

Roope Putila

LOHKOKETJUTEKNOLOGIA KEHITTYVISSÄ VALTIOISSA

Nykyiset sovellukset ja tulevaisuuden mahdollisuudet

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Kandidaattitutkielma
Kesäkuu 2021

TIIVISTELMÄ

Roope Putila: Lohkoketjuteknologia kehittyvissä valtioissa: Nykyiset sovellukset ja tulevaisuuden mahdollisuudet

Kandidaattitutkielma

Tampereen yliopisto

Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma

Kesäkuu 2021

Lohkoketjut ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana kehittyneet omaksi tutkimus- ja kehitys-alueekseen pois kryptovaluuttojen ja etenkin bitcoinin alta. Nyt lohkoketjuja povataan seuraavana suurena tietoteknisenä mullistuksena, jolla on mahdollisuudet muuttaa koko yhteiskunnan rakennetta. Isoimmat mahdollisuudet muutoksilla nähdään olevan kehittyvissä valtioissa, joissa ei olla sähköisissä palveluissa ja yhteiskunnan infrastruktuurissa vielä länsimaiden tasolla. Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, mitä mahdollisuuksia lohkoketjusovelluksilla on, erityisesti kehittyvissä valtioissa. Tämän lisäksi tutkielmassa esittelen jo käytössä olevia lohkoketjusovelluksia sekä tulevaisuuden mahdollisuuksia.

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Aineisto kerättiin Andorin, IEEE:n ja ProQuestin tietokannoista. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitiin julkaisuja viimeisen neljän vuoden ajalta, pois lukien yksi peruslähde. Lisäksi tutkielmassa käytettiin muutamia verkkolähteitä, joista löydettiin ajankohtaista tietoa tutkielman aiheen kannalta.

Kirjallisuuskatsauksen tuloksista selviää, että lohkoketjuilla on kehittyvissä valtioissa paljon mahdollisuuksia muuttaa ihmisten elämää. Montaa näistä mahdollisuuksista ei ole vielä toteutettu käytännössä, mutta muutamia toteutuksiakin löytyi. Kehittyvissä valtioissa ongelmakohtiksi ovat nousseet ensimmäisenä ja laajimpana korruptio ruohonjuuritasolta suoraan valtion hallitustasolle. Tästä korruptiosta ja yleisesti hallinnon tehottomuudesta johtuen ihmisillä ei ole tiettyjä vapauksia elämässään. Yrittäjäyys ja sen aloittaminen tyhjästä on hankalaa kehittyvissä valtioissa. Tähän syinä ovat maanrekisteröinnin ja -omistamisen, rahoituspalveluiden käytön ja maailmanlaajuisille markkinoille osallistumisen vaikeus. Lohkoketjua käyttävät sovellukset voivat tuoda ratkaisuja kaikkiin näihin ongelmiin. Näiden ongelmien ratkaisun lisäksi lohkoketju mahdollistaa reilun ja oikeudenmukaisen kohtelun kaikille sitä käyttäville.

Avainsanat: Lohkoketju, kehitysmaat, kehittyvät valtiot, kryptovaluutta

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Tutkielman toteuttaminen ja aineisto	1
3	Lohkoketjuteknologia	2
	3.1 Lohkoketjun toiminta	3
	3.2 Lohkoketjun nykyiset sovellukset	4
	3.3 Mahdolliset käyttökohteet tulevaisuudessa	5
4	Lohkoketjut kehittyvissä valtioissa	6
	4.1 Käytössä olevat lohkoketjusovellukset	6
	4.2 Tulevaisuuden mahdollisuudet	7
	4.3 Haasteet ja ongelmat	8
5	Keskustelu	9
6	Yhteenveto	11
	Lähdeluettelo.....	11

1 Johdanto

Lohkoketjun ja sitä hyödyntävän kryptovaluutan konseptit esittelivät ensimmäistä kertaa henkilö tai ryhmä henkilöitä, jotka tunnetaan nimellä Satoshi Nakamoto vuonna 2008 (Nakamoto, 2008). Vuotta myöhemmin Nakamoto toteutti kuvaamansa tekniikan kryptovaluutta bitcoinia varten, jossa lohkoketju toimii tietokantana, johon kaikki bitcoin-transaktiot kerätään (Nofer et al., 2017). Lohkoketjuteknologiaa on ylistetty seuraavana mullistavana teknologiana heti sosiaalisen median jälkeen (Hameed, 2019). Lohkoketjut tuovat mahdollisuuksia rakentaa palveluita, joissa yhdenkään tahon ei tarvitse olla hallinta-asemassa eikä myöskään kenenkään palvelun käyttäjän tarvitse luottaa kehenkään tahoon, vaan he voivat luottaa pelkästään palveluun (Beck, 2018).

Lohkoketjuteknologiaa voidaan soveltaa moniin eri aloihin (Jaoude & Saade, 2019), joten tutkielmassani päätin keskittyä lohkoketjujen käyttöön tietyssä ryhmässä valtioita. Käsittelen tutkielmassani lohkoketjusovellusten mahdollisuuksia kehittyvissä valtioissa, niiden nykyisiä toteutuksia, sekä tulevaisuuden mahdollisuuksia. Kerron tästä maiden joukon määritelmästä tarkemmin luvussa 2. Kehittyvä maailma (engl. developing world (Kshetri & Voas, 2018a)), globaali etelä (engl. Global South (Kshetri, 2017)), nähdään alueena, jossa lohkoketjuteknologialla on mahdollisuus saada aikaan suuria ekonomisia, poliittisia sekä sosiaalisia muutoksia (Kshetri, 2017). Tutkimuskysymykseni on: Millaisia mahdollisuuksia lohkoketjuteknologialla on kehittyvissä valtioissa? Lähestyn tutkimuskysymystäni tutkimalla nykyisiä lohkoketjusovelluksia sekä selvittämällä tulevaisuuden mahdollisuuksia.

