknologia perustuu usein keskittämättömään eli hajautettuun, lokiin, ilman kolmatta osapuolta.

Tämä opinnäytetyöprojekti tehdään kevään 2024 aikana, jossa projektityö on toteutettu 8.1.2024–15.4.2024 välisenä aikana. Tutkimustyyppinen opinnäytetyö pyrkii konkreettisesti ratkaisemaan jonkin tiedollisen ongelman tai asian. Tässä työssä tekijä pyrkii selvittämään kerätyn materiaalin ja tekijän oman työelämäkokemuksen kautta vastauksia lohkoketjujen hyödynnettävyyteen elintarvikkeiden toimitusketjuissa (Haaga-Helia 2022). Tutkimusta tukevat kappaleessa 1.2 esitetyt keskeiset käsitteet, joiden tavoitteena on selittää lukijalle lohkoketjuteknologian keskeisimmät ominaisuudet lukijalle helposti ymmärrettäväksi. Tutkimuksessa pyritään myös selvittämään lohkoketjuteknologian yleinen soveltuvuus elintarvikealan toimitusketjuissa. Lisäksi tutkimuksessa pyritään selvittämään elintarviketoimitusketjujen valvontaa Suomessa, ja mitä hyötyjä lohkoketjuteknologia voisi tuoda valvonnan tehostamiseksi. Tutkimuksessa on pyrkimys tuoda esille esimerkkejä eri toimialoista, joilla lohkoketjuteknologiaa on hyödynnetty ja mahdollisesti peilata kyseisiä käyttötarkoituksia elintarvikealalle.

1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella, miten elintarviketoimitusketjuja valvotaan Suomessa ja mitkä olisivat ne toiminnallisuudet, joita voitaisiin tehostaa lohkoketjuilla. Tutkimuksessa tuodaan niin Suomessa kuin kansainvälisesti esiintyviä tapauksia, joissa ilmenee tahallisia tai tahattomia ongelmakohtia, jotka vaikuttavat heikentävästi elintarvikkeiden laadun valvontaan. Elintarvikkeiden maahantuonnin yleisyyden takia tutkimuksessa ei rajoitauduta pelkästään suomalaisiin tapauksiin. Tutkimuksessa on myös tarkoituksena selvittää yleisesti lohkoketjuteknologian soveltuvuutta elintarvikealalle, joka pyritään selvittämään peilaamalla elintarvikealaa muihin toimialoihin, joissa lohkoketjuteknologia on jo edistyneemmin käytössä. Vertaillen muiden toimialojen omaksuntaa lohkoketjuteknologiasta esimerkkejä täytyy etsiä kansainvälisesti.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Mikä on elintarviketoimitusketjujen nykytila Suomessa?
2. Soveltuisiko lohkoketjuteknologia elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamiseksi?
3. Mitä hyötyjä lohkoketjuteknologia voisi tuoda elintarviketoimitusketjujen valvonnassa?

Tutkimusraportin rakenne koostuu neljästä pääluvusta. Johdannon jälkeen pääluvuissa kaksi ja kolme tuodaan esiin olennaista materiaalia aiheeseen liittyen, ja neljännessä luvussa pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin materiaalin avulla. Materiaalin kerääminen rajataan sen oleellisuuden ja luotettavuuden perusteella. Lohkoketjuteknologiasta on saatavilla melko paljon tutkimustietoa ja kirjallisuutta, ja koska lohkoketjuteknologia on kohtalaisen uusi ja kehittyvä teknologia, tutkimuksessa pyritään välttämään vanhempaa kirjallisuutta. Elintarvikealan valvonnan tutkimisessa pysyttäydytään pitkälti viranomaisten tiedotuksiin ja tietolähteisiin. Tutkimuksessa hyödynnetään pääsääntöisesti verkosta löytyviä artikkeleita, tiedotteita, blogikirjoituksia ja muuta relevanttia

kirjallisuutta. Lisäksi tekijän oma usean vuoden työelämäkokemus ja erityisesti työkokemus alalla organisaation kehittämistehtävien parissa antaa tälle työlle konkreettista tietoa ja näkemystä valitun tutkimusaiheen ajankohtaisuudesta ja sen laaja-alaisesta merkittävydestä.

1.2 Keskeiset käsitteet

Lohkoketju

Lohkoketju toimii ikään kuin jaettuna tietokantana, joka toimii sen verkoston noodien ylläpitämänä. Ylläpitäminen tarkoittaa tapahtuman ja datan validoimista, eli lohkoihin kirjoittamista. Jokaisella verkoston noodilla on sama reaaliaikainen tietokannan sisältö, joka usein pitää sisällään esimerkiksi lokitiedoston. Lohkoketjuilla voidaan jakaa dataa verkkoon kuuluvien kesken, ja sen toiminta on täysin läpinäkyvää. Lohkoketjuun kirjoitettua dataa ei voi jälkeinpäin muuttaa, ja sitä pidetään erittäin tietoturvallisena teknologiana. (Hayes 15.12.2023)

Noodi

Noodi on lohkaketjun ylläpitäjä, ja ne muodostavat verkoston lohkaketjun ylläpitämiseksi. Noodeja voi olla erilaisia, esimerkiksi kevyempi noodi, tai niin sanottu lightweight node, tai täysnoodi, eli full node. Näiden esimerkkien erona on niiden ylläpitämän datan laajuus. Noodien päätehtävä on tapahtumien ja datan hyväksyminen, tai validoiminen lohkoihin, ja sen myötä lohkaketjuun. Noodit ovat verkostoon kuuluvia ihmisten operoimia tietokoneita. (Aswal 15.3.2024)

Hash

Hash-arvo, tai toiselta nimeltään lohkon tunniste toimii ikään kuin lohkaketjussa olevan yhden lohkon sormenjälkenä. Tunniste viittaa siis juuri tiettyyn lohkoon. Tunniste luodaan matemaattisten yhtälöiden avulla, joka perustuu muun muassa lohkon syötteeseen. Tunnisteen generoimiseen vaikuttaa myös muita asioita, mutta oleellimmat ovat sen lohkon syöte, ja edellisen lohkon tunniste. Tunnisteet generoidaan siis edellisen lohkon tunnisteesta riippuvaisina, joka muodostaa lohkaketjun lohkojen välille ketjunomaisen ilmiön. (LCX Team 23.11.2023)

SHA-256

SHA-256 (lyhenteeltään Secure Hash Algorithm 256 bit) on hash-arvon tuottamiseen käytetty monimutkainen algoritmi, jonka tarkoituksena on tuottaa aina 256 merkkiä, tai bittiä pitkä tunniste lohkolle. Hash funktiot toimivat ikään kuin lohkaketjun eheyden suojaajana. Modernilla teknologialla ei ole mahdollista murtaa SHA-256 salausta inhimillisessä ajassa, ja sen takia sen käyttö on todella suosittua. (Ballejos 2.2.2024)

Elintarviketoimitusketju

Tässä opinnäytetyössä elintarviketoimitusketjulla tarkoitetaan elintarvikkeita koskeva toimitusketju. Elintarviketoimitusketju on elintarvikkeen koko elinkaari aina raaka-aineen tuottamisesta kuluttajien nautittavaksi. Elintarviketoimitusketjuun kuuluu raaka-aine tuotannon lisäksi jalostaminen, pakkaaminen, logistiikka, jatkojalostaminen, tukkumyynti ja vähittäismyynti. (Euroopan komissio; Vespia 21.5.2021)

Omaevalvonta

Elintarvikealan yrityksellä on velvollisuus varmistaa, että elintarvikkeiden laatu on kemiallisesti, fyysikaalisesti ja mikrobiologisesti riittävällä tasolla, jotta ne eivät aiheuta kuluttajille vaaraa eivätkä johda niitä harhaan. Valtion viranomaiset valvovat omaevalvonnan toimivuutta. Omaevalvonta takaa suomalaisten tuotteiden laadun, ja sitä kautta vaikuttaa suomalaisten hyvinvoinnin kehittämiseen. (Ruokavirasto. 5.9.2023b)

1.3 Tutkimuksen rajaus ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa tarkastellaan lohkoketjujen käyttöä elintarviketoimitusketjuissa, ja sen tavoitteena on selvittää voiko ylipäättään lohkoketjuteknologia soveltua elintarviketoimitusketjujen tehostamiseen, ja tarkemmin katsottuna, mitkä olisivat sen mahdolliset hyödyt. Tutkimuksessa on tarkoitus tarkastella lohkoketjuteknologian mahdollisia hyötyjä Suomessa, minkä vuoksi tutkimuksen teoriaosuudessa käydään läpi Suomen elintarvikkeiden valvontaa niin teollisuudessa kuin maahantuonnissa. Lohkoketjuteknologian soveltuvuutta tutkitaan kyseisen teknologian ominaisuuksien perusteella. Lisäksi tutkimuksessa halutaan selvittää lohkoketjuteknologian konkreettisia hyötyjä elintarviketoimitusketjuissa, jonka selvittämisen tueksi tuodaan esiin käyttötarkoituksia eri toimialoilta, ja joissa lohkoketjuteknologian käyttö olisi mahdollisimman kehittynyttä. Tutkimuksessa pyritään käyttämään mahdollisimman uutta kirjallisuutta, sillä lohkoketjuteknologia on kohtalaisen nuori teknologia ja edelleen kehittyvä. Pois rajataan epäluotettavista lähteistä löydetty kirjallisuus, vanha kirjallisuus ja epärelevantti kirjallisuus. (Liu 23.11.2023)

Tämä on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus, jonka tarkoituksena on ymmärtää aihealueen ominaisuuksia siihen perustuvan kirjallisuuden perusteella. Tutkimus tehdään narratiivisen kirjallisuuskatsauksen työskentelyotteen avulla. Kirjallisuuskatsauksella tarkoitetaan menetelmää, jossa kirjallisuutta kerätään systemaattisesti tutkimusaiheeseen liittyen, ja materiaalilla pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Kirjallisuuskatsaukset yleisesti jaetaan kolmeen ryhmään: kuvaileva kirjallisuuskatsaus, systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Tämä tutkimusraportti on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, ja se on edellä mainitusta kolmesta katsausmenetelmästä vapainten määriteltä ja sillä pyritäänkin nimensä mukaan kuvailemaan aihealuetta tutkijan tulkinnan mukaisesti.

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on kuvailevaa kirjallisuuskatsausta huomattavasti tiukemmin säädely, ja siinä on todella tärkeää noudattaa menetelmiä ja ennalta asetettuja kriteereitä. Meta-analyysissä käytetään laajempaa tietoperustaa ja siinä pyritään tuomaan yhteenvetoja esiin usein matemaattisilla, tai muilla numeraalisilla keinoilla. (Kreodi 3.6.2022)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus jakautuu kolmeen alalajiin: narratiivinen kirjallisuuskatsaus, integroiva kirjallisuuskatsaus ja Scoping-katsaus. Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on antaa lukijalle kokonaisvaltainen kuva aiheesta, tai esimerkiksi aiheen historiasta ja kehityksestä. Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen metodeja ei useinkaan määritellä kovin tarkasti, ja lopputuloksena tavoitellaan helposti lähestyttävää ja ymmärrettävää tutkimusta. Integroivassa kirjallisuuskatsauksessa on tarkoitus toimia ennalta määritellyn metodien ohjeistuksella ja siinä onkin paljon yhtäläisyyksiä systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kanssa. Scoping-katsauksella pyritään kuvaamaan laajoja aihepiirejä ja sitä käytetään usein laajojen aihekokonaisuuksia tarkastellessa. (Kreodi 3.6.2022)

1.4 Materiaalin kerääminen ja tutkimuksen rakenne

Tämä tutkielma on narratiivinen kirjallisuuskatsaus, jonka tarkoituksena on antaa lukijalle kokonaisvaltainen, mutta helposti ymmärrettävä käsitys lohkoketjuteknologiasta, elintarvikkeiden laadun valvonnasta pääasiallisesti Suomessa, ja lohkoketjuteknologian mahdollisista hyödyistä elintarviketoimitusketjujen ongelmakohdissa. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys asetetaan aiheeseen liittyvän kirjallisuuden avulla. Lohkoketjuteknologia on vielä kehittyvä teknologia, ja muutenkin teknologiaksi nuori, minkä takia tutkimuksessa on kerätty materiaalia pääsääntöisesti verkkolähteistä. Materiaali koostuu artikkeleista, tutkimuksista, tiedotteista, viranomaisten lausunnoista, uutisista, blogikirjoituksista ja muista relevanteista lähteistä.

Tutkimuksen laajuuteen tarvittava materiaalin määrä valittiin ammattikorkeakoulun oman materiaalipankin lisäksi ammattiyrityksiltä, viranomaisten tietolähteistä, uutispalveluilta, tutkimuslaitoksilta ja asiantuntijakirjoituksista. Materiaalissa pyritään käyttämään tieteellistä kirjallisuutta ja tunnistettavasti luotettavia lähteitä, mutta teknologian nuoruuden takia kyseisen materiaalin määrä on niukkaa. Materiaalin vähäisen saatavuuden takia suuri osa materiaalista on englanninkielisistä lähteistä, jotka tutkija on itse kääntänyt suomen kielelle. Tutkimuksessa pyritään käyttämään tunnistettavia tietolähteitä, tai vähintään selvittämään tietolähteiden luotettavuutta.

Tutkimus jakautuu rakenteellisesti viiteen päälukuun, kuten luvussa 1.1 esitettiin. Ensimmäisen pääluvun, johdannon, tarkoituksena on johdatella lukijaa tutkimusraporttiin asiantuntevan kevyesti sekä määritellä tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset perusteluineen. Lisäksi johdannossa perustellaan tutkinnan rajaus ja tutkimusmenetelmät sekä kerrotaan, miten tutkimuksessa kerätään

tutkimuksen materiaali. Viimeisempänä johdannossa käydään läpi tutkinnan rakennetta. Toinen pääluku on tutkimuksen teoriapohja, ja siinä tuodaan esiin lohkoketjuteknologian teknisiä ominaisuuksia ja elintarvikkeiden valvonnan menetelmiä pääasiallisesti Suomessa. Kolmannessa pääluvussa tutkitaan lohkoketjuteknologian käyttöä eri toimialoilla, ja tuodaan esiin elintarvikealalla sattuneita tahallisia tai tahattomia tapauksia, jotka vaikuttavat elintarvikkeiden laadun seurantaan heikentävästi. Neljännessä pääluvussa esitetään yhteenveto tutkimuksen tuloksista ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Viimeisessä, eli viidennessä pääluvussa, tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta, ja pohditaan niin mahdollisia jatkotutkimusaiheita kuin tutkimuksen aihetta yleisellä tasolla.

2 Tietoperusta lohkoketjuteknologiasta ja elintarvikkeiden valvonnasta

Tutkimustyyppiseen opinnäytetyöhön valittu tietoperusta perustuu lohkoketjuteknologiaan ja sen teknillisiin ominaisuuksiin sekä elintarviketeollisuuden lainsäädäntöön tutkimuksen rajatun sisällön osalta. Tietoperustan teemat ovat valikoituneet tutkimukseen, jotta lukija saa käsityksen elintarviketoimitusketjujen tarkoituksesta, rajoitteista ja mahdollisista digitalisoitumisen hyödyistä. Tutkimusraportin tavoitteena on pyrkiä selittämään teknillisemmätkin asiat mahdollisimman helposti ymmärrettäväksi, ja siksi kappaleiden eri alalukujen välillä syntyy luonnollista diskurssiota eli keskustelua tutkimuksen sisällöstä. Tutkimuksen aiheissa on monia teknillisiä nyansseja ja terminologiaa, jota tukevat luvussa 1.2 selitetyt käsitteet. Diskurssilla pyritään helpottamaan aiheen ymmärrettävyyttä ja tuoda lukijalle helppolukuisuutta. Osion lopuksi tuodaan esiin, miten elintarvikkeiden laatua valvotaan Suomessa ja kenen toimesta.

Tietoperustan luvussa kaksi on valittu lohkoketjuteknologian ja sen ominaisuuksien teorit, jotka tukevat luvun kolme kirjallisuutta. Kirjallisuudessa kuvataan teorioiden käyttöä eri toimialoilla monipuolisissa eri liiketoiminnallisissa prosesseissa. Lisäksi lukuun kaksi on valittu teoriaa elintarviketeollisuuden säädöksistä sen valvonnasta ja toiminnasta, jota tukee luvun kolme kirjallisuus eri toimialoilla käyttöön otettuja lohkoketjuinnovaatioita. Tutkimuksen tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan yhdistelemällä tutkimuksen teoriaa sekä kirjallisuutta.

