



Lohkoketjuteknologia tuotteen toimitusketjussa

Aleksi Makkonen

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Tradenomi

Opinnäytetyö

2023

Tiivistelmä

Tekijä Aleksi Makkonen
Tutkinto Tradenomi
Opinnäytetyön nimi Lohkoketjuteknologia tuotteen toimitusketjussa
Sivu- ja liitesivumäärä 41 + 1
<p>Lohkoketjuteknologian uskotaan olevan yksi tulevaisuuden megatrendeistä. Lohkoketjuja voidaan käyttää lisäämään toimitusketjujen läpinäkyvyyttä, mikä puolestaan parantaa toimitusketjun vastuullisuutta. Yrityksien vastuullisuus paineet ovat kasvaneet erityisesti EU-lainsäädännön seurauksena. Aikaisempi työkokemus toimitusketjujen parista auttoi kirjoittajaa ymmärtämään lohkoketjujen ja toimitusketjujen yhteyttä. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lohkoketjujen toimintaperiaatteita ja lohkoketjujen tarjoamia hyötyjä toimitusketjuille. Työtä rajasi keskittymisen toimitusketjuille tarkoitettuihin toteutuksiin.</p> <p>Tietoperustassa selvitettiin ensin lohkoketjujen toimintaa. Mikroskoopin alla olivat yksittäisten lohkojen sisältö, lohkoketjun rakenne ja älysovimukset. Edellä mainittujen selvittäminen antoi kirjoittajalle pohjan ymmärtää syitä lohkoketjujen tarjoamille hyödyille. Tietoperusta jatkui lohkoketjujen jälkeen toimitusketjuihin, joista selvitettiin SCOR-mallia, lohkoketjujen ja toimitusketjujen rajapintana toimivia teknologioita, sekä tapoja toteuttaa lohkoketjuratkaisu. SCOR-mallia käytettiin kuvailemaan mansikan toimitusketjua, jonka avulla esitetyt esimerkki tilanteet auttoivat liittämään hyötyjä käytäntöön.</p> <p>Työ toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena, jonka menetelmänä toimi kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Tietoperustan lohkoketju osuutta varten perehdyttiin lohkoketjujen esitteisiin ja niistä kirjoitettuihin artikkeleihin. Toimitusketjuihin tutustuttiin kirjallisuuden avulla ja lohkoketjuratkaisuja tutkittiin käyttäen esitteitä, artikkeleja ja palveluratkaisuiden markkinointimateriaaleja. Työ toteutettiin vuosien 2022 marraskuun ja 2023 toukokuun välisenä aikana.</p> <p>Tuloksena syntyi kokonaisuus, jossa ensin avattiin lohkoketjujen toimitusketjuille tarjoamia hyötyjä ja perusteltiin niitä lohkoketjun toimintaperiaatteiden avulla. Hyötyjä esiteltiin mansikan kuvitteellisessa toimitusketjussa. Lohkoketjuratkaisuista esiteltiin oma lohkoketju, lohkoketjualusta ja BaaS-ratkaisu, joita lopuksi vertailtiin keskenään. Kirjoittaja oli päätenyt lopputulokseen, että lähes jokaisen toimitusketjun olisi mahdollista hyötyä lohkoketjusta jollakin tapaa. Oli myös havaittu BaaS-ratkaisujen tekevän lohkoketjuista helppokäyttöisempiä yrityksille.</p>
Asiasanat Lohkoketju, toimitusketju, vastuullisuus, liiketoiminta

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lohkoketju	3
2.1	Lohkon sisältö	4
2.2	Lohkoketjun rakenne	6
2.3	Älysopimukset	10
3	Toimitusketju	12
3.1	SCOR-malli	13
3.2	Rajapinta	15
3.3	Lohkoketjuratkaisut	17
3.3.1	Lohkoketjualusta	17
3.3.2	BaaS	19
3.3.3	Oma lohkoketju	21
4	Tutkimuksen toteutus	22
5	Tutkimuksen tulokset	26
5.1	Lohkoketjun hyödyt	26
5.1.1	Luotettavuus	26
5.1.2	Läpinäkyvyys	30
5.1.3	Tehokkuus	32
5.2	Lohkoketjuratkaisut	33
5.3	Pohdinta	35
	Lähteet	38
	Liitteet	42
	Liite 1. Lohkoketju luvun käännökset ja selitykset	42

1 Johdanto

Sanasta lohkoketju tulee monelle mieleen vain Bitcoin, mutta sitä voidaan käyttää myös tuotteiden toimitusketjuissa. Monet yritykset ovat ottaneet lohkoketjun käyttöön vastatakseen vastuullisuus kysymyksiin. Lohkoketjuteknologian käyttöaste tulee luultavasti tulevaisuudessa kasvamaan entisestään (Keresztes ym., 2022). Erityisesti EU-alueella toimivien yritysten täytyy jatkossa panostaa entistä enemmän vastuullisuuteen, mikä johtuu kiristyvästä EU lainsäädännöstä. CSRD direktiivi velvoittaa yhä useampia yrityksiä raportoimaan tarkemmin vastuullisuuteen liittyviä seikkoja toiminnastaan. (European Commission, 2021) Lisääntyvät vastuullisuus paineet tekevät lohkoketjuista entistä ajankohtaisempia, koska niiden avulla voidaan saada vastauksia näihin vastuullisuus kysymyksiin. Lohkoketjuista on myös muita hyötyjä toimitusketjuille, mutta mitä ne ovat? Myös näitä hyötyjä aion tutkia tässä työssä. Henkilökohtaisesti tutustuin lohkoketjuihin ensimmäistä kertaa vuonna 2017, kun Bitcoinin hinta kasvoi räjähdysmäisesti. Jo tuolloin kuulin toimitusketjujen parissa toimivista ratkaisista. Vuosien mittaan yleinen kiinnostus juuri näitä toimitusketjuratkaisuja kohtaan vaikuttaa kasvaneen rajusti. Tämän seurauksena haluan selvittää lohkoketjujen hyötyjä toimitusketjuille ja niiden syitä. Aiheen valikoitumiseen vaikutti tämän lisäksi myös aikaisempi työkokemus toimitusketjujen parista. Toimiessani kaupan osastovastaavana sain asiakkailta usein kysymyksiä tuotteiden alkuperästä. Varsinkin hedelmien ja vihannesten osalta alkuperän selvittäminen oli usein haastavaa, sillä jokainen ananaslaatikkoa koskettanut toimitusketjun yritys oli leimannut omat tarransa ja viivakoodinsa laatikkoon. Jokaisessa tarrassa on mainittuna toimijan oma paikkakunta. Tämän seurauksena osastovastaavan tai asiakkaan on lähes mahdotonta selvittää niiden perusteella alkuperäistä tuottajaa tai edes tarrojen järjestystä. Vastuullisuus jää tällöin jokaisen toimijan omille harteille ja seuraavan toimijan täytyy sokeasti luottaa edellisten toimijoiden vastuullisuuden olevan kunnossa. Tämän kaltaisiin ongelmiin lohkoketjusta saadaan erittäin toimiva ratkaisu. Suurin osa aikaisemmin lohkoketjuista lukemastani materiaalista on keskittynyt kryptovaluuttoihin, mutta tässä työssä lähden tutkimaan lohkoketjujen toimintaa erityisesti toimitusketjuihin sovellettuna.

Tutkimuksen tavoitteena on rakentaa kokonaisuus, joka vastaa tutkimuskysymykseen: Miten lohkoketjuteknologiaa käytetään tuotteiden toimitusketjuissa? Vastauksia lähdetään hakemaan tarkentavien tutkimuskysymysten avulla:

- Mitä hyötyä lohkoketjusta on toimitusketjuille?
- Miten lohkoketjuratkaisun voi toteuttaa?

Opinnäytetyön tutkimusote on laadullinen eli kvalitatiivinen. Tutkimuskysymyksiin vastataan käyttämällä menetelmänä kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Lohkoketjun tarjoamia hyötyjä selvitän

tutustumalla lohkoketjujen esitteisiin, sekä lohkoketjujen toiminnasta kirjoitettuihin artikkeleihin. Lohkoketjuratkaisun toteutusmuotoja selvitetään tutustumalla aiheesta löytyviin tutkimuksiin ja olemassa oleviin lohkoketjuratkaisuihin. Edellä mainittujen perusteella tuloksissa vertaillaan toteutusmuotoja.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia lohkoketjujen toimintaa tuotteiden toimitusketjuissa ja perustella sen hyötyjä pohjateknologioiden avulla. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa ymmärrettävä kokonaisuus, joka auttaa lukijaa ymmärtämään lohkoketjujen toimintaa ja käyttötapoja toimitusketjujen parissa. Tutkimuksen tavoitteena on myös esitellä erilaisia käyttöönotto muotoja ja niillä toteutettuja olemassa olevia ratkaisuja.

Tutkimusta rajaa keskittyminen lohkoketjujen käyttöön toimitusketjujen tukena eli kryptovaluutta puolta ei käsitellä tutkimuksessa paitsi lohkoketjun toimintaperiaatteiden selityksen apuvälineenä. Tutkimus esittelee lohkoketjun tapoja tukea toimitusketjujen toimintaa yksinkertaisesti ja esimerkiksi koodaamiseen ei perehdytä tietoperustassa, eikä tutkimustuloksissa. Yksittäisiin toimitusketjun toimintoihin ei perehdytä yksinkertaisia mainintoja syvällisemmin eli esimerkiksi kirjanpidosta, hankinnasta tai logistiikasta ei tule omia kappaleitaan tietoperustaan. Tutkimusta rajaa myös keskittyminen suosituimpiin toimitusketjujen ratkaisuihin ja käytössä oleviin toteutuksiin.

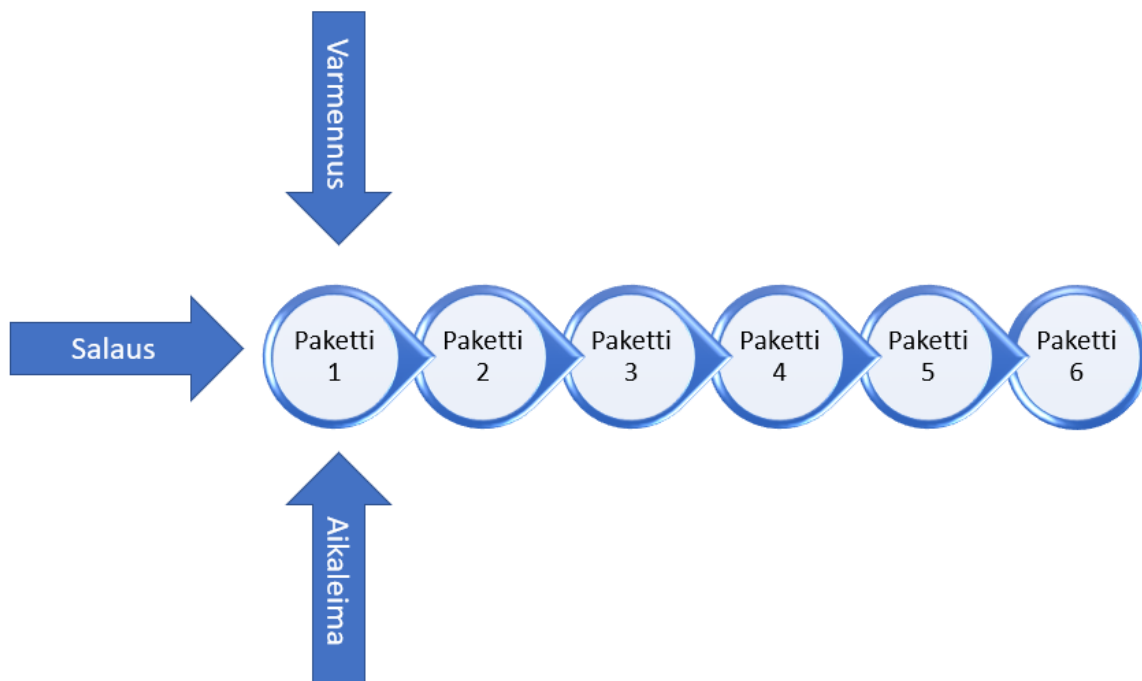
Taulukko 1. Peittomatriisi

Tutkimuskysymys	Tietoperusta (luku)	Tulokset (luku)
1. Mitä hyötyä lohkoketjusta on toimitusketjuille?	2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	5.1
2. Miten lohkoketjuratkaisun voi toteuttaa?	3.2, 3.3	5.2

Henkilökohtainen tavoitteeni on oppia tutkimusta tehdessä lisää lohkoketjuista ja oppia tiivistämään monimutkaisia asioita helpommin ymmärrettäviksi. Lisäksi henkilökohtaisena tavoitteena on saada tutkimuksesta aikaan kokonaisuus, johon olen tyytyväinen ja sitä kautta saavuttaa hyvä arvosana.

2 Lohkoketju

Lohkoketju on yksinkertaisesti ilmaistuna jono tapahtumista tehtyjä tietopaketteja. Tietopaketteihin lisätään varmennus, joka estää muun muassa yksittäisen paketin moninkertaisen lähettämisen. Paketin tiedot salataan vahvasti. Salaus ei tässä tapauksessa tee tiedoista näkymättömiä, vaan salauksella tarkoitetaan sitä, että paketin tietoja ei päästä muuntelemaan helposti. Tämä estää yksittäisten toimijoiden väärinkäytökset. Jokainen paketti sisältää kutistetun version edellisen paketin tiedoista. Yksittäisen paketin viimeinen osa on aikaleima. Näin ollen pakettijono eli lohkoketju kertoo tapahtumien järjestyksen ja jonoa seuraamalla pystytään tarkastelemaan yksittäisten tapahtumien tietoja.



Kuva 1. Pakettijono, jonka yksittäiseen pakettiin salaus, varmennus ja aikaleima liittyvät nuolina

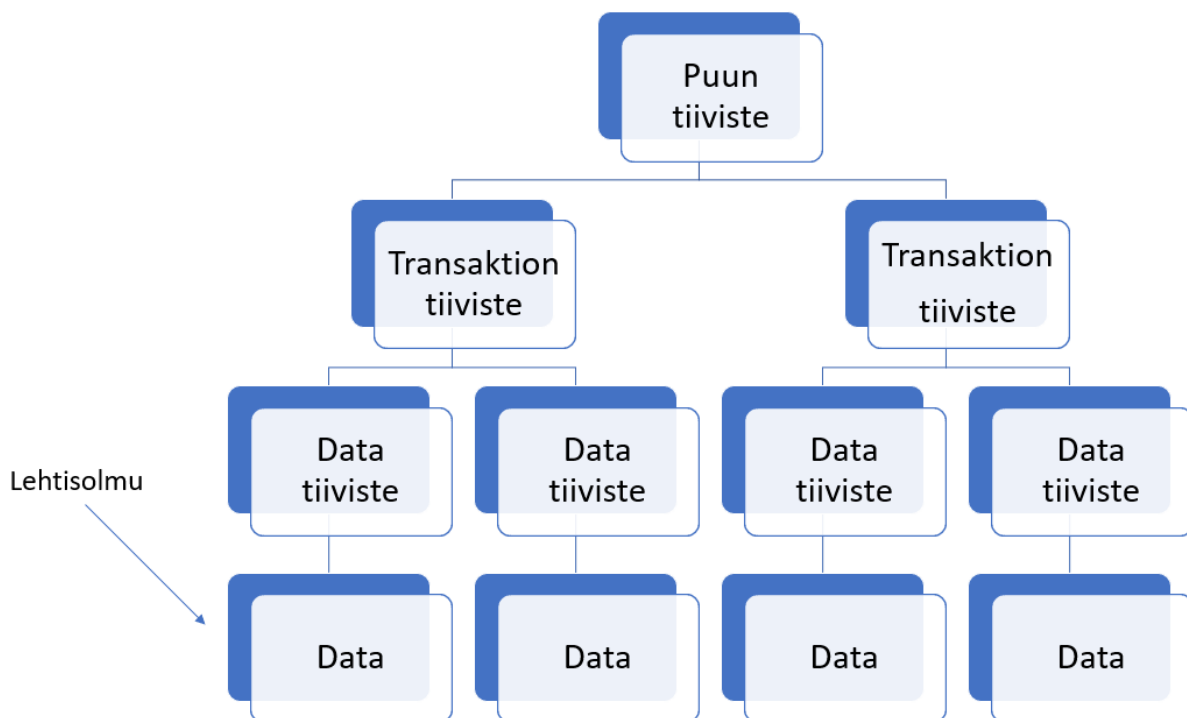
Aloitetaan pikasukelluksella lohkoketjujen historiaan, jonka jälkeen alaluvuissa avataan lohkoketjun toimintaperiaatteita. Avataan aluksi yksittäisen lohkon sisältöä, kuten tietojen paketointia eli tiivistystä ja varmennustapoja. Näiden avulla perustellaan tuloksissa lohkoketjun tarjoamia hyötyjä. Lohkoketjun rakenne luvussa käsitellään erilaisia lohkoketjujen rakenteita, jotka auttavat ymmärtämään eri toteutusmuotojen vahvuuksia ja heikkouksia. Lopuksi luvussa 2.3 esitellään älysovimuksia. Älysovimukset ovat eräänlaisia lohkoketjuun liitettäviä toimintoja, joiden käyttö on edellytys osalle lohkoketjujen tarjoamista hyödyistä. Liitteistä löytyy sanakirja tekstissä käytetyistä termeistä, josta voi tarpeen vaatiessa tarkistaa sanojen merkityksen ja käännökset.

Termi lohkoketju on yleistynyt Bitcoin kryptovaluutan suosion seurauksena. Bitcoinin on kehittänyt Satoshi Nakamoto nimellä esiintynyt henkilö tai ryhmä henkilöitä. Nakamoton raportissa lohkoketju sana (blockchain) oli kirjoitettu erikseen (block chain), mutta nykyään se hyväksytään laajasti yhdysasanana. (Nakamoto, 2008)

Ensimmäinen lohkoketjujen pohjalla oleva teknologia on kryptografialla suojattu tietokanta. Näitä tietokantoja on alun perin esitellyt Ralph C. Merkle raportissa Protocols for Public Key Cryptosystems (Merkle, 1980). Toinen nykypäivän lohkoketjujen pohjateknologia on hashcash. Hashcash on roskapostia ja palvelunestohyökkäyksiä vastaan kehitetty teknologia, jonka ideana on työtä tekevä erottaa oikeat viestit roskapostista (Back, 2002). Näitä teknologioita yhdistelemällä Satoshi Nakamoto tuotti lohkoketjun. Ketju muodostuu, kun edellisen lohkon tiivisteseen liitetään aikaleima, tiedot tapahtuneista tapahtumista ja varmennustapa eli konsensusalgoritmi. (Nakamoto, 2008)

2.1 Lohkon sisältö

Lohkoketjussa yksittäinen lohko sisältää useita asioita, joista tärkeimpänä pitäisin siihen tallennettua tietoa. Tiedot salataan kryptografialla. Merkle raportin (Protocols for Public Key Cryptosystems) lopussa on kuvio, jota kutsutaan nimellä Merkle Tree, mikä auttaa selvittämään yksittäisen lohkon sisältämää tapahtumien tiivistettä. Alla oleva kuvio on esimerkki Merkle Tree:stä.