Tutkielmani järjestyys seuraavasti: toisessa luvussa esittelen tutkimusmenetelmäni ja tutkielman toteuttamisen sekä siihen liittyneet haasteet. Kolmannessa luvussa kerron lohkoketjuteknologiasta, sen historiasta ja nykyisestä käytöstä yleisellä tasolla ja muutamien esimerkkien avulla. Neljännessä luvussa kerron tutkimuskysymykseni kautta ja avulla, miksi lohkoketjuteknologia on erityisen merkittävä kehittyvissä valtioissa. Kerron myös nykyisistä sovelluksista, joita on jo maailmalla käytössä, ja lohkoketjuteknologiaan liittyvistä haasteista. Lopuksi viidennessä luvussa pohdin tutkielman tuloksia ja kerron omat loppupäätelmäni aiheesta.

2 Tutkielman toteuttaminen ja aineisto

Kehittyvän maailman määrittely on haastavaa, eikä sille ole yhtä täsmällistä määritelmää. Kirjallisuuskatsaukseen valitsemisani julkaisuissa on käytetty erilaisia käsitteitä, esimerkiksi globaalia etelää, kehitysmaita ja kehittyvää maailmaa. Jokainen näistä käsitteistä kattaa hieman eri joukon valtioita, jotka on valittu käsitteen alle erilaisin kriteerein. Tässä tutkielmassa olen päättänyt käyttää valtioiden joukon määritelmänä Yhdistyneiden kansakuntien määritelmää ”vähiten kehittyneet valtiot” (Least Developed Countries) (YK,

2020), johon kuuluu 48 valtiota, joista suurin osa sijaitsee Afrikassa. Tähän määritelmään valitut valtiot täyttävät kriteerit matalasta tulotasosta, inhimillisen kehityksen indeksistä sekä talouden haavoittavuudesta (YK, 2020). Tulen viittaamaan näihin valtioihin tutkielmassani termillä kehittyvä valtio.

Kirjallisuuskatsaukseen valitsemistani artikkeleista jotkin eivät olleet määritelleet valtiojoukkoa erikseen, vaan käyttivät jotakin monista mahdollisista käsitteistä kuvaamaan tätä joukkoa. Itse päädyin määritelmäni valintaan, koska tämä joukko piti sisällään kaikki ne valtiot, joista löysin konkreettisia esimerkkejä ja joista oli kirjoitettu kirjallisuudessa. Valitsin tutkielmaani mukaan lisäksi Georgian, jota käytin kohdassa 4.1 esimerkkinä, vaikka Georgia ei kuulu tähän ryhmään valtioita. Georgia luokitellaan kuitenkin kehittyväksi valtioksi korkealla elintasolla HDI-indeksin (YK kehitysohjelma, 2020) mukaan.

Toteutin tutkielmani kirjallisuuskatsauksena. Tutkielmaani pyrin valitsemaan julkaisuja viimeisen neljän vuoden ajalta, lukuun ottamatta yhtä peruslähdettä. Pääasiassa käytin lähteinäni vertaisarvioituja tieteellisiä julkaisuja, mutta joukossa on myös konferenssijulkaisuja, sekä joitain lähteitä verkkosivuilta, joilta tarvitsin faktuaalista ja ajankohdasta tietoa. Lohkoketjututkimus on vielä nopeasti kehittyvä ala, mistä johtuen pyrin valitsemaan mukaan mahdollisimman tuoreita lähteitä. Osa lähteiden tarkemmista tiedoista oli jo hieman vanhentunutta, sillä kryptovaluuttoja kehitetään jatkuvasti ja suurinta osaa avoimen lähdekoodin kehitysmenetelmällä. Aineisto on kerätty Andorin, IEEE:n ja ProQuestin tietokannoista käyttäen yhdistelmiä seuraavista hakusanoista:

- blockchain (suom. lohkoketju)
- cryptocurrency (suom. kryptovaluutta)
- bitcoin
- developing world (suom. kehittyvä maailma)
- developing countries (suom. kehittyvät valtiot)
- global south (suom. globaali etelä)
- application (suom. sovellus)
- Africa

3 Lohkoketjuteknologia

Nakamoto (2008) esitteli artikkelissaan lohkoketjun teknisen toteutuksen kryptovaluutta bitcoinin kautta. Artikkelin tarkoitus oli esittää ratkaisu digitaalisen valuutan isoimpaan ongelmaan, kaksinkertaiseen kulutukseen, ja tämä ratkaisu oli lohkoketju. Lohkoketju on tietokanta, johon tietoa talletetaan lohko kerrallaan. Lohkoon sisältyy monia transaktioita, aikaleima, aikaisemman lohkon tiiviste ja lohkon korkeus (Nakamoto, 2008). IBM on kannustanut ihmisiä ajattelemaan lohkoketjua enemmänkin käyttöjärjestelmänä (Park & Ozel, 2019).

Noferin ja muiden (2017) mukaan lohkoketju edustaa yhteiskunnassa muutosta, jossa siirrytään ihmisiin luottamisesta matematiikkaan luottamiseen. Tästä on juuri kyse datan kirjoittamisessa lohkoketjuun, syvennyn tähän enemmän seuraavassa kohdassa. Tämä muutos mahdollistaa sovellusten ja tietojärjestelmien toteuttamisen ilman keskinäistä hallintoa täysin luotettavasti. Tutkielman neljännessä luvussa tämän huomaa hyvin, sillä suurin osa ehdotetuista ja käyttöön otetuista järjestelmistä käyttävät juuri tätä asiaa hyödykseen.

Tulevissa kohdissa tulen käsittelemään lohkoketjun olennaisia ominaisuuksia. Oleellista lohkoketjun toiminnalle ja kannattavuudelle on sen turvallisuus ja lohkojen lisääminen ja siihen liittyvät eri menetelmät. Erittelen vielä joitain lohkoketjun nykyisiä sovelluksia, sekä muutamia ehdotettuja, mutta ei vielä käytännössä toteutettuja käyttökohteita.