2.1 Elintarvikealan valvonta

Suomen elintarviketuotannon suuruus vuonna 2023 oli noin 13,3 miljardia euroa, josta viennin osuus oli noin 2,2 miljardia euroa ja tuonnin osuus noin 5,6 miljardia euroa. Numeroista voidaan päätellä, että sanonta ”suosi suomalaista” pitää melko hyvin paikkansa. Tuonnin osuus on kuitenkin suuri ja sen valvomisessa luotetaan tuottajaan elintarvikkeiden alkuperästä. Vaikka elintarvikealan toimitusketjuja pyritään valvomaan mahdollisimman tehokkaasti, silti vastuulliset elintarvikkeet, tuotantotekniset innovaatiot ja jäljitettävät vastuulliset tuotteet ovat haluttuja vientimarkkinoilla. (Elintarviketeollisuusliitto 2023)

Elintarviketeollisuus koostuu kuudesta tuotantoalasta, jotka ovat:

- raaka-ainetuotanto
- tuotanto
- jalostaminen ja pakkaaminen
- logistiikka
- tukkumyynti
- vähittäismyynti kuluttajille.

Jokaisella edellä mainituista elintarviketoimialan sektorilla toimii yksittäisiä pienempiä yrityksiä, mutta suuremmat yritykset saattavat toimia useilla kyseisillä sektoreilla. Pienemmät yritykset, jotka toimivat vain muutamalla tai yhdellä edellä mainitulla sektorilla, on vähemmän resursseja järjestelmien kehittämiseen, jonka piiriin yrityksen sisäiset lohkokejühankkeet luultavimmin kohdistuisivat. (Asaad 9.6.2022; Vespia 21.5.2021)

Suomessa elintarvikevalvonta on suunniteltu tarkasti ja sitä valvotaan myös valtion virastojen toimesta toimitusketjun alusta loppuun. Valvonnassa turvaudutaan pitkälti yrityksiä omavalvontaan ja niiden toimivuuteen sekä yritysten raportointivelvollisuuteen eri virastoille. Suomen alueen elintarvikevalvontaa kehittää ja johtaa Ruokavirasto. Suomen ulkopuolelta tuotujen elintarvikkeiden valvontaa hoitaa suuremmilta osin Tulli, paitsi EU-jäsenmaiden ulkopuolelta tulevista eläimistä peräisin olevia elintarvikkeita valvoo Ruokavirasto (Ruokavirasto 5.9.2023a; Aluehallintovirasto). Ruokaviraston määritelmän mukaan toimija on loppupeleissä vastuussa omavalvonnasta ja sen noudattamisesta. Omavalvonnan suorittamiseksi toimijalla tulee olla riittävät ja oikeat tiedot: tuottamastaan, jalostamastaan ja jakelemastaan tuotteesta. Lisäksi toimijan tulee tietää tuotteensa mahdolliset riskit ja huolehtia, että ne ovat kemialliselta, fysikaaliselta ja mikrobiologiselta laadulta turvalliset, tai "eivät aiheuta vaaraa ihmisen terveydelle eivätkä johda kuluttajaa harhaan". (Ruokavirasto 5.9.2023a; Ruokavirasto 5.9.2023b). Omavalvonta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 178/2002 (yleinen elintarvikeasetus). Yleisen elintarvikeasetuksen ensimmäisen artiklan (Artikla 1) mukaan säädöksen tavoitteena on säätää perusta ihmisten terveyden sekä kuluttajien etujen suojelulle elintarvikkeiden osalta. Toimijan omavalvonnan toteuttamiselle laaditaan toimijan oma omavalvontasuunnitelma, johon kuvataan toimintaan liittyvät, elintarviketurvallisuuden kannalta kriittiset työvaiheet ja riskien hallinnan. Kriittisiä työvaiheita on muun muassa raaka-aineiden hankinta ja vastaanotto, säilytys ja varastointi, kypsennys ja kuumennus, jäähdytys ja mahdollisesti tarjoiluun liittyvät tiedot. Omavalvonnan sisältö riippuu toiminnasta ja toimijan käsiteltävistä elintarvikkeista. (Ravintolatoiminnan aloittaminen)

Elintarvikevalvonta Suomessa on tärkeä osa suomalaisten hyvinvointia. Maailmassa vain yhdessä vuodessa on arvioitu tapahtuvan noin 600 miljoonaa ruokamyrkytystapausta ja yli 400 000 niistä johtuvaa kuolemaa. Lisäksi huonolaatuisen ruoan aiheuttamat vahingot, pelkästään matalatuloisissa maailman valtioissa, on arvioitu olevan noin 110 miljardia Yhdysvaltain Dollaria vuodessa menetetyt tuottavuuden ja sairaanhoitokulujen perusteella (World Health Organization 19.5.2022). Hyvinvoinnin kehittämiseksi ruokaviraston mukaan elintarvikevalvonnalla on kolme päätavoitetta: elintarvikkeet ovat turvallisia, kuluttajaa ei johdeta harhaan tuotteilla tai niistä annettavilla tiedoilla ja elintarvikelain-säädännön toteutuminen. (Ruokavirasto 5.9.2023a; Aluehallintovirasto)

Tavoitteisiin pääsemiseksi elintarvikevalvonta on jaettu kolmelle tasolle. Ruokavirasto johtaa ja kehittää elintarvikevalvontaa koko Suomen alueella, joka on jaettu AVI eli aluehallintovirastoihin. Aluehallintovirastot ohjaavat kunnan viranhaltijoita, jotka loppukädessä tekevät suurimman osan elintarvikevalvonnasta. Teurastamoiden valvonta on poikkeus ja niiden valvonta on Ruokaviraston tarkastuseläinlääkäreiden alaisuudessa. (Ruokavirasto 5.9.2023a; Aluehallintovirasto)

Elintarvikelainsäädännön tarkoituksena on varmistaa kuluttajien turvallisuus. Toimiva lainsäädäntö ja sen valvonta takaavat lisäksi elintarvikealan toimijoiden tasapuolisen kohtelun ja yhtenäisen kilpailuaseman (HE 3/2021 vp, Hallituksen esitys eduskunnalle elintarvikelaiksi ja laiksi sakon täytäntöönpanosta annetun lain 1 §:n muuttamisesta, 3). Elintarvikkeita ja niiden valvontaa koskeva kansallinen lainsäädäntö perustuu suurimmaksi osaksi EU-normistoon. Elintarvikelaki (297/2021) voidaan maininta yhtenä keskeisenä kansallisena säädöksenä. Elintarvikelain 1 §:n mukaan lain tarkoituksena on suojella kuluttajan terveyttä ja taloudellisia etuja varmistamalla elintarvikkeiden elintarviketurvallisuus, elintarvikkeiden hyvä terveydellinen ja muu elintarvikesäännösten mukainen laatu ja elintarvikkeista annettavien tietojen riittävyys ja oikeellisuus.

Omavalvonnasta säädetään elintarvikelain 15 §:ssä. Pykälän mukaan elintarvikealan toimijalla on oltava järjestelmä, jonka avulla toimija tunnistaa ja hallitsee toimintaansa liittyvät vaarat ja varmistaa, että toiminta täyttää elintarvikesäännöksissä asetetut vaatimukset. Toimijan on kirjattava omavalvonnan tulokset riittävällä tarkkuudella. Lain esitöissä (HE 3/2021 vp, 54) todetaan, että erillistä kirjallista omavalvontasuunnitelmaa ei vaadita, vaan lain edellyttämä järjestelmä voi myös olla esimerkiksi elintarviketurvallisuusjärjestelmä tai laadunhallintajärjestelmä.

2.2 Mikä on lohkoketjuteknologia?

Lohkoketjuteknologia on pääpiirteittäin yksinkertainen. Tutkimuksessa pyritään tarkastelemaan lohkoketjuteknologian soveltuvuutta elintarviketoimitusketjuissa, joten teknologian teknisiin ominaisuuksiin on hyvä pureutua edes pintapuolisesti. Lohkoketjut ovat keskittämättömiä tietokantoja, jotka koostuvat ylläpitäjistä, eli noodeista. Jokainen lohkoketjun omistaja ja sen käyttäjä ovat noodeja, joille lohkoketju päivittyy reaaliaikaisesti. Lohkoketjuja on olemassa erilaisia, ja ne vaihtelevat keskenään riippuen niihin tehdyistä määräyksistä. Toimintaperiaate lohkoketjuissa on kuitenkin sama: lohkot sisältävät dataa, ja ne ketjutetaan toisiinsa suojauksen luomiseksi. Lohko saa tunnisteiden, toiselta nimetään hash-arvon, joka perustuu muun muassa lohkon luontiajankohtaan ja sisältöön. Seuraavan lohkon tunniste linkitetään edellä olevan lohkon tunnisteeseen toistuvasti. Lohkojen linkittäminen toisiinsa tunnisteiden avulla pitää huolen, ettei lohkojen järjestystä pysty muuttamaan. Lohkon sulkeutuessa, eli uuden lohkon luotaessa lohkon tunnistetta ei enää voi muuttaa. Lohkon sisällä olevan datan muuttuessa sen tunniste myös muuttuisi, jonka järjestelmä havaitsisi häiriönä, ja ilmoittaisi siitä noodeille. (Pratt 1.6.2021)

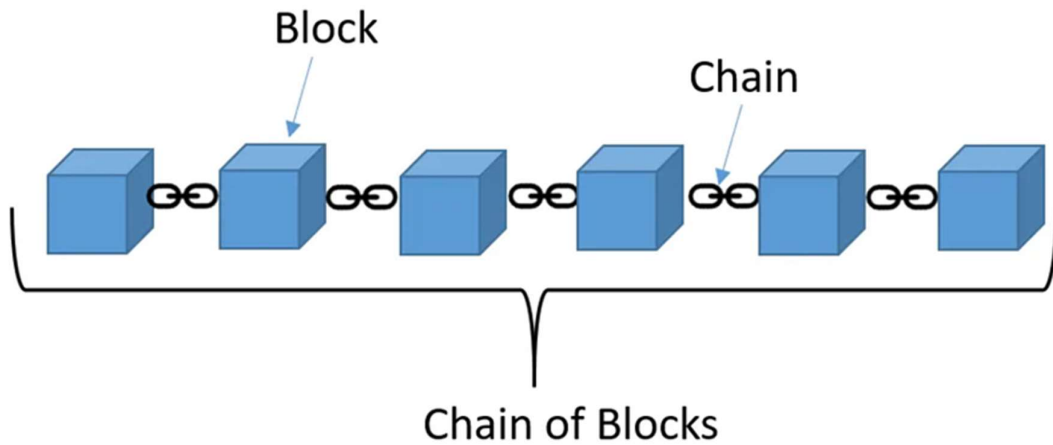
Lohkoketjuja pidetään erittäin tietoturvallisena datan säilöntään tarkoitettuna teknologiana, jota muuten olisivat esimerkiksi tietokannat tai nykyaikaiset pilvipalvelut. Tietoturvallisuuden vahvuus perustuu lohkoketjujen rakenteeseen ja helposti ymmärrettävänä esimerkkinä voidaan verrata lohkoketjuja matkamuiistona tutuksi tulleeseen maatuska-puunukkeeseen. Uusi lohko luodaan aina ketjun jatkeeksi sen syötteen, eli sisällön, ja edellisen lohkon tunnisteeseen, eli sen lohkon syötteen ja muiden ominaisuuksien, perusteella. Toisin sanoen samalla tavalla kuin maatuskalla on vain yksi oikea järjestys järjestää nuket nuken sisällä, lohkoketjun lohkoilla on vain yksi oikea järjestys lohkoketjun ketjun sisällä. Riippuen lohkoketjun tyypistä, mutta yleisesti ottaen ketjun muutoksille tarvitaan enemmistönooidien hyväksyntä, jotta vilpillistä toimintaa ei tapahtuisi ja täten lohkoketjun eheyden luottamus muodostetaan yhdessä koko vertaisverkon kanssa. Lohkoketjujen standardisuojausena käytetään useimmiten SHA-256 suojausta, joka tarkoittaa jokaisella loholla olevan 256 bittinen avain. Suojaus on erittäin vahva, eikä sitä nykyaikaisilla laskentatehoilla ole realistista hakkeroida. (Pratt 1.6.2021)

Lohkoketjujen keskeiset ominaisuudet voisivat ratkaista suuria ongelmia, joita ilmenee lokityypisissä ylläpidettävissä rekistereissä, joiden tarkoituksena on antaa reaaliaikainen käsitys esineen tai muun kohteen nykytilasta ja kunnosta. Esimerkkejä tällaisista lokityyppisistä rekistereistä voisi olla: valuutan arvo kaupankäynnin historian perusteella, rakennuksen kunto ja huoltohistoria, kasvatuslohen kasvatukseen liittyvät tiedot (mm. rokotteet, ravinto, sijainti, ikä, tuotantoerä), tai vaikka vakuutusasiakkaan tietyt historiatiedot, jotka vaikuttavat vakuutusyhtiön päätöksentekemiseen. Kaikki edellä mainitut esimerkit toimivat myös esimerkkeinä, minkälaisissa aihepiireissä historian väärentäminen voi toimia historian ylläpitäjän eduksi, tai ainakin lyhyellä aikavälillä. (Feger 19.10.2023)

2.3 Lohkot ja ketjut lohkoketjuissa

Lohkoketju koostuu nimensä mukaan lohkoista ja ketjusta. Lohkot sisältävät dataa ja ketju yhdistää lohkot toisiinsa muuttumattomaan järjestykseen. Lohkojen yhdistäminen toisiinsa, kuten kuvassa (Kuva 1, 11) esitetyllä tavalla, tekee lohkoketjuteknologiasta tietoturvallisesti erittäin vahvan, ja se

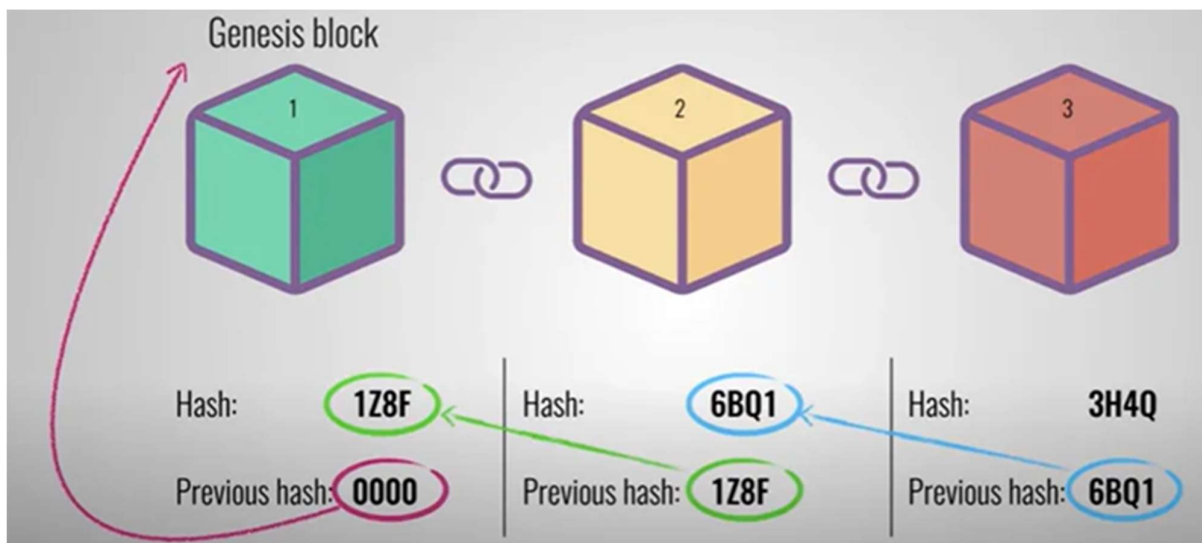
onkin yksi keskeisimmistä ideoista teknologian takana. Lohkoja lisätään ketjuun tallennustilantarpeen kasvaessa, joihin säilötään lohkoketjulle uutta dataa. (SSLP 22.7.2023)



Kuva 1. Lohkot ja ketju lohkoketjuissa (SSLP, Medium 2023)