Kuva 2. Kuva puun tiivisteiden rakenteesta ja sen sisältämistä pienemmistä tiivisteistä ja niiden alkuperästä lehtisolmun tallentamana datana (Merkle, 1980)

Puretaan Merkle Tree vaihe kerrallaan aloittaen alhaalta puun lehdistä, joita tietojenkäsittelyssä kutsutaan nimellä solmu, mikä käytännössä tarkoittaa palvelinta tai verkkoon liitettyä laitetta. Jokainen solmu kuvaa eri tietoa. Lähettäjä ja vastaanottaja ovat esimerkkejä tällaisista tiedoista. Lehtisolmuihin tallennetuista tiedoista tehdään tiiviste. Liittämällä tiivisteet saadaan tapahtumalle oma tiiviste. Tapahtumien tiivisteet liittämällä yhteen syntyy puun tiiviste. Tällöin puun tiivisteestä on löydettävissä kaikki lohkon aikana tapahtuneet tapahtumat. (Merkle, 1980) Yksittäinen solmu voi toimitusketjujen tapauksessa olla esimerkiksi yrityksen matkapuhelin tai vastaava laite, kuten kauppalalla ja varastoissa käytettävät skannaajat.

Tiiviste on uniikki merkkijono, jonka tietokone muodostaa halutusta tiedosta. Se on ikään kuin digitaalinen sormenjälki (Blockchain Hash Functions - Javatpoint, n.d.). Tällöin tiivisteet toimivat ikään kuin avaimena rakenteen alemmille tasoille. Ylempien tasojen avaimet sisältävät aina avaimen alemmalle tasolle, mikä tekee lehtisolmuihin tallennetun tiedon muuttamisesta hyvin hankalaa. Tämä johtuu lehtisolmun tiedon tiivisteiden muodon muutoksesta, jonka seurauksena myös kaikkia ylempien tasojen tiivisteitä täytyisi muuttaa. (Laurie, Langley & Kasper, 2013)

Lohkoketjujen lohkoille toinen tärkeä osa on varmennustapa eli konsensusalgoritmi. Konsensusalgoritmi on käytännössä tapa todistaa lohkon aitous ja samalla varmentaa lohkoissa tapahtuneet tapahtumat. Suosituimmat varmennustavat ovat Proof-of-Work (PoW) ja Proof-of-Stake (PoS) (Hyppänen, 2022).

Proof-of-Work konsensusalgoritmi on käytössä esimerkiksi Bitcoinilla. PoW juuret tulevat hashcash-teknologiasta ja sen ideana on nimensä mukaisesti työtä tekemällä todistaa lohkon aitous. (Nakamoto, 2008) Konsensusalgoritmin ratkaisija saa palkkion tekemästään työstä lohkon tapahtumien varmentajana. Bitcoinin tapauksessa algoritmin ratkaisijoina toimivat louhijat. Louhijat käyvät käytännössä kilpajuoksua toisiaan vastaan siitä, kuka saa algoritmin ensimmäisenä ratkaistua. (Hyppänen, 2022) PoW vaatii suurissa lohkoketjuissa valtavat määrät energiaa toimiakseen ja esimerkiksi Bitcoinin vuosittainen energiakulutus on yli 94 terawattia, mikä on enemmän kuin koko Kazakstanin vuosittain kuluttama sähkö (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI), n.d.). Louhijoiden ratkaistua lohkon uuden lohkon ratkaisu alkaa heti. Lohkon ratkeamiseen kestävää aikaa kutsutaan lohkoajaksi (block time) ja se voi vaihdella suuresti riippuen louhijoiden tuurista, sillä prosessi on käytännössä lottorivin arvaamista (Hyppänen, 2022). Seuratessani kirjoittaessa Bitcoinin lohkoaikaa huomasin osan lohkoista ratkeavan alle minuutissa, mutta pisimmillään lohko aika oli jopa yli 50 minuuttia (Blockchain Explorer - Search the Blockchain | BTC | ETH | BCH, n.d.). Mitä enemmän lohkoketjuun tallennetaan tietoa, sitä suuremmaksi lohkon koko

kasvaa. Esimerkiksi Bitcoinin lohkoketjun koko on kasvanut jo yli 400 gigatavuun (Bitcoin blockchain size 2009-2022 | Statista, 2022). Vaaditun työmäärään suuruus ja valtava energiankulutus ovatkin tehneet PoW varmennuksesta hieman vanhentunutta teknologiaa, minkä seurauksena noin 90 % uusista lohkoketju projekteista käyttää PoS konsensusalgoritmia (Hyppänen, 2022)

Proof-of-Stake on eniten käytetty lohkoketjun konsensusalgoritmi ja sitä käyttää esimerkiksi toiseksi suurin kryptovaluutta Ethereum (Proof-of-stake (PoS) | ethereum.org, n.d.). PoW varmennuksessa suurimman prosessointitehon omaavalla louhijalla on suurin mahdollisuus varmentaa lohko, mikä johtaa siihen, että louhijoilla on käytössä valtavia supertietokoneita (Hyppänen, 2022).

PoS varmennuksessa sen sijaan varmentajat osallistuvat varmentamiseen laittamalla osan valuutansa pantiksi, jota vastaan he saavat pienen määrän lisää valuuttaa varmentaessaan lohkoja. Jokaisen lohkon varmentaja valikoituu kaikkien pantillisten henkilöiden joukosta arpaa heittämällä. Muista pantillisista valikoituu myös eräänlainen raati, joka arvioi varmentajan päätöksen oikeellisuuden. Varmentaja menettää osan tai pahimmillaan kaikki panttinaan käyttämästä valuutasta, mikäli raati havaitsee jonkinlaista vilppiä tai virheitä. Varmentaminen onnistuu PoS varmennuksessa huomattavasti energiatehokkaammin, sillä sen voi hoitaa läppäriellä. Myöskään kilpailu louhintatehosta ei ole tarpeellista, koska varmentaja valikoituu pantillisten joukosta arvalla PoW tyyllisen kilpajuoksun sijaan. (Proof-of-stake (PoS) | ethereum.org, n.d.)

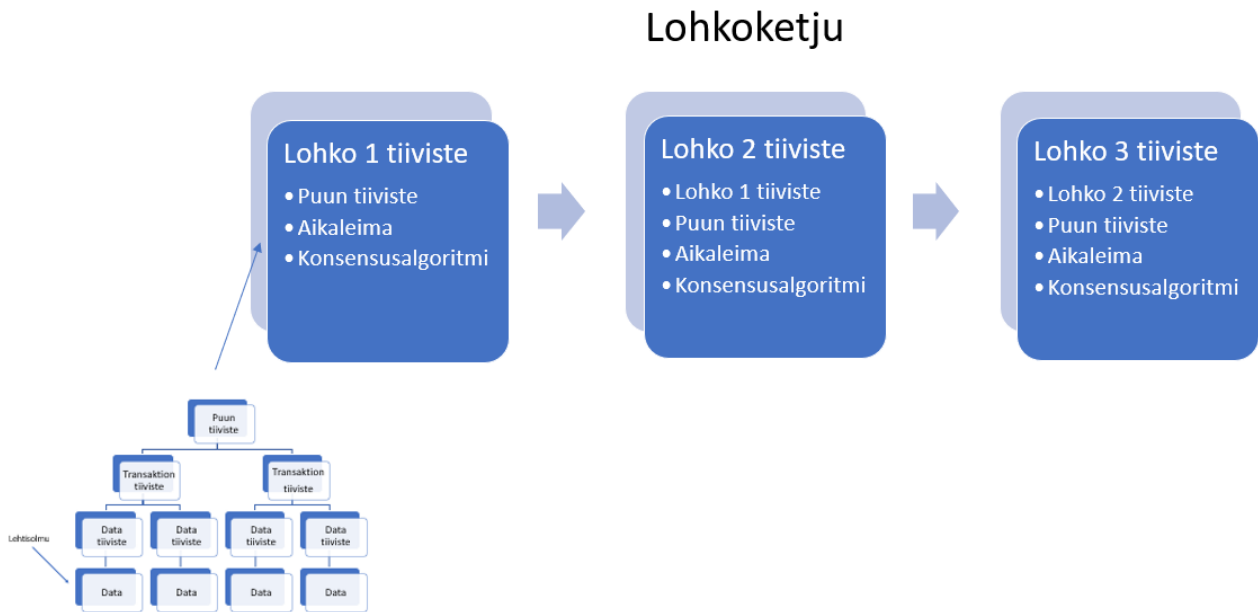
Toimitusketjujen parissa on noussut suosioon Hyperledger Fabric, joka antaa käyttäjän valita itselleen sopivimman varmennustavan. Toimitusketjujen varmentamisessa voidaan tällöin käyttää ennalta sovittua tapahtumajärjestystä eli, kun toimitusketju ja sen prosessit ovat yrityksille hyvin selvillä voidaan koko ketjusta tehdä prosessikaavio, jonka eri tapahtumavaiheissa tehdään kirjaus lohkoketjulle. Tästä seuraa se, että sovittu järjestys estää väärinkäytökset, jos ketjulle yritetään lisätä sen ulkopuolisia tuotteita. (Introduction — hyperledger-fabricdocs main documentation, n.d.)

Yksittäisen lohkon viimeinen osa on aikaleima, jonka avulla yksittäiset lohkojen järjestykseen lisätään myös niiden toteutumisen ajankohta. (Nakamoto, 2008)

2.2 Lohkoketjun rakenne

Lohkoketjun jokainen lohko sisältää lohkon tiedot eli sen aikana tapahtuneet tapahtumat, jotka on tallennettu puun tiivisteeseen. Sen lisäksi jokaiseen lohkoon liitetään konsensusalgoritmi ja aikaleima. Lohkoketjun ensimmäisessä lohossa ei ole sen lisäksi muuta. Jotta saadaan aikaan ketjuomainen rakenne, edellisestä lohokosta otetaan vielä oma tiivisteensä, joka lisätään aina seuraavaan lohkoon. (Nakamoto, 2008)

Lohkoketjusta muodostuu siis eräänlainen kirjanpito, jossa edelliset tapahtumat on aina mahdollista tarkistaa tutkimalla lohkoissa olevia tiivisteitä (Hyppänen, 2022). Tämä on johtaa salauksen paranemiseen entisestään, sillä yksittäisen tapahtuman lisäksi pitäisi muuttaa myös kaikkien aikaisempien lohkojen tapahtumia, jos toimija haluaisi manipuloida tietoja oman etunsa mukaisiksi. Luvun 2 alussa oleva kuvio antoi karkean esimerkin lohkoketjun toiminnasta. Alla olevassa kuviossa on edellisistä luvuista oppimamme perusteella avattu lohkoketjua tarkemmin.



Kuva 3. Lohkoketjun sisältö (Nakamoto, 2008)

Kertauksena ylhäällä olevan kuvan mukaisesti. Jokainen lohko sisältää oman puunsa, jossa tapahtuvat lohkon omat tapahtumat. Yksittäisen lohkon tiiviste muodostuu siis oman puun tiivisteeseen lisäksi aikaleimasta, varmennustavasta ja tärkeimmästä eli edellisen lohkon tiivisteestä. Edellisen lohkon tiiviste sisältää siis aina omien tietojensa lisäksi aikaisemman lohkon tietojen tiivisteeseen, joka sisältää aikaisemman lohkon tiivisteeseen ja niin edelleen. Näin ollen halutessaan voi tiivistettä avaamalla nähdä kaikki aikaisemmat tapahtumat koko ketjusta.

Lohkoketjuteknologiasta käytetään myös nimitystä Distributed Ledger Technology (DLT) eli hajautettu kirjanpito teknologia (Hyppänen, 2022). Juuri tämä hajautettu kirjanpito on lohkoketjujen myötä kehittynyt luotettavammaksi, sillä tallennettuja tapahtuma tietoja on vaikea muuttaa (Laurie, Langley & Kasper, 2013). Hajautettua kirjanpitoa voisikin oikeastaan pitää sinä suurena kehitys askeleena, joka toimitusketjujen parissa tullaan tulevaisuudessa tekemään. (Gaur & Gaiha, 2020) Hajautettu kirjanpito syntyy, koska yksinkertaisimmillaan jokaisessa solmussa eli laitteessa on

lohkoketjun edellisten tapahtumien tiedot. Edellä mainittu on esimerkki jaetusta lohkoketjusta, josta kerrotaan hieman lisää alempana.

Solmut eli lohkoketjuun liitetyt laitteet voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin. Varmentaja solmu ja jäsen solmu. Jäsen solmut voivat tallentaa tapahtumia tai muuta tietoa, mutta ne eivät osallistu varmennusprosessiin. Varmentaja solmut pystyvät jäsen solmun ominaisuuksien lisäksi osallistumaan myös varmennukseen ja sitä kautta ne toimivat lohkoketjun ylläpitäjinä. (Lastovetska, 2021) Merkle Treen lehtisolmuina voivat siis toimia molemmat eri solmutyypit, mutta jakamalla ne rooliensa mukaisesti nimityksiin saadaan parempi kuva niiden tehtävistä lohkoketju rakenteessa.

Termistö on vähintäänkin epäselvää englanniksi ja suomennokset vielä sitäkin epävarmempia, joten tulen käyttämään lohkoketju sanaa synonyyminä hajautetun kirjanpidon kanssa.

Lohkoketjut voidaan jakaa muutamaankin eri tyyppiin, joita ovat esimerkiksi suljetut ja avoimet lohkoketjut, sekä keskitetyt ja jaetut lohkoketjut (Lastovetska, 2021).

Taulukko 2. Lohkoketju rakenteiden eroja kuvattuna liittymisen, varmennuksen ja käyttötarkoitusten osalta (Lastovetska, 2021)

Lohkoketjun rakenne	Avoin jaettu lohkoketju	Avoin keskitetty lohkoketju	Suljettu jaettu lohkoketju	Suljettu keskitetty lohkoketju
Liittyminen	Vapaa liittyminen	Vapaa liittyminen	Liittyminen kutsusta	Liittyminen kutsusta
Varmennus	Kaikki voivat osallistua varmennukseen	Yksi varmentaja	Kaikki voivat osallistua varmennukseen	Yksi varmentaja
Käyttötarkoitus	Kryptovaluutat	Merkituotteet, joilla isot second hand-markkinat	Toimitusketjut	Toimitusketjut

Avoimissa lohkoketjuissa, kuka vain voi liittyä jäsenolmuksi. Useimmissa avoimissa lohkoketjuissa jäsenet ovat anonyymejä. Tästä esimerkki on Bitcoin, jossa kuka vain voi alkaa louhimaan omalla kotikoneellaan uusia lohkoja. (Baker, 2022) Avoimissa lohkoketjuissa läpinäkyvyyttä pidetään tärkeänä. Verkosta löytyvä blockchain explorer tarjoaa kenelle vain mahdollisuuden käydä seuraamassa tapahtumia. (Bitcoin - BTC Price, Live Chart, and News | Blockchain.com, n.d.)

Suljetuissa lohkoketjuissa jäsenet ovat ennalta tiedossa ja uusille toimijoille tehdään jonkinlainen tarkistus ennen oikeuksien antamista. Englanniksi tästä käytetään nimeä Consortium eli liitto, mikä tarkoittaa usea eri yrityksen liittymän käyttävän yhteistä ketjua (Lastovetska, 2021). Erityisesti toimitusketjujen tapauksessa tällaiset lohkoketjut tarjoavat huomattavia etuja, sillä vain tunnetut

toimijat pystyvät lisäämään tapahtumia ja muuta tietoa lohkoketjulle. (Gaur & Gaiha, 2020) Tällaisesta lohkoketjusta esimerkkinä on konttiliikenteen seuranta lohkoketju (GSBN), jossa on mukana pankkeja, satamia ja muita konttiliikenteen sidosyrityksiä (GSBN Builds Global Trade Operating Platform with Hyperledger Fabric as the Foundation – Hyperledger Foundation, n.d.). Suljettujen lohkoketjujen käyttämisen hyötyjä on alettu huomata vasta aivan viime vuosina, minkä huomaa hyvin tutkiessaan jo olemassa olevia toimitusketjujen implementointeja. Hyperledger Foundationin sivuilta löytyy GSBN useita muita vastaavia käyttötarkoituksia ja erityisesti Hyperledger Fabric -alustan julkaisu vaikuttaisi lisänneen tämän tyylisten ketjujen suosiota huomattavasti. (Case Studies – Hyperledger Foundation, n.d.)

Lohkoketjut toteutetaan useimmiten jaetusti, mikä tarkoittaa, että yhtä palvelinta ei ole vaan lohkoketjun jäsenet toteuttavat palvelimen toimintoja yhdessä (Lastovetska, 2021). Bitcoinin tapauksessa louhijat ovat ikään kuin palvelimen ylläpitäjiä, jotka varmentavat tapahtumia ja lohkoja (Baker, 2022) eli he toimivat Bitcoinin varmentajasolmuina. Myös suljettu lohkoketju voi toimia jaetusti eli ilman yksittäistä palvelinta. Tällaisissa tapauksissa varmennusprosessi voi tapahtua esimerkiksi tapahtumien yhteydessä eli tapahtumien osapuolet toimivat varmentajasolmuina (Goldgräbe, 2019).