3.1 Lohkoketjun toiminta

Lohkoketjun turvallisuus on sen yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. Ilman keskitettyä hallintaa ja kolmannen tahon varmistusta lohkoketjun on pysyttävä turvallisena, jotta sitä voisi käyttää. Yksi ehdoista, joilla lohkoketju pysyy turvallisena, on se, että lohkoketjuun osallistuvista laskentasoimuista yli 51 % ovat rehellisiä (Nakamoto, 2008). Rehellisellä tarkoitetaan solmuja, jotka osallistuvat rakentamaan lohkoketjua eivätkä hyökkää siihen. Esimerkki hyökkäyksestä bitcoinin lohkoketjuun olisi se, että hyökkääjä kirjoittaa lohkoketjuun lohkon, että hän omistaa miljoona bitcoinia. Se ei onnistu, ellei tätä transaktiota varmista muut laskentasoimut ja elleivät ne pääse konsensukseen tästä. Kuitenkin jos hyökkääjä kontrolloi yli puolta lohkoketjun laskentatehosta, hän voisi hyväksyttää mitä tahansa lohkoketjuun. Lohkoketju siis pysyy turvallisena, kunhan yli puolet sen osallistujista ovat rehellisiä, mitä kannustetaan louhintapalkkiolla ja transaktiopalkkioilla (Nakamoto, 2008). Näistä palkkioista ja menetelmistä osallistua lohkoketjuverkkoon kerron lisää seuraavassa kappaleessa. Niin kutsutun 51 prosentin hyökkäyksen lisäksi lohkoketjuihin kohdistuu lukuisia muitakin turvallisuusuuhkia. Kuitenkin tämä hyökkäys on yleisin, ja etenkin pienien kryptovaluuttojen uhka. Lohkoketjujen jatkuva kehitys toki tarkoittaa sitä, että tieturva-aukot lohkoketjusovelluksissa tulevat korjatuksi nopeasti ja yleensä ennen kuin niillä ehditään tehdä vahinkoa (Li et al., 2020).

Datan kirjoittaminen lohkoketjuun on erittäin energiaintensiivistä. Tätä energiaintensiivistä osuutta kutsutaan louhimiseksi. Siinä lohkoketjuun osallistujat validoivat uuden lohkon ja alkavat etsimään ”taikanumeroa” laskemalla tiivistelukua, joka tuottaa oikean tuloksen. Tätä kutsutaan työntodisteeksi (engl. proof of work) (Kshetri, 2017). Oikean numeron löytäminen vaatii paljon laskentatehoa ja aikaa, mikä kuluttaa energiaa. Bitcoinin lohkoketju säätelee itse luvun löytämisen vaikeutta lohkoketjun osallistujien yhteenlasketun laskentatehon mukaan niin, että luvun löytymiseen kuluu aina aikaa noin kym-

menen minuuttia. Luvun löytäjä tai löytäjä saavat niin sanotun lohkopalkkion bitcoineissa, mikä kannustaa ihmisiä louhimaan, mikä puolestaan pitää lohkoketjun turvallisena ja toiminnassa.

Ylempänä on kuvattuna työntodiste-menetelmä, jolla osa kryptovaluutoista, kuten esimerkiksi bitcoin, pidetään turvallisena. Jotkin kryptovaluutat käyttävät eri järjestelmää louhintaan nimeltä todistus osuudesta (engl. proof of stake), jonka toimintaperiaatteeseen ei kuulu tietokoneen laskentatehon käyttäminen. Todisteeksi lohkon oikeudellisuudesta käytetään käyttäjän omistamaa kryptovaluutta. Tässä menetelmässä käyttäjä asettaa kryptovaluuttansa verkoston tukemistilaan, jolloin niitä ei pysty käyttämään. Asetettu kryptovaluutta toimii siten tositteena verkolle. Vastineeksi tästä käyttäjä saa louhintapalkkion sijaan pienen määrän ylimääräistä kryptovaluutta itselleen palvelumaksuna jokaisesta lohkosta. Lohkoketju pysyy turvallisena niin kauan, kunhan mikään yksi taho ei omista ja käytä yli 51 % saatavilla olevasta kryptovaluutasta. Tätä menetelmää suositetaan verrattuna työntodistemenetelmään, sillä energiakulutus on merkityksetöntä verrattuna louhinnan käyttämään energiaan. Toisaalta tätä menetelmää käyttäköseen käyttäjän tarvitsee omistaa merkittävä määrä kryptovaluutta, mikä nostaa verkkoon osallistumisen kynnyksiä. (Li et al., 2020)

3.2 Lohkoketjun nykyiset sovellukset

Lohkoketjun suosituimmat ja käytetyimmät käyttökohteet ovat kryptovaluutat, joista suurimpana ja tunnetuimpana on bitcoin. Bitcoin on ollut olemassa vuodesta 2009 Nakamoton kehittämänä, ja vuodesta 2010 eteenpäin jatkokehityksessä avoimen lähdekoodin ohjelmana. Kryptovaluutan tarkoitus on toimia valuuttana, jossa raha voi liikkua vapaasti ilman hallintoa. Nakamoto (2008) kuvailee sitä virtuaaliseksi käteiseksi.

Kryptovaluuttoja on bitcoinin lisäksi tuhansia muitakin. Bitcoinin jälkeen toiseksi suosituin kryptovaluutta on ethereum, jonka tarkoituksena ei ole pelkästään olla digitaalinen valuutta, vaan alusta kehittäjille, jotka haluavat hyötyä lohkoketjun eduista ilman alustan kehittämistä itse. Ethereumia käytetään alustana monille eri lohkoketjuja hyödynnettäville sovelluksille, kuten osiossa 3.3 esitetylle äänestysjärjestelmälle. Ethereumin mahdollisuuksiin verrattuna bitcoin on todella karkea järjestelmä. Kryptovaluutoista suurin osa tosin on lähes käyttämättömiä kolikoita, joilla ei ole muuta käyttökohdetta kuin turvallisen valuutan korvaaminen.