Lohko koostuu useista eri osista, kuten aikaleimasta, joka ilmaisee lohkon luomisen ajankohdan. Lisäksi jokainen lohko sisältää viittauksen edelliseen lohkoon hashin muodossa, kuten seuraavalla sivulla olevasta kuvasta (Kuva 2, 12) voi nähdä, joka muodostuu jälleen monista tietyistä muuttujista. Tämä linkitys muodostaa lohkoketjun perusrakenteen, jolla varmistetaan, että lohkot ovat peräkkäin yhteydessä toisiinsa ja että kaikki yritykset muuttaa lohkoa edellyttävät kaikkien lohkojen hash:n muuttamista vuoron perään täsmäviksi. Lohkoketjussa aikaisempien lohkojen lähes mahdoton muokkaaminen tekee lohkoketjuteknologiasta potentiaalisen vaihtoehdon erilaisten tapahtumalokien ylläpitämiseen, jossa tapahtumalokin muokkaaminen voi väärentää kohteen kuntoa, tai

muuten johtaa muita harhaan (SSLP, 22.7.2023). Lohkoja syntyy louhimalla, joka tapahtuu matemaattisia yhtälöitä ratkomalla. (Mansa 09.01.2022)



Kuva 2. Lohkojen linkittäminen Hash:llä (SSLP, Medium 2023)

Lohkon ensisijainen tehtävä on tallentaa ja turvata dataa. Data vaihtelee lohkoketjun käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi kryptovaluuttalohkoketjuissa, kuten Bitcoinissa, data koostuu transaktiotiedoista, kun toimitusketjuissa data voisi sisältää logistiikan dataa aina raaka-aineen luomisesta asti. Data voi siis olla mitä tahansa dataa, ainakin teknillisestä näkökulmasta katsottuna. Dataa syntyy digitalisoituvassa maailmassa räjähdysmäisesti, joten käyttötarkoitusten määränkin voidaan uskoa kasvavan. (SSLP 22.7.2023)

Lohkoketjussa termi "ketju" viittaa lohkojen toisiinsa linkitettyyn rakenteeseen edellisen lohkon hash-arvon avulla. Hash toimii lohkon digitaalisena tunnisteena, ikään kuin lohkon sormenjälkenä, ja pienikin lohkon sisältämän datan muuttaminen johtaa hashin muuttumiseen. Koska kunkin lohkon hash sisältyy seuraavaan lohkoon, kaikki yritykset lohkon datan muuttamiselle vaikuttaisivat koko ketjuun hasheihin, jonka huomattessa tapahtumia ei validoida. (Clark 9.11.2021)

2.4 Lohkoketjun laajeneminen

Tässä opinnäytetyössä lohkoketjujen laajenemisella tarkoitetaan lohkojen määrällistä kasvua lohkoketjussa. Lohkojen maksimitilavuus voi vaihdella ja riippuu lohkoketjun asetuksista sen luomisvaiheessa. Lohkoketjun laajentumisella on omat hyödyt niin kuin haitatkin. (Tamplin 7.9.2023)

Lohkoketjun laajenemisen hyötyjä ovat sen tietoturvallisuuden koheneminen. Tietoturvallisuus kohenee, koska datan muuttamiseksi tietomurtajan pitäisi haluamansa datan lisäksi muokata kaikkien ketjussa olevien lohkojen hashit, jotta tietomurtoa ei havaita. Tietomurron tapahtuessa päivitetyn hashin selvittäminen on myös haastavaa, sillä hash-arvot määräytyvät lukuisista eri lohkon ominaisuuksista, myös itse sisällöstä. Lohkoketjun laajenemisella on myös muita pienempiä hyötyjä, kuten sen parempi hajauttaminen ja kattavampi historia lohkoketjuun tallennetuista tapahtumista tai muusta datasta. (Tamplin 7.9.2023)

Hyötyjen ohella haittavaikutuksilta on vaikea pysyä loitolla. Lohkoketjut voivat kasvaa todella isoiksi tietomäärällisesti, minkä takia sen säilöminen on todella kallista. Lisäksi yhtenä haittavaikutuksena pidetään lohkoketjujen heikkoa skaalautumista, sillä lohkojen luomisesta tulee hitaampaa mitä enemmän niitä luodaan. (Tamplin 7.9.2023)

Laajenemisen myötä syntyy mahdollisuuksia, mutta myös rajoitteita. Louhijan näkökulmasta lohkoketjun laajeneminen tarkoittaa lohkojen kysynnän kasvua. Tämä tarkoittaa louhimisen kilpailun kiihtymistä, josta syntyy omat ongelmat ja mahdollisuudet, lähinnä energiankulutuksen lisääntyminen ja kilpailun kiihtyminen. Lohkoketjun käyttäjien näkökulmasta lohkoketjun käyttäminen hidastuu, sillä uuden datan validoiminen, tai uuden datan kirjaaminen lohkoihin hidastuu. Toisaalta lohkojen peukaloiminen vaikeutuu jo entisestään. (Tamplin 7.9.2023)

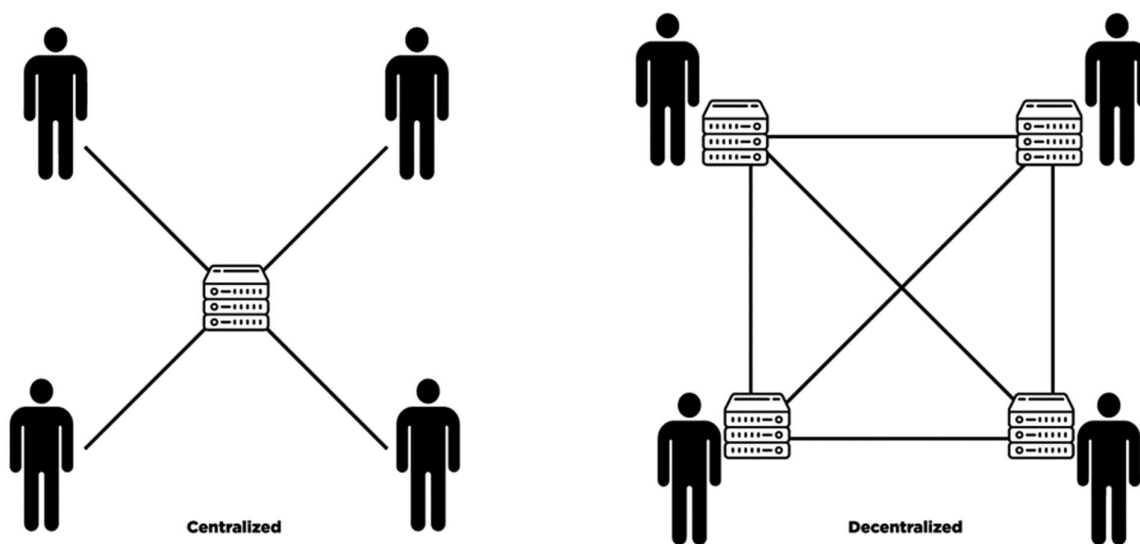
2.5 Lohkoketjujen suojaaminen

Lohkoketjut perustuvat vahvaan suojautumiseen, joka takaa tiedon turvallisuuden ja eheyden hajautetuissa tietokannoissa. Lohkoketjujen suojautumismetodit vaihtelevat lohkoketjujen väleillä, lähinnä lohkoketjun tyypistä ja valitun salausfunktion perusteella. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan neljää suojautumismetodia: konsensusmekanismeja, salausfunktioita, hajautettu tallennus ja jatkuva valvonta. Konsensusmekanismit ovat osana suurempaa kokonaisuutta, joten aiheelle on luvassa syventävä osio myöhemmässä vaiheessa.

SHA-256 (Secure Hash Algorithm 256-bit) on yksi SHA-2 (Secure Hash Algorithm 2) -perheen hash-funktioista. Se on suunniteltu tuottamaan kiinteän pituinen, 256-bittinen tunniste (hash) muun muassa syötteen perusteella. Pienikin muutos syötteessä johtaa täysin erilaiseen hash-arvoon, jota voidaan hyödyntää lohkoketjun eheyden valvomisessa. SHA-256:n katsotaan olevan kollisioita kestävä funktio, eli funktion ei pitäisi käytännössä tuottaa samaa hash-arvoa kahdesta eri syötteestä. Vaikka matemaattisesti kollision tapahtuminen on mahdollista, sen todennäköisyys on mitättömän pieni. SHA-256 salausfunktioita käytetään esimerkiksi Bitcoinin lohkoketjussa. (Ballejos 2.2.2024)

SHA-256 -salausfunktio mahdollistaa lohkoketjuille erittäin vahvan suojauksen, ainakin, jos laskeaan funktion mahdolliset kombinaatiot, joita on numeraalisesti merkittynä potenssilukuna 2^{256} . Numero näyttää pieneltä, mutta tosiasiallisesti siinä on 77 nolla-numeroa eli toisin ilmaistuna lukuna 4 000 000 000⁹, eli neljämiljardia kertaa neljämiljardia yhdeksällä toistolla. (Nohe 9.11.2018).

Hajautetulla tallennuksella tarkoitetaan, että tietoja ei tallenneta yhteen keskitettyyn paikkaan, kuten alla olevassa kuvassa (Kuva 3) näytetään vertailtuna, hajautetaan verkoston nooidien kesken. Käytännössä hajautettu tallennus toteuttaa ajatusta hajautetusta tietokannasta. Noodien verkosto ja sen myötä tiedot lohkoketjun sisällä ovat tietoturvalisempia ja siten vastustuskykyisempiä vikati- loja ja tietomurtoja vastaan. Yksittäiseen noodiin kohdistuvan vian ilmetessä muut noodit voi jatkaa toimintaansa ilman, että koko verkosto kärsii. Tietomurron sattuessa hyökkääjä ei voi manipuloida, tai tuhota tietoja ilman, että hyökkääjä hallitsee enemmistöä verkosta, eli noodeista, sillä muutoksia ei validoida. (Nevil 31.5.2023)

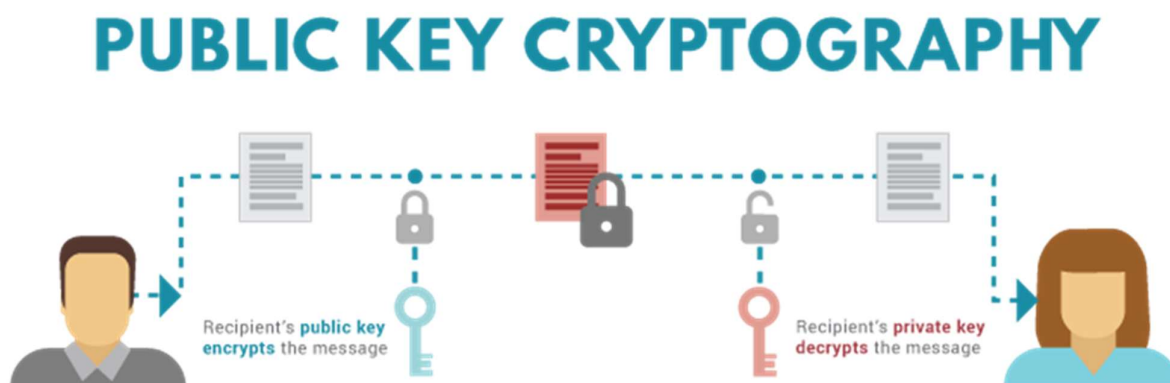


Kuva 3. Centralized, eli keskitetty-, ja decentralized, eli hajautettu tietokanta (W3BT 2019)

Lohkoketjuavaimet ovat olennainen osa lohkoketjuverkkojen turvallisuuden ja eheyden varmistamisesta ja toimivat ikään kuin lohkon avaimena ja lukkona, kuten seuraavassa kuvassa on näytetty (Kuva 4, 15). Tässä opinnäytetyössä tutkitaan julkisia avaimia ja yksityisiä avaimia. Julkinen avain, joka on johdettu vastaavasta yksityisestä avaimesta kryptografisten algoritmien avulla, toimii avoimesti jaettuna lohkon osoitteena lohkoketjussa. Sen ensisijainen tehtävä on toimia datan

vastaanottokohteena, jolloin kuka tahansa voi tarkastella siihen liittyvät tapahtumat. Julkisen avaimen avulla käyttäjällä ei ole kuitenkaan kykyä päästä dataan käsiksi. (Cryptopedia 28.6.2022)

Yksityinen avain sen sijaan on tarkoin varjeltu salaisuus, jonka vain sen omistajan tulisi tietää ja toimii ikään kuin salasanana. Yksityinen avain allekirjoittaa tapahtumat kryptografisesti ja todistaa tapahtuman valtuutuksen ja aitouden. Pohjimmiltaan yksityinen avain on avain julkiseen avaimeen liittyvien datan käyttöön ja hallintaan. Koska yksityinen avain on arkaluonteinen, on ensiarvoisen tärkeää pitää se turvassa, sillä luvaton pääsy siihen voi johtaa datan eheyden vaarantumiseen. (Cryptopedia 28.6.2022)



Kuva 4. Julkinen ja yksityinen avain (Baloian 3.12.2018)

2.6 Erilaiset lohkoketjut ja niiden validointi

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vain tutkimukselle relevantteja lohkoketju tyyppisiä ja konsensusmekanismeja. Valitut lohkoketju tyypit ovat: hajautetut-, julkiset-, yksityiset- ja konsortio lohkoketjut ja konsensusmekanismeista Proof of Work (PoW) ja Proof of Stake (PoS). Lohkoketjujen eri tyyppien eroavaisuudet poikkeavat toisistaan niiden pääsyn rajoittamiseksi. Konsensusmekanismien tarkoituksena on luoda protokolla, miten data hyväksytään lohkoketjuun ja sen myötä ketjuun.

Lohkoketjujen konsensusmekanismit ovat protokollia, joiden avulla lohkoketjun nooidien verkko voi ylläpitää valvontaa ja validoida tapahtumia. Nämä mekanismit mahdollistavat lohkoketjun käytön ja ilman näitä mekanismeja lohkoketjut eivät toimisi. Konsensusmekanismeja on useita, ja kullakin niistä on oma ainutlaatuinen lähestymistapansa osallistujien välisen tapahtumien validoimiseen. Lohkoketjuissa tyypillisesti käytetään tiettyä konsensusmekanismia, jonka määritelmät vaikuttavat suoranaisesti lohkoketjun tietoturvallisuuteen. Esimerkiksi enemmistön saamiseksi riittää yli 50 % verkoston nooidien yhteisymmärrystä, kun yksimielisen päätöksen saavuttamiseksi vaaditaan

kaikkien verkon noodien yksimielisyyttä. Mahdollisen tietomurron sattuessa tietomurtajan tulisi hallita enemmistön saamiseksi yli puolia noodeista, kun yksimielisyyden saamiseksi tietomurtajan tulisi hallita verkoston jokaista noodia. (Investopedia 31.5.2023)

Yksi tunnettu konsensusmekanismi on Proof of Work (PoW). PoW-järjestelmässä osallistujat, niin sanotut louhijat, kilpailevat monimutkaisten matemaattisten yhtälöiden ratkaisemisesta. Ensimmäinen matemaattisen yhtälön ratkaissut louhija saa oikeuden lisätä uuden lohkon lohkoketjuun ja hänet palkitaan kryptovaluutalla. Lohkoketjuun lisättyyn uuteen lohkoon säilötään dataa, joka kryptovaluutoissa on transaktioita, mutta muissa lohkoketjuissa data voi olla mitä tahansa. PoW-järjestelmä on ollut keskeinen osa Bitcoinin kaltaisissa kryptovaluutoissa. (Napoletano 3.1.2024)

PoW-järjestelmä on suosituin konsensusmekanismi ja sitä käytetään arviolta 64 % kryptovaluutoista. (Napoletano, 3.1.2024) Teknologia on saanut kritiikkiä sen luomasta kilpailutilanteesta lohkojen louhimisesta. Louhijoille maksetaan kryptovaluutoilla, jonka ansiosta louhijat lisäävät laskentatehoa kilpailukykyensä säilyttämiseksi. Laskentatehon lisääminen tarkoittaa energian kulutuksen lisääntymistä, joka rasittaa ympäristöä. Bitcoinin lohko aika (block time) on keskimäärin noin 10 minuuttia, joka tarkoittaa, että uuden lohkon ratkomisessa kestää keskimäärin noin 10 minuuttia. (Nevil 27.5.2023)