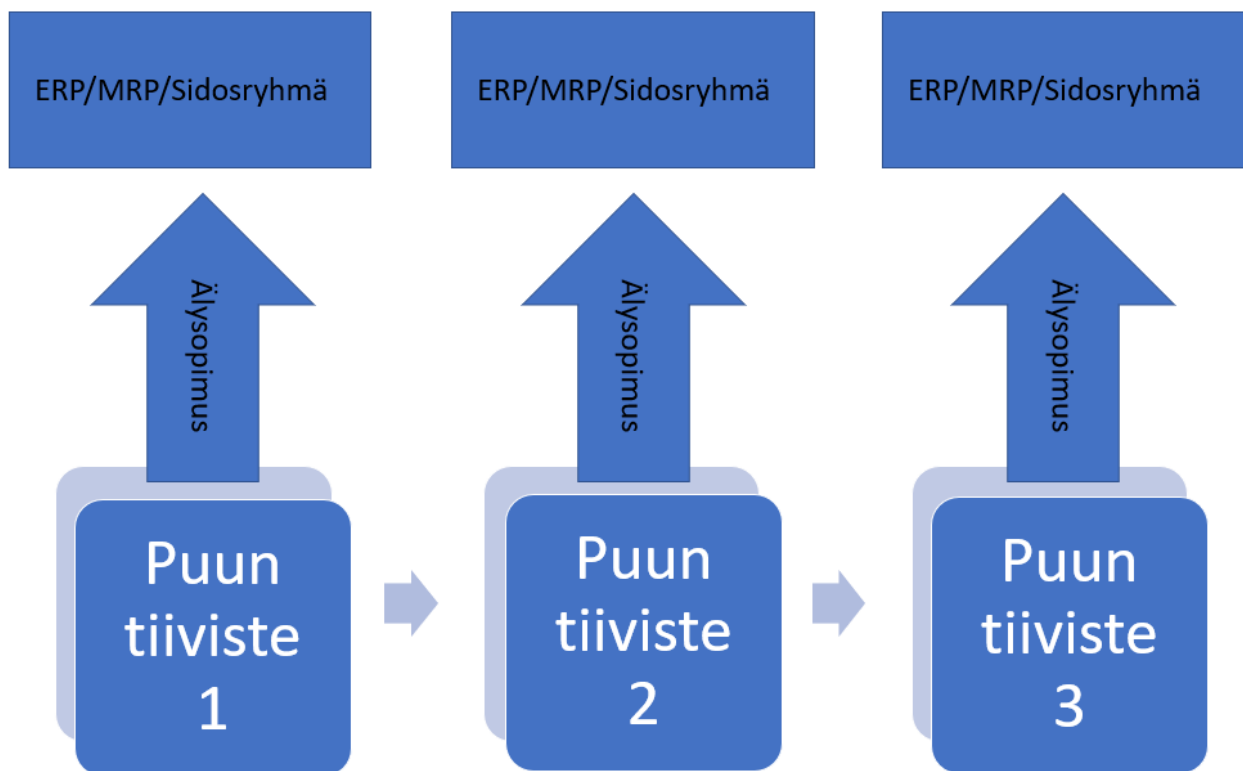
On myös mahdollista, että varmentajana toimii yksi entiteetti. Tässä tapauksessa on kyse keskitystä lohkoketjusta. Keskitetyissä lohkoketjuissa on vaarana, että varmentaja muuttaa lohkoketjua mielensä mukaan. Suuret kansainväliset yritykset, joiden toimitusketjut ovat pitkiä, voisivat nähdä myös tällaisessa ratkaisussa arvoa, varsinkin tapahtumien määrän ja vaaditun prosessointi tehon kasvaessa suuriksi. (Lastovetska, 2021)

Käytettävän lohkoketjutyypin valinta on tärkeää käyttöönoton yhteydessä, koska samalla päätetään varmentajasolmut ja jäsenolmut eli laitteet, joilla on valtuudet lisätä tapahtumia tai muuta tietoa lohkoketjulle ja varmentaa niitä. Solmujen valintaa ei suoraan mainita käyttöönoton ohjeissa, tutkimuspapereissa tai markkinointimateriaaleissa. Ymmärtämällä solmujen eli laitteiden toiminnan lohkoketjussa saa mielestäni parhaiten käsityksen eri lohkoketjutyypin ja palveluntarjoajien hyvistä ja huonoista puolista.

Suomen mittakaavassa esimerkiksi K-, ja S-ryhmän kaltaiset toimijat voivat löytää vastuullisuus ja läpinäkyvyys hyötyjä, jos lohkoketjuteknologiaa liitetään ruoan toimitusketjuihin (IBM Supply Chain Intelligence Suite - Food Trust | IBM, n.d.). Kun lohkoketju on toteutettu keskitetysti, niin se muistuttaa hyvin vahvasti normaaleja tietokantoja, joita suurimmalla osalla yrityksistä on jo olemassa. Tällaisissa tilanteissa lohkoketjun käyttöönotosta ei aina ole suurta hyötyä, jos toimitusketjut ovat lyhyitä tai osallistajat toisilleen hyvin tuttuja. (Hyppänen, 2022)

2.3 Älysopimukset

Lohkoketjun toimintaperiaatteista täytyy mainita myös älysopimukset. Älysopimukset eivät ole lohkon sisäinen osa, vaan ne liitetään lohkoketjun päälle. Älysopimukset ovat ohjelmia tai koodin pätkiä, jotka on tehty reagoimaan lohkoketjulle lisättävään tietoon. Älysopimukset toimivat Excelin IF-funktioiden kanssa samalla periaatteella. Älysopimuksen määräämä asia tapahtuu, kun sen vaatima ehto toteutuu. Lohkoketjulle varmennettujen tietojen täytyy siis vastata älysopimuksen ehtoa. (What are smart contracts on blockchain? | IBM, n.d.)



Kuva 4. Älysopimus kuvattuna nuolena, joka alkaa puun tiivisteestä ja liittyy ERP-systeemiin, MRP-systeemiin tai tietojen kannalta olennaiseen sidosryhmään

Lohkoketjulla olevan tiedon luotettavuus johtaa siihen, että kaikki osapuolet voivat luottaa kirjattuihin tapahtumiin, joka mahdollistaa monenlaisia tapoja käyttää älysopimuksia. (What are smart contracts on blockchain? | IBM, n.d.) Käytännössä siis uuden tapahtuman tapahtuessa älysopimus mahdollistaa esimerkiksi laskun maksun, uuden tilauksen tai kirjanpitomerkin automaattisen tuottamisen. Näin ollen esimerkiksi pankit, jotka muuten joutuisivat pureutumaan jokaiseen tapahtumaan tarkemmin, voivat luottaa tietoihin ja lainoittaa tapahtumia entistä sujuvammin. Älysopimukset eivät luultavasti tule korvaamaan tavanomaisempia ERP-systeemejä, koska älysopimuksilla yli kyllästetyt lohkoketjut muuttuvat raskaammiksi pyörittää. Näin ollen älysopimuksia tullaan

käyttämään ERP:n kanssa yhdessä, jolloin koko tilauksesta tai maksusta ei tarvitse kirjoittaa älyso-
pimukseen selostusta, vaan älysoimus kertoo ERP:lle X ja ERP reagoi tietoon Y. (Gaur & Gaiha,
2020)

IBM listaa älysoimuksien hyödyiksi seuraavaa. Parempi nopeus, tehokkuus ja tarkkuus, koska ta-
pahtumat tapahtuvat heti automaattisesti pohjatietojen perusteella, eikä paperisia dokumentteja
tarvitse, kun tiedot löytyvät digitaalisena lohkoketjulta. Luotettavuus ja läpinäkyvyys, koska kolman-
sia osapuolia ei ole ja tiedot on vahvasti salattu, ei tarvitse miettiä tietojen oikeellisuutta tai muiden
osapuolien tietojen muuntelua oman edun havittelemiseksi. Turvallisuus toteutuu edellä mainitun
vahvan salauksen ansiosta, joka estää yksittäisten toimijoiden ketjun muuttamisen, koska kaikkia
lohkoja pitäisi muuttaa. Viimeisenä mainitaan säästöt. Säästöjä syntyy, koska välikäsiä ei tarvita ja
varsinkin paperi raskaiden alojen aikasäästöt voivat olla huomattavia. (What are smart contracts on
blockchain? | IBM, n.d.) IBM tarjoaa ylitse vuotavan määrän markkinointimateriaalia kaikkeen loh-
koketjuun liittyvään. Materiaaleista saa usein hyvin positiivisen kuvan lohkoketjuista, vaikka ratkai-
sut eivät aina olisi kannattavia tai tarpeellisia, mikä aiheuttaa pahennusta lohkoketju piireissä. (Po-
pejoy, 2019)

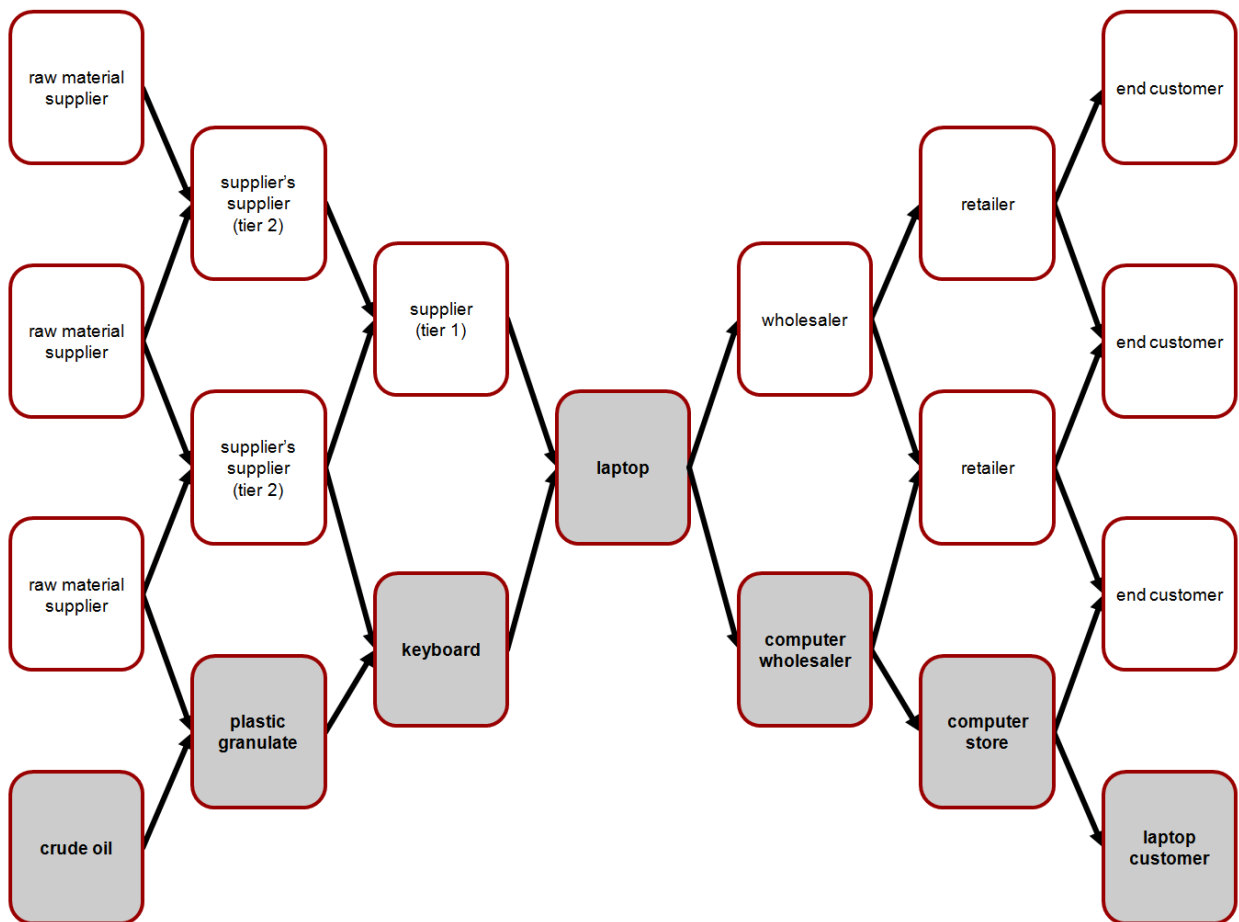
Älysoimuksien avulla lohkoketjut pystyvät siis parantamaan toimitusketjujen tehokkuutta ja näin
ollen lohkoketjuista on saatavilla yrityksille myös taloudellista hyötyä. Yleinen mielipide vaikuttaisi
olevan, että tulevaisuudessa tullaan keksimään parempia ja nokkelampia tapoja käyttää älysoipi-
muksia, jos tähän mennessä toteutunut kehitystahti jatkuu.

3 Toimitusketju

Yritykset pyrkivät kehittämään omia prosessejaan saavuttaakseen kilpailuetua. Ostotoiminnan kehittämisen kautta ymmärrettiin aluksi varsinkin toimittajien kanssa tehtävän yhteistyön merkitys. Yrityksen sisäisten toimintojen lisäksi alettiin miettiä ja optimoida tavarantoimittajien ja asiakkaiden toimintoja tarkemmin. Tämä laajeni myöhemmin koko toimitusketjun kattavaksi yhteistyöksi. Toimitusketju on siis kaikkien tuotteen tai palvelun tuottamiseen ja mahdolliseen kierrättämiseen osallistuvien toimijoiden muodostama kokonaisuus. (van Weele, 2014) Kuluttaja voi tässä tapauksessa löytää myös itsensä osana toimitusketjua, jos tuotetta valmistava yritys tarjoaa tuotteelle kierrätysmahdollisuutta.

Suurilla yrityksillä toimitusketjut voivat olla kokonaan sisään rakennettuja. Tällöin puhutaan omista integroiduista toimitusketjuista. IKEA on yksi esimerkki yrityksestä, joka on saavuttanut vahvaa kilpailuetua oman integroidun toimitusketjun avulla. Omista integroiduista toimitusketjuista voidaan puhua myös, jos yksittäisellä toimijalla on suuri vaikutusvalta muiden yritysten toimintaan. (Tikka, 2017) Esimerkkinä tästä voisi toimia K-ryhmän Pirkka tuotteet.

Omia integroituja toimitusketjuja lukuun ottamatta nykypäivän toimitusketjut ovat pitkiä ja monet toimijoista voivat olla toisilleen tuntemattomia. Jokaisella toimijalla on omat yrityksen sisäiset toimintonsa, joka tekee toimitusketjuista monimutkaisia ja vaikeita hallita. Seuraava kuva on kuvitteellinen esimerkki kannettavan tietokoneen toimitusketjusta. Toimijoilla on kaikilla käytössä omat ERP-systeeminsä, joiden tietoja harva yritys haluaa jakaa muiden toimijoiden tai asiakkaiden kanssa. Esimerkiksi loppukäyttäjä ja näppäimistön toimittaja eivät ole suoraan minkäänlaisissa tekemisissä toistensa kanssa. Kommunikaation ja tiedonjakamisen vähyys kasvattaa epäluottamusta toimitusketjussa. (van Weele, 2014)

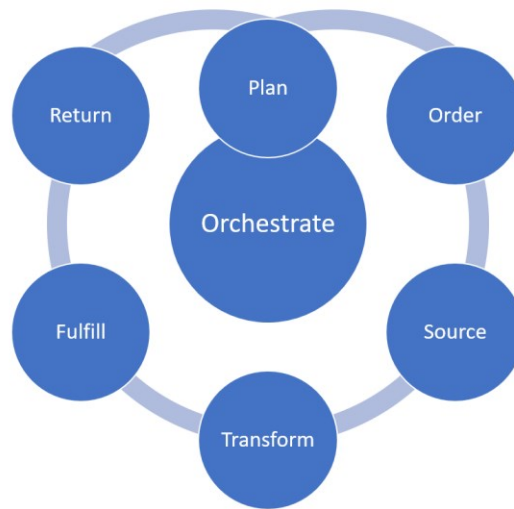


Kuva 5. Kannettavan tietokoneen toimitusketju, jossa kuvattuna tuotteen välivaiheita ja niihin osallistuvia toimijoita (Wieland & Wallenburg, 2011)

Sosiaalisen median ja big datan kasvu on viimeisen 15 vuoden aikana paljastanut paljon väärinkäytöksiä toimitusketjujen parissa. Tulevaisuuden toimitusketjut hakevat vastauksia näihin luottamuksen ja läpinäkyvyyden puutteisiin. Ratkaisuina näihin ongelmiin voivat toimia esimerkiksi IoT eli Internet of Things ja blockchain eli lohkoketju. (A Short History of Supply Chain Management – Logmore Blog, 2022)

3.1 SCOR-malli

SCOR-malli on Association of Supply Chain Management (ASCM) tuottama digitaalinen malli toimitusketjujen kehittämiseen. ASCM on kansainvälinen järjestö, jolla on kumppaneita yli 100 eri maassa ja se on toiminut alalla 60 vuotta (About ASCM | ASCM, n.d.). SCOR-malli pyrkii kuvailemaan kaikkia toimitusketjuun sisältyviä prosesseja, jotka jaetaan tasoille nolla, yksi, kaksi ja kolme. Prosessin taso kuvaa kuinka syväälle kyseinen prosessi pureutuu toimitusketjun rakenteeseen. (SCOR Model, n.d.)



Kuva 6. SCOR-malli kuvattuna ympyränä, jonka sisällä tason nolla prosessi ja kehällä tason yksi prosessit (SCOR Model, n.d.)

Mallin alin taso on nolla, josta löytyy vain prosessi Orchestrate eli suomeksi väännettynä kapellimestari taso. Tämä kuvaa niin sanottua strategista tasoa, jossa päätetään yleisesti toimitusketjun suunnasta, eikä niinkään pureuduta yksittäiseen osaan toimitusketjusta. Strategisella tasolla mietitään muun muassa vastuullisuuskysymyksiä, yrityksen sääntöjä, henkilöstöhallintaa, ja niin edespäin. (SCOR Model, n.d.)

Taso yksi kuvaa toimitusketjun käytännön toteutuksen eri vaiheita. Ensimmäisenä tasolla yksi tulee vastaan Plan eli suunnittelu. Suunnittelu prosessi kuvaa kaikkien seuraavien tason yksi prosessien toimintaan tarvittavien resurssien suunnittelua ja tarpeen mukaista tasoittamista. (SCOR Model, n.d.)

Omien kokemusten perusteella pienissä yrittäjä vetoisissa yrityksissä strateginen taso voi pitkälti tapahtua yrittäjän päässä.

Loput ensimmäisen tason prosessit ovat Order, Source, Transform, Fulfill ja Return. Order eli tilaus kuvaa asiakkaan yritykselle tekemää tilausta ja siihen sisältyvät esimerkiksi maksutavat, ostopaikka ja hinnoittelu, joiden lisäksi tilaus prosessi seuraa myös yksittäisten tilausten etenemistä toimitusketjussa. Source kuvaa hankintaa, yrityksen tilauksia, sekä niiden toimituksia ja kuitteja. Transform kuvaa yrityksen tuottamisprosessia eli palveluiden tai tuotteiden jalostusta ja kehittämistä lopputuotteeksi yrityksen sisällä. Fulfill alueelle kuuluvat tuotteiden keräily, pakkaus, toimitus,

sekä laskutukset ja mahdolliset asennukset. Return kuvailee taas palautus prosessia, johon sisältyvät esimerkiksi tuotteen kunnon arviointi, korjaus, purku tai muu mahdollinen kierrätys. (SCOR Model, n.d.)

SCOR-malli kehittyi jatkuvasti. Esimerkiksi vuonna 2016 tehdyssä logistiikan kirjassa ylimmän tason prosesseja mainitaan olevan viisi, mutta joukosta puuttuu kuitenkin Order ja Orchestrate, joista Orchestrate on mallissa käytännössä ylin taso. (Tikka, 2016)

Tason yksi prosessien alle mainitut alaprosessit ovat kaikki tason kaksi prosesseja. Kaikki tason kaksi prosessit on mahdollista purkaa tason kolme prosesseihin. Esimerkkejä tason kolme prosesseista ovat keräilylistan lukeminen, oikean hyllyvälin etsintä ja tuotteen kerääminen hyllystä, jotka ovat mallissa toisen tason prosessin keräily alle jääviä. Keräily on ensimmäisen tason Fulfill prosessin alla. (SCOR Model, n.d.)