Kryptovaluutan lisäksi lohkoketjua ja sen sovelluksia voidaan hyödyntää myös logistiikka-alalla. Maatalouden toimitusketjuun kuuluu monta eri toimijaa, joilla kaikilla saattaa olla eri järjestelmät ja erilaiset tavat säilyttää tietoa toiminnoistaan. Lohkoketjuteknologiaa käyttävä toimitusketju auttaa ratkaisemaan näitä ongelmia. Lohkoketjuteknologia mahdollistaisi ruoan jäljittämisen kaupasta maatilalle asti ja auttaisi näin ollen muun muassa vähentämään ruokajätettä, kertomaan ruuanjakelijoille mahdollisista sairauksista sekä estämään petoksia. (Antonucci et al., 2019)

3.3 Mahdolliset käyttökohteet tulevaisuudessa

Abou ja muut (2019) ovat tutkineet lohkoketjujen tutkimusta ja selvittäneet eniten tutkitut alat liittyen lohkoketjuihin. 151 artikkelista vuosien 2015 ja 2018 välillä isoin käyttöala, josta on kirjoitettu lohkoketjujen kanssa, on esineiden internet ja toiseksi suurin on energia. Näistä havainnoista voimme siis päätellä, että lohkoketjulla on muitakin käyttöaloja kuin talous.

Hajautetut autonomiset organisaatiot (decentralized autonomous organizations, DAO) ovat järjestöjä tai järjestelmiä, joissa ei ole ollenkaan keskitettyä hallintoa, vaan DAO:n jäsenet äänestävät yhdessä organisaatioon liittyvistä asioista. Organisaation säännöt ja kaikki tapahtumat säilyvät julkisessa tilikirjassa lohkoketjussa. Nämä organisaatiot mahdollistavat laajojen organisaatioiden kokoiset toimet ilman suurien organisaatioiden kankeutta ja mahdollista korruptiota. (Beck, 2018)

Tällaisesta organisaatiosta on yksi esimerkki, joka oli olemassa vuonna 2016. Organisaation tarkoitus oli olla sijoituspalvelu, johon käyttäjät tallettavat ethereum-kryptovaluuttansa ja tätä valuuttaa käytetään sijoitukseen. Organisaation tarkoitus oli sijoittaa ja jakaa ethereumia projekteille, mihin pystyivät vaikuttamaan kaikki organisaation osallistujat. Jokainen osallistuja sai äänestää sijoittamansa ethereumin mukaisesti, eli mitä enemmän käyttäjä omisti, sitä enemmän painoarvoa hänen äänellensä oli. Tämä on tavallinen hajautetun autonomisen organisaation toimintamalli, joka voi myös toimia ilman osallistujien ääniä (Beck, 2018). Kyseisestä organisaatiosta löytyi tietoturva-aukko, joka mahdollisti hyökkääjien pääsyn käsiksi käyttäjien talletettuihin kryptovaluuttoihin ja organisaation varoista onnistuttiin lähettämään 50 miljoonaa dollaria hyökkääjille (Li et al., 2020). Tämä hyökkäys saatiin peruutettua palaamalla ethereumin lohkoketjussa taaksepäin ennen kuin hyökkäys tapahtui ja aloittamalla uusi haara tämän lohkon kohdalta (Li et al., 2020).

Kshetri & Voas (2018b) esittävät, että lohkoketjuun pohjautuvalla äänestysteknologialla (engl. blockchain enabled e-voting, BEV) voitaisiin ratkaista kaksi vallitsevaa ongelmaa nykyaikaisessa äänestämisessä: vaalitulosten väärentäminen sekä äänestämisen vaikeus. Tavallinen perinteinen äänestäminen on joissain maailman valtioissa tehty vaikeaksi, esimerkiksi Yhdysvalloissa äänioikeutetuista ihmisistä vain noin 66 % äänesti vuoden 2020 presidentinvaaleissa (McDonald, 2021). Tämä alhainen äänestysprosentti ei välttämättä suoraan johdu äänestysprosessista ja sen vaikeudesta, mutta tämän vaikeuden vaikutukset ovat huomattavissa. Yhdysvaltain äänestyksen vaikeuksia ovat esimerkiksi äänestyspaikkojen vähyyys sekä aika, jolloin voi äänestää. Tämän lisäksi noin 11 prosentilla Yhdysvaltojen aikuisväestöstä puuttuu kuvalliset henkilötodistukset. BEV-äänestämällä äänestämisestä tulisi helpompaa ja sen pystyisi tekemään kotoa käsin, mikä voisi

lisätä äänestämistä. Tämän lisäksi yhdessä BEV-implementaatiossa nimeltä Voatz tunnustautuminen onnistuu yli kymmenellä eri identifioivalla dokumentilla, esimerkiksi ajokortilla. (Kshetri & Voas, 2018b)

Yksi eniten käytetyistä BEV-järjestelmistä on ethereum-alustaa käyttävä Moskovan asukkaille suunnattu järjestelmä, jossa asukkaat voivat äänestää asuinpaikkaansa liittyvissä asioissa. Nämä äänestykset eivät ole poliittisia äänestyksiä, vaan äänestyskohteet ovat olleet esimerkiksi uusien urheiluareenoiden penkkien värit ja muut perinteiset taloyhtiökokousten asiat. (Kshetri & Voas, 2018b)

4 Lohkoketjut kehittyvissä valtioissa

Kehittyvissä valtioissa on puutteita toimivissa julkishallinnollisissa alueissa – säännöissä, laeissa, säännöksissä ja niiden toimeenpanossa ja valvomisessa. YK:n tutkimuksen mukaan tämä heikko hallinto johti korruptioon maankäytössä ja julkishallinnossa paikallisesta tasosta ja pienistä lahjuksista aina valtiotasolle ja valtiovallan väärinkäyttöön. Afrikan maaseudulla 90 prosenttia maasta ei ole dokumentoitua tai rekisteröityä, mikä johtuu korruptioista ja tehottomasta hallinnosta. Tämä on yksi esteistä yrittäjyydelle ja taloudelliselle kasvulle Afrikassa. (Kshetri & Voas, 2018a)