Proof of Stake on toinen tunnettu konsensusmekanismi. Toisin kuin PoW-järjestelmässä tukeudutaan louhijoiden laskentatehoon PoS-järjestelmä määrittää uuden lohkon luojan validoijan takauksen suuruuden perusteella. Toisin sanoen, niin sanotut validoijat kilpailevat uusien lohkojen luomisesta ja suurin vakuuden antaja voittaa. Järjestelmä perustuu ajatukseen, että osallistujilla, joilla on suurempi osuus lohkoketjusta, on oma etu säilyttää verkon eheys. Mitä enemmän kolikoita osallistuja on valmis "panostamaan", sitä todennäköisemmin hänet valitaan vahvistamaan dataa ja lisäämään lohkoketjuun uuden lohkon, jonka jälkeen hänet palkitaan samoin tavoin kryptovaluutalla. (Napoletano 25.8.2023)

Yksi PoS:n tärkeimmistä eduista on sen energiatehokkuus, ainakin jos sitä verrataan paljon suosittuun ja vanhempaan PoW-järjestelmään. Koska PoS ei sisällä monimutkaisten matemaattisten yhtälöiden ratkaisemiseen liittyvää suurta laskentatehoa, se kuluttaa huomattavasti vähemmän energiaa. Tämä tekee PoS:stä ympäristöystävällisemmän vaihtoehdon konsensusmekanismien välillä. PoS:n heikkoutena pidetään lohkoketjun suurien omistajien suhteettoman suurta vaikutusvaltaa lohkoketjussa. Ajan saatossa valta saattaa kerääntyä ja tuoda lohkoketjuun epävakautta. (Napoletano 25.8.2023)

Hajautetussa lohkoketjussa valta ja päätöksenteko on hajautettu noodien verkostoon, joka koostuu lohkoketjuverkkoon osallistuvista yksittäisistä tietokoneista. Yksikään yksittäinen taho ei hallitse

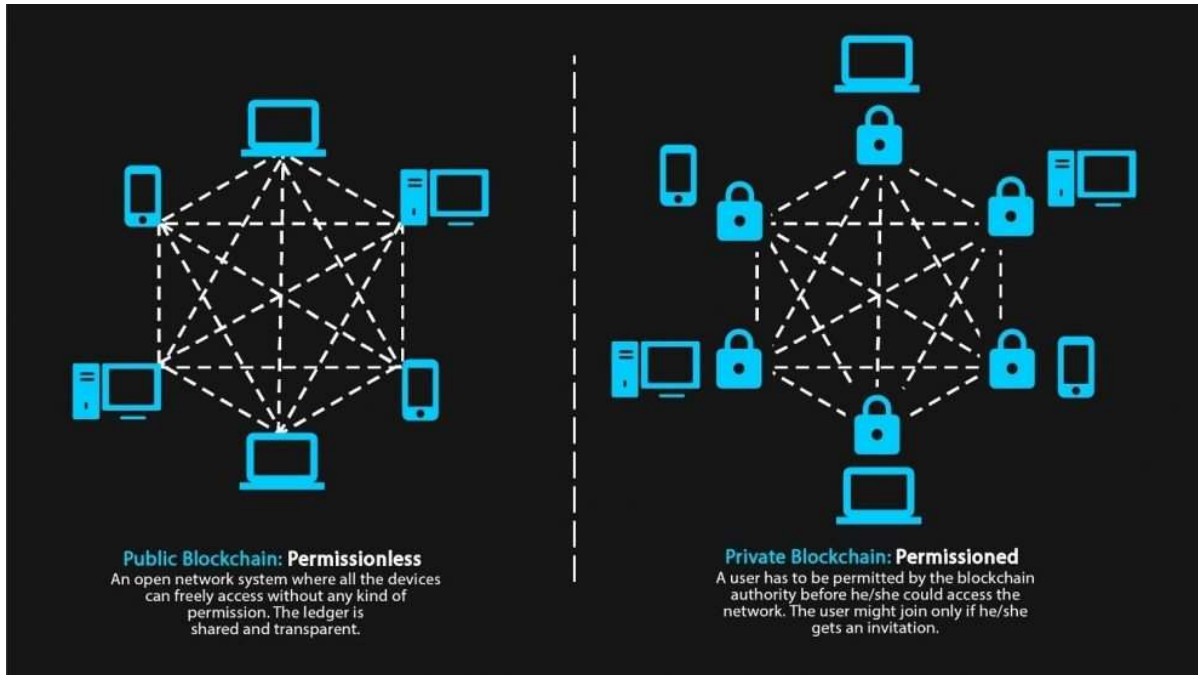
koko verkkoa absoluuttisesti, ainakaan toivottavasti. Hajautetuissa lohkoketjuissa käytetään usein konsensusmekanismeja, kuten PoW tai PoS, tapahtumien validointiin. Näiden mekanismien avulla verkko voi päästä yhteisymmärrykseen ilman kolmatta osapuolta. Turvallisuus on hajautettujen lohkoketjujen yksi vahvuuksista, sillä hallinnan jakautuminen parantaa lohkoketjun vastustuskykyä. Verkko pysyy turvallisena, vaikka jotkin noodit eivät toimisikaan tarkoitettusti. Tämä ominaisuus tekee hajautetuista lohkoketjuista vastustuskykyisempiä erilaisia hyökkäyksiä vastaan. (Hayes 15.12.2023)

Hajautetut lohkoketjut ovat sisällöltään täysin läpinäkyviä, koska transaktiologi on avoimena kaikille verkkoon kuuluville. Kolmannen osapuolen puuttuminen eliminoi vallan väärinkäyttöä, sillä dataa ei voida manipuloimaan sen ollessa kirjattuna transaktiologiin. Kolmannen osapuolen puuttuminen on myös mahdollisuus pienentää kustannuksia, esimerkiksi rahoitusallalla pankkien provisiot ja hoitokulut. Lisäksi kolmannen osapuolen puuttuminen voi johtaa saumattomampaan kanssakäymiseen, esimerkiksi kansainvälisissä valuuttasiirroissa ei tarvitse turvautua pankkien käsittelyprosessien varaan, sillä siirtotransaktio menee läpi heti sen validoitaessa. (Hayes 15.12.2023)

Julkiset lohkoketjut ovat yleisesti ottaen alla olevan kuvan mukaisia (Kuva 5, 12) hajautettuja lohkoketjuja, sillä ne toimivat vertaisverkossa (Peer2Peer), jossa yksittäiset noodit osallistuvat tapahtumien validointiin ja lohkoketjun ylläpitoon. Yksi julkisten lohkoketjujen tärkeimmistä ominaisuuksista on niiden avoimuus, sillä kuka tahansa voi liittyä verkkoon ilman erillistä lupaa. Osallistujilla on vapaus osallistua lohkoketjun eri toimintoihin, esimerkiksi tapahtumien validointiin, tai älysovimuksien toteuttamiseen, riippuen lohkoketjun määrytyksistä. Turvallisuus varmistetaan myös konsensusmekanismeilla, kuten PoW tai PoS, jotka tarjoavat läpinäkyvän ja jäljitettävissä olevan tallenteen tapahtumista. Tunnettuja esimerkkejä julkisista lohkoketjuista ovat kryptovaluutat. Vaikka julkinen lohkoketju ja hajautettu lohkoketju vaikuttavat pääpiirteittäin hyvin toisistaan muistuttavilta, ne ovat kaksi eri asiaa. Hajautettu lohkoketju ei välttämättä ole julkinen lohkoketju, eikä julkinen lohkoketju tarkoita sen välttämättä olevan hajautettu lohkoketju. (Dock.io 19.3.2024)

Yksityiset lohkoketjut, tai luvanvaraiset lohkoketjut, ovat usein keskitettyjä tai osittain hajautettuja verkkoja, kuten seuraavalla sivulla olevasta kuvasta voi ymmärtää (Kuva 5, 18), joissa yksi taho tai joukko tahoja hallitsee niitä. Pääsy yksityiseen lohkoketjuun on rajoitettu, ja se edellyttää hallitsevan tahon lupaa. Ainoastaan valtuutetuilla osallistujilla on mahdollisuus lukea, kirjoittaa ja validoida tapahtumia verkossa. Turvatoimet voivat vaihdella, ja konsensusmekanismit ovat usein yksinkertaisempia verrattuna julkisiin lohkoketjuihin. Organisaatiot käyttävät yksityisiä lohkoketjuja yleisesti sisäisiin tarkoituksiin, joilla pyritään virtaviivaistamaan liiketoimintaprosesseja, parantamaan suljetun järjestelmän läpinäkyvyyttä ja parantamaan tietojen eheyttä. Älysovimuksien käyttö on suositua yksityisissä lohkoketjuissa, sillä älysovimukset ovat tehokas työkalu prosessien

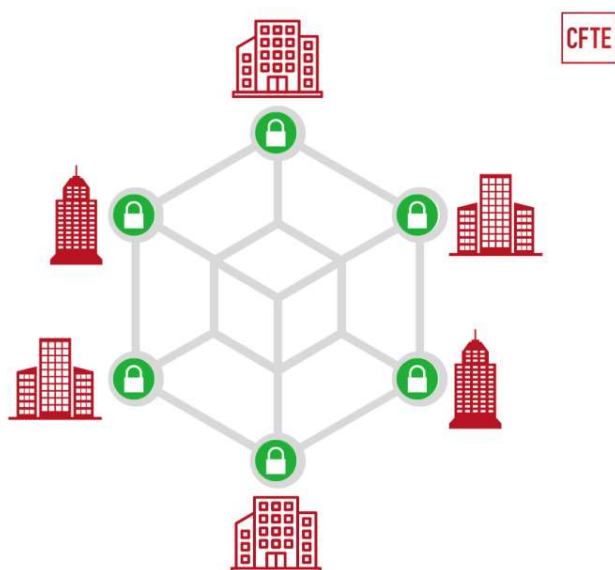
nopeuttamiseksi. Yksityiset lohkoketjut ovat tietoturvallisempia kuin tietokannat, mutta lohkoketjuteknologian yksi keskeisimmistä periaatteista jää huomioimatta yksityisissä lohkoketjuissa. Transaktiolokin hajauttaminen on lohkoketjujen yksi periaatteista, joka tukee lohkoketjuteknologian tietoturvallisuutta. Vaikka yksityinen lohkoketju ei varsinaisesti poista sen olemasta hajautettu lohkoketju niiden käyttöä ei juurikaan yhdistellä. (Dock.io 19.3.2024)



Kuva 5. Julkinen- (public) ja yksityinen (private) lohkoketjut. (Nakamoto)

Konsortiolohkoketjuissa esiintyy myös elementtejä yksityisistä-, sekä julkisista lohkoketjuista. Kuten alla olevassa kuvassa sivulla 15 näkyy (Kuva 6, 19) konsortiolohkoketjuihin kuuluu joukko organisaatioita tai yhteisöjä, jotka tekevät yhteistyötä lohkoketjuverkon avulla. Vaikka käyttöoikeus on yleensä luvanvaraista, se jaetaan lohkoketjun jäsenten kesken. Lohkoketjuun kirjattavien tapahtumien validointiin tarvitaan yksimielinen päätös.

Lohkoketjun päämääränä on mahdollistaa mahdollisimman toimiva yhteistyö jäsenten kesken. (Dock.io 8.12.2023)



Kuva 6. Konsortiolohkoketju. (CFTE 9.3.2023)

2.7 Yksityisyys lohkoketjuissa

Yksityisyyden suojaaminen on myös yksi lohkoketjujen keskeisimmistä ideoista ja sitä se tuo käyttäjille. Lähtökohtaisesti lohkoketjut pitävät käyttäjien yksityisyyden hyvin turvassa ja toimii anonyymisti, mutta siitä löytyy myös ongelmakohtia. Arkaluontoisen datan varastoiminen lohkoketjuissa on harkittava perusteellisesti, mutta lohkoketjuteknologiaa on jo käytössä lukuisissa eri käyttötaroituksissa, jopa joidenkin valtioiden viranomaisten tasolla. Yksityisyys kehittyvässä maailmassa on jatkuvasti tärkeämpää. (Patel)

Lohkoketjuteknologiaa käytetään kasvavissa määrin esimerkiksi valtion projekteissa. Esimerkiksi Viron valtio käyttää kansalaisten potilastietojen säilömiseen lohkoketjuja. Yhdysvalloissa länsi-Virginian osavaltiossa käytettiin lohkoketjuteknologiaa vaalin ääntenlaskennassa ja säilömisessä. Espanjan Katalonian itsehallintoalueen hallinto ilmoitti perustaneensa hankkeen siirtää henkilöllisyydentodentamisen lohkoketjuteknologian avittamaksi. Viimeisenä esimerkkinä tuodaan esiin Yhdistyneiden Kansakuntien hanke nimeltä Building Blocks, jonka tarkoituksena on valvoa Jordanian Azraqin pakolaisleirillä pakolaisten osuuksiansa elintarvikkeista ja muista materiaaleista. Käyttäjän tunniste lohkoketjuun luotiin henkilön biometrisistä tunnisteista, joka tässä tapauksessa määriteltiin silmän iiris skannauksen perusteella. (Patel)

Lohkoketjuissa esiinnyttään anonyymisti ja käyttäjillä on omat sarjanumerot, joilla he esiintyvät lohkoketjussa. Esimerkiksi kryptovaluutoissa, missä kokonaisuus perustuu transaktioihin, elikkä datalla vastataan kysymyksiin: keneltä, kenelle, mitä ja milloin. Lohkoketjun ollessa avoin ja täysin läpinäkyvä kaikille siihen kuuluville, näiden kysymyksien vastausten perusteella voidaan seurata käyttäjiä ja heidän transaktioitaan. Jäljelle jää enää virtuaalihenkilöllisyyden, eli sarjanumeron, ja oikean henkilöllisyyden yhdistäminen ja saadaan selville kaikki henkilön tehdyt transaktiot siinä lohkoketjussa. Tällöin lohkoketjuteknologian keskeinen idea anonyymiteetistä murenee. (Patel)

Lohkoketjujen yksityisyyden suojaamisessa on vielä heikkouksia, mutta se tarjoaa mahdollisuuksia, mitä muut teknologiat eivät. Yksityisyyden paremman suojaamisen eteen tehdään jatkuvasti töitä ja siihen on olemassa jo kehittyneitäkin vaihtoehtoja. Kehittyneiden menetelmien myötä lohkoketjujen käyttäminen ei kuitenkaan ole yhtä yksinkertaista, tai saumatonta. (Patel)

3 Lohkoketjujen käyttö eri toimialoilla

Lähtökohtaisesti lohkoketjuteknologian joustavuuden, lähinnä sen sisällön mahdollisuuden olla monipuolisesti lähes mitä tahansa dataa, avulla voidaan uskoa, että lohkoketjuteknologia soveltuisi hyvin elintarviketoimitusketjujen tehostamiseksi. Keskeinen hyöty mitä lohkoketjuteknologia voisi tuoda kyseisiin elintarviketoimitusketjuihin voisi olla tuotteiden ja raaka-aineiden jäljitettävyys, mutta se voisi mahdollistaa elintarviketoimitusketjujen olosuhteita esimerkiksi toimitukseen käytetävän kylmäkontin lämpötilan valvomiseen, joka muuten on haasteellista.

Tässä osiossa on tarkoitus syventyä ja selvittää, miten lohkoketjuteknologiaa hyödynnetään eri toimialoilla. Esimerkkejä toimialoista pyritään löytämään, jotka hyödyntävät lohkoketjuteknologiaa mahdollisimman kehittyneesti eri liiketoimintaprosesseissa. Tarkoituksena on hyödyntää löytöjä lohkoketjuille eri käyttötarkoitusten peilaamiseen, jonka avulla päästään kuvailemaan lohkoketjujen potentiaalisia hyötyjä elintarviketoimitusketjujen haasteisiin. Tutkimukseen valikoidut toimialat ovat: hyvinvointiala, vakuutustoimiala, rahoitustoimiala ja elintarvikeala. Hyvinvointiala valikoitui tutkimukseen, koska hyvinvointialalla on välitön vaikutus yhteiskunnalliseen hyvinvointiin, jonka takia kyseisellä alalla syntyy paljon innovatiivisia kehityshankkeita, joita esimerkiksi lohkoketjut voisivat olla. Toinen tutkimukseen valikoitunut toimiala on vakuutustoimiala, jonka liiketoimintaprosessit perustuvat pitkälti tapaturmien ennakoimiseen parametrien avulla, ja sopimuksien noudattamista, joiden tehostamista lohkoketjuteknologia voisi tukea. Rahoitustoimiala valikoitui tutkimuksen kolmanneksi vertailtavaksi toimialaksi, koska suurin osa ihmisistä yhdistävät lohkoketjut kryptovaluuttoihin. Neljäs valikoitunut toimiala on lähempänä tutkimuksen aihetta, ja tarkoituksena oli tuoda esiin, miten lohkoketjuja käytetään elintarvikealalla tutkimusta tehtäessä. Kaikkia valikoituja toimialoja yhdistää ominaisuudet, jotka ovat lohkoketjuteknologian vahvuuksia, eli: luvussa 2.2 käsitelty tiedonvälitys, useassa luvussa käsitelty tiedon eheys, sekä luvussa 2.4 ja 2.6 käsitelty helposti laajennettavissa eri käyttötarkoituksiin.