SCOR-malli auttaa tunnistamaan oman yrityksen prosesseja ja tekemään prosessi kuvauksia, sekä tunnistamaan yritykseltä mahdollisesti puuttuvia palasia. (White, 2021)

3.2 Rajapinta

Seuraavassa alaluvussa tutustutaan lohkoketjuteknologian ja toimitusketjun rajapintaan eli tapoihin, joilla yksittäisen tuotteen voi liittää lohkoketjulle.

Käyttöliittymä on yksi tapa toteuttaa teknologian ja toimitusketjun välinen rajapinta. Kukin toimitusketjun toimija saa tuotteen saapuessa oikeudet tuotteen muokkaamiseen käyttöliittymässä. Tuotteen edellinen haltija kuittaa tuotteen toimitetuksi ja uusi haltija vastaanotetuksi. Käyttöliittymissä täytyy olla valmiina määritelty tuotteelle muokattavat ominaisuudet, joista esimerkkejä voivat olla sertifikaatit, paino ja mitat. Yksittäinen toimija muokkaa ominaisuuksia siis esimerkiksi tietokoneen, puhelimen tai vastaavan laitteen avulla. Lohkoketjulta pystytään tällöin seuraamaan tuotteen matkaa toimitusketjussa ja näkemään yksittäisten toimijoiden tekemät muutokset tuotteeseen. (Material traceability for increased circularity in the Chemical Industry, 2022)

Viivakoodeja on ollut ruokakauppojen käytössä jo vuodesta 1974 ja ne ovat yhä toimiva ja kehittyvä ratkaisu (Croptracker - Barcode to Blockchain: Emerging Technology in Traceability, n.d.). Nykyisiä viivakoodeja lisensoi GS1, joka myöntää yrityksille oman yritystunnisteen, josta yrityksen tuotteille rakentuu omat Global Trade Item Number eli GTIN-koodit (Viivakoodit | GS1, n.d.). Näin ollen nykyisistä viivakoodi numeroista saa suoraan selville tuotteen valmistajan ja tuotteen lajin. Tällä hetkellä myönnetty GTIN-koodit toimivat hyvin tuotteiden seurantaan, koska niistä on helppo varmistaa valmistaja ja tuote. GTIN-koodin lisääminen lohkoketjulle parantaa luotettavuutta, sillä sen avulla toimitusketjun jokaista askelta pystytään seuraamaan ja näin ollen esimerkiksi pitkään

varastossa lojuneet tuotteen on helppo havaita. (Croptracker - Barcode to Blockchain: Emerging Technology in Traceability, n.d.)

QR-koodit ovat viivakoodin nuorempi ja kehittyneempi veli. QR-koodiin voi tallentaa esimerkiksi kuvia tai internet osoitteita, mikä ei viivakoodeilta onnistu. QR-koodi on keksitty vuonna 1994, mikä antaa laajemmin käyttöön otetulle viivakoodille yli 40 vuotta etumatkaa. Viivakoodin lukeminen vaatii pääsyn yrityksen tietokantaan, mutta QR-koodia pystyy käyttämään myös esimerkiksi asiakas. Pelkän yrityksen tuoteseurannan näkökulmasta koodeilla ei siis ole juurikaan eroa. Viivakoodin rinnalle täytyy kuitenkin lisätä QR-koodi, jos tuotteesta halutaan kommunikoida tietoa asiakkaalle. (Difference Between Barcode and QR Code, 2022)

Sensoreille löytyy paljon käyttötarkoituksia lohkoketjujen kanssa yhdessä käyttäessä. Niiden tarjoamia etuja onkin jo alettu hyödyntää lääketeollisuuden parissa esimerkiksi biologisten lääkkeiden kylmäketjun seuraamisessa. Kylmäketjun katketessa lohkoketjulta nähdään, kenen vastuulla lääke oli katkeamishetkellä, mikä mahdollistaa lääkkeen helpomman palautuksen. (Blockchain for supply chain in the pharmaceutical industry | IBM, n.d.) Kylmäketjun seuraamisesta ei ole markkinointimateriaaleissa annettu käytännön esimerkkiä, mutta vaikka älysopimusta hyödyntämällä lohkoketjulle voidaan tehdä merkintä, kun sensori havaitsee lämpötilan nousseen liian korkealle. Mielestäni lohkoketjujen tulevaisuuden käyttötarkoituksissa tullaan käyttämään entistä enemmän esimerkiksi sensoreita, kun halutaan tarkempaa ja tuotekohtaisempaa tietoa, jota mahdollisesti jaetaan myös asiakkaille.

Väärennöksistä kärsivien tuotteiden parissa sirut voivat olla hyvä valinta lohkoketjun toteutuksessa. Tästä esimerkkinä toimii muotituotteiden parissa tapahtuvat second-hand markkinat, jossa lohkoketjun avulla ostaja voisi varmentua tuotteen aitoudesta. Prototyypeissä on käytetty NFC-siruja, joihin sinänsä voi vielä liittyä väärennöksen mahdollisuus, mutta käyttöön on mahdollista ottaa PUF-ominaisuuden sisältävä NFC-siru, joka on erittäin turvallinen nykypäivän väärennös yrityksiä vastaan. (Goldgräbe, 2019) PUF eli physically unclonable function tarkoittaa sirujen valmistuksessa tapahtuvien pienten fyysisten erojen käyttöä sirujen yksilöimisessä. Eroja ei pystytä valmistusprosessin aikana kontrolloimaan, mikä johtaa siihen, että kaikki sirut ovat uniikkeja yksilöitä (Physical Unclonable Function - Intrinsic ID | Home of PUF Technology, n.d.). Tällöin jokainen siru on erotettavissa toisistaan, mikä estää väärennöksiä entistä paremmin.

Maalaisjärjellä mietittynä voi huomata, että vain käyttöliittymää hyödyntävässä systeemissä luotettavuus ei ole samalla tasolla, kuin esimerkiksi älysopimuksella lohkoketjulle liitetty sensori, joka päivittää lohkoketjua ilman välikätenä toimivaa ihmistä. Mielestäni tämä korostaa yrityksen tarvetta tiedostaa omat tarpeensa ja hankkia niihin sopivin ratkaisu, johon mielellään on mahdollista liittää tulevaisuudessa uusia ratkaisuja ilman suuria muutoksia koko lohkoketjun toimintaan.

Käyttöliittymään perustuvaa ratkaisua voisi pitää riittävänä, kun yritys haluaa vain todentaa myymiensä tuotteiden alkuperän. Mielestäni kannattaa alkaa tutustumaan enemmän automaatiota hyödyntäviin ratkaisuihin, kun määrien mittaus tai vastaavat toiminnot ovat keskeisiä osia toimitusketjun eri vaiheissa.

Käyttöliittymä on vaikuttaa tutkimieni materiaalien perusteella eniten käytössä olevalta ratkaisulta ja esimerkiksi NFC tai PUF siruilla toimivista ratkaisuksista ei löytynyt pienen skaalan pilotteja parempia tapauksia. Pidän sirujen, QR-koodien ja sensoreiden mainitsemista kuitenkin tärkeänä, sillä ne auttavat ymmärtämään teknologian tulevaisuuden potentiaalia.

3.3 Lohkoketjuratkaisut

Luvussa esitellään tapoja, joilla lohkoketju voidaan lisätä yrityksen omaan toimitusketjuun. Luku esittelee kolme eri toteutustapaa, jotka ovat lohkoketjualustat, BaaS palvelut ja oma lohkoketju. Lukujen alussa esitellään toteutustapaa ja tuloksissa käsitellään niiden hyödyt ja haitat verrattuna muihin toteutusmuotoihin. Lukujen lopussa esitellään kyseistä toteutustapaa käyttänyt lohkoketjuratkaisu. Keskitytään eniten käytettyihin lohkoketjualustoihin ja suurimpiin BaaS palveluntarjoajiin.

3.3.1 Lohkoketjualusta

Yritykset voivat käyttää lohkoketjualustaa toteuttaakseen oman lohkoketjuratkaisunsa. Suosituimmat lohkoketjut, joita yritykset käyttävät alustoinaan ovat Ethereum ja Hyperledger Fabric (Keresztes ym., 2022, s. 9). Vuonna 2021 tehdystä tutkimuksesta sanotaan, että myös Oracle Blockchain omaa suuren markkinaosuuden (Vadgama & Tasca, 2021), mutta pienellä tutkimuksella selviää Oracle Blockchainin olevan Hyperledger Fabricin päälle rakennettu BaaS-ratkaisu, joista otetaan selvää vasta seuraavassa luvussa (Interconnect and Automate Your Organization's Ecosystem OCI Blockchain Platform, 2022).

Hyperledger on avoin liiketoiminnan lohkoketjujen kehitysohjelma, jonka on perustanut Linux Foundation vuonna 2016. Perustamisen jälkeen Hyperledger on julkaissut kuusi valmista liiketoiminnan lohkoketjuteknologiaa ja hautomisvaiheessa on tällä hetkellä kymmenen. Osa Hyperledger lohkoketjuteknologioista on rakennettu aikaisempien lohkoketjujen päälle, mistä esimerkki on Hyperledger BESU, joka käyttää pohjanaan Ethereum lohkoketjua. Suosituin alustoista on Hyperledger Fabric. (Hyperledger – Open Source Blockchain Technologies, n.d.)

Hyperledger Fabric on modulaarinen alusta, jonka tarjoamista vaihtoehtoista yrityksillä on mahdollista rakentaa itselleen paras ja toimivin kokonaisuus. Tavallisten ominaisuuksien, kuten älysojien lisäksi on mahdollista muuttaa esimerkiksi varmennustapaa. (Introduction — hyperledger-fabricdocs main documentation, n.d.) Hyperledger Fabric muodostaa verkoston, jonka sisälle on

mahdollista muodostaa pienempiä verkostoja ja kanavia. Verkostossa kaikki toimivat yhdessä, mutta verkoston sisällä on mahdollista käyttää yksittäisille tapahtumille omia kanavia tai huoneita, joihin on kutsuttu vain tapahtumaan osallistuvat toimijat. Tämä mahdollistaa tietojen jakamisen vain niitä tarvitsevien kanssa esimerkiksi, jos yksittäinen toimija ostaa useammalta yritykseltä samaa tuotetta ja haluaa pitää ostojen tiedot muilta myyjiltä piilossa. Tärkeimmiksi ominaisuuksiksi listataan muun muassa suljettu arkkitehtuuri, modulaarisuus, vaihdeltava varmennustapa ja avoin äly-sopimus malli. Hyperledger Fabric hajautettua kirjanpitolpalvelua on mahdollista ostaa kaikilta suurimmilta pilvipalveluntarjoajilta, kuten AWS, Azure, IBM, Google ja Oracle, mikä kuvaa hyvin sen johtavaa markkina asemaa liiketoiminnan lohkoketju ratkaisuna. Markkinointi materiaalista selviää myös, että Hyperledger Fabric pitää alan ainoana varteen otettavana kilpailijana Ethereumia. (Fabric, n.d.) Hyperledger Fabricille on esitetty myös kritiikkiä liittyen sen turvallisuuteen ja tehokkuuteen, jopa sen kutsumista lohkoketjuksi on kyseenalaistettu (Popejoy, 2019). Vuoden 2020 tammi-kuussa Hyperledger Fabric kuitenkin julkaisi version 2.0, minkä avulla se ratkaisee osan kritiikissä esitetystä ongelmista. Kehitystahti on jatkunut 2.0 päivityksen jälkeen kovana ja uusien päivitysten 2.4.7 on julkaistu 25 päivä lokakuuta 2022. (What's new in Hyperledger Fabric v2.x — hyperledger-fabricdocs main documentation, n.d.)

Ethereum saattaa olla lukijalle tuttu toiseksi suurimpana kryptovaluuttana, mutta sen päälle on mahdollista rakentaa myös liiketoiminnan tarkoitukseen sopivia lohkoketjuteknologioita. (The Best Blockchain for Your Business in 2020: Enterprise Ethereum | ConsenSys, n.d.) Ethereum toimii parhaimminkin rahavirtojen seuraamiseen, kuin esimerkiksi toimitusketjujen tavaravirtoihin. Älysovimuksien avulla Ethereum lohkoketju voi olla hyvä valinta pankin kanssa toteutettavien toimintojen avuksi. Ethereumin viehätystä lisää sen suuri käyttäjäkunta ja vakiintunut markkina-asema lohkoketjujen maailmassa. (What Is Ethereum? | AWS Blockchain, n.d.) Hyperledger Fabricille annettussa kritiikissä Ethereum esitellään normaalina ja luotettavampana vaihtoehtona, mikä kuvaa hyvin Ethereumin vakiintunutta asemaa (Popejoy, 2019). Tätä luottamusta kuvaa myös Googlen uusi Blockchain Node Engine, jonka ensimmäiseksi lohkoketju valinnaksi on otettu Ethereum (Introducing Blockchain Node Engine | Google Cloud Blog, n.d.). Omien älysovimuksien kehittämiseen Ethereum lohkoketjun päälle voi käyttää helppokäyttöisyyttä parantavia käyttöliittymiä, kuten Hyperledger BESU (Hyperledger Besu Ethereum client - Hyperledger Besu, n.d.).

Alhaalla olevaan taulukkoon on edellisten kappaleiden perusteella listattu helposti näkyville keskeisiä eroja Hyperledger Fabricin ja Ethereumin välillä.

Taulukko 3. Hyperledger Fabricin ja Ethereumin eroja käyttäjien, tapahtumien ja varmennuksen osalta

Ominaisuudet	Hyperledger Fabric	Ethereum
Käyttäjät	Suljettu lohkoketju vain kutsutut jäsenet	Avoim kaikille
Tapahtumat	Tapahtumat vain osallistujien nähtävissä	Tapahtumat kaikkien nähtävissä
Varmennustapa	Käyttäjä voi valita haluamansa	Proof of Stake

Taulukossa listatuista eroista huomaa hyvin Hyperledger Fabricin keskittymisen juuri toimitusketjuille tarkoitettuihin ratkaisuihin. Toimitusketjuissa yritykset voivat esimerkiksi tilata samaa tuotetta monelta eri toimittajalta, jolloin tavarantoimittajat ovat keskenään kilpailutilanteessa. Hyperledger Fabricin tapahtumien näkyminen vain osallistujille on tehty vastaamaan tämän kaltaisiin tarpeisiin. Kutsutut jäsenet taas takaavat vain rekisteröityjen toimijoiden mahdollisuuden osallistua toimitusketjun toimintoihin, jolloin esimerkiksi vain sertifioiduilta tuottajilta tai jalostajilta voidaan tilata tavaroita.

GSBN on käyttöliittymä pohjainen lohkoketjuratkaisu, jonka alustana toimii Hyperledger Fabric. GSBN on tuotettu yhteistyössä Oraclen, Microsoftin, AntChainin ja Alibaba Cloudin kanssa. GSBN tavoitteena on edistää kansainvälistä kauppaa satamaliikenteen osalta. GSBN avulla on tähän mennessä saatu lyhennettyä konttien vapautumisaikaa päivistä tunteihin, mikä on onnistunut lohkoketjulta löytyvien tietojen ja sen myötä vähentyneiden paperisten asiakirjojen määrällä. GSBN on myös saanut nopeutettua konttien kiertoaikaa eli tyhjä kontit seisovat satamissa vähemmän aikaa. Seuraavana askeleena tällä lohkoketjuratkaisulla on parantaa yhteistyötä pankkien ja rahtaajien välillä, mikä mahdollistaa tehokkaampaa rahoitusta kansainvälissä kaupassa. Tästä GSBN on tehnyt pilotin vuoden 2022 syyskuussa, jonka tuloksena tuotteelle saatiin kuormalle rahoitus alle 20 minuutissa. (Case Study GSBN simplifies global trade with Hyperledger Fabric, n.d.) Lohkoketjun ja toimitusketjun rajapinnan toteutuksesta ei ole mainittu, mutta lukemani perusteella päätän, että yksittäiset kontit on merkitty viivakoodeilla tai vastaavalle menetelmällä. Paperiset dokumentit ovat luultavasti luettavissa jonkinlaisesta käyttöliittymästä.

3.3.2 BaaS

BaaS eli Blockchain as a Service on käyttöönotto ratkaisu, jossa pilvipalvelun tyyliisesti ulkoistetaan palvelun tarjoajalle lohkoketjun infrastruktuuri ja sen ylläpito. Ulkoinen palveluntarjoaja tekee

yrittäjien tarpeisiin sopivan käyttöliittymän ja ylläpitää sitä. (Blockchain-as-a-Service (BaaS) Meaning and Major Players, 2021) BaaS palveluiden yhteydessä varmentaja solmut ovat siis usein palveluntarjoajan. Yritys, joka käyttää BaaS palvelua lisää lohkoketjulle tietoa omilla jäsen solmuil-lansa, käyttämällä palveluntarjoajan käyttöliittymää. Suurin osa pilvipalvelutaloista tarjoaa jonkin-laista BaaS-palvelua. Käyn läpi suurimpia BaaS-palveluntarjoajia ja korostan niiden samankaltai-suutta.

IBM käyttää tarjoamiensa lohkoketju ratkaisujen alustana on Hyperledger Fabric. IBM mainitsee lohkoketjujen tarjoavan toimitusketjuille luotettavuutta, läpinäkyvyyttä ja yhteisymmärrystä kaikkien osallistujien välille. Esimerkkinä käytetään autoteollisuuden käyttöön suunniteltua BaaS-ratkaisua nimeltään Vinturas. Tämä ratkaisu on suunniteltu materiaalin perusteella erityisesti läpinäkyvyyden parantamiseen. (IBM Blockchain Services for Supply Chain Solution Brief, n.d.)

Oracle tarjoaa yrityksille Oracle Blockchain Platformia, jonka alustana toimii Hyperledger Fabric. Oracle esittelee lohkoketjun tarjoamia etuja eri aloille. Kaupan osalta mainitaan luksustuotteiden alkuperän varmennus, muotituotteiden eettisen hankinnan varmennus, seurattava kierrätys muo-vista valmistettujen tuotteiden alkuperä ja muita. Varsinkin kaupanalan osalta keskitytään jälleen vahvasti läpinäkyvyys elementtiin. (Interconnect and Automate Your Organization's Ecosystem OCI Blockchain Platform, 2022)

Microsoft Azuren lohkoketju ratkaisuissa alusta vaihtoehtoina ovat Ethereum ja Quorum (Web3 – Developer Solutions | Microsoft Azure, n.d.). Microsoftin Standalone Ethereum Studio mahdollistaa oman toimitusketju ratkaisun kehittämisen käyttäen alustana Ethereumia. (Standalone Ethereum Studio - Code Samples | Microsoft Learn, n.d.). Quorum ei ole markkinaosuudeltaan tutkimuksen kannalta tarpeeksi suuri, joten en käy läpi siihen liittyviä ratkaisuja. Microsoft ei vaikuta tarjoavan samanlaista kädestä pitämistä, mitä esimerkiksi IBM tapauksessa on tarjolla. Luultavasti tämän seurauksena myös etujen markkinointi jää vähemmälle.