Tutkimuskysymykseni on: millaisia mahdollisuuksia lohkoketjuteknologialla on kehittyvissä valtioissa? Pyrin vastaamaan tähän kysymykseen esittelemällä kehittyvien valtioiden nykyisiä ongelmakohtia, ja miten lohkoketjuteknologiaa hyödyntävät sovellukset ja ratkaisut voisivat auttaa näissä ongelmissa. Esimerkeistä, joita esittelen seuraavassa kappaleessa, suurimmassa osassa tämänhetkinen ongelma on tehoton tai olematon hallinto tai prosessit. Lohkoketjut pystyvät ratkaisemaan tämän ongelman poistamalla prosessista kokonaan hallinnon eli ihmiset ja korvaamaan ihmiset lohkoketjujärjestelmällä eli matematiikalla ja tietotekniikalla (Nofer et al., 2017). Näin voidaan varmistaa tasavertainen, tehokkaampi ja korruptiovapaa kohtelu kaikille ihmisille. Tätä järjestelmää ei toki voi kaikessa hyödyntää, mutta sitä voidaan soveltaa monilla eri aloilla jossakin määrin.

Kshetrin (2017) mukaan lohkoketju voi vaikuttaa kehittyvissä valtioissa ekonomisiin, sosiaalisiin sekä poliittisiin toimintoihin suorasti tai epäsuorasti. Lohkoketjun ominaisuuksista avoimuus ja tarkasteltavuus ovat erittäin tärkeitä ominaisuuksia, jotka vastaavat juuri aikaisemmin esiteltyihin kehittyvien valtioiden ongelmiin. Avoimuudella ja tarkasteltavuudella pystytään vähentämään korruptiota, sillä kaikki osallistujat pääsevät näkemään, mitä tapahtumia on tallennettu rekisteriin.

4.1 Käytössä olevat lohkoketjusovellukset

World Food Programme (WFP) -järjestön Building blocks on pilottihanke, joka käyttää hyväkseen ethereum-lohkoketjua auttamaan pakolaisia Jordanissa. WFP jakaa rahaa aut-

taakseen avuntarpeessa olevia, mutta ongelmaksi on muodostunut rahan siirtäminen lahjoittajilta heidän omista rahajärjestelmistään paikallisiin rahajärjestelmiin, sekä kehittyvien maiden rahajärjestelmien epäluotettavuus. Building blocks -ohjelma leikkaa tästä välistä pois nämä ongelmat ja jakaa rahaa suoraa pakolaisille. Ohjelma toimii kryptovaluutalla, joten lahjoitusrahan valuuttaa ei tarvitse missään vaiheessa vaihtaa, jättäen pois tämän prosessin kulut. Lahjoittajat näkevät myös lohkoketjun kautta mihin ja miten heidän lahjoittamansa rahat tulevat käytetyksi. Tämän mahdollistaa se, että lohkoketjusta voi tutkia ja varmistua siitä, ettei rahaa kerätä esimerkiksi organisaation omiin varoihin. Tämä on hyödyksi sekä pakolaisille itselleen, sillä he saavat rahat, että lahjoittajille, jotka tietävät rahojen menevän apua tarvitseville. Pakolaisleireissä pakolaiset maksavat biometrisillä tunnistetuilla, kuten silmäskannereilla, mikä estää rahojen väärinkäyttöä. (Kshetri & Voas, 2018a)

Franken (2020) mukaan tämä Building blocks -ohjelma, vaikkakin hänen mielestään hyvä järjestelmä, vähentää pakolaisten itsemääräämisoikeuksia. Heidät leimataan pakolaisiksi ilman muuta identiteettiä ja itsehallintaa. Franke (2020) väittää, että Yhdistyneet kansakunnat käyttää lohkoketjuteknologiaa vain välineenä, jolla YK pystyy välttämään suoraa vastuuta pakolaiskriisistä. Ohjelman itseohjautuvuus nostaa Franken (2020) mukaan vastuuta pois YK:lta tuen järjestämisestä. Building blocks -ohjelma ei niinkään vastaa suoraan kehittyviin valtioihin liittyviin ongelmiin, sillä ohjelman toteuttaja on World Food Programme, eikä kehittyvien valtioiden hallinto. Ohjelman tarkoitus on helpottaa nykyistä avunantoprosessia ja tuoda lahjoittajille enemmän luottamusta lahjoittamiseen. Näihin ongelmiin ohjelma on vastannut hyvin.

Georgian valtiossa on ollut vuodesta 2016 kehityksessä järjestelmä, johon kirjataan maanomistukset lohkoketjuun (Goderdzishvili et al., 2018). Näin estetään rekisterin muokkaaminen ja annetaan tarkasteluoikeudet rekisteriin kaikille. Maanomistusrekisterin siirtäminen lohkoketjuun helpottaa maanrekisteröinnin prosessia ja vähentää rekisteröintiin liittyviä kuluja (Mavilia & Pisani, 2020). Georgian järjestelmään on vuoteen 2018 mennessä kirjattu 1,5 miljoonaa maanomistusta (Veeramani & Jaganathan, 2020). Georgia on myös käyttänyt järjestelmää ja sen suosiota tuodakseen esille valtionsa aloitteita vähentää korruptiota ja houkuttella kansainvälisiä sijoittajia. Järjestelmä on nähty onnistuneena, sillä maailmanpankki on sijoittanut Georgian maanrekisteröinnissä maailman neljänneksi helpoimmaksi valtioksi (Eder, 2019). Georgian järjestelmä on onnistunut myös korruption vähentämisessä sekä yrittäjyyden määrän kasvattamisessa (Eder, 2019).

4.2 Tulevaisuuden mahdollisuudet

Tulevaisuuden mahdollisuudet näyttävät lupaavilta elämänlaadun parantamiseksi maailman köyhimmässä maissa. Lohkoketjuteknologia lisää monilla tavoilla mahdollisuuksia ihmisille, jotka ovat yrittämismahdollisuuksien ja itsehallintaoikeuksien osalta huonom-

massa asemassa kuin länsimaiden asukkaat. Kehittyvissä valtioissa on vaikea tehdä kauppaa kansainvälisesti, sillä kansainvälisten rahasiirtojen lisämaksut ovat todella korkeat. Lohkoketjua käyttävät valuutat lievittävät tätä ongelmaa ja antavat mahdollisuuksia yrittäjille (Kshetri, 2017). Kshetri (2017) näkee tämän yrittäjien mahdollisuuksien vapautumisen yhtenä lohkoketjun suurimpana hyötynä kehittyvissä valtioissa.