3.1 Hyvinvointiala

Hyvinvointialalla tässä tutkimuksessa tarkoitetaan ihmisen terveyttä edistävien palveluiden ja lääketekniikan toimialoja. Terveyttä edistäviä palveluita on esimerkiksi sairaanhoito, ja lääketekniikka voi olla, esimerkiksi lääketeknologiaa, tai biotekniikkaa. Hyvinvointiala uudistuu ja sen teknologia kehittyy jatkuvasti. Muutoksen ajurina toimii datan laajempi hyödyntäminen tutkimuksissa, tuotekehityksessä ja hoitomuodoissa. Terveystiedon kehityksessä dataa käytetään muun muassa lääketieteen, biotekniikan, lääketekniikan ja jakelun tehostamiseksi (Deloitte a; Deloitte b; Deloitte c).

Lohkoketjuteknologian tuominen potilastietokantojen tehostamiseksi on tutkittu poistavan monia alan epäkohtia, esimerkiksi tietojärjestelmien vaihtumisen myötä tutkimuksessa noin puolet potilastiedoista ovat virheellisiä. Potilastietojen korjaaminen vie huomattavan määrän ylläpitäjän resursseja, sekä voi vaikuttaa potilaiden hyvinvointiin negatiivisesti. Vuonna 2016 Yhdysvalloissa kolmanneksi suurin terveyteen liittyvä kuolinsyy oli hoitovirheiden sattuminen, joka saattoi johtua delegoinnin ongelmista, hoitojen virheelliset jatkotoimenpiteet, tai väärin merkityt potilastiedot. Kaikki kolme esimerkkiä viittaavat heikkoon tiedonvälitykseen. (StIPartners; Chawla 19.10.2022)

Lohkoketjujen avulla voitaisiin vaikuttaa myös perusteettomiin reseptilääkkeiden määräyksiin, jos niiden valvominen siirrettäisiin lohkoketjuun. Valvominen voisi toimia esimerkiksi älysopimuksien avulla, jossa ennalta määritellyt toiminnot, voitaisiin huomioida mahdollisena lääkereseptien väärinkäytöstä. Reseptilääkkeiden perusteeton, tai korruptoitunut määrääminen on yhteiskunnallinen kriisi, esimerkiksi Yhdysvalloissa. (Chawla 19.10.2022)

Suurin käyttötarkoitus lohkoketjuille hyvinvointialalla on potilastietojen turvaaminen, jonka pohjana on lohkoketjujen vahva suojautuminen, kuten tutkimuksen sivulla x luvussa 2.3 todettiin. Tutkimuksessa, jossa esiintyi 17 esimerkkiyhtiötä, jotka hyödyntävät lohkoketjuteknologiaa hyvinvointialalla, näistä 13 yhtiön liiketoimintaidea perustuu pelkästään, tai osittain potilastietojen turvaamiseen. Näiden 13 yhtiön liiketoiminnoissa on eroavaisuuksia, sillä jotkut niistä ainoastaan varastoi potilastietoja, kun näistä osa toimii tiedonvälittäjänä eri toimijoiden välillä. Toiseksi suurimmaksi käyttötarkoitukseksi nousi lääkkeiden ja muiden hyvinvointituotteiden seuraamiseksi tarkoitettujen lohkoketjut, joiden avulla yhtiöt eliminoivat pääasiassa lääkkeiden väärinkäyttöön ja väärennettyjen lääkkeiden myyntiin. 17 esimerkkiyhtiöstä yhdeksän yhtiötä perusti liiketoimintaideansa edellä mainittuihin käyttötarkoituksiin. Kolmanneksi suosituin lohkoketjuteknologian käyttötarkoitus esimerkkiyhtiöiden kesken oli datan kerääminen tuotekehitykseen lääketieteen kehityksen toivossa. Käytännössä kuluttajat antavat potilastietonsa lohkoketjulle, jotka lohkoketjua ylläpitävä yhtiö salaavat, ja vain ennalta sovitut tuotekehittäjät saavat hankkia ja hyödyntää annettuja potilastietoja. (Daley 16.2.2023a)

3.2 Vakuutustoimiala

Lohkoketjuteknologian omaksunta vakuutusosalalle on ollut hidasta, vaikka siihen suuntaan ollaan menossa. Teknologia tuo vakuutusosalalle mullistavia uudistuksia ja sitä kuvaillaan jopa vallankumoukselliseksi. Kuluttajien tottumukset monessa asiassa on ohjautunut käytettävyyden ja tehokkuuden mukana. Lohkoketjut voisi tuoda ja osittain onkin jo tuomassa näitä ominaisuuksia vakuutusosalalle. Lohkoketjujen avulla vakuutustapaturmien hyvittäminen voisi tapahtua välittömästi, jopa ilman kanssakäymistä vakuuttajan henkilökunnan kanssa. Lohkoketjuissa toimivat älysopimukset ovat tämän kaltaisen mullistuksen tärkein elementti. Älysopimukset ovat lohkoketjuissa toimivia

ennalta määriteltyjä sopimuksia, jotka lohkoketju toimeenpanee älysopimuksen kriteerien täytyessä. Tähänastisesti vakuutuslalla suosituin käyttötarkoitus lohkoketjuille on asiakkaiden parametointi, jota se ilman muuta tehostaa. Lohkoketjuilla pystytään rakentaa myös esimerkiksi vakuutusyhtiöiden yhteinen luvussa 2.4 selitetty konsortio lohkoketju, jossa pidettäisiin historiatietoja vakuutetuista asiakkaista, joka voisi mahdollisesti pienentää vakuutuspetoksien määrää. (Snape 24.1.2023)

Vakuutustoimialalla lohkoketjuteknologian käyttötarkoituksia, tai niihin erikoistuvia yrityksiä on huomattavasti vaikeampi löytää. Tutkimuksen mukaan, jossa tuotiin esille kymmenen eri yritystä, jotka hyödyntävät lohkoketjuteknologiaa, kaikkien näiden esimerkkien keskiössä oli älysopimuksien hyödyntäminen. Älysopimuksia käytettiin liiketoiminta prosessien nopeuttamiseksi. Tutkimuksessa esimerkkiyhtiöistä seitsemän keskittyivät joko lohkoketjun ylläpitämiseen, mutta ei itse vakuutustoimintaan, tai muuten vakuutuskorvauksiin tarvittavan datan yhdistämiseen vakuuttajille. Yksi kymmenestä esimerkkiyhtiöstä oli kansainvälisesti tunnistettu konsulttitoimisto Deloitte. Kymmenestä esimerkkiyrityksestä, vain kaksi oli itse vakuuttajia, ja vain toinen niistä yleisesti tunnistettu yhdysvaltalainen vakuutusyhtiö Nationwide. (Daley 16.3.2023b)

Deloitteen vuonna 2016 julkaiseman selvityksen mukaan lohkoketjuja voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa paremmin esimerkiksi autovakuutuksien uudistamiseksi. Lohkoketjuun voitaisiin kerätä vakuutetun ajodataa muun muassa kuljettajan ajotyylisiä ja kellonajoista, jotka vaikuttavat vahinkojen todennäköisyyteen. Näiden tietojen perusteella vakuutetulle voitaisiin tarjota yksilöllisempiä hintoja, ja mahdollisesti kannustaa kuljettajia vastuullisempaan ajamiseen. Lisäksi lohkoketjuteknologia mahdollistaisi lähes reaaliaikaisen vahinkokäsittelyn, jossa vahinkotapahtuman tiedot yhdistetään älysopimuksien kriteereihin. Niiden täytyessä vakuutettu voisi saada vahingonkorvauksen välittömästi ja ilman vuorovaikutusta kolmannen osapuolen kanssa. Toisena esimerkkinä Deloitte esitti jalokivien alkuperän todentamista lohkoketjuteknologian avulla. Asiakkaat pystyvät todentamaan jalokivistä esitetyt väittämät lohkoketjun avulla kyseisen jalokiven historiasta, tai sen aitoudesta. (Deloitte 2016d)

3.3 Rahoitustoimiala

Lohkoketjujen ylivoimaisesti yleisin ja tunnetuin käyttömuoto on kryptovaluutat. Erityisesti Bitcoin, jota usein pidetään yhtenä ja samana asiana lohkoketjujen kanssa. Pankit ja rahoituslaitokset ovat käyneet kamppailuita eri kryptovaluuttojen kanssa jo jonkin aikaan. Ajan saatossa ympyrä niin sanotusti sulkeutuu, sillä pankit ja rahoituslaitokset ovat alkaneet itse hyödyntämään lohkoketjuja. (Szalay 23.6.2021)

Yksittäinen kryptovaluutta, esimerkiksi Bitcoin, on hajautettu digitaalinen valuutta, joka hyödyntää kryptografista todennusta transaktioista. Kryptovaluutat käyttävät lohkoketjuteknologiaa toimiakseen, ja Bitcoin onkin sama asia kuin sen lohkoketju. Lohkoihin tallennetaan tiedettävästi dataa, joka kryptovaluutoissa on tapahtumaloki ostotransaktioista. Kolmannen osapuolen tarpeettomuus, transaktioiden nopeus (etenkin ulkomaiset rahasiirrot), läpinäkyvyys ja käyttäjän anonymiteettiä pidetään kryptovaluuttojen vahvuuksina. (Kraken) Kryptovaluuttojen määrittelyminen oikeaksi valuutaksi on väitely keskustelunaihe. Kryptovaluuttoja voi käyttää hyödykkeiden ja muiden rahanarvoisten asioiden ostamisessa, jos myyjä siihen suostuu. Kuitenkin suuri vastarinta kryptovaluuttojen kelpuuttamiselle tulee pankkien rintamalta. (Kelleher, 8.10.2023; Central Bank of Ireland,)

Bitcoin on vuonna 2009 aloitettu maailman ensimmäinen kryptovaluutta. Bitcoinin on perustanut anonyyminä edelleen oleva Satoshi Nakamoto, kutsuttu henkilö, tai ryhmä henkilöitä. Bitcoin on suosituin ja suurin kryptovaluutta maailmassa. Bitcoinin lohkoketju mahdollistaa 21 miljoonan Bitcoinin maksimimäärän, jonka seurauksena moni uskoo, että Bitcoinin arvo jatkaa kasvamista. (Ashford, 8.6.2022) Yhden bitcoinin arvo tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa on noin 61 800 €, joten koko teoreettisen Bitcoin lohkoketjun arvo, missä arvo määritellään tämänhetkisen Bitcoinin arvon perusteella, olisi 1 297 800 000 000 €, eli biljoonakaksisataayhdeksänkymmentäseitsemänmiljar-
diakahdeksansataamiljoonaa euroa. (Coinbase.com)

Ethereum on vuonna 2015 perustettu maailman toiseksi suurin kryptovaluutta. Ethereum poikkeaa Bitcoinista merkittävästi, eikä sen käyttö valuuttana ole sen ainoa käyttötarkoitus. Ethereumin lohkoketjua käytetään muun muassa eri peliliiketoiminnassa ja applikaatioissa. Lisäksi Ethereum on siirtynyt vuonna 2022 Proof of Work konsensusmekanismista Proof of Stake konsensusmekanismiin. (Rodeck 1.3.2024)

Pankkien ja rahoituslaitosten mielenkiinto on kuitenkin herännyt lohkoketjuihin. Samainen teknologia, mitä vastaan on taisteltu vuosia, onkin nyt lisäarvoa ja mielenkiintoa nostattava teknologia. Käyttötarkoitus luonnehditaan erilaisena, ja sitä se onkin. Lohkoketjuteknologian ominaisuuksiin kuuluu tietokannan hajauttaminen, ja kolmannen osapuolen tarpeettomuus. Pankit ovat näitä kyseisiä kolmansia osapuolia, joten vastakkainasettelu on selvä. (Undheim 20.11.2014)

Pankit ja rahoitusalan toimijat ovat ottaneet käyttöön lohkoketjut, jotka mahdollistavat teknologian avulla nopeamman ja helpomman tavan transaktioille. Käyttäjät pystyvät seuraamaan transaktioita samalla tavalla, kun kaikissa lohkoketjuissa, eli reaaliaikaisesti. Transaktiot siirtyvät nopeammin, esimerkiksi päiviä kestävät pankkisiirrot voidaan lohkoketjujen avulla tehdä sekunneissa. Nämä kaikki tekijät luovat käyttäjille lisäarvoa.

Pankkien näkökulmasta voisi ajatella, että transaktiot mitä ei tehdä heidän verkostonsa kautta olisi pitkällä aikavälillä menetys liiketoiminnalle. Lohkoketjuilla on kuitenkin aito hyöty myös pankeille, sillä lohkoketjujen, ja älysovimuksien avulla transaktiot voidaan hyvin pitkälti automatisoida. Transaktiot hyväksytään protokollan mukaan, eikä siihen tarvita työvoimaa. Työvoiman tarpeen aleneminen pienentää yrityksen kustannuksia, ja parantaa siten liiketoiminnan kannattavuutta. Tästä voidaan koota yhteenveto, että lohkoketjut tuovat jopa lisäarvoa pankeille ja heidän palveluilensa. (Shoushany 31.1.2023)

3.4 Elintarvikeala

Lohkoketjuja käytetään tällä hetkellä elintarvikkeiden tuotantoketjussa pitkälti yrityskohtaisesti, esimerkiksi suuret ruokakauppa- ja elintarvikeketjut, kuten yhdysvaltalainen ja markkina-arvoltaan ylivoimaisesti suurin päivittäistavara- ja elintarvikeketju WalMart, sekä ranskalainen Carrefour, joka löytyy myös maailman isoimpien päivittäistavara- ja elintarvikeketjujen listalta kymmenen suurimman joukosta (Kolmar 20.4.2023). Elintarviketuottajistakin esimerkiksi norjalainen lohenkasvattaja Atea käyttää lohkoketjuja tuotteiden alkuperäisyyden todentamiseen. Kirjallisuuden ja kansainvälisten artikkeleiden mukaan voidaan ymmärtää, että lohkoketjuteknologiassa on potentiaalia elintarvikealalla, mutta sen käyttö on toistaiseksi rajallista. (Vesin 26.5.2020)

Elintarviketuotannossa on yrityksiä, jotka jalostavat tuotteensa koko tuotteen elinkaaren alusta loppuun, esimerkiksi karjan kasvatuksesta teurastukseen, ja aina jatkojalostamista lopputuotteeksi. Näitä elintarviketuotannon koko elinkaaren hallitsevia yrityksiä on lukuisia, ja sillä haastavalla alalla nämä yritykset ovat usein markkinajohtajia. Elintarvikealalle on ominaista se, että alalla on kuitenkin määrällisesti enemmän pienempiä toimijoita, jotka keskittyvät vain osaan tuotteen jalostamiseen. Pienemmille yrityksille on siis tyypillistä, että raaka-aineet ostetaan toiselta yritykseltä, ja yritys tuottaa raaka-aineelle jalostusarvoa. Raaka-aineen ostaminen lopputuotteen tekemiseen sisältää riskejä. Riskit liittyvät raaka-aineen alkuperään ja toimittajan luotettavuuteen, mutta myös muiden tuotteen ja asiakirjojen oikeanmukaisuuteen liittyviä riskejä, esimerkiksi tuotteen oikea paino. (Justice 2023)

Suomeen maahantuotujen tuotteiden asiakirjojen ja tuotteiden vastaavuudesta ei voida olla varmoja, koska alkutuotanto ei ole Suomessa, ja sen todentaminen on haasteellista. Asetelman takia raaka-aineen toimittajan vilpittömyyteen pitää uskoa, eikä sitä pysty täysin kyseenalaistamaan. Globaalina ongelmana on tuotteiden epärehellinen todenperäisyys, esimerkiksi taloudellisen hyödyn tavoittelemiseksi. (Ruokavirasto 5.9.2023a; Ruokavirasto 5.9.2023b) Suomen Tulli valvoo maahantuotuja tuotteita laboratorio menetelmin. (Ruokavirasto 5.9.2023a; Ruokavirasto 5.9.2023b) Lohkoketjun avulla voitaisiin olla varmoja tuotteiden oikeanmukaisuudesta, eli toimittajan vilpittömyyteen luotetaan. (Fao 2022)