Suurin osa BaaS palveluista markkinoi hyvin samankaltaisia toimintoja ja hyötyjä. Tehokkuus, lä-pinäkyvyys ja salauksen tuoma luotettavuus ovat kaikissa keskiössä. Aikaisemmista luvuista meille on selvinnyt, että edellä mainitut ovat lohkoketjuteknologiasta saatavia hyötyjä, joten ne pysyvät samana palveluntarjoajasta riippumatta. BaaS palveluita kannattaa siis hankinnan yhteydessä mie-lestäni mieluummin kilpailuttaa esimerkiksi palveluntarjoajan vastaus nopeuden ja yleisen jous-tavuuden perusteella.

IBM Food Trust on Hyperledger Fabricin avulla toteutettu BaaS-palvelu, jonka rajapintana toimivat viivakoodit. Yrityksien on mahdollista hankkia GTIN-koodeilla varustetuille tuotteilleen paikka IBM Food Trustilta (Onboarding - IBM Documentation, n.d.). Food Trust on kasvattajien, jalostajien,

tukkukauppiaiden, välittäjien, tuottajien ja vähittäistavarakauppojen verkosto, jonka tavoitteena on kasvattaa ruoan toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja vastuullisuutta. Lohkoketjulla jaetaan tietoja ruoan alkuperästä, teollisuudesta ja liiketoimista. IBM esittelee palvelun tarjoamiksi eduiksi pienemmän hävikin, paremman turvallisuuden, petoksen estämisen, paremman vastuullisuuden ja brändi luottamuksen. (IBM Supply Chain Intelligence Suite - Food Trust | IBM, n.d.)

3.3.3 Oma lohkoketju

Lohkoketjuratkaisun voi toteuttaa myös perustamalla oman lohkoketjun. Oma lohkoketju on luonnollisesti vaihtoehtoista joustavin, koska yrityksen on mahdollista itse valita kaikki toimintaperiaatteet itselleen sopiviksi. Ainakin tällä hetkellä oman lohkoketjun toteuttaminen vaikuttaa epärealistiselta, sillä alalla myös suuret palveluntarjoajat, kuten AWS ja Oracle tuottavat palveluratkaisunsa mieluummin käyttäen alustana Hyperledger Fabricia, kuin tekevät oman lohkoketjun jokaiselle asiakkaalle (Fabric, n.d.). Yhdenkään BaaS-palveluntarjoajan sivulta ei löytynyt tietoa täysin oman lohkoketjun tuottamisesta yhteistyössä palveluntarjoajan kanssa. Oletan tämän perusteella, että se ei ole mahdollista. Voi toki olla, että tulevaisuudessa jokaisella yrityksellä on oma lohkoketju, mutta tällä hetkellä tämä ajatus menee vielä villien spekulatioiden joukkoon.

Suurista palvelutaloista SAP on tuottanut oman lohkoketjunsä, jonka nimi on SAP Green Token. On kuitenkin huomattavaa, että Green Tokenia myydään BaaS-ratkaisuna käyttäjä yrityksille eli sekkään ei ole yrityksen omaan tarpeeseen tuotettu ratkaisu. Käytän siitä huolimatta Green Tokenia esimerkkinä omasta lohkoketjusta, sillä siitä löytyy hyvin materiaalia ja se on suunniteltu palmuöljyn hyödykemarkkinoille, mikä on muihin BaaS-ratkaisuihin verrattuna erittäin tarkkaan määritelty käyttötarkoitus. (GreenToken by SAP, n.d.)

Green Token on SAPin oma lohkoketju, jota he myyvät BaaS-ratkaisuna. Toteutuksen lohkoketjun ja toimitusketjun välisenä rajapintana toimii käyttöliittymä. Green Token on luotu erityisesti palmuöljymarkkinoiden vastuullisuuden parantamiseen, mutta myös muille hyödykkeille. Green Token toimii karkeasti kuvailtuna seuraavalla tavalla. Tuottaja tuottaa palmuöljyä, jonka jälkeen hän luo Green Tokenin käyttöliittymän avulla. Green Tokeniin merkitään tuottajan omat sertifikaatit ja tuotteen fyysisiä ominaisuuksia. Käyttöliittymää käytetään lehtisolmun eli yksittäisen tietokoneen, puhelimen tai muun vastaavan laitteen avulla. Tokenin luomisen jälkeen tuottaja lähettää palmuöljyn toimitusketjun seuraavalle toimijalle ja luovuttaa tokenin oikeudet toimitusketjun seuraavalle jäsenelle. Toimitusketjun seuraavalla jäsen tekee vuorostaan omia toimintojansa, kuten jalostusta koskevat lisäykset tokeniin. Prosessi jatkuu alaspäin toimitusketjua, kunnes se päättyy kuluttajalle, jonka on mahdollista nähdä tokenista kaikki toimitusketjun osayrityksien tekemät lisäykset ja muutokset tuotteeseen. (Material traceability for increased circularity in the Chemical Industry, 2022)

4 Tutkimuksen toteutus

Tässä luvussa esitellään ja perustellaan tarkemmin tutkimuksen tavoitteita ja rajoituksia, valittuja tutkimusmenetelmiä ja tutkimuksen läpivientiä.

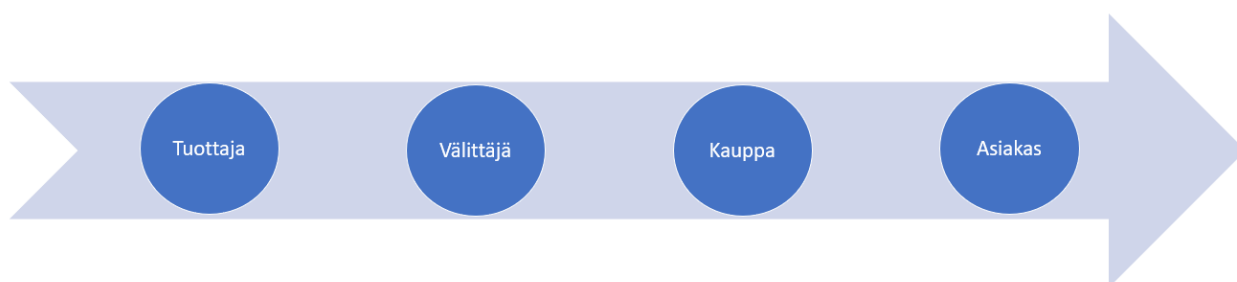
Tutkimuksen tavoitteena on tutkia lohkoketjujen toimintaa toimitusketjuissa. Tavoitteena on löytää lohkoketjun tarjoamia hyötyjä toimitusketjuille ja ymmärtää hyötyjen pohjalla toimivat teknologiat. Hyötyjen toimintaa toimitusketjulla on tavoitteena esitellä esimerkkien avulla. Esimerkkien on tavoitteena herättää ideoita myös muille toimitusketjuille olemassa olevista esimerkeistä. Lisäksi tavoitteena on tutkia, lohkoketjun eri toteutusmuotoja ja niiden avulla tuotettuja ratkaisuja. Tuloksien tavoitteena on esitellä ja perustella hyötyjä, sekä vertailla toteutusmuotojen välisiä eroja. Näiden avulla pyrin rakentamaan kokonaisuuden, joka vastaa kysymykseen: Miten lohkoketjuteknologiaa käytetään tuotteiden toimitusketjuissa?

Tutkimuksen kohteena on hyödyt toimitusketjuille, joka rajaa tutkimusongelmat keskittymään juuri toimitusketjuille tarkoitettuihin ratkaisuihin. Lohkoketjuteknologia kehittyy jatkuvasta ja uusia ratkaisuja tulee jatkuvasti lisää. Tässä tutkimuksessa keskitytään vain suosituimpiin toimitusketjujen käytössä oleviin ratkaisuihin. Hyötyjen kuvaamiseen käytettävät esimerkit rajataan keskittymään yhden tuotteen toimitusketjuun. Tutkimus esittelee yksinkertaisesti lohkoketjun tapoja tukea toimitusketjujen toimintaa ja esimerkiksi koodaamiseen ei perehdytä tietoperustassa, eikä tutkimustuloksissa. Yksittäisiin toimitusketjun toimintoihin ei perehdytä yksinkertaisia mainintoja syvällisemmin eli esimerkiksi kirjanpidosta, hankinnasta tai logistiikasta ei tule omaa kappaletta tietoperustaan. Hyötyjen esittelyä rajaa edellä mainittujen lisäksi esimerkkinä käytettävä mansikan toimitusketju, joka on toimitusketjujen maailmassa yksinkertaisemmasta päästä.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään laadullista eli kvalitatiivista tutkimusta. Kvalitatiivista tutkimusta voidaan käyttää, kun halutaan tuottaa kattava kuvaus pääongelmaan (Trockim & Donnelly, 2008). Valitsin kvalitatiivisen tutkimusotteen, koska sen avulla saadaan aikaan tarkempaa tietoa lohkoketjujen toiminnasta ja yksittäisistä lohkoketjuista. Tutkimuskysymyksiin rakennetaan vastaus käyttäen menetelmänä kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tuottaa nimensä mukaisesti kuvaus vastaamaan tutkimusongelman esittämään kysymykseen. Kirjallisuuskatsaus koostuu karkeasti kahdesta vaiheesta, joista ensimmäisessä tutkija kirjoittaa aiheesta ymmärtääkseen tutkimusmateriaalin sisällön. Kirjallisuuskatsauksen toisessa vaiheessa tutkijan tavoitteena on selittää löytämänsä tieto lukijalle ymmärrettävästi. (Machi & McEvoy, 2022) Nämä kaksi vaihetta kuvailevat tutkimuksen tietoperustan rakentamista ja tutkimustuloksien esittämistä. Käytän tietoperustaa rakentaessa oppimaani tuottamaan vastauksia tutkimusongelmiin.

Ensimmäiseen alaongelmaan haetaan vastausta tutustumalla lohkoketjujen esitteisiin ja lohkoketjujen toiminnasta kirjoitettuihin artikkeleihin. Tietoperustaan rakentuu näiden perusteella kokonaisuus, joka auttaa ymmärtämään lohkoketjujen toimintaa. Tuloksissa esitellään ja perustellaan tietoperustaa apuna käyttäen lohkoketjujen tarjoamia hyötyjä toimitusketjuille. Hyötyjä esitellään tuotteen toimitusketjussa esimerkki tilanteiden avulla. Toimitusketjun prosessien kuvaamiseen käytetään SCOR-mallia. Esimerkki tilanteiden tuotteena käytetään mansikkaa, jonka kuvitteellista toimitusketjua esittelen kaupanalalta hankkimani työkokemuksen perusteella. Alla esittelen tätä kuvitteellista mansikan toimitusketjua keskittyen erityisesti kaupan sisällä tapahtuviin toimitusketjun SCOR-mallin mukaisiin toimintoihin.

Mansikan toimitusketju

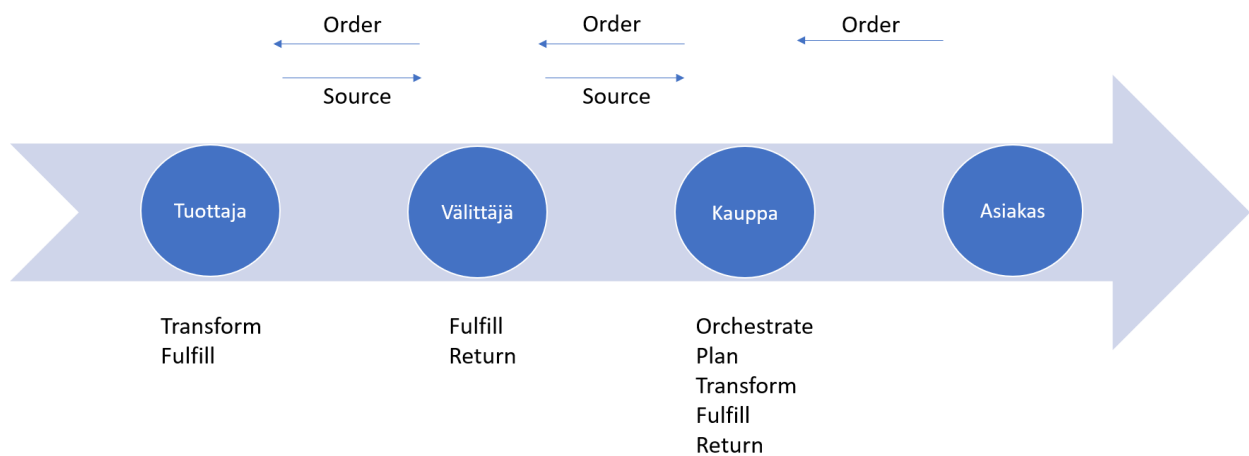


Kuva 7. Mansikan toimitusketju kuvattuna nuolena, jonka varrella yksittäisiä toimijoita

Orchestrate tason toiminnoista esimerkkinä tässä tapauksessa on päätös ostaa mansikat Keskon sijaan ulkoiselta välittäjältä. Päätös määrittelee mansikan toimitusketjun toimijat eli vaikuttaa suoraan toimitusketjun suuntaan ja henkilöstöön. Motivaatio ulkoiselta välittäjältä tilaamiseen tuli tässä tapauksessa Plan tasolta, kun kauppias halusi säästää resursseja eli rahaa tilaamalla mansikat Keskon ulkopuolelta. Resurssien tarve kaupan muissa vaiheissa kuitenkin lisääntyi päätöksen seurauksena, kun Keskon automaattisen tilausjärjestelmän sijaan Source tason toiminnot muuttuivat kaupan osalta puhelimessa puhumiseksi ja valmiiksi pakattujen mansikoiden sijaan kaupalle syntyi uusi prosessi eli mansikoiden pakkaaminen. Plan tasolla resursseja eli erityisesti osastovastaavan aikaa keskitettiin aikaisempaa enemmän mansikoihin. Pakkaaminen mainitaan SCOR-mallissa Fulfill tason toimintona, mutta tässä tapauksessa se kuuluu mielestäni paremmin kaupan näkökulmasta tasolle Transform, koska kuljetuksesta saapuneet marjat pakataan eli muutetaan myytävään muotoon. Fulfill tasolle kuuluvat mielestäni paremmin tuotteen esillepano ja myynti. Asiakkaat alkavat usein kysellä kaupoissa mansikoiden perään, mikä ei suoranaisesti ole tuotteen tilaus, mutta toimii tässä tapauksessa esimerkkinä Order tason toiminnosta. Order taso tulee kaupan

tapauksessa vahvemmin esille, kun katsotaan verkkokaupassa asioivia asiakkaita. Asiakkaat siis ilmaisevat tässä tapauksessa halua ostaa mansikoita kaupasta, joka toimii kaupalle motivaattorina tilata mansikoita. Return tason toimintona kaupan kohdalla toimii mansikoiden kompostointi niiden muuttuessa myynti kelpottomiksi. Mansikan kaltaisten tuotteiden tapauksessa asiakkaat usein varmistavat jo oston yhteydessä tuotteen laadun, jolloin myynnin jälkeisiä palautuksia tapahtuu harvoin.

Mansikan toimitusketju



Kuva 8. Mansikan toimitusketju kuvattuna nuolena, jonka varrella yksittäisiä toimijoita ja niiden alla, sekä välillä esitetty toimijoille kuuluvia SCOR-mallin prosesseja

Kyseisessä esimerkissä kaupalta löytyy jokainen SCOR-mallin prosessi jossain muodossa. Tämän lisäksi toimitusketjun muilla toimijoilla on omat prosessinsa. Kuvassa näkyvät kaupan näkökulmasta olennaisia muiden toimijoiden prosesseja. Tuottajalta löytyvät vähintään prosessit Order, Transform ja Fulfill. Order käsittelee siis välittäjän tekemiä tilauksia. Transform tässä tapauksessa tarkoittaa mansikoiden keräämistä pelloilta. Fulfill kuvailee välittäjälle toimitettavien mansikoiden valitsemista ja mahdollista toimittamista, sekä laskutusta. Välittäjän prosesseja ovat ainakin Order, Source, Fulfill ja Return. Order kuvaa kaupalta tulevaa tilausta. Source kuvaa mansikkatiloilta hankittavia mansikoita. Fulfill kuvaa kaupalle menevien mansikoiden valintaa varastosta ja toimitusta. Return kuvaa välittäjän valintoja esimerkiksi tilanteessa, jossa valitut mansikat eivät laadultaan vastaa kaupan vaatimuksia. Kaupan osastovastaavana minulle ei kommunikoitu lähes mitään marjojen keräyksen ajankohdasta tai edes alkuperästä ja erityisesti loppukäyttäjälle eli kaupan asiakkaalle jaetaan toimitusketjussa vain vähän tietoa.

Tutkimuksen toista alaongelmaa varten käytetään ensimmäistä alaongelmaa selvittäessä opittuja asioita, sekä tutustutaan lohkoketjun eri toteutusmuotoihin artikkelien ja palvelutarjoajien esitteiden avulla. Tuloksissa esitellään lohkoketjun toteutusmuodot ja lopuksi tehdään vertailua niiden välisistä eroista. Vertailtaviksi ominaisuuksiksi valitsen kustomoinnin, vaaditun osaamisen ja turvallisuuden, koska ne korostavat ratkaisumuotojen välisiä eroja.

5 Tutkimuksen tulokset

5.1 Lohkoketjun hyödyt

Lohkoketjujen hyötyjä toimitusketuille ovat luotettavuus, läpinäkyvyys ja tehokkuus. Käyn hyödyt läpi yksi kerrallaan esitellen niiden perustana olevat teknologiat, jonka jälkeen sovelletaan niitä mansikan toimitusketjuun kuvitteellisten tilanteiden avulla.

5.1.1 Luotettavuus

Luotettavuus on ensimmäinen alue, jota lohkoketjua käyttämällä voidaan parantaa toimitusketjuissa. Luotettavuus muodostuu kolmesta osasta, jotka ovat vahva salaus, varmennustapa ja lohkoketjun rakenne. Luotettavuus toimii pohjana läpinäkyvyyden ja tehokkuuden kehittämiseksi.