Kehittyneissä valtioissa 94 prosentilla aikuisista on ainakin yksi pankkitili jossain pankki-instituutiossa, kun taas kehittyvissä valtioissa pankkitili on vain 63 prosentilla aikuisista. Tilanne on vielä huonompi Afrikassa, jossa vain 40 prosentilla aikuisväestöstä on pankkitili tai jokin elektroninen maksuväline (Mavilia & Pisani, 2020). Pankkitilin saamista ja käyttämistä vaikeuttaa paikallinen lainsäädäntö ja yleisesti tilin käyttämisen vaikeus. Ihmisten täytyy matkustaa pitkiä matkoja käymään pankissa fyysisesti ja yleensä tilin avaamiseen vaaditaan alkutalletus.

Mavilian ja Pisanin (2020) mukaan lohkoketjuteknologia voi parantaa ihmisten mahdollisuuksia käyttää rahoituspalveluita. Lohkoketjuteknologia voi toimia alentamaan kynnystä rahoituspalveluiden saamiseksi, sekä poistamaan esteitä niiden käyttämisestä. Ihmisten ei tarvitsisi suostua paikallisten instituutioiden ehtoihin, vaan he voisivat käyttää kotoansa käsin lohkoketjuteknologiaan perustuvaa rahoituspalvelua.

Monissa kehittyvissä valtioissa maanrekisteröinti tehdään vielä paperilla, eikä sähköisesti. Näin on myös Ghanassa, jonka maanrekisteröintitilannetta Ameyaw ja de Vries (2021) ovat tutkineet tarkemmin. He tutkivat tämänhetkisiä ongelmia maanrekisteröinnissä ja kuinka lohkoketjupohjainen järjestelmä voisi auttaa näitä ongelmia ja helpottaa kansalaisten elämää. Suurin hyöty tästä olisi heidän mukaansa dokumentoinnin ja byrokratiaprosessin vähentyminen. Haasteet tälle järjestelmälle ovat samoja, mitä kuvailen seuraavassa kappaleessa, mutta etenkin ihmisten ja käyttäjien teknologinen osaaminen ja sen heikkous nähdään yhdeksi vaikeimmaksi ongelmaksi.

4.3 Haasteet ja ongelmat

Lohkoketjuteknologia ei ole ilman ongelmiaan. Kohdassa 3.1 kerroin bitcoinin lohkoketjun louhinnasta aiheutuvasta energiankulutuksesta. Vuoden 2020 lopussa bitcoinin lohkoketjun ylläpitäminen kulutti 128TWh energiaa, mikä vastaa 0,59 % koko maapallon energiankulutuksesta (CBECI, 2021). Tämän lisäksi bitcoinin hinnan kasvaessa louhinnasta tulee kannattavampaa, mikä nostaa tätä sähkönkulutusta. Bitcoin on suurin yksittäinen energiankuluttaja kryptovaluutoista, mutta ei ainoa (Kshetri, 2017).

Yksi toinen ongelma Kshetrin (2017) mukaan on yksityisyydensuoja. Yksi lohkoketjun periaatteista on muuttumattomuus, eli kun dataa on kirjoitettu julkiseen lohkoketjuun, sitä ei voi poistaa eikä muuttaa. Julkisissa lohkoketjuissa kaikki tieto mitä lohkoihin on talletettu, täytyy olla luettavissa aina, eikä sitä pysty poistamaan eikä muokkaamaan. Tämä on ristiriidassa EU:n tietosuojalain GDPR:n artikla 17 kanssa (GDPR, 2021), jonka mukaan kaikilla on oikeus vaatia omien tietojensa poistamista rekisteristä. Tämä ei ole

mahdollista lohkoketjun kanssa, joten tämä laki rajoittaa paljon lohkoketjuteknologian mahdollisuuksia, ainakin alueilla, joissa kyseinen laki tai vastaava on voimassa.

Teknologian monimutkaisuus ja siitä johtuva yleinen ymmärryksen puute voi olla haasteena lohkoketjuteknologian käytölle. Jos ihmiset eivät ymmärrä lohkoketjuteknologian toimintaperiaatetta kunnolla, he eivät tule luottamaan siihen eivätkä täten hyödynnä teknologian mahdollisuuksia (Kshetri & Voas, 2018b). Yleisen ymmärryksen puutteen lisäksi erityisiä haasteita kehittyville valtioille ovat internetyhteyksien puutteellisuus sekä datansiirron heikko turvallisuus. Kehittyvissä valtioissa isoimmalla osalla ihmisistä ei ole internetyhteyksiä (Mavilia & Pisani, 2020), ja laitteiden määrä on pienempi kuin kehittyneimmissä valtioissa.

Lohkoketjuja ja erityisesti kryptovaluuttoja vaivaavat jossain määrin imago-ongelmat. Usein kryptovaluutat nähdään vain välineinä, joilla voidaan ostaa laittomia asioita tai palveluita pimeästä verkosta (Kshetri, 2017). Tätä imagoa ei myöskään auta kiristysviestit, joissa uhria käsketään lähettämään maksu bitcoineina. Rikollisuuteen liittyvien mielikuvien lisäksi kryptovaluuttojen imagoa haittaa työntodiste-louhintamenetelmän energiankulutus. Kryptovaluutat, joiden todennusjärjestelmänä käytetään työntodistemenetelmää käyttävät paljon energiaa, jotta lohkoketju pysyy turvallisena ja huolena on tämän energian tuotantomuoto. Tämä sähkönkulutus nähdään yleisesti hukkaan heitetynä ja haitallisena, jos sähkö on tuotettu käyttäen fossiilisia polttoaineita.