Ruokavirasto valvoo elintarvikkeiden tuotantoketjuja Suomessa, esimerkiksi maataloustuotteiden turvallisuutta ja niiden kuluttamia rehuja, lannoitteita, tai muita raaka-aineita, kuten luvussa 2.1 on kerottu tarkemmin. Käytännön tasolla valvonta Suomessa on kuitenkin kuntien vastuulla ja pienemmissä kunnissa valvontaan käytetyt resurssit ovat suhteellisen suuret. Lohkoketjuteknologialla toimintaa saataisiin tehostettua. Toiminnan tehostaminen parantaisi myös sen laatua. Elintarvikkeiden toimitusketjujen tehostaminen on myös yhdistyneiden kansakuntien ruokaviraston FAO:n (Food and Agriculture Organization of the United Nations) tavoitteena. FAO:n näkemys on, että lohkokejuilla olisi suuri potentiaali tehostaa tuotteiden ja raaka-aineiden jäljitettävyyttä ja läpinäkyvyyttä, ja sillä pystyttäisiin vähentämään jopa tuotteiden hiilijalanjälkeä. (Fao, 2022; Ruokavirasto 5.9.2023a)

Aikaisemmin mainittuna esimerkkinä yhdysvaltalainen päivittäistavarakauppaketjujätti WalMart otti ensimmäisen askeleen lohkokejujen käyttöön elokuussa vuonna 2017. Aluksi lohkokeju toimi kuu- den tavarantoimittajan piirissä ja noin vuoden päästä WalMart teki päätöksen laajentaa lohkokeju- aan kaikkiin lehtivihreä tuotteisiinsa tarjolla. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että tavarantoimittajien ja kasvattajien pitäisi ilmoittaa tarvittavat tiedot tuotteistaan WalMartin lohkokejuun. Lohkokeju on sittemmin laajentunut ja WalMart on ilmoittanut vähentäneensä ruokahävikin määrää. Ruokahävi- kin lisäksi WalMart kertoi käytännöllisen esimerkin lohkokejun tuomasta hyödystä, jossa ennen lohkokejun käyttöön ottamista myymälän hyllyssä olevan mangohedelmän alkuperän paikantami- nen kesti kokeen mukaan kuusi päivää 18 tuntia ja 26 minuuttia. Lohkokejun käyttöön ottamisen jälkeen mangohedelmän alkuperän paikantaminen kesti vain 2,2 sekuntia. Myös edellä mainittuna ranskalainen CarreFour on ottanut käyttöön lohkokejuteknologian itse tuottamiensa luomutuottei- den keskuudessa. Kuluttaja voi halutessaan selvittää muun muassa tuotteen alkuperän, logistiikka- tiedot, kasvatustiedot, sertifikaatit ja tuotteesta tehdyn analyysin tulokset helposti skannaamalla QR-koodin tuotteesta. (Sristy 30.11.2021; CarreFour 12.4.2022)

4 Tulokset ja yhteenveto

	Mahdollisuus innovatiivisiin uudistuksiin	Merkittävä taloudellinen hyöty	Uskottavia käytökokemuksia	Tutkija oppinut uutta toimialasta
Hyvinvointiala	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Vakuutustoimiala	Kyllä	Kyllä	Satunnaisia	Kyllä
Rahoitustoimiala	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Elintarvikeala	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei

Taulukko 1. Informatiivinen taulukko tutkimuksen löydöksistä.

Tässä pääluvussa esitetään tutkimuskysymyksiin löytyneet tulokset. Tutkimuksen tuloksilla tarkoitetaan tutkimuskysymyksiin löydettyillä vastauksilla pääluvussa kaksi ja kolme esitetyn materiaalin perusteella. Tutkimuskysymyksiin vastataan niiden esittämässä järjestyksessä, eli: mikä on elintarviketoimitusketjujen nykytila Suomessa? Soveltuisiko lohkokejtuteknologia elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamiseksi? Ja mitä hyötyjä lohkokejtuteknologia voisi tuoda elintarviketoimitusketjujen valvonnassa?

Tutkimuskysymyksiin oli tarkoitus löytää vastauksia tutkimuksen empiirisessä osiossa, eli tutkimuksen kolmannessa luvussa selvittämällä miten lohkokejtuteknologiaa hyödynnetään vertailun kohteena olevilla toimialoilla. Valikoidusta neljästä toimialasta elintarvikeala itse oli yksi näistä, jotta lukija ymmärtää myös mikä on toimialojen keskinäisen vertailukohteen nykytilanne. Tarkoituksena oli löytää toimialoja, joissa lohkokejtuteknologiaa on hyödynnetty mahdollisimman monipuolisesti eri liiketoiminnan käyttötarkoituksiin, esimerkiksi liiketoimintaprosessien tehostamiseen.

Lohkokejtujen kehittynein, tai monipuolisin käyttö löytyi rahoitustoimialalta, jossa kryptovaluutoilla on suuri merkitys. Tutkimuksen perusteella kryptovaluutoissa lohkokejtujen käyttäminen ei kuitenkaan synnytä, tai edes kannusta, innovointiin, joten rahoitustoimialan tituleeraamien kehittyneimmäksi lohkokejtujen hyödyntäjäksi olisi vähintään kyseenalaista ja tulokulma kysymys. Hyvinvointialalla lohkokejtuteknologialla pyrittiin innovoimaan uusia käyttötarkoituksia, joka voi jonkun mielestä olla nuoren teknologian paras käyttötarkoitus. Esimerkiksi väärinnettujen lääkkeiden todentamiseen, ja reseptilääkkeiden väärinkäyttöihin on kehitetty tapoja puretua lohkokejtujen avulla, joka on kansakuntaa edistäviä innovaatioita. Vakuutustoimialalla lohkokejtujen käyttöönottoaminen on hitaampaa syystä tai toisesta. Lohkokejtulla ja älysovimuksilla voisi olla lupaava tulevaisuus vakuutustoimialalla liiketoimintojen ja asiakaskokemuksien virtaviivaistamisessa, jonka ajankohta jää nähtäväksi, tai ehkä se on juuri meneillään.

4.1 Mikä on elintarviketoimitusketjujen nykytila Suomessa?

Elintarviketoimitusketjujen nykytilaan Suomessa vaikuttaa pitkälti siihen koskeva lainsäädäntö, säädökset ja viranomaisten ohjeistukset. Suomen elintarviketuotanto on EU lainsäädännön alaisena, jolla pyritään suojaamaan kuluttajia haitallisilta raaka-aineilta ja harhaan johtavalta markkinoinnilta. Suomessa elintarvikkeiden laatua kehittää Ruokavirasto, mutta sen käytännön valvonnasta on vastuussa lähinnä kunnat ja loppukädessä tuotantolaitokset itse. Suomessa on turvauttu elintarviketuotantolaitosten itse laatimisiin omavalvontasuunnitelmiin, jota viranomaiset valvoivat. Omavalvontasuunnitelmien toimivuus on siis elintarvikkeiden laadun rakentaja. (Ruokavirasto. 5.9.2023a)

Tutkimuksessa ilmeni elintarviketuotantolaitosten omavalvonta suunnitelmien ja kyseisten suunnitelmien toimivuuden lisäksi maahantuotujen elintarvikkeiden valvonta. Maahantuotujen elintarvikkeiden valvonnasta vastaa Tulli ja Ruokavirasto. Tulli valvoo EU:n sisältä maahantuotuja elintarvikkeita, kun Ruokavirasto valvoo EU:n ulkopuolelta maahantuotuja elintarvikkeita. Tutkimuksessa ei kuitenkaan ilmennyt EU:n sisäisten, tai sen ulkopuolelta tuotujen elintarvikeryhmien suuruuksia, joka ei varsinaisesti vaikuttanut tutkimukseen heikentävästi.

Tutkimuksessa ilmeni elintarviketoimitusketjujen tarkka valvonta (Ravintolatoiminnan aloittaminen). Tutkimuksessa ilmeni kuitenkin, että valvonta kohdistuu edellä mainittuihin omavalvontasuunnitelmiin, jotka voivat vaihdella yritysten kesken. Erityisesti valvonnan kohteena tuntui olevan tuotantolaitokset raaka-aineiden tuotantoon, raaka-aineiden jalostamiseen, tai niiden pakkaamiseen keskittyvät yritykset. Elintarviketoimitusketjuissa on kuitenkin käytännön vaiheita näiden toimintojen ulkopuolella, esimerkiksi logistiikassa. Tutkimuksessa ei selvinnyt rajoituksia, tai suosituksia elintarvikkeiden logistiikasta, tai siinä ilmeenevien ongelmakohtien hoitamiseksi, tai välttämiseksi.

Lohkoketjuteknologialle ominaista on datan turvallinen säilöminen ja sen muokkaamattomuus jälkeenpäin. Lohkoketjuteknologialla voisi olla logistiikan valvonnassa laatua parantava merkitys. Tutkimuksessa esimerkkiyrityksinä käytettyjä yhdysvaltalaisen WalMartin ja ranskalaisen Carrefourin perustelut lohkokeitujen tuomisen perusteluja heidän omiin elintarviketoimitusketjuihinsa olivat toimitusketjujen läpinäkyvyyden lisääminen kuluttajille. Tutkimuksessa löydettiin, että toimitusketjujen läpinäkyvyys voisi tuoda enemmän kuluttajien luottamusta yritysten toimintaan. Johdanto kappaleessa esitettyjen kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttavien trendien joukkoon lukeutui niin vastuullisuus, kuin ympäristöystävällisyys. Vastuullisuuden ja ympäristöystävällisyyden todentamiseen lohkokeitjuilla voisi myös olla tarjottavaa.

4.2 Soveltuisiko lohkoketjuteknologia elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamiseksi?

Lohkoketjuteknologian soveltuvuudelle elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamisessa ei ole teknisiä esteitä, ja tutkimuksessa lohkoketjuteknologian käyttö elintarviketoimitusketjujen valvomisen tehostamiseksi osoittautui hyvinkin mahdolliselta. Elintarviketoimitusketjuja ja elintarviketeollisuuden valvonnassa tukeudutaan vahvasti yrityskohtaisiin omavalvontasuunnitelmiin, kuten luvussa 2.1 todettiin. Elintarvikealalla digitalisaatio on ollut hidasta ja se on kohdistunut lähinnä tuotantotekniikan tehostamiseen, kuten luvun yksi johdannossa todetaan. Tuotantotekniikan tehostaminen ei kuitenkaan lisää kuluttajien käyttämien lopputuotteiden jäljitettävyyttä, tai läpinäkyvyyttä, jotka tuovat koko elintarvikealalle hyötyjä luvun 3.4 mukaan niin ruokahävikin pienentämiseen, kuin kuluttajien luottamuksen lisäämiseen.

Elintarviketoimitusketjujen valvomisessa oleellista on tuotteen, tai raaka-aineen alkuperän todentaminen, ja laadun valvominen. Lohkoketjuteknologian avulla ei pystytä suoranaisesti vaikuttamaan tuotteen, tai raaka-aineen laatuun, mutta lohkoketjuun tallennettavan datan avulla voidaan muodostaa parempi käsitys missä kohti toimitusketjua tuotteiden, tai raaka-aineiden laatu on mahdollisesti heikentynyt. Datan muokkaamattomuus lohkoketjussa rajaa pois mahdollisuuden tuotteiden datan muuttamisen harhaan johtaviksi. Esimerkiksi Ruokaviraston tiedotteen mukaan vuonna 2023 Euroopan markkinoilla oli epäilyjä väärennetyistä hunajasta (Ruokavirasto 24.3.2023c). Hunajan väärentäminen tässä tapauksessa tarkoitti hunajassa olevan sokerin alkuperän tulevan muualta kuin vain hunajasta, joka on lainsäädännön vastaista toimintaa (Ruokavirasto 5.9.2023c). Esimerkissä on kyse hunajan virheellisestä sisällöstä, mutta kyse voisi olla esimerkiksi virheellisistä tiedoista hunajan tuotannosta.

Suomeen EU:n ulkopuolelta maahantuotujen elintarvikkeiden valvonnassa tukeudutaan pitkälti Ruokaviraston laboratorio tutkimuksiin, joissa keskitytään tuotteiden sisällön turvallisuuteen. Tuotteen sisällön tutkiminen ei kuitenkaan takaa tuotteen vastuullista tuottamista, eikä tuo toimitusketjuun läpinäkyvyyttä, joka vaikuttaa luvun yksi johdannossa esitetyn tutkimuksen mukaan kuluttajien ostopäätöksiin. Tilannetta voidaan kuvailla niin, että elintarviketeollisuuden kehittyminen ei vastaa tällä hetkellä kuluttajien tarpeita kaikilla niillä osa-alueilla, joihin siihen olisi mahdollisuus. Lohkoketjuteknologia toisi elintarviketoimitusketjuihin: kuluttajien haluamaa läpinäkyvyyttä, paremman ymmärryksen elintarviketoimitusketjujen heikkouksista kaikille sen osapuolille, kuten WalMartin tutkimuksessa havaittiin luvussa 3.4, ja työkalun, jonka avulla ruokahävikkiä saataisiin pienennettyä.

4.3 Mitä hyötyjä lohkoketjuteknologia voisi tuoda elintarviketoimitusketjujen valvon- nassa?

Suomessa elintarvikkeiden valvonta on kehittynyttä, ja sillä pyritään kehittämään suomalaisille tärkeää hyvinvoinnin tukipilaria, eli elintarvikkeiden laatua. Suomalaiset kuluttajat suosivat suomalaista, sillä lähes puolet kulutetuista elintarvikkeista ovat suomalaisia tuotteita, kuten luvussa 2.1 todetaan. Suomalaisten kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttavat muun muassa tuotteen vastuullisuus, ja sen ympäristöystävällisyys, kuten ensimmäisen luvun johdannossa esitettyssä tutkimuksessa todetaan. Vastuullisuus ja ympäristöystävällisyys kävelevät käsi kädessä, sillä ympäristöystävällisyys on yksi vastuullisuuden tekijöistä, mutta siihen lukeutuu myös muita tekijöitä. Vastuullisuuden tekijöitä teollisuusaloilla ovat Rantakarin sanoin: kestävä kehitys, minimaaliset ympäristöhaitat, ihmisoikeuksien ja työoikeuksien kunnioitus, eettinen johtaminen sekä yhteiskunnallista hyvää ja taloutta tuottava toiminta. (Rantakari 18.9.2023)

Vastuullisuus elintarviketoimialalla tarkoittaa kaikkia edellisessä kappaleessa mainittuja vastuullisuustekijöitä. Esimerkiksi kalastamisen tuomat ympäristöhaitat ovat valtavia. Kalakantoja kalastetaan kestävämmällä vauhdilla, sillä kalakannat eivät ehdi palautumaan, eli lisääntymään. Kalastamisessa saaliiksi saattaa jäädä merkittävä määrä kalalajeja, joita kalastajat eivät pysty myymään eteenpäin tuotteina, koska niille kalalajeille ei ole kysyntää. Ongelmana on se, että iso osa vahingossa saalistetuista kaloista kuolee prosessissa. Kalastuksen vastuullisuutta on pyritty kehittämään esimerkiksi eri sertifikaateilla, joiden toimivuudesta nousee esiin paljon kritiikkiä. Kalastajien toimintaa merellä on hankala valvoa, sillä kalasaaliista raportointi on kalastajalla itsellä hallinnassa. Esimerkiksi tähän voitaisiin vaikuttaa lohkoketjuilla sen sisältämän datan muokkaamattomuuden takia. Ongelmaksi jää jäljelle, kuinka kalastajat eivät voi vaikuttaa lohkoketjuun menevään dataan, johon voitaisiin vaikuttaa esimerkiksi kalastusaluksilla toimivien vaakojen olevan yhteydessä suoraan lohkoketjuun. Tällöin vedestä nostettu saalis tulisi kalastusverkossa ensimmäisenä käyttää suuren vaakan kautta, joka kirjattaisiin lohkoketjuun. (World Wildlife Fund; Marine Stewardship Council; McVeigh 2021.)