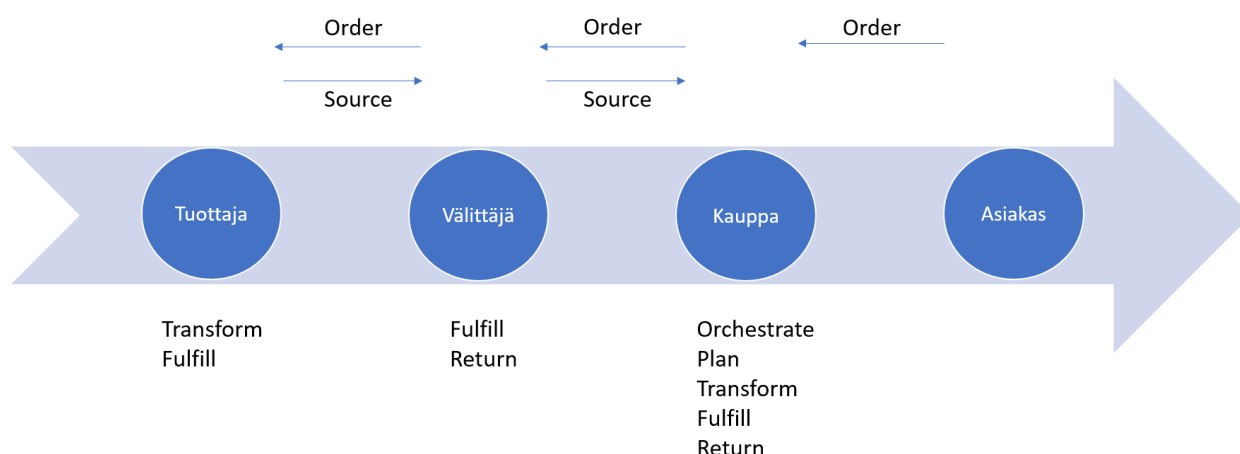
Lohkoketjussa tiedot ovat vahvasti salattuja. Tiivisteistä muodostuva rakenne johtaa siihen, että yksittäisen tiedon muuttaminen lohkoketjun rakenteessa aiheuttaa muutoksia myös kaikkiin sitä seuraaviin tietoihin, mikä on perustana salaukselle (Laurie, Langley & Kasper, 2013). Vahva salaus johtaa siihen, että tiedot ovat ikään kuin kiveen hakattuja, eikä seuraavien tapahtumien toteuttaja voi käydä jälkikäteen helposti muuttamassa tapahtumien tietoja. Yksittäisten lohkojen salaus siis estää tietojen väärentämistä tai manipulointia yksittäisen toimitusketjun tahon toimesta.

Varmennustapa varmistaa lohkon kuulumisen aikaisempien lohkojen jatkoksi, sekä samalla sinetöi lohkon tiedot edellä mainittuun kiveen hakattuun muotoon. Varmennustapa voi olla esimerkiksi Bitcoinin proof of work, joka perustuu tietokoneiden tekemään työhön (Nakamoto, 2008). Toinen esimerkki on laajasti käytössä oleva proof of stake, jossa ketjuun osallistujat voivat ilmoittautua varmentajiksi ja heidän joukostaan arvotaan yksi varmentaja jokaiselle lohkolle (Proof-of-stake (PoS) | ethereum.org, n.d.). Toimitusketjujen tapauksessa ei ole tarpeellista käyttää näin monimutkaisia varmennustapoja, mikä johtuu toimitusketjuille suosituista lohkoketjun rakenne valinnoista. Varmennustapa lisää salauksen päälle uuden tason luotettavuutta, koska se varmistaa lohkon kuulumisen aikaisempien lohkojen jatkoksi ja varmentaa lohkon tapahtumat aidoiksi.

Lohkoketjun rakenne määrittää perusteet ketjun varmentajien ja jäsenten valinnalle. Toimitusketjujen keskuudessa suosituimmat lohkoketjut ovat Ethereum ja Hyperledger Fabric (Keresztes ym., 2022). Ethereum on avoin jaettu lohkoketju, jonka varmennustapana toimii proof of stake (Proof-of-stake (PoS) | ethereum.org, n.d.). Lohkoketjun avoimuus tarkoittaa sitä, että kuka vain voi liittyä ketjun jäseneksi. Jaettu lohkoketju kuvaa varmennusprosessiin osallistuvien henkilöiden valintaa eli jaetun tapauksessa kaikki jäsenet voivat ilmoittautua varmentajiksi. (Lastovetska, 2021) Yksittäisten toimijoiden luotettavuus voi olla avoimissa ketjuissa kyseenalaista, koska kuka vain voi osallistua. Tämän perusteella huomataan, että avoimissa ketjuissa rakenne ei lisää luotettavuutta

toimitusketjuja ajatellen. Hyperledger Fabric on lähtenyt hakemaan tähän ratkaisua nimenomaan toimitusketjuja ajatellen. Hyperledger Fabric on suljettu lohkoketju, jossa toimitusketjut voivat päättää varmennustavan mieleisekseen. Tämän lisäksi Fabricissa on mahdollista toteuttaa yksittäisiä toimitusketjun toimintoja vain toimintoon osallistuvien toimijoiden kanssa jakamatta toimintoon liittyviä yksityiskohtaisia tietoja koko ketjulle eli ikään kuin omassa huoneessaan (Introduction — hyperledger-fabricdocs main documentation, n.d.). Suljetussa lohkoketjun rakenteessa vain kutsutuilla toimijoilla on pääsy lohkoketjuun (Lastovetska, 2021). Tämä toimii perustana tässä tapauksessa luotettavuuden lisääntymiselle, koska vain toimitusketjulle valmiiksi varmennetuilla toimijoilla on pääsy lohkoketjulle.

Mansikan toimitusketju

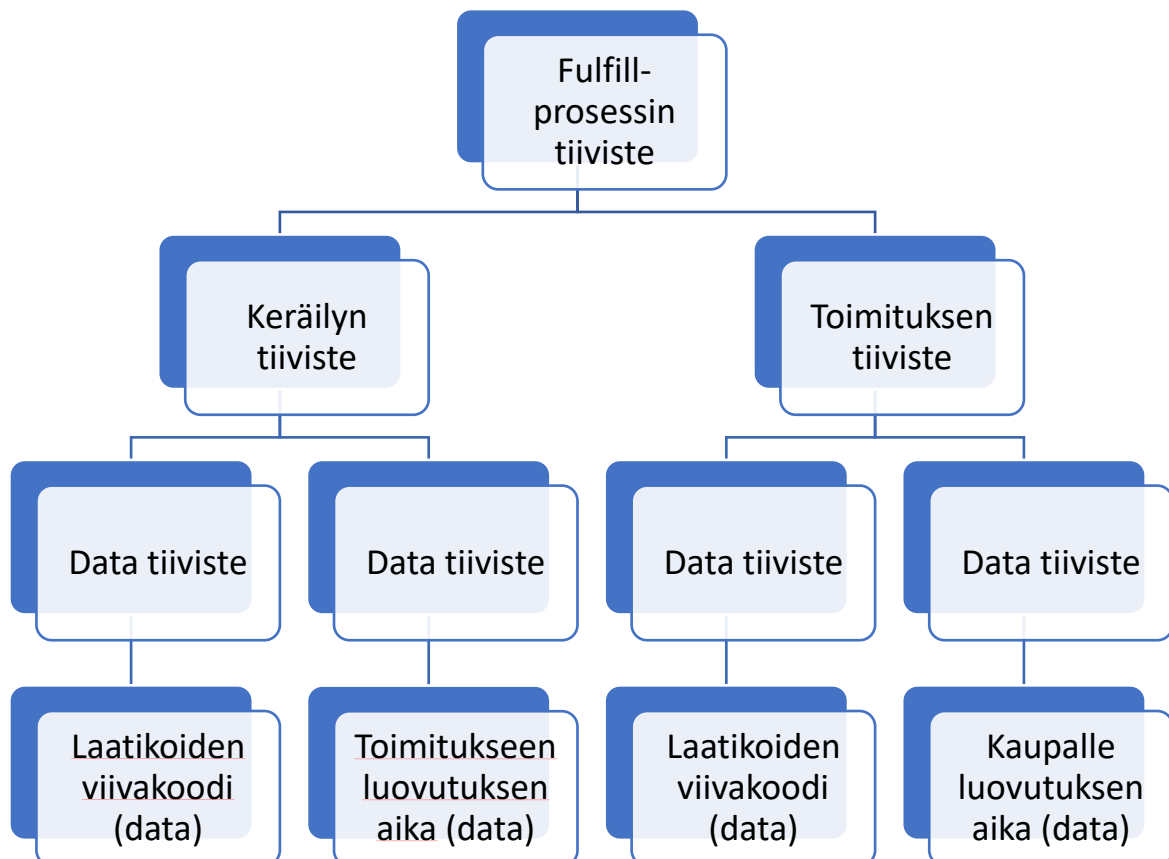


Kuva 9. Mansikan toimitusketju kuvattuna nuolena, jonka varrella yksittäisiä toimijoita ja niiden alla, sekä välillä esitetty toimijoille kuuluvia SCOR-mallin prosesseja

Mansikan toimitusketju on hyvin yksinkertainen, joten sen avulla on hankala kuvata lohkoketjun luotettavuus hyötyä salauksen näkökulmasta. Mansikan tapauksessa toimitusketju on lyhyt ja toimijat toisilleen suhteellisen tuttuja, jolloin tilanteiden selvittäminen ei luultavasti olisi hankalaa.

Ensimmäisessä tilanteessa kauppa ilmoittaa välittäjälle, että he eivät ole saaneet mansikoita, vaikka välittäjä on toimittanut ne. Tilanne on sana sanaa vastaan ja kauppa on tuhonnut tapahtuman paperiset tositteet. Toimitusketjun ollessa lohkoketjulla edellinen tuotteen haltija on helppo todentaa ja tämän kaltaiset tilanteet pystytään välttämään. Tilanteessa välittäjä voisi kirjata lohkoketjulle aloittaneensa Fulfill prosessin, joka on voitu jakaa keräilyyn ja toimitukseen. Tällöin siis alkaisi kuvitteellisesti uuden lohkon tietojen kasaaminen. Keräilyssä esimerkiksi viivakoodilla voitaisiin lukea toimitukseen kuuluvat mansikkalaatikot, jonka jälkeen ne pakataan kuljetukseen. Tämän

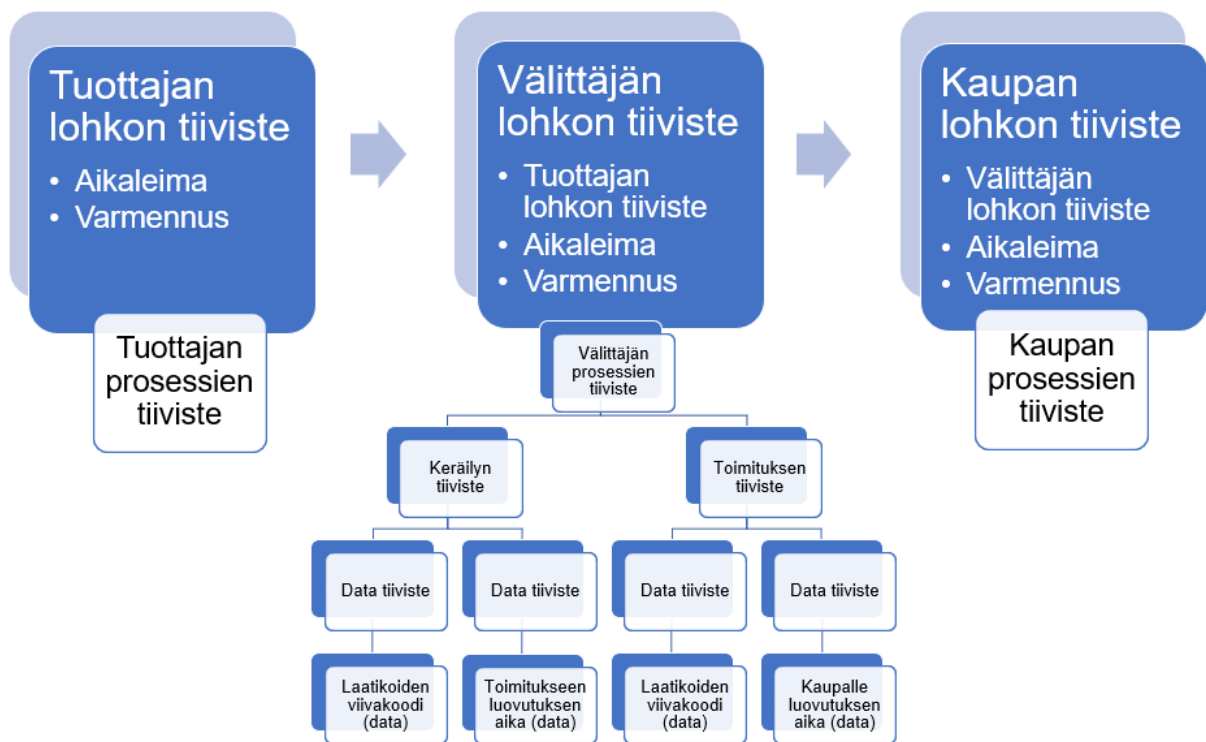
jälkeen keräilijä luovuttaa lohkoketjun oikeudet kuljetuksesta vastuussa olevalle henkilölle, joka voisi jälleen lukea laatikoiden viivakoodit varmentaan näin Fulfill prosessin ensimmäisen osuuden. Lohkoketjulla näkyy nyt toimitukseen valitut laatikot ja niiden siirtyminen toimitusketjun seuraavalle toimijalle eli kuljettajalle. Tämän jälkeen kuljettaja toimittaa laatikot kaupalle ja luovuttaa ne kaupan henkilölle, joka vuorostaan lukee laatikkojen viivakoodit omalla laitteellaan. Fulfill prosessi olisi tällöin saatettu lohkoketjulla varmennetusti päätökseen, mikäli laatikoiden viivakoodit siis yhä täsmäivät keräilijän alun perin varastosta valitsemien laatikoiden viivakoodeihin. Väärennetty tieto oli kaupan tuhoama paperinen dokumentti mansikoiden saapumisesta. Mansikat vastaanottaessaan kaupan henkilö varmentaa lohkoketjun, jolloin edellisen lohkon eli Fulfill prosessin lohkon tietojen muuttaminen muuttaisi kaikkia lohkon sisällä olevia tiivisteitä. Tässä tapauksessa käytössä olisi luultavasti varmennustapa, jossa vaaditaan molemmat osallistuvat toimijat tietojen muuttamiseksi eli kauppa ei voi ilman välittäjää uudelleen varmentaa lohkoa ketjulle. Salauksen ja varmennustavan yhteisvaikutus johtaa luotettavuuden paranemiseen. Toisin sanoen toimitusketjun yrityksiä tai toimijoiden ei tarvitse luottaa toisiinsa, kun he voivat luottaa lohkoketjuun, sen tietoihin ja niiden järjestykseen.



Kuva 10. Välittäjän Fulfill-prosessi Merkle Tree tietokantamallissa

Toisessa tilanteessa välittäjä väittää hankkivansa mansikat suomalaisilta tuottajilta, vaikka todellisuudessa toimiikin maahantuojana. Välittäjä on täyttänyt löytämänsä ketjulla toimivan tuottajan

laatikoita ulkomaalaisilla mansikoilla. Ulkomaalaiset toimijat eivät ole lohkoketjulla tuottajina, jos heitä ei ole etukäteen rekisteröity toimijoiksi lohkoketjulle. Tämä käytännössä näyttäisi lohkoketjua tarkasteltaessa siltä, että lohkoketjun muodostama tarina tuotteen matkasta alkaisi välittäjän varastosta Fulfill prosessista, minkä seurauksena välittäjän toimet paljastuisivat muillekin toimitusketjun toimijoille. Välittäjällä ei välttämättä ole edes mahdollisuutta perustaa uutta mansikkalaatikkaa, jos rakenteen valinnassa on Hyperledger tyyliisesti päätetty käyttää yksittäisille toiminnolle omia huoneitaan. Tällöin vain tuottajiksi varmistetuilla toimijoilla olisi mahdollisuus merkitä tuottajan Transform ja Fulfill prosesseihin askeleita. Tilanteessa tulee esille suljetun lohkoketjun tarjoama rakenteellinen luottamus.



Kuva 11. Tuotteen toimitusketju lohkoketjulla, jossa välittäjän prosessit kuvattuna tarkemmin Merkle Tree rakenteessa

Ylhäällä olevassa kuvassa on karkea esimerkki toimitusketjusta lohkoketju rakenteessa. Välittäjän lohko muodostuu prosessien tiivisteistä, aikaleimasta, tuottajan lohkon tiivisteestä ja toimittajan ja kaupan varmennuksesta. Kaupan ja tuottajan lohkon muodostuvat vastaavalla tavalla. Edellisen esimerkin tilanteessa lohkoketju ei olisi ehjä, vaan tuottajan lohkon tiiviste puuttuu tai tuotetta ei yksinkertaisesti ole lohkoketjussa.

5.1.2 Läpinäkyvyys

Toinen lohkoketjun tarjoama hyöty on läpinäkyvyys. Luottavuuden salaus, varmennus ja rakenne tarjoavat myös läpinäkyvyys hyötyä. Näiden lisäksi aikaleimat ja ketjumainen rakenne lisäävät läpinäkyvyyttä. Ensimmäiset lohkoketjut olivat täysin läpinäkyviä, mutta toimitusketjujen tapauksessa osa tiedoista halutaan pitää salassa, minkä seurauksena Hyperledger Fabric on yleistynyt toimitusketjujen käytössä.

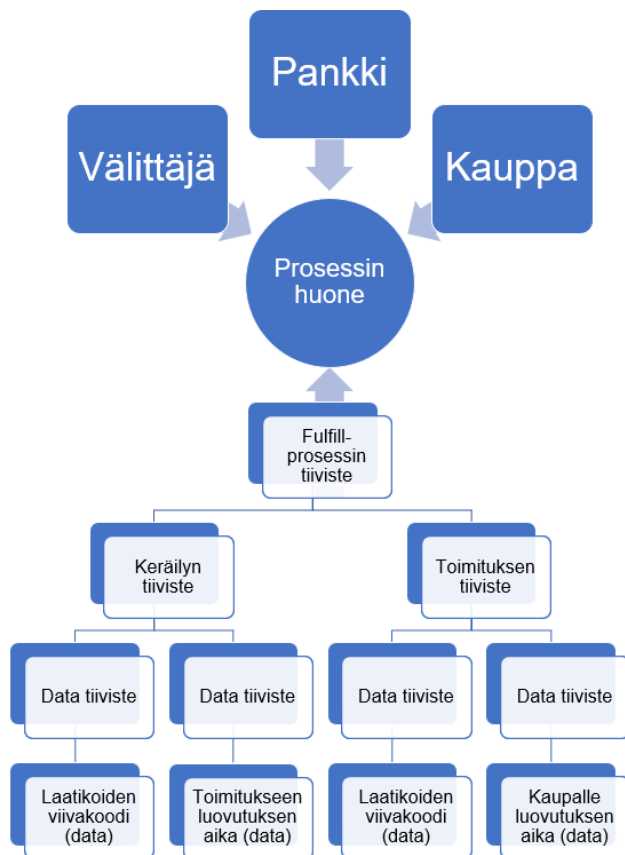
Salaus, aikaleima ja varmenne muodostavat yhdessä lohkoketjun ketjumaista rakennetta. Lohkoketjun ketjumainen rakenne toimii kirjanpitoa, jossa salauksessa tiivistetyt yksittäiset tapahtumat on aikaleimattu ja varmennuksen avulla liitetty seuraavaan lohkoon. Tällöin yksittäisen tapahtuman tietoja on mahdollista tarkastella seuraamalla lohkoketjua taaksepäin. (Laurie, Langley & Kasper, 2013) Salaus ja varmennus takaavat siis luotettavuuden, joka on pohjana läpinäkyvyys hyödyille. Aikaleima ajoittaa yksittäiset lohkot lohkoketjun muodostamalle ketjumaiselle kirjanpidolle. Lohkoketjulta voidaan käytännössä seurata yksittäisen tuotteen matkaa tuottajalta asiakkaalle.