5 Keskustelu

Tarkastelin kirjallisuuskatsauksessani lohkoketjuteknologiaa ja sen mahdollisuuksia kehittyvissä valtioissa. Tutkimuskysymykseni oli: Millaisia mahdollisuuksia lohkoketjuteknologialla on kehittyvissä valtioissa?

Löysin kirjallisuuskatsauksessani paljon vastauksia tähän kysymykseen joista suurimpana mahdollisuutena näen tavallisten ihmisten mahdollisuuksien lisääntymisen. Tällä tarkoitan etenkin maailman köyhimmissä valtioissa asuvia ihmisiä, joilla asuinpaikkansa vuoksi ei ole samoja mahdollisuuksia elämänsä suhteen kuin esimerkiksi länsimaissa, rikkaissa maissa asuvilla ihmisillä. Hallinnon puute ja korruptio vaikuttaa paljonkin ihmisten elämään kehittyvissä valtioissa ja lohkoketjuteknologialla on potentiaalia vähentää näitä esteitä. Lohkoketjuteknologialla voidaan parantaa kehittyvien valtioiden asukkaiden mahdollisuuksia käyttää rahoituspalveluja ja sitä kautta laajentaa yrittämisen mahdollisuuksia. Toinen konkreettinen esimerkki lohkoketjuteknologian mahdollisuuksista on äänestämiseen liittyvien haasteiden helpottaminen. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet vaikuttavat erittäin laajoilta tällä hetkellä, mutta toteutusten vähyys ja puuttuminen ovat hieman huolestuttavaa tulevaisuutta varten.

Parkin ja Ozelin (2019) mukaan lohkoketjujen mahdollisuudet lyhyessä mittakaavassa ovat yliarvostettuja, mutta pitkällä mittakaavalla aliarvostettuja. Päädyin itse myös

tähän päätelmään, sillä yksi tutkielmani tuloksista on se, että lohkoketjuja ja niiden mahdollisuuksia on tutkittu paljon, mutta tuloksia ei ole vielä nähty, etenkin kehittyvissä valtioissa. Tämän huomasi siinä, että monissa artikkeleissa on kuvattuna monia ongelmia, joita lohkoketjut pystyvät ratkaisemaan, mutta konkreettisia toteutuksia oikeassa maailmassa on vain harvoja. Tutkimusta ja kiinnostusta aiheeseen löytyy kyllä monilta tutkijoilta.

Itse näen lohkoketjuteknologian sovelluksille isoimmiksi ongelmiksi jo aikaisemmin kertamani vaikeudet: julkinen hyväksyntä ja ymmärrys, sillä lohkoketjut ovat monimutkaisia teknisiä toteutuksia. Näiden lisäksi myös internet-yhteydet etenkin kehittyvissä valtioissa ovat vielä epävakaita, mikä vaikeuttaa lohkoketjusovellusten käyttöä. Kehittyvissä valtioissa haasteeksi voi osoittautua myös päätelaitteiden ja sähkön saatavuus. Lisäksi yleisten digitaalisten taitojen puutteet voivat olla esteenä tämän teknologian käytölle. Lohkoketjuteknologiaan ei myöskään kehittäjät ja sovellustoimittajat usko täysin, tästä esimerkkinä Moskovan äänestysjärjestelmä. Järjestelmä on ollut menestys ja toimintakunnossa, mutta silti Moskovassa ei olla siirrytty kokonaan käyttämään lohkoketjupohjaista äänestystä politiikkaan liittyvissä äänestyksissä (Kshetri & Voas, 2018b). Kieliikö tämä teknologian epävarmuudesta vaiko päättäjien epävarmuudesta ja tietämyksen vähäisyydestä teknologiaa kohtaan?

Kryptovaluutta on yleisesti laajalti käytössä kaikkialla maailmassa, mutta sen tarjoamat ominaisuudet korostuvat katsoessa sitä kehittyvien valtioiden näkökulmasta. Yksi suurimmista kehittyvien valtioiden ongelmista on rahapalveluiden kuten pankkien käyttö ja varojen siirto globaalisti (Mavilia & Pisani, 2020). Kryptovaluutta yleiseltä luonteeltaan vastaa näihin ongelmiin. Kryptovaluuttalompakkoa varten ei tarvitse olla käsirahaa tai kulkuyhteyttä pankkiin, joiden puute nähdään isoimpina esteinä rahapalveluiden käytölle kehittyvissä valtioissa. Kryptovaluuttalompakkoa varten tarvitsee vain digitaalisen laitteen ja paikoittaisen internetyhteyden, toki fyysiset lompakot ja ilman verkkoyhteyttä toteutettavat transaktiotkin ovat mahdollisia.

Kryptovaluuttojen käyttö ei toki ole täysin ongelmatonta, sillä paikallista valuuttaa pitää pystyä jotenkin vaihtamaan kryptovaluutaksi, ja jos ihmisillä ei ole mitään verkkomaksupalvelua, se voi olla vaikeaa. On olemassa kryptovaluuttapankkiautomaatteja, joihin voi tallettaa käteistä ja se vaihdetaan kryptovaluutaksi, mutta nämä automaatit eivät tosin ole vielä yleisiä. Toinen ongelma on suosituimpien kryptovaluuttojen arvojen vaihtelu. Valuutta, jonka arvo voi päivässä vaihdella kymmeniä prosentteja, ei sovi käytettäväksi valuutaksi. On kuitenkin olemassa myös sellaisia kryptovaluuttoja, jotka on suunniteltu pysymään saman arvoisina, esimerkiksi sitomalla arvo Yhdysvaltain dollariin. Kolmas ongelma on kryptovaluuttojen maksutapojen vähyys. Etenkin kehittyvissä valtioissa voi olla vaikeaa löytää yrityksiä, jotka hyväksyvät maksutapana kryptovaluuttoja,

mutta näitäkin kyllä on olemassa. Kryptovaluutoilla on potentiaalia ratkaista monia kehittyvien valtioiden rahapalveluihin liittyviä ongelmia, mutta tällä hetkellä kryptovaluutoilla on myös omat ongelmansa.