Elintarviketoimialalla lohkoketjujen käyttö on toistaiseksi melko pientä. Tutkimuksessa nostetut esimerkit ovatkin lähinnä yrityskohtaisia hankkeita, esimerkiksi ranskalaisen CarreFourin hanke koski vain heidän oman brändinsä luomutuotteita, ja niistäkin vain osaa. Yhdysvaltalaisen WalMartin strategia lohkoketjujen tuomiselle omiin toimitusketjuihin saattaa vaikuttaa melko samanlaiselta, kuin CarreFourin, mutta siinä on valtava ero. WalMartin lohkoketjuun liittyi aluksi kuusi suurta tavarantoimittajaa, ja sen käyttöä laajennettiin kokonaiseen tuotesegmenttiin, joka tässä tapauksessa oli lehtivihreät. WalMartin tapauksessa kyse on luultavasti luvussa 2.6 esitetty konsortio lohkoketju, johon siihen kuuluvilla yhteisöillä olisi siihen pääsy. WalMart otti lohkoketjut käyttöön ikään kuin

jaettuna tietokantana, joka muistuttaa huomattavasti ensimmäisen luvun johdannon lopussa annettuun lohkoketjun määritelmään: ”Lohkoketjuteknologia perustuu usein keskittämättömään, eli hajautettuun, lokiin, ilman kolmatta osapuolta.”. Lohkoketjun käyttöön ottaminen toimitusketjuissa voi tuoda hyötyjä mitkä ei kaikille elintarviketoimialalla heti aukene, sillä elintarvikkeiden valvonta on kehittynyttä jo nyt. WalMartin esimerkissä voidaan myös huomata elintarviketoimitusketjussa vain yhden osapuolen kerryttäneen jo lukuisia hyötyjä, kuten: yrityksen kannattavuuteen ja ympäristöön vaikuttava ruokahävikin pienentäminen, tuotteen seurattavuuden tehostaminen ja siihen tarvittavan ajan pienentäminen päivistä sekunteihin, kuluttajien luottamusta lisäävän läpinäkyvyyden parantaminen.

Lohkoketjuteknologian omaksuminen tutkimuksen kolmannessa luvussa käsitellyistä toimialoista vaihtelivat. Hedelmällisimmät kehitysideaat löytyivät kuitenkin hyvinvointialalta, jossa lohkoketjuja käytettiin yhteiskuntaa edistävässä, eli vastuullisissa hankkeissa. Esimerkiksi väärennettyjen lääkkeiden, tai laittomasti määrättyjen reseptilääkkeiden, havaitsemiseen. Lohkoketjuja oli käytetty myös muun muassa lääkkeiden kehitystyössä jaettuna anonyyminä tietokantana, jonka massiivisiin datalähteisiin oli käytetty tekoälyä parempien kehitysideoiden löytämiseksi. Elintarviketoimitusketjuissa vastaavanlaisiin tehtäviin voitaisiin hyödyntää lohkoketjuteknologiaa. Esimerkiksi kalojen, tai muiden raaka-aineiden alkuperän havaitseminen, kun hyvinvointialalla todennettiin lääkkeiden aitous niiden alkuperän perusteella. Esimerkillä voitaisiin vaikuttaa muun muassa tuotteiden vastuullisuuden todentamiseen, ja välttää esimerkiksi kalateollisuuden sertifikaattien vesittymistä. Toisena esimerkkinä voitaisiin luoda kuluttajien ostokäyttämisestä, ja heidän terveystiedoistansa lohkoketju, jonka massiivista datalähdettä jalostettaisiin tekoälyn avulla. Tekoäly osaisi valistaa kuluttajia epäterveellisten elintarvikkeiden haittavaikutuksista, tai vähemmän dramaattisesti kannustaa kuluttajia terveyshyötyjä tuottavien elintarvikkeiden pariin. Elintarviketoimitusketjuissa on myös runsaasti manuaalista työtä, esimerkiksi kauppasuhteissa, tai toimituserien laadun todentamisessa, johon elintarviketoimiala voisi hyödyntää vakuutustoimialan innovaatioita lohkoketjuteknologiasta ja älysopimuksista. Manuaalisten työvaiheiden siirtäminen lohkoketjuihin, ja älysopimuksien pariin, virtaviivaistaisi ja tehostaisi yrityksen toimintaa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että lohkoketjuteknologialla tuo elintarviketoimitusketjuihin jo nykypäivänä hyötyjä, mutta sen valistaminen on vasta alussa. Lohkoketjujen yleistyminen elintarviketoimitusketjuissa, ja varmaankin useassa muussakin toimitusketjussa, on välttämätöntä tulevaisuudessa. Lohkoketjujen hyödyt tähän asti ovat olleet huomattavia, mutta niiden määrä on vielä vähäistä. Tulevaisuudessa lohkoketjujen tuomat hyödyt elintarviketoimitusketjuissa voisi olla: toimitusketjun läpinäkyvyys, vastuullisuuden todentaminen, hiilijalanjäljen pienentäminen, ruokahävikin pienentäminen, toimintaprosessien virtaviivaistaminen ja epäeettisten toimien havaitseminen.

Tutkimuksen myötä herää toivo ja usko, että mahdollisia hyötyjä voisi olla useampiakin, mutta edellä mainitut voidaan todeta mahdollisiksi hyödyiksi tutkimuksen perusteella.

5 Luotettavuus, pohdinta ja jatkotutkimusaiheet

Tässä ja viimeisessä luvussa on tarkoitus tarkastella tutkimuksen luotettavuutta, pohtia tutkimuksen myötä syntyneestä käsityksestä aiheesta, ja pohtia mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan siihen käytetyn tutkimusmenetelmän toteutumisen perusteella, joka oli kvalitatiivinen, eli laadullinen narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Kvalitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, missä pyritään käsittämään aihealueen ominaisuuksia siihen perustuvan kirjallisuuden avulla. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on yksi kirjallisuuskatsauksien alalajeista, jossa kuvaillaan aihealueen kirjallisuutta tutkijan tulkinnan mukaisesti, ja tutkitaan esimerkiksi aihealueen historiaa ja kehitystä. Narratiivisessa kirjallisuuskatsauksessa ei kuitenkaan määritellä metodeja kovinkaan tarkasti, ja lopputuloksena pyritään helposti lähestyttävään ja ymmärrettävään lopputulokseen. (Kreodi 3.6.2022)

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella lohkoketjujen käyttöä elintarviketoimitusketjuissa, ja havainnoida mahdollisia lohkoketjuteknologian tuomia hyötyjä niihin. Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin tutkimaan lohkoketjuteknologian yleistä soveltuvuutta elintarviketoimitusketjuihin. Tutkimuksessa kuvaillaan lohkoketjuteknologian historiaa, kehitystä ja tutkijan omaa näkemystä tulevaisuudesta, myös hänen oman useiden vuosien työkokemuksen mukaan. Nykytilan ja historian kuvaileminen oli narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tuntomerkkejä, joten tutkimuksessa pysyttäydettiin tutkimusmenetelmässä ainakin siltä osin. Lisäksi narratiivisen kirjallisuuskatsauksen lopputuloksella pyritään helppolukaiseen ja helposti lähestyttävään tutkimukseen, jota tutkimus on. Tutkimuksen aihealueet ovat haastavia kuvailla esimerkiksi elintarviketoimitusketjujen monimuotoisuuden, ja lohkoketjuteknologian nuoruuden takia. Tutkimuksessa annettiin kuitenkin laaja ja helposti ymmärrettävä tietoperusta kummastakin aiheesta, joten lopputuloksena on helposti lähestyttävä ja helppolukainen tutkimus.

Tutkimuksessa noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan hyvää tieteellistä käytäntöä, joka pitää sisällään seuraavat huomiot: luotettavuus, rehellisyys, arvostus ja vastuunkanto. Luotettavuudella tarkoitetaan tutkimuksen toiminnan laadun varmistaminen muun muassa tutkimuksen suunnitelmassa, toiminnassa ja materiaalin analysoimisessa. Rehellisyys perustuu tutkimuksen läpinäkyvään raportointiin sillä tämä opinnäytetyö on kaikilla saatavilla. Arvostusta noudatetaan tutkimuksessa esimerkiksi arvostamalla tutkimuksessa käytettyjen lähteiden oikeasta ja rehellisestä merkitsemisestä.

Hyvinvointi on suomalaisille tärkeä asia, ja pääpiirteittäin voidaan todeta, että suomalaiset ovat hyvin voivaa kansaa. Suomalaisten keskuudessa elintarvikkeiden turvallisuus nousee esiin erityisesti, ja Suomessa ollaankin hyvin tietoisia elintarvikkeiden hygieniasta, joka ei ole itsestäänselvyys maailmanlaajuisesti. Sodan jälkeinen suomi on myös rakennettu rautaisella insinööriosuamisella,

joka tunnetaan kansainvälisesti. Elintarviketeollisuus onkin hyvä esimerkki, miten nämä kaksi geeniperimää yhdistyvät. Elintarviketeollisuuden tarkoilla säännöksillä ja suosituksilla halutaan edesauttaa suomalaisten hyvinvointia, mutta myös suomalaisten vahvuuksia säntillisestä elämisestä, joka on meille luonnollista. Elintarvikkeiden laadussa merkittävimmät tekijät ovat: käsittelytilojen hygienia, raaka-aineiden hygienia ja lämpösäätely. Tällä hetkellä kaikkia edellä mainittuja valvotaan tuotantolaitoksien omavalvonnalla, joita viranomaiset valvovat. Elintarvikkeiden arvoketjussa tukeudutaan raaka-aine tuotannon jälkeen jalostamiseen ja jatkojalostamiseen. Tämä usein tarkoittaa sitä, että tuotteet siirtyvät, jopa useita kertoja, eri omavalvontasuunnitelmien valvontaan. Omavalvonta voi kuitenkin vaihdella yritysten kesken, joka voi aiheuttaa mahdollisia haittoja, jos jonkun yrityksen omavalvonnan läpi pääsee kontaminoituneita tuotteita. Todellisen haitan syntymisen riski Suomessa on kuitenkin hyvin pieni. Lohkoketjuteknologian tarkoituksena ei olisikaan täten tarkoitus korvata omavalvontaa, vaan integroitua ja tehostaa sitä.

Raaka-aineita ja tuotteita tuodaan ulkomailta Suomeen myös merkittävä osuus meidän kuluttamistamme elintarvikkeista. Tuotteet saattavat olla esimerkiksi juustoja, raakalihaa, viljaa, tai MSC-sertifioitua kalaa. Maahantuotujen tuotteiden osalta jälleen EU:n sisäisesti maahantuotuja tuotteita valvoo Tulli, ja sen ulkopuolelta maahantuotujen tuotteita valvoo Ruokavirasto. Molemmissa tapauksissa tuotteista tarvitaan asiakirjoja esimerkiksi tuotteen sisällöstä ja toimittajasta. Sisältö tarkistetaan Suomessa laboratoriossa, jossa testataan tuotteiden turvallisuutta. Sisältö kuitenkin testataan aina uudesta saapumisesta, jotta voidaan olla varmoja kyseisen saapumiserän turvallisuudesta, sillä kyseiset valtion viranomaiset eivät luota toimittajamaan tekemiin testituloksiin. Tarkoituksena on edesauttaa suomalaisten hyvinvointia, joka on hyvä yhteinen tavoite. Ne lukijat, jotka tietävät, tai ovat kokeneet tämän prosessin kuitenkin ymmärtävät sen tuomat kustannukset, ja viivästykset.

Lohkoketjujen avulla tuskin saadaan valtion viranomaisia muuttamaan uskomustaan, siitä milloin saapumiseriä tulee testata laboratoriossa tai ei. Lohkoketjuilla voidaan kuitenkin mahdollistaa luotettavimmat testitulokset, ja mahdollisesti auttaa Suomen valtion viranomaisia takaamaan suomalaisille turvallisia elintarvikkeita Suomen ulkopuolelta. Lohkoketjuilla voidaan myös vaikuttaa sertifikaattien aitouteen, esimerkiksi edellä mainittu MSC-sertifikaatti, jonka toimivuutta on kritisoitu. Luvussa 4.3 esitettiin, miten sertifiointiin voitaisiin puuttua lohkoketjuteknologialla. Saman kaltaisia esimerkkejä voisi olla hunajan vääreennys, tai vaahterasiirapin vääreennös. Samalla tuotteella saattaa olla huomattava hintaero riippuen tuotteen alkuperästä. Esimerkiksi kanadalainen vaahterasiirappi on kalliimpaa kuin kiinalainen vaahterasiirappi, tai ranskalainen viini on kalliimpaa kuin espanjalainen viini. Normaali kuluttaja ei kuitenkaan luultavimmin huomaa eroa kiinalaisessa, tai kanadalaisessa vaahterasiirapissa tietämättä, jonka takia kiinalaisen vaahterasiirapin myyminen kanadalaisena vaahterasiirappina nostaa tuotteen hintaa, ja johtaa kuluttajaa harhaan.

Lohkoketjuteknologia on melko yksinkertainen pääpiirteittäin. Se onkin ikään kuin tietorakenne, jossa data on niputettu lohkoihin ja sen jälkeen sitä ei voi muuttaa. Tutkimuksessa todettiin kuinka tietoturvallinen vaihtoehto lohkoketjuteknologia on, esimerkiksi tietokantoihin verrattuna. Aiheesta vähän tietävät kuitenkin yhdistävät lohkoketjuteknologian Bitcoinin, jonka merkitystä kritisoidaan aktiivisesti. Lohkoketjut eivät ole siis Bitcoineja, vaan Bitcoin on yksi lohkoketju. Tätä suhdetta voidaan kuvastaa esimerkiksi seuraavasti: kaikki henkilöautot eivät ole Fordeja, vaikka Ford aloitti ensimmäisenä henkilöautojen massavalmistuksen, vaan Fordit ovat autoja niin kuin ovat muutkin autonvalmistajien valmistamat autot. Kryptovaluuttoihin suhtaudutaan vaihtelevasti, ja niitä epäilevien määrä on merkittävä. Epäilyn syynä on varmaankin ainakin osittain kryptovaluutoissa tapahtuvat huijaukset, joissa tapahtuu suuria kavalluksia, tai koko lohkoketjua ei ole alkujaankaan olemassa. Näiden esimerkkien herätessä kysymykseksi herää, onko lohkoketjuteknologian paras hyödyntäminen valuutoissa? Tutkimuksen myötä tutkija voi todeta, että lohkoketjujen käyttö valuutoissa ei ole sen paras käyttötarkoitus. Kryptovaluutoissa tietomurtajalla, tai muilla huijareilla on liian isot motiivit toimia lohkoketjua vastaan, kuten esimerkiksi on pankkiryöstäjällä, tai muilla talousrikollisilla. Kryptovaluuttojen heijastama negatiivinen valo lohkoketjuteknologiaa kohti vaikuttaa lohkoketjujen luotettavuuteen ja uskollisuuteen, joka itsessään olisi hyvä jatkotutkimusaihe.

Kryptovaluuttojen aiheuttama epäusko hidastaa lohkoketjuteknologian yleistymistä, vaikka sille on toki muitakin tekijöitä. Lohkoketjujen käyttöön ottaminen ei ole yksinkertaista, eikä luultavasti niiden rakentamiseenkaan. Sen käyttöön ottaminen tarkoittaa yrityksille kokonaan uuden tavan toimia, jotta data saadaan oikein lohkoketjuihin. Tutkimuksessa on noussut esiin lukuisia, sekä erittäin innovatiivisia käyttötarkoituksia lohkoketjuille esimerkiksi hyvinvointialalla, ja todistettavaa lisäarvoa tuotaneita hankkeita esimerkiksi WalMartin pienentynyt ruokahävikki. Tutkimuksen myötä on herännyt entistä vahvempi usko jo jonkin aikaan erityisen mielenkiinnonkohteena olevaan teknologiaan, eli lohkoketjuteknologiaan. Aika näyttää millä tavoin tulemme niitä hyödyntämään tulevaisuudessa. Tämän tutkimuksen aikana tutkija on oppinut suunnattoman paljon liiketoiminnasta eri toimialoilla kansainvälisesti, ja myös vähän lohkoketjuteknologiasta.