Rakenteesta aiheutuvaa läpinäkyvyyttä tarjoavat erityisesti avoimet lohkoketjut, mutta suljetuissakin lohkoketjuissa on parempi läpinäkyvyys verrattuna yleisemmin käytössä oleviin systeemeihin. Avoimessa lohkoketjussa kuka vain voi käydä tarkastelemassa tapahtumien järjestystä ja esimerkiksi tuotteiden määriä. Suljetuissa ketjuissa vain toimitusketjuun osallistuvilla on mahdollisuus nähdä kaikki ketjun tapahtumat. (Lastovetska, 2021) Hyperledger Fabricilla toteutetuissa omissa huoneissaan tapahtuvat tapahtumat näkyvät ketjulla vain osallistujien ja tuotteiden niminä, mutta esimerkiksi tuotteiden määrät ja hinnat ovat huoneen sisällä liikkuvia tietoja. Tämä rajoittaa läpinäkyvyyttä, mutta tarjoaa mahdollisuuden jakaa suuremman määrän tietoa yksittäisen prosessin toimijoiden välillä.

Ensimmäisessä tilanteessa mansikka on mansikkatilalta X, mutta kauppa markkinoi sitä mansikkatilan Y mansikkana. Mansikan asiakkaan on vaikea varmistaa tuotteen alkuperä ja hän joutuu luottamaan sokeasti kaupan antamiin tietoihin tuotteesta. Asiakas voi varmistaa lohkoketjulta tuotteen alkuperän, kun toimitusketju on toteutettu lohkoketjulla. Lohkoketjun tapauksessa tietojen luotettavuus estää yrityksiä muokkaamasta tuotteiden alkuperästä annettuja tietoja. Ketjumainen rakenne muodostaa kirjanpidon, josta on mahdollista varmistaa tuotteen alkuperä. On mahdollista, että osa toimijoista yrittää löytää keinoja kiertää lohkoketju systeemiä, mutta se johtaa ketjun rikkoutumiseen, joka paljastaa vilpin muille toimijoille. Käytännössä ketjulta puuttuisi lohkoja tai aikaleimattu järjestys olisi väärä.

Toisessa tilanteessa välittäjällä ja kaupalla on sovittu 14 päivän maksuaika yhteisen pankin kautta. Jokainen toimija eli kauppa, välittäjä ja pankki käyttää tuotteen ja tapahtumien seurannassa omaa

systemiään. Laskujen lähetykset ja maksut hoidetaan myös omien systemien kautta. Normaali tilanteessa ulkopuolisille toimijoille ei haluta antaa pääsyä omiin systemeihin, mikä vähentää toimijoiden välistä läpinäkyvyyttä. Lohkoketju mahdollistaa yksittäisten tuotteiden seuraamisen, eikä pääsyä yksittäisten toimijoiden systemeihin vaadita. Yksittäinen toimija voi hankkia samaa tuotetta usealta eri toimittajalta, jolloin yksittäisiin tapahtumiin liittyviä tietoja ei välttämättä haluta lohkoketjulle. Hyperledger Fabricin huoneiden avulla tapahtuman osallistujat pystyvät toimimaan keskenään läpinäkyvämmiin ja jakamaan tietoja, joita ei haluta koko ketjun nähtäviksi. Kauppa, välittäjä ja pankki voivat jakaa mansikkalaatikkojen vaihtoon liittyviä tietoja keskenään, jolloin kaupan kate ei näy tapahtuman ulkopuoleisille toimijoille.



Kuva 12. Prosessikohtaisen huoneen toiminta, jossa sidosryhmät välittäjä, pankki ja kauppa toteuttavat arkaluontoisempia prosessejaan

Esimerkki kuvituksissa ei ole esitelty arkoja tietoja, jotka haluttaisiin pitää tapahtuman sisäisinä. On kuitenkin mahdollista, että varsinkin Source- ja Order-prosesseissa lohkoketjulla tallennettaisiin hintoja tai muuta vastaavaa, jolloin sidosryhmät haluaisivat pitää tiedot poissa koko ketjun nähtävistä. Tällaisissa tapauksissa huoneen sisälle jäisivät maksutapahtumiin ja yksikköhintoihin liittyvät tiedot. Lohkoketjulla voidaan seurata myös jokaista tuotetta yksittäin. Mansikan tapauksessa yksittäisten mansikoiden seuraaminen on ylitse ampuvaa, mutta pidemmän elinkaaren omaavien

tuotteiden tapauksessa esimerkiksi sirujen avulla voidaan kuitenkin seurata jokaista tuotetta erikseen. Näin tarkkaa seurantaa voitaisiin käyttää esimerkiksi laadukkaiden muotituotteiden tapauksessa. Lohkoketjun tarjoama läpinäkyvyys hyöty olisi maksimoitu tällaisessa tapauksessa.

5.1.3 Tehokkuus

Tehokkuutta lohkoketjulla voidaan parantaa erityisesti älysopimusten avulla. Älysopimukset toimivat lohkoketjun päällä Excelin IF-funktioiden tavoin eli älysopimuksen ehtojen täytyessä se toteuttaa funktion. Älysopimukset vaativat toimiakseen lohkoketjujen tarjoamaa luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä. Älysopimusten avulla voidaan automatisoida monia prosesseja, kun lohkoketjulta löytyviin tietoihin voidaan luottaa. Toimitusketjujen tapauksessa erityisesti Order ja Source prosessien laskutusta ja maksamista voidaan yksinkertaistaa. Hyperledger Fabricin prosessikohtaiset huoneet parantavat myös tehokkuutta. Huoneiden avulla voidaan jakaa tietoja prosessiin osallistuvien toimijoiden kanssa, joita ei haluta kaikkien nähtäviksi. Myös lohkoketjujen tarjoamaa yleistä läpinäkyvyyttä voidaan käyttää prosessien tehostamiseksi.

Ensimmäisessä tilanteessa edellisessä luvussa mainittu välittäjän ja kaupan välinen 14 päivän maksuaika voidaan toteuttaa tehokkaammin älysopimusten avulla. Lohkoketjulla toteutettuna Fulfill prosessin loppuminen merkitään lohkoketjulle, jolloin älysopimus voi lukea tiedon ketjulta ja laskuttaa asiakasta eli kauppa automaattisesti ketjulle merkityn määrän verran. Kaupan älysopimus voi lukea tuotteen määrän ja lähettäjän, minkä jälkeen se voi kommunikoida yrityksen verkkopankkiin hyväksynnän sovitun määrän maksamisesta. Pankki voi olla huoneessa yhtenä toimijana. Pankin lohkoketjulle lisäämä älysopimus voi lukea laskussa mainitun määrän ja verrata sitä ketjulla toteutuneeseen Fulfill prosessin määrään, jonka jälkeen lasku voi siirtyä automaattisesti maksuun. Kaikki edellä mainitut voidaan yhdistää yhdeksi prosessiksi, jos valittu ratkaisumuoto sallii sen. Tämä esimerkki korostaa älysopimusten ja huoneiden tehokkuutta, koska ilman huoneita toimijat eivät luultavasti haluaisi jakaa ketjulle tuotteiden hintoja. Älysopimukset taas poistavat vaadittua ihmistyötä.

Toisessa tilanteessa välittäjän toimitukseen valikoitui vahingossa vanhentunut mansikkalaatikko. Oletetaan esimerkkiä parantaaksemme, että vanhentuneet mansikat näyttävät samalta. Tilanteessa kaupan olisi mahdotonta erottaa vanhentunutta laatikkoa lähetyksen muiden laatikoiden joukosta, jolloin koko lähetys täytyisi palauttaa välittäjälle. Lohkoketjulla toteutettuna jokainen laatikko on merkitty viivakoodilla, sirulla tai muulla vastaavalla. Tällöin vanhentunut laatikko on mahdollista erottaa pois toimituksesta, joka säästää loput toimituksen laatikoista. Esimerkissä SCOR-mallin Return prosessi tehostuu lohkoketjun tarjoaman yleisen läpinäkyvyyden seurauksena.

5.2 Lohkoketjuratkaisut

Lohkoketjuratkaisun voi toteuttaa kolmella eri tapaa, jotka ovat oma lohkoketju, lohkoketjualusta ja BaaS. Luvussa esitellään ratkaisumuodot yksitellen ja annetaan esimerkki ratkaisua käyttäneestä toteutuksesta. Jokainen ratkaisumuoto johtaa lopulta samaan lopputulokseen eli lohkoketjun käyttöönottoon. Käyttöönottamisessa ratkaisumuotojen välillä on tärkeitä eroja, joita vertaillaan luvun lopussa kustomoinnin, vaaditun osaamisen ja turvallisuuden kannalta. Alla olevassa taulukossa esitellään ratkaisumuotojen välisiä eroja käyttöönottavan yrityksen tai kokonaisen toimitusketjun näkökulmasta.

Taulukko 4. Eri ratkaisumuotojen eroja taulukoituna kustomoinnin, vaaditun osaamisen ja turvallisuuden kannalta

Ratkaisumuoto	Oma lohkoketju	Lohkoketjualusta	BaaS
Kustomointi	Täysin kustomoitavissa	Käyttöliittymä ja muut rajapinnat täysin kustomoitavissa	Palveluntarjoajien määrittämät vaihtoehdot
Vaadittu osaaminen	Suuri	Keskinkertainen	Erittäin pieni
Turvallisuus	Toteuttajan vastuulla	Sisään rakennettu	Sisään rakennettu palveluntarjoaja välikätenä

Oman lohkoketjun tuottaminen antaa mahdollisuuden täyteen kustomointiin. Toteutusmuodossa yritys luo oman lohkoketjun, johon yritys saa itse valita kaikki käytettävät teknologiat ja rakenteet. Oman lohkoketjun toteuttaminen vaatii paljon teknistä osaamista. Eniten käytössä olevat ketjut ovat olleet kehityksessä vuosia ja esimerkiksi Hyperledger Fabric saa yhä jatkuvasti päivityksiä. Ilman vaadittua osaamista ja suurta resurssien investoimista lohkoketjun uhkana voivat olla esimerkiksi hakkerit.

Green Token on lohkoketju, jonka on tuottanut palvelutalo SAP. Green Token on suunniteltu parantamaan hyödykemarkkinoiden läpinäkyvyyttä. Toteutuksessa tuottajat luovat ketjulle tokeneita, joihin he voivat merkitä käyttöliittymästä omat sertifikaattinsa. Lohkoketjun avulla asiakkaat ja toimitusketjun toimijat näkevät hyödykkeiden tulevan esimerkiksi eettiseksi sertifioiduilta tuottajilta. Tuottajien luomat tokenit ovat tapauksessa esimerkkinä teknologian kustomoinnista. SAP on käyttöliittymien lisäksi tuottanut myös alla olevan lohkoketjun itse eli käyttöliittymien suunnittelun ja toteutuksen lisäksi osaamista on tarvittu myös lohkoketjujen parista.

Lohkoketjuteknologian käyttöön ottamiseksi ei ole tarpeellista perustaa yritykselle täysin omaa lohkoketjua, sillä osalla tämän hetken lohkoketjuista on mahdollisuus toimia käyttöönoton alustana (Learn How To Create A Blockchain - 101 Blockchains, 2020). Lohkoketjualustaa käytettäessä valmiin lohkoketjun päälle rakennetaan oma toteutus, jonka käyttöliittymiä ja rajapintoja yrityksen on mahdollista muokata itselleen sopiviksi. Lohkoketjun pohjalla toimivat teknologiat määrittyvät valitun alustan perusteella. Käyttöönottamiseksi yrityksellä täytyy olla vahvaa osaamista käyttöliittymien suunnitteluun ja koodaamiseen, mitä voisi verrata ERP-systeemin vaihtoon täysin talon sisäisesti. Lohkoketjualustan käyttö varmistaa pohjalla olevien teknologioiden toimivuuden. Hyperledger Fabricin ja Ethereumin kaltaisten markkinajohtajien vuosia jatkunut kehittäminen varmistaa, että turvallisuus on korkealla tasolla. Lisäksi pitkäaikainen toimiminen markkinoilla toimii todisteena lohkoketjun toimivuudesta, joka lisää luottamusta varsinkin käyttöönottavan yrityksen näkökulmasta.

GSBN eli Global Shipping Blockchain Network on Hyperledger Fabricia lohkoketjualustana käytävä lohkoketjuratkaisu. GSBN tavoitteena on parantaa satamissa tapahtuvan konttiliikenteen tehokkuutta. Sen avulla on tähän mennessä onnistuttu vähentämään konttien viettämiä aikoja satamissa, sekä nopeuttamaan lasteille hankittavan rahoituksen saamista. Tapauksessa on havaittu lohkoketjualustan omaavan kaikki vaadittavat teknologiset ominaisuudet ja sen päälle on lähdetty rakentamaan satamaliikenteelle sopivaa ratkaisua. GSBN on suunnitellut yhteistyökumppaneiden kanssa käyttöliittymät ja rajapinnat. Rajapinnoista ei mainita esitteissä, mutta voisivat kuvitella rahtikontin kylkeen esimerkiksi viivakoodin.

BaaS on palveluratkaisu, jossa lohkoketju, käyttöliittymät ja rajapinnan toteutukset hankitaan ulkoiselta toimijalta. Suurimmalla osalla johtavista pilvipalvelu taloista on olemassa jonkinlaisia BaaS-ratkaisuja. Palvelujen ideana on tehdä lohkoketjun käyttöönottamisesta mahdollisimman helppoa yrityksille. Useimmissa BaaS-ratkaisuissa kustomointia on pientä, sillä käyttöliittymät ja teknologia on toteutettu mahdollisimman pitkälle saman kaavan mukaan asiakasyrityksestä riippumatta. Käyttöönottaja yritykseltä ei yleensä vaadita paljoa osaamista, koska toteutukset on suunniteltu vastaamaan tarkkaan tarpeeseen. BaaS-ratkaisut on toteutettu useimmiten käyttäen lohkoketjualustaa, mikä varmistaa teknologian turvallisuuden. Välikätenä toimii kuitenkin palveluntarjoaja, jonka omat turvallisuus riskit voivat aiheuttaa riskiä myös asiakasyritykselle.

IBM Food Trust on Hyperledger Fabricin avulla toteutettu BaaS-ratkaisu. Palvelua ostavien yritysten tuotteilla täytyy olla käytössä GS1 myöntämät GTIN-viivakoodit. Food Trust on lähtenyt vastaamaan tuotteiden takaisin vetämisessä tapahtuviin vaikeuksiin. Esimerkkinä he antavat tilanteen, joissa yksittäinen erä tuotetta on pilaantunut. Nykytilanteessa tällöin täytyisi vetää kaikki tuotteet takaisin, joka johtaa pahoissa tapauksissa isoihin tappioihin. Food Trustin avulla pilaantunutta erää pystytään seuraamaan tarkemmin, minkä seurauksena sen sijainti saadaan selvillä ja vain

pilaantuneet tuotteet voidaan vetää takaisin. Hyöty oli käytännössä kiteytetty SCOR-mallin Return-prosessin tehostuksena, mutta selityksestä huomataan, että läpinäkyvyys hyöty on tässä vahvasti keskiössä. Kustomointi on palvelussa minimissään, sillä rajapinta vaihtoehtoina on vain GTIN-viivakoodit. Teknologia ja käyttöliittymät ovat valmiina. Tuottajalta vaadittu osaaminen on matala, koska palveluntarjoaja liittää viivakodeilla varustetun tuotteen valmiiseen lohkokeitjuun. Alustana käytetty markkinajohtaja Hyperledger Fabric takaa turvallisuuden lohkokeitjun osalta, mutta palveluntarjoajana toimiva IBM on tässä tapauksessa välikätenä.

Kustomoinnissa eniten työtä vaativa ratkaisu on oma lohkokeitju. Etuna omalla lohkokeitjulla on kuitenkin mahdollisuus suunnitella se täysin yrityksen tarpeisiin vastaavaksi. Lohkokeitjualustan tapauksessa työn määrä vähenee lohkokeitjun osalta ja suunniteltavaksi jäävät vain käyttöliittymät ja rajapinnat. BaaS-ratkaisuissa myös käyttöliittymät ja rajapinnat ovat usein valmiiksi suunniteltuja. Yritykselle jäävän työn määrä on BaaS-ratkaisuissa selvästi pienin, mutta täysin valmis ratkaisu ei usein vastaa täysin yrityksen tarpeita.

Vaadittu osaaminen ja kustomoinnin välillä on täysi riippuvuus. Mitä enemmän ratkaisua on mahdollista kustomoida, sitä enemmän osaamista se vaatii. Helpoin ratkaisu on siis BaaS, jonka jälkeen lohkokeitjualusta ja vaikeimpana oma lohkokeitju.

Turvallisuus vaihtelee myös ratkaisumuotojen välillä. Turvallisimpana voisi pitää lohkokeitjualustaa, sillä ratkaisussa ei ole välikäsiä ja alustoina käytettävät lohkokeitjut ovat usein paljon käytössä olevia ja toimivaksi todettuja. Oman lohkokeitjun tapauksessa on mahdollista rakentaa aikaisempia toteutuksia turvallisempi ratkaisu omiin tarpeisiin, mutta osaamista ja aikaa tarvitaan tällöin erittäin paljon. BaaS-ratkaisut ovat turvallisuudeltaan lähellä lohkokeitjualustoja, sillä usein BaaS-ratkaisut on toteutettu lohkokeitjualustaa käyttämällä. Asiakasyrityksen ja lohkokeitjun väliin jää kuitenkin palveluntarjoaja, joka saattaa aiheuttaa turvallisuusriskejä.

5.3 Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lohkokeitjujen käyttöä toimitusketjuissa ja esitellä, sekä vertailla sen toteutusmuotoja. Tietoperustan osalta oli tavoitteena tutustua toimitusketjujen toimintaan perehtymättä koodaamiseen. Tavoitteena oli perustella lohkokeitjun hyötyjä pohjalla olevalla teknologialla ja antaa esimerkkejä tilanteissa, jossa hyödyt ovat näkyvissä. Mielestäni tutkimuksen tavoitteisiin päästiin.

Lohkokeitjua voidaan käyttää tuotteiden toimitusketjuissa parantamaan toimitusketjun luotettavuutta, läpinäkyvyyttä ja tehokkuutta. Toimitusketjujen luotettavuus paranee lohkokeitjujen tietojen ollessa muuntelemattomissa ja varmennettuina. Lohkokeitjulla voidaan seurata yksittäisen tuotteen

matkaa koko toimitusketjun ajan, mikä parantaa läpinäkyvyyttä. Tehokkuus kasvaa luotettavuuden, läpinäkyvyyden ja älysovimuksilla tapahtuvan automatisoinnin avulla.

Lohkoketju voidaan toteuttaa kolmella eri tapaa, jotka ovat oma lohkoketju, lohkoketjualusta ja BaaS-palvelu. Oma lohkoketju on vaihtoehtoista joustavin, mutta vaatii käyttöönottovalta toimitusketjulta eniten panostusta. Lohkoketjualustan käyttö tarjoaa toimivaksi todetun teknologisen pohjan toimitusketjuratkaisulle ja sen käyttöönotto vaatii käyttöönottajalta osaamista käyttöliittymien ja rajapintojen suunnittelun ja toteutuksen osalta. BaaS-palvelut ovat ulkoistettuja lohkoketjuratkaisuja. Palveluntarjoaja käyttää omaa lohkoketjua tai lohkoketjualustaa ja suunnittelee toimitusketjun kanssa yhteistyössä tarpeeseen sopivan ratkaisun.

Lohkoketjuista on mahdollista saada hyötyä lähes jokaisessa toimitusketjussa, mikä johtuu sen avulla saatavasta tehokkuuden parannuksesta. Toimitusketjun osien automatisoinnin lisäksi läpinäkyvyydestä voi olla hyötyä monille toimitusketjuille, kun tuotteen osia ja niiden raaka-aineita voidaan seurata toimitusketjun alusta lopputuotteeksi. Lohkoketjun hyödyistä esitetyistä esimerkeistä voi saada oman toimitusketjun toimintaan liittyville ratkaisuille ideoita. Käytännön toteuttaminen voi olla suurelle osalle toimitusketjuista vielä liian kallista tai aikaa vievää, jos ne toteutetaan omana lohkoketjuna tai lohkoketjualustan avulla. BaaS-ratkaisut sen sijaan tarjoavat yhä useammille yrityksille ja toimitusketjuille mahdollisuuden hyötyä lohkoketjujen tarjoamista eduista. Käytännössä ainakin Suomen suurimmilla kaupanalan toimijoilla Keskolla ja S-ryhmällä olisi luultavasti resursseja ottaa lohkoketjua käyttöön jo nyt. Pienen kyläkaupan budjetilla mansikan toimitusketjun toteuttaminen lohkoketjulla on luultavasti vielä fantasiaa, koska harvalla kyläkauppialla on resursseja maksaa lohkoketjusta joka kuukausi tai kokemusta käyttöliittymäsuunnittelusta. Isompien toimijoiden lähtiessä lohkoketjulle he saattavat pakottaa myös pienempiä toimijoita liittymään osaksi ketjua, koska ketjusta pitää saada aikaiseksi alusta loppuun asti ehjä.

Tutkimuksen luotettavuus on lohkoketjuun liittyvien teknologioiden osalta hyvä. Näitä varten tutustuin alkuperäisteoksiin, joiden pohjalta myöhemmät lohkoketjut on toteutettu. Lähteinä toimineiden artikkelien kirjoittajat olivat alan osaajia, joten pitäisin heitä luotettavina. Terminologia vaihteli varsinkin artikkeleissa paljon, mikä vähentää termien luotettavuutta yleisesti. Lohkoketjuratkaisujen osalta alustat ja oma lohkoketju perustuivat jälleen alkuperäisteoksiin ja alustojen omiin esitteisiin. BaaS-ratkaisuista oli kuitenkin enimmäkseen tarjolla vain markkinointimateriaalia ja kritiikkiä ei vaikuttanut löytyvän, vaikka tarkoituksellisesti etsin sitä. Mielestäni tämä laskee tutkimuksen luotettavuutta BaaS-ratkaisuiden osalta.

Suurimpia ongelmia työssä aiheutti aiheen laajuus ja vaikean asian selittäminen yksinkertaisesti. Lohkoketju aihepiiri aiheutti ongelmia erityisesti työn laajuuden suhteen ja ratkaisuksi päädyin tekemään teknologioihin vain pientä pintaraapaisua. Täydellisen pohjateknologioiden ymmärryksen

sijaan päädyin opettelemaan aiheesta tarpeeksi, jotta pystyin ymmärtämään sen yhteyttä lohkoketju kokonaisuuteen. Tuosta sitten päädyttiin suoraan seuraavaan ongelmaan, joka oli asian avaaminen tietoperustassa henkilölle, joka ei ole lukenut mitään aiheesta. Jää lukijan päätettäväksi onnistuinko tuossa tehtävässä, mutta vanhenin kyllä prosessin aikana vähintään kymmenen vuotta. Tuloksien osalta ongelmia aiheutti erityisesti valittu esimerkki toimitusketju. Mielestäni oli oikea valinta valita hyvin yksinkertainen toimitusketju, mutta osaa hyödyistä oli vaikeampi kuvailla tämän toimitusketjun avulla, kuin esimerkiksi toimitusketju luvussa mainitun kannettavan tietokoneen toimitusketjulla olisi ollut. Onnistuin kuitenkin mielestäni kuvailemaan hyötyjä tarpeeksi hyvin, vaikka lopputulos tuntuikin ajoittain kankealta. Työn toteutuksen ja aikataulun kannalta ongelmia aiheutti ohjaajan vaihtuminen kesken työn ja epämotivoiva työympäristö. Tutkimuksen kirjoittaminen oli kotona vaikeaa, sillä häiriötekijöitä oli liikaa. Päädyin vanhempieni asuntoon lopulta tekemään työtä, joka ratkaisi ongelman työympäristön aiheuttamat ongelmat. Opinnäytetyön ohjaaja vaihtui, kun edellinen ohjaaja jäi eläkkeelle. Tämän seurauksena opinnäytetyöllä ei ollut ohjaajaa noin kuukauteen, mikä johti työn täydelliseen pysähtymiseen. Sain uuden ohjaajan vuoden alusta, mutta tauon jälkeen työn jatkaminen oli vaikeaa.

Omaa oppimista tapahtui erityisesti lohkoketjuista. Onnistuin mielestäni ymmärtämään lohkoketjuja ja niiden teknologioita hyvin, vaikka varsinkin niistä kirjoittaessani kärsin pahasti huijarisyndroomasta. Jatkon kannalta opinnäytetyön aihe todistaa ainakin itselleni, että pystyn tarvittaessa oppimaan mitä vain. Aikataulutuksen osalta osaan jatkossa suhtautua tavoitteiden asettamiseen pessimistisemmin, koska varaudun paremmin kirjoitusprosessissa tapahtuviin taukoihin ja muihin hidas-teisiin. Tutkimuksen lohkoketjujen ja toimitusketjujen yhdistäminen kehitti paljon taitoa tunnistaa yksittäisiä toimitusketjun prosesseja, sekä niiden purkamista käytännön toimiin.

Jatkona tutkimukselle voi alkaa toteuttamaan toiminnallista työtä, jossa toimeksiantajan kanssa viedään tuotetta lohkoketjulle käyttäen BaaS-palvelua. Tässä pääsisi paremmin osaksi käyttöönottoprosessia ja saisi selville käytännön toteuttamiseen liittyviä asioita. Erityisesti Hyperledger Fabric toteutuksia kohtaan jäi vielä paljon kiinnostusta tämän tutkimuksen tekemisen jälkeen. Jatkotutkimuksena voi myös lähteä selvittämään yksittäisen toteutuksen toimintaa tarkemmin, jos löytää haastateltavaksi aikaisempia toteutuksia tehneen henkilön tai henkilöitä.

Lähteet

A Short History of Supply Chain Management – Logmore Blog (2022). Luettavissa:

<https://www.logmore.com/post/history-of-supply-chain-management> (Luettu: 2.12.2022).

About ASCM | ASCM (n.d.). Luettavissa: <https://www.ascm.org/about-ascm/> (Luettu: 2.12.2022).

Back, A. (2002) 'Hashcash-A Denial of Service Counter-Measure'.

Baker, B. (2022) Bitcoin Mining: What Is It And How Does It Work? | Bankrate. Luettavissa:

<https://www.bankrate.com/investing/what-is-bitcoin-mining/> (Luettu: 21.11.2022).

Bitcoin - BTC Price, Live Chart, and News | Blockchain.com (n.d.). Luettavissa:

<https://www.blockchain.com/explorer/assets/btc> (Luettu: 29.11.2022).

Bitcoin blockchain size 2009-2022 | Statista (n.d.). Luettavissa: <https://www.statista.com/statistics/647523/worldwide-bitcoin-blockchain-size/> (Luettu: 21.11.2022).

Blockchain Explorer - Search the Blockchain | BTC | ETH | BCH (n.d.). Luettavissa:

<https://www.blockchain.com/explorer?view=btc> (Luettu: 21.11.2022).

Blockchain for supply chain in the pharmaceutical industry | IBM (n.d.). Luettavissa:

<https://www.ibm.com/blockchain/resources/transparent-supply/pharma/> (Luettu: 23.1.2023).

Blockchain Hash Functions - Javatpoint (n.d.). Luettavissa: <https://www.javatpoint.com/blockchain-hash-function> (Luettu: 3.12.2022).

Blockchain-as-a-Service (BaaS) Meaning and Major Players (2021). Luettavissa: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchainasaservice-baas.asp> (Luettu: 9.12.2022).

Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) (n.d.). Luettavissa:

<https://ccaf.io/cbeci/index/comparisons> (Luettu: 21.11.2022).

Case Studies – Hyperledger Foundation (n.d.). Luettavissa: <https://www.hyperledger.org/learn/case-studies> (Luettu: 3.12.2022).

Case Study GSBN simplifies global trade with Hyperledger Fabric (n.d.).

Croptracker - Barcode to Blockchain: Emerging Technology in Traceability (n.d.). Luettavissa:

<https://www.croptracker.com/blog/barcode-to-blockchain-emerging-technology-in-traceability.html> (Luettu: 23.1.2023).

- Difference Between Barcode and QR Code (2022). Luettavissa: <https://business.paytm.com/blog/difference-between-barcode-and-qr-code-kb/> (Luettu: 29.1.2023).
- European Commission (2021) EUR-Lex - 52021PC0189 - EN - EUR-Lex. Luettavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0189> (Luettu: 16.11.2022).
- Fabric, W.H. (n.d.) Open, Proven, Enterprise-grade DLT.
- Gaur, V. & Gaiha, A. (2020) Building a Transparent Supply Chain. Luettavissa: <https://hbr.org/2020/05/building-a-transparent-supply-chain> (Luettu: 16.11.2022).
- Goldgräbe, Y. (2019) Authenticity and Transaction Integrity of Physical Goods | by Yannik Goldgräbe | C³AI | Medium. Luettavissa: <https://medium.com/magicofc/authenticity-and-transactions-of-physical-goods-a-blockchain-application-c25c02a4b93a> (Luettu: 16.11.2022).
- GreenToken by SAP (n.d.). Luettavissa: <https://www.green-token.io/> (Luettu: 16.11.2022).
- GSBN Builds Global Trade Operating Platform with Hyperledger Fabric as the Foundation – Hyperledger Foundation (n.d.). Luettavissa: <https://www.hyperledger.org/blog/2022/11/16/gsbn-builds-global-trade-operating-platform-with-hyperledger-fabric-as-the-foundation> (Luettu: 29.11.2022).
- Hyperledger Besu Ethereum client - Hyperledger Besu (n.d.). Luettavissa: <https://besu.hyperledger.org/en/stable/#what-can-you-do-with-besu> (Luettu: 8.12.2022).
- Hyperledger – Open Source Blockchain Technologies (n.d.). Luettavissa: <https://www.hyperledger.org/> (Luettu: 5.12.2022).
- Hyppänen, A. (2022) Lohkoketju - aloittelijan opas - Bitcoinkeskus.com. Luettavissa: <https://bitcoinkeskus.com/lohkoketjuteknologia/> (Luettu: 21.11.2022).
- IBM Blockchain Services for Supply Chain Solution Brief (2020). Luettavissa: <https://www.ibm.com/downloads/cas/JX9KDGPJ>.
- IBM Supply Chain Intelligence Suite - Food Trust | IBM (n.d.). Luettavissa: <https://www.ibm.com/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust> (Luettu: 3.12.2022).
- Interconnect and Automate Your Organization's Ecosystem OCI Blockchain Platform (2022).
- Introducing Blockchain Node Engine | Google Cloud Blog (n.d.). Luettavissa: <https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure-modernization/introducing-blockchain-node-engine> (Luettu: 8.12.2022).

- Introduction — hyperledger-fabricdocs main documentation (n.d.). Luettavissa: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/blockchain.html#what-is-hyperledger-fabric> (Luettu: 29.11.2022).
- Keresztes, É.R. ym. (2022) 'Exploratory Analysis of Blockchain Platforms in Supply Chain Management', *Economies*, 10(9). Luettavissa: <https://doi.org/10.3390/economies10090206>.
- Lastovetska, A. (2021) *Blockchain Architecture Explained: How It Works & How to Build*. Luettavissa: <https://mlsdev.com/blog/156-how-to-build-your-own-blockchain-architecture> (Luettu: 21.11.2022).
- Laurie, B., Langley, A. & Kasper, E. (2013) 'Certificate transparency'.
- Learn How To Create A Blockchain - 101 Blockchains (2020). Luettavissa: <https://101blockchains.com/create-a-blockchain/> (Luettu: 16.11.2022).
- Machi, L. & McEvoy, B. (2022) *The Literature Review: Six Steps to Success*. Fourth.
- Material traceability for increased circularity in the Chemical Industry (2022).
- Merkle, R.C. (1980) 'Protocols for public key cryptosystems', in: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Luettavissa: <https://doi.org/10.1109/SP.1980.10006>.
- Nakamoto, S. (2008) 'Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System'. Luettavissa: www.bitcoin.org (Luettu: 18.11.2022).
- Onboarding - IBM Documentation (n.d.). Luettavissa: <https://www.ibm.com/docs/en/food-trust?topic=modules-onboarding> (Luettu: 24.1.2023).
- Physical Unclonable Function - Intrinsic ID | Home of PUF Technology (n.d.). Luettavissa: <https://www.intrinsic-id.com/physical-unclonable-function/> (Luettu: 29.1.2023).
- Popejoy, S. (2019) Why IBM's Blockchain Isn't a Real Blockchain. Luettavissa: <https://cointelegraph.com/news/why-ibms-blockchain-isnt-a-real-blockchain> (Luettu: 9.12.2022).
- Proof-of-stake (PoS) | ethereum.org (n.d.). Luettavissa: <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/> (Luettu: 22.11.2022).
- SCOR Model (n.d.). Luettavissa: <https://scor.ascm.org/processes/introduction> (Luettu: 30.11.2022).
- Standalone Ethereum Studio - Code Samples | Microsoft Learn (n.d.). Luettavissa: <https://learn.microsoft.com/en-us/samples/azure/azure-quickstart-templates/ethereum-studio-docker-standalone-ubuntu/> (Luettu: 2.2.2023).

The Best Blockchain for Your Business in 2020: Enterprise Ethereum | ConsenSys (n.d.). Luettavissa: <https://consensys.net/enterprise-ethereum/best-blockchain-for-business/> (Luettu: 2.12.2022).

Tikka, J. (2016) Logistiikan perusteet. Helsinki: Books on Demand.

Tikka, J. (2017) Ostotoiminta. Helsinki: Books on Demand.

Trockim & Donelly (2008) The Research Methods Knowledge Base.

Vadgama, N. & Tasca, P. (2021) 'An Analysis of Blockchain Adoption in Supply Chains Between 2010 and 2020', Frontiers in Blockchain, 4. Luettavissa: <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.610476>.

Viivakoodit | GS1 (n.d.). Luettavissa: <https://gs1.fi/fi/yritystunniste> (Luettu: 23.1.2023).

Web3 – Developer Solutions | Microsoft Azure (n.d.). Luettavissa: <https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/web3/#partners> (Luettu: 2.2.2023).

van Weele, A.J. (2014) Purchasing and Supply Chain Management. 6th edition. United Kingdom: Cengage Learning EMEA.

What are smart contracts on blockchain? | IBM (n.d.). Luettavissa: <https://www.ibm.com/topics/smart-contracts> (Luettu: 28.11.2022).

What Is Ethereum? | AWS Blockchain (n.d.). Luettavissa: <https://aws.amazon.com/blockchain/what-is-ethereum/> (Luettu: 8.12.2022).

What's new in Hyperledger Fabric v2.x — hyperledger-fabricdocs main documentation (n.d.). Luettavissa: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/whatsnew.html#what-s-new-in-hyperledger-fabric-v2-0-v2-1-v2-2> (Luettu: 8.12.2022).

White, S. (2021) What is SCOR? A model for improving supply chain management | CIO. Luettavissa: <https://www.cio.com/article/222381/what-is-scor-a-model-for-improving-supply-chain-management.html> (Luettu: 16.11.2022).

Wieland, A. & Wallenburg, C.M. (2011) File:Supply and demand network (en).png - Wikimedia Commons. Luettavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Supply_and_demand_network_%28en%29.png (Luettu: 27.4.2023).

Liitteet

Liite 1. Lohkoketju luvun käännökset ja selitykset

Kryptovaluutta eli Cryptocurrency

Lohkoketjun "token" versio, jota käyttäjät voivat vaihtaa keskenään

Lohko eli Block

Tietosäilö, joka sisältää useita eri osia

Solmu eli Node

Tietotekniikan termi, joka tarkoittaa tietorakenteessa olevaa laitetta tai tietoa

Lehtisolmu eli Leaf node

Tietotekniikan termi, joka tarkoittaa tietorakenteessa alimman tason tietoa tai laitetta

Tiiviste eli Hash

Matemaattisella algoritmilla tuotettu merkkijono

Lohkoaika eli Blocktime

Yhden lohkon varmentamiseen kuluva aika

Louhija eli Miner

Lohkon varmentaja Proof of Work lohkoketjussa

Lohkoketju eli Blockchain

Sateenvarjo termi

Hajautettu kirjanpito eli Distributed Ledger Technology

Kuvaavampi nimitys lohkoketjulle