Tutkielmallani on joitain rajoitteita. Käytin lähteitteni etsimiseen monia eri hakusanoja kehittyville maille johtuen siitä, että eri kirjoittajat käyttivät eri ryhmiä valtioita sekä eri käsitteitä näille valtioille. Tämä johti myös siihen, että oma rajaukseni tuli melko myöhäisessä vaiheessa kirjallisuuskatsaustani. Kirjoittajat ovat myös suurimmaksi osaksi länsimaisia tutkijoita, joten he ovat kirjoittaneet kehittyvän maailman ongelmista länsimaisesta perspektiivistä. Lähteitteni tulokset ovat lähes poikkeuksetta positiivisia, mikä voi johtua kenties hakusanoistani. Odotin löytäväni enemmänkin kriittisyyttä teknologiaa kohtaan, mutta vain muutamissa lähteissä oli esitetty kritiikkiä.

6 Yhteenveto

Tässä tutkielmassa tutkin lohkoketjuteknologian tulevaisuuden mahdollisuuksia ja nykyisiä sovelluksia kehittyvissä valtioissa ja muualla maailmassa. Lohkoketjuteknologiaa on tutkittu viime vuosina paljon, ja monia sovelluksia teknologialle on ehdotettu. Monet näistä sovelluksista tähtäävät korjaamaan yleisimpiä ongelmia kehitysmaissa, kuten korruptiota ja yleistä hallinnon tehottomuutta. Näihin ongelmiin on kehitetty hyviä ratkaisuja hyödyntäen lohkoketjuteknologian hajautettavuutta ja tarkasteltavuutta. Lohkoketjuteknologian avulla monien tietojärjestelmien toteuttaminen onnistuu helposti, turvallisesti ja estäen järjestelmien hyväksikäytön.

Lähdeluettelo

- Ameyaw, P. D., & de Vries, W. T. (2021). Toward Smart Land Management: Land Acquisition and the Associated Challenges in Ghana. A Look into a Blockchain Digital Land Registry for Prospects. *Land (Basel)*, 239 -. <https://doi.org/10.3390/land10030239>
- Antonucci, F., Figorilli, S., Costa, C., Pallottino, F., Raso, L., & Menesatti, P. (2019). A review on blockchain applications in the agri-food sector. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 6129–6138. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9912>
- Beck, R. (2018). Beyond Bitcoin: The Rise of Blockchain World. *Computer*, 54-58. <https://doi.org/10.1109/mc.2018.1451660>
- CBECI. (2021). *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index*. Haettu 16.4.2021 osoitteesta <https://cbeci.org/>
- Eder, G. (2019). Digital Transformation: Blockchain and Land Titles. *2019 OECD Global Anti-Corruption & Integrity Forum*, 1 - 12. https://www.oecd.org/corruption/integrity-forum/academic-papers/Georg%20Eder-%20Blockchain%20-%20Ghana_verified.pdf

- Franke, M. F. (2020). Refugees' loss of self-determination in UNHCR operations through the gaining of identity in blockchain technology. *Politics, groups & identities*, 1 - 20. <https://doi.org/10.1080/21565503.2020.1748069>
- GDPR. (2021). *General Data Protection Regulation*. Haettu 16.4.2021 osoitteesta <https://gdpr-info.eu/art-17-gdpr/>
- Goderdzishvili, N., Gordadze, E., & Gagnidze, N. (2018). Georgia's Blockchain-powered Property Registration: Never blocked, Always Secured: Ownership Data Kept Best. *Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, (ss. 673 - 675). <https://doi.org/10.1145/3209415.3209437>
- Hameed, B. I. (2019). Blockchain and Cryptocurrencies Technology: a survey. *Directory of Open Access Journals*, 355-360. <http://joiv.org/index.php/joiv/article/view/293>
- Jaoude, J. A., & Saade, R. G. (2019). Blockchain Applications - Usage in Different Domains. *IEEE Access*, 45360–45381. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902501>
- Kshetri, N. (2017). Will blockchain emerge as a tool to break the poverty chain in the Global South? *Third World Quarterly*, 1710–1732. <https://doi.org/10.1080/01436597.2017.1298438>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2018a). Blockchain in Developing Countries. *IT professional*, 11-14. <https://doi.org/10.1109/mitp.2018.021921645>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2018b). Blockchain-Enabled E-Voting. *IEEE Software*, 95–99. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801546>
- Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X., & Wen, Q. (2020). A survey on the security of blockchain systems. *Future Generation Computer Systems*, 841 - 853. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.020>
- Mavilia, R., & Pisani, R. (2020). Blockchain and catching-up in developing countries: The case of financial inclusion in Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 12(2), 151–163. <https://doi.org/10.1080/20421338.2019.1624009>
- McDonald, M. P. (2021). *2020 November General Election Turnout Rates*. Haettu 16.4.2021 osoitteesta <http://www.electproject.org/2020g>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin.org*, 9. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & information systems*, 183-187. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3>
- Papadaki, M., & Karamitsos, I. (2021). Blockchain technology in the Middle East and North Africa region. *Information Technology for Development*, 1 - 18. <https://doi.org/10.1080/02681102.2021.1882368>

Park, H. W., & Ozel, B. (2019). The Rise of Blockchain Technology: Overcoming Theoretical Poverty and Its Implications for Developing Countries. *Journal of Contemporary Eastern Asia*, 1-8. <https://doi.org/10.17477/jcea.2019.18.2.001>

Veeramani, K., & Jaganathan, S. (2020). Land Registration: Use-case of e-Governance using Blockchain Technology. *KSII transactions on Internet and information systems*, 3693-3711. <http://dx.doi.org/10.3837/tils.2020.09.007>

YK. (2020). *un.org*. Haettu 6.6.2021 osoitteesta:
<https://www.un.org/development/desa/dpad/least-developed-country-category.html>

YK kehitysohjelma. (2020). <http://hdr.undp.org/>. Haettu 6.6.2021 osoitteesta:
<http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>