Tutkimuksen aikana ilmeni haasteita pysyttäytyä aiheen rajauksissa, koska lohkoketjuteknologian käyttötarkoitukset ovat niin monipuolisia, että sitä voitaisiin hyödyntää lähes kaikessa. Aikaisemmassa kappaleessa pilkahteli jo yksi jatkotutkimusaihe, eli kryptovaluuttojen aiheuttaman epäluulon vaikutukset lohkoketjuteknologian yleistymiseen. Jatkotutkimuksessa olisi syytä tutkia syvemmin, jos lohkoketjuteknologian uumenissa on jotain esteitä teknologian yleistymiseen. Lisäksi tutkimuksessa kävisi ilmi kuinka yleisesti tunnettuja aihealueita lohkoketjuteknologia ja kryptovaluutat ovat. Toinen jatkotutkimusaihe, mikä nousi esiin tutkimuksen aikana, on tutkia lohkoketjuteknologian käyttöä lämpösäädelyssä logistiikassa. Jatkotutkimuksessa voitaisiin hyödyntää tämän tutkimuksen tietoperustaa osittain, ja jatkotutkimus voisi olla toiminnallinen tutkimus.

Jatkotutkimuksessa tutkittaisiin nykyisiä valvontaan liittyviä säädöksiä, ja valvontateknologiaa. Lohkoketjuilla voitaisiin luoda esimerkiksi logistiikkakertomus, joka tiivistäisi logistiikan aikana toteutuneet: matalin lämpötila, korkein lämpötila, lämpötilan keskiarvo ja mahdolliset häiriöt.

Lähteet

Aluehallintovirasto, Aluehallintovirastot. Luettavissa: <https://avi.fi/aluehallintovirastot>. Luettu: 8.3.2024.

Asaad, J. 9.6.2022. Fixing The 5 Big Problems in The Food Supply Chain. The Network Effect. Luettavissa: <https://supplychainbeyond.com/5-big-problems-in-the-food-supply-chain/>. Luettu: 12.3.2024.

Ashford, K. 8.6.2022. What Is Bitcoin And How Does It Work? Forbes. Luettavissa: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-bitcoin/>. Luettu: 7.3.2024.

Aswal, P. 15.3.2024. What are Blockchain nodes? Detailed Guide. Blockchain Council. Luettavissa: <https://www.blockchain-council.org/blockchain/blockchain-nodes/>. Luettu: 2.4.2024.

Ballejos, L. 2.2.2024. What Is SHA-256? NinjaOne. Luettavissa: <https://www.ninjaone.com/it-hub/endpoint-security/what-is-sha-256/>. Luettu: 5.3.2024.

Baloian, A. 3.12.2018. How Public Key Cryptography Works? Medium. Luettavissa: <https://baloian.medium.com/how-to-generate-public-and-private-keys-for-the-blockchain-db6d057432fb>. Luettu: 13.3.2024.

CarreFour. 12.4.2022. Carrefour is the first retailer to use blockchain technology with its own brand organic products, providing consumers with more transparency. Luettavissa: https://www.carrefour.com/sites/default/files/2022-04/CARREFOUR_bio_blockchain.pdf. Luettu: 27.3.2024.

Central Bank of Ireland. Explainer – What are cryptocurrencies like bitcoin? Luettavissa: <https://www.centralbank.ie/consumer-hub/explainers/what-are-cryptocurrencies-like-bitcoin>. Luettu: 7.3.2024.

Chawla, Y. 19.10.2022. How Can Blockchain Be Used in Different Industries? Dac.Digital Blog. Luettavissa: <https://dac.digital/how-can-blockchain-be-used-in-different-industries/>. Luettu: 2.5.2023.

Clark, M. 9.11.2021, Blockchain, explained. The Verge. Luettavissa: <https://www.theverge.com/22654785/blockchain-explained-cryptocurrency-what-is-stake-nft>. Luettu: 7.3.2024.

Cryptopedia by Gemini. 28.6.2022. What Are Public and Private Keys? Cryptopedia by Gemini. Luettavissa: <https://www.gemini.com/cryptopedia/public-private-keys-cryptography>. Luettu: 6.3.2024.

Daley, S. 16.3.2023b. 10 Blockchain Insurance Examples to Know. Built In. Luettavissa: <https://builtin.com/blockchain/blockchain-insurance-companies>. Luettu: 27.3.2024.

Daley, S. 16.2.2023a. Blockchain in Healthcare: 17 Examples to Know. Built In. Luettavissa: <https://builtin.com/blockchain/blockchain-healthcare-applications-companies>. Luettu: 25.3.2024.

Deloitte d. Blockchain applications in insurance. Luettavissa: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/innovation/ch-en-innovation-deloitte-blockchain-app-in-insurance.pdf>. Luettu: 27.3.2024.

Deloitte a. Life Sciences. Luettavissa: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/life-sciences/about.html>. Luettu: 25.3.2024.

Deloitte b. Health Care. Luettavissa: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/health-care/about.html>. Luettu: 25.3.2024.

Deloitte c. Life Sciences & Health Care. Luettavissa: <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/life-sciences-health-care/about.html>. Luettu: 25.3.2024.

Dock.io. 19.3.2024. Public vs. Private Blockchains: Which Is Better? Dock.io. Luettavissa: <https://www.dock.io/post/public-vs-private-blockchains>. Luettu: 20.3.2024.

Elintarvikelaki 9.4.2021/297. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210297>. Luettu: 2.4.2024.

Elintarviketeollisuusliitto. Elintarviketeollisuus toimialana. Elintarviketeollisuusliitto. Luettavissa: <https://www.etl.fi/tietoa-ruoka-alasta/elintarviketeollisuus-toimialana/>. Luettu: 12.3.2024.

Euroopan komissio. Elintarviketurvallisuus. Euroopan komissio. Luettavissa: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/food-safety_fi. Luettu: 3.4.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 178/2002, annettu 28 päivänä tammikuuta 2002, elintarvikelainsäädäntöä koskevista yleisistä periaatteista ja vaatimuksista, Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen perustamisesta sekä elintarvikkeiden turvallisuuteen liittyvistä menettelyistä. Luettavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32002R0178>. Luettu: 27.3.2024.

Feger, A. 19.10.2023. Blockchain technology: What it is, benefits, and its cross-industry applications. eMarketer. Luettavissa: <https://www.emarketer.com/insights/blockchain-technology-applications-use-cases/>. Luettu: 22.3.2024.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Exploring Blockchain Technology to Transform Agrifood Systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Luettavissa: <https://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1599315/>. Luettu: 5.5.2023.

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu 2022. Ohje tutkimustyyppiselle opinnäytetyölle. Luettavissa: <https://www.haaga-helia.fi/sites/default/files/file/2022-02/tutkimustyyppinen-ont-ohje.pdf>. Luettu: 28.3.2024.

Harvard Business Review. 31.5.2023. The Food and Beverage Sector Needs to Embrace Digital Transformation to Achieve Sustainability Goals. Harvard Business Review. Luettavissa: <https://hbr.org/sponsored/2023/05/the-food-and-beverage-sector-needs-to-embrace-digital-transformation-to-achieve-sustainability-goals>. Luettu: 21.3.2024.

Nohe, P. 9.11.2018. Re-Hashed: The difference Between SHA-1, SHA-2 and SHA-256 Hash Algorithms. HashedOut by The SSL Store. Luettavissa: <https://www.thesslstore.com/blog/difference-sha-1-sha-2-sha-256-hash-algorithms/>. Luettu: 5.3.2024.

Hayes, A. 15.12.2023. Blockchain Facts: What Is It, How It Works, and How It Can Be Used. Investopedia. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>. Luettu: 6.3.2024.

HE 3/2021 vp, Hallituksen esitys eduskunnalle elintarvikelaiksi ja laiksi sakon täytäntöönpanosta annetun lain 1 §:n muuttamisesta.

Helleher, J. 8.10.2023. Why Do Bitcoins Have Value? Investopedia. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/ask/answers/100314/why-do-bitcoins-have-value.asp>. Luettu: 7.3.2024.

Investopedia. 31.5.2023. Distributed Ledger Technology (DLT): Definition and How It Works. Investopedia. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledger-technology-dlt.asp>. Luettu: 5.3.2024.

Kolmar, C. 20.4.2023. The 15 largest Food Retailers in The World. Zippia. Luettavissa: <https://www.zippia.com/advice/largest-food-retailers/>. Luettu: 25.3.2024.

Kreodi. 3.6.2022. Kirjallisuuskatsauksen ohjaus- perustana tutkimuskysymys ja ohjaushaastattelu. Kreodi. Luettavissa: <https://www.kreodi.fi/arkisto/artikkelit/kirjallisuuskatsauksen-ohjaus-perustana-tutkimuskysymys-ja-ohjaushaastattelu.html>. Luettu: 25.3.2024.

Lauronen, E. 23.10.2019. 30 000 tuotetta yhdessä kaupassa – miksi ihmeessä? K-ruoka. Luettavissa: <https://www.k-ryhma.fi/artikkeli/30-000-tuotetta-yhdessa-kaupassa-miksi-ihmeessa>. Luettu: 21.3.2024.

LCX Team. 23.11.2023. Block Hashing Blockchain Explained. LCX. Luettavissa: <https://www.lcx.com/block-hashing-in-blockchain-explained/>. Luettu: 3.4.2024.

Liu, B. 23.11.2023. 3 of the biggest blockchain tech developments in 2023. Blockworks. Luettavissa: <https://blockworks.co/news/biggest-blockchain-developments-2023>. Luettu: 25.3.2023.

Mansa, J. 9.1.2022. What Is a Block in the Crypto Blockchain, and How Does It Work? Investopedia. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/b/block-bitcoin-block.asp>. Luettu: 22.3.2024

Marine Stewardship Council. What is MSC? Luettavissa: <https://www.msc.org/about-the-msc/what-is-the-msc>. Luettu: 2.4.2024.

McVeigh, K. 26.7.2021. Blue ticked off: the controversy over the MSC fish 'ecolabel'. The Guardian. Luettavissa: <https://www.theguardian.com/environment/2021/jul/26/blue-ticked-off-the-controversy-over-the-msc-fish-ecolabel>. Luettu: 2.4.2024.

Napoletano, E. 25.8.2023. Proof Of Stake Explained. Forbes. Luettavissa: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/proof-of-stake/>. Luettu: 6.3.2024.

Napoletano, E. 3.1.2024. Proof of Work Explained. Forbes. Luettavissa: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/proof-of-work/>. Luettu: 6.3.2024.

Nevil, S. 27.5.2023. What Is Proof of Work (PoW) in Blockchain? Investopedia. Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-work.asp>. Luettu: 6.3.2024.

Patel, S. How Does Blockchain Support Data Privacy? Sidekick. Luettavissa: <https://www.meetsidekick.com/how-does-blockchain-support-data-privacy/>. Luettu: 7.3.2024.

Pratt, M. 1.6.2021. Blockchain. TechTarget. Luettavissa: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/blockchain>. Luettu 30.4.2023.

Rantakari, R. 18.9.2023. Mitä on vastuullisuus? ExcellenceFinland. Luettavissa: <https://www.excellencefinland.fi/mita-on-vastuullisuus/>. Luettu: 2.4.2024.

Ravintolatoiminnan aloittaminen. Osa_5_omavalvonta_ravintolat.pdf. Ravintolatoiminnan aloittaminen. Luettavissa: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/elintarvikeala/toiminnan-aloittaminen/pk/ravintolan-perustaminen/osa_5_omavalvonta_ravintolat.pdf. Luettu: 25.3.2024.

Rodeck, D. 1.3.2024. What Is Ethereum? How Does It Work? Forbes. Luettavissa: <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-ethereum-ether/>. Luettu: 8.3.2024.

Ruokavirasto. 24.3.2023c. Hunajan väärennysepäilyjä Euroopan markkinoilla. Ruokavirasto. Luettavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikealan-utiset/hunajan-vaa-rennysepailyja-euroopan-markkinoilla/>. Luettu: 16.4.2023.

Ruokavirasto. 5.9.2023a. Elintarvikevalvonta. Ruokavirasto. Luettavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/valvonta/>. Luettu: 8.3.2024.

Ruokavirasto. 5.9.2023b. Omavalvonnalla hallitaan vaara- ja riskitekijöitä. Ruokavirasto. Luettavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikeyrityksen-perustaminen-ja-omavalvonta/omavalvonta-ja-jaljitettavyys/omavalvonta/>. Luettu: 25.3.2024.

Sanoma. 6.5.2022. 72 % suomalaisista kokee vastuullisuuden tärkeänä kriteerinä elintarvikkeiden ostopäätöksissä. Sanoma. Luettavissa: <https://media.sanoma.fi/ajankohtaista/nakemyksia-markkinoinnista/72-suomalaisista-kokee-vastuullisuuden-tarkeana-kriteerina>. Luettu: 21.3.2024.

Setälä, J., Jansik, C. & Saarni, K. 25.5.2022. Mitä lihan ja kalan hinnoille tapahtuu? Kehittyvä elintarvike. Luettavissa: <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/talous-liiketoiminta/mita-lihan-ja-kalan-hinnoille-tapahtuu/>. Luettu: 25.3.2024.

Shoushany, R. 31.1.2023. How Fintech and Blockchain Are Evolving And Disrupting Financial Institutions. Forbes. Luettavissa: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/01/31/how-fintech-and-blockchain-are-evolving-and-disrupting-financial-institutions/>. Luettu: 16.5.2023.

Snape, G. 24.1.2023. Is blockchain finally coming for the insurance industry? Insurance Business. Luettavissa: <https://www.insurancebusinessmag.com/us/news/technology/is-blockchain-finally-coming-for-the-insurance-industry-433879.aspx>. Luettu: 22.3.2024.

Sristy, A. 30.11.2021. Blockchain in the food supply chain – What does the future look like? Walmart. Luettavissa: https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/news/articles/blockchain-in-the-food-supply-chain.html. Luettu: 27.3.2024.

SSLP. 22.7.2023. UNIT-1.3:Components of block in Blockchain. Medium. Luettavissa: <https://medium.com/@slpbphdvit/unit-1-3-components-of-block-in-blockchain-84f46bb6e576>. Luettu: 7.3.2024.

Statista. 2024. Revenue of the food market worldwide from 2018 to 2028. Statista. Luettavissa: <https://www.statista.com/forecasts/1243605/revenue-food-market-worldwide>.

StIPartners. 5 blockchain healthcare use cases in digital health. StIPartners. Luettavissa: <https://stipartners.com/articles/digital-health/5-blockchain-healthcare-use-cases/>. Luettu: 25.3.2024.

Szalaya, E. 23.6.2021. Central Banks Step up Fight Against Cryptocurrencies. Financial Times. Luettavissa: <https://www.ft.com/content/b6a3bf06-ad6b-4ab4-9ae3-15aca453f50d>. Luettu: 16.5.2023.

Tamplin, T. 7.9.2023. Blockchain Size. Finance Strategists. Luettavissa: <https://www.financestrategists.com/wealth-management/blockchain/blockchain-size/>. Luettu: 7.3.2024.

Undheim, T. 20.11.2014. Why Banks Fear Bitcoin. Fortune. Luettavissa: <https://fortune.com/2014/11/20/why-banks-fear-bitcoin/>. Luettu: 16.5.2023.

United States Attorney's Office. 14.2.2023. Livestock Dealer and Four of Its Managers Sentenced in Widespread Pig Fraud Scheme. United States Attorney's Office. Luettavissa: <https://www.justice.gov/usao-ndia/pr/livestock-dealer-and-four-its-managers-sentenced-widespread-pig-fraud-scheme>. Luettu: 5.5.2023.

Vesin, M. 26.5.2020. Näin elintarvikeala hyödyntää lohkoketjuja – Norjassa lohjet jäljitetään matimunista kalatiskille. Kauppalehti. Luettavissa: <https://www.kauppalehti.fi/kumppaniblogit/vieras-kyna/nain-elintarvikeala-hyodyntaa-lohkoketjua-norjassa-lohjet-jaljitetaan-matimunista-kalatis-kille/16cc0de7-0ba8-5459-9c82-28710e5625f1>. Luettu 16.4.2023.

Vespia, C. 21.5.2021. Food Supply Chain – What is it? ZIPHACCP. Luettavissa: <https://ziphaccp.com/food-supply-chain.html>. Luettu: 12.3.2024.

World Health Organization. 19.5.2022. Food Safety. World Health Organization. Luettavissa: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Luettu: 25.3.2022.

World Wildlife Fund. Overfishing. World Wildlife Fund. Luettavissa: <https://www.worldwildlife.org/threats/overfishing>. Luettu: 2.4.2024.

W3BT. 24.9.2019. Why Blockchain Is The Future | 10,000 Feet Up. W3BT. Luettavissa: <https://w3bt.io/why-blockchain-is-the-future/>. Luettu: 13.3.2